

คำรับรองตนเอง (Self-Declaration) ของสถาบันการศึกษา
สำหรับการขอรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตร
ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา 2564 – 2568

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9 กุมภาพันธ์ 2565

สารบัญ

ส่วนที่ 1	หลักสูตร	2
	1. ชื่อหลักสูตร	2
	2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา	2
	3. วิชาเอก/แขนงวิชา	2
	4. ปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร (ให้ระบุสาขาวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม)	2
	5. ระบบการจัดการศึกษา	3
	6. แผนการศึกษา	4
	7. การเทียบโอน/ยกเว้นรายวิชา	11
	8. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร	11
	9. ชื่อผู้รับรอง/อนุมัติข้อมูล	12
	10. ชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงานหลักสูตร	12
ส่วนที่ 2	นิสิต/นักศึกษา	13
	1. คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา	13
	2. แผนการรับนักศึกษาในระยะ 5 ปี	13
	3. คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์	13
	4. มาตรฐานผลการเรียนรู้	63
ส่วนที่ 3	คณาจารย์	64
	1. ประธานหลักสูตร	64
	2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	64
	3. อาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา	66
	4. บุคลากรช่วยสอน/ผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการ	73
	5. อัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา	79
	6. แผนพัฒนาหลักสูตรและบุคลากรในระยะ 5 ปี	80
ส่วนที่ 4	รายละเอียดและสาระของวิชาตามองค์ความรู้	82
	1. ตารางแจกแจงรายวิชาเทียบกับองค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด (Curriculum Mapping)	82
	2. ตารางแสดงผู้สอนในแต่ละองค์ความรู้	91
ส่วนที่ 5	สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และการประกันคุณภาพการศึกษา	113
	1. ห้องปฏิบัติการ	113
	1.1. บัญชีรายการของวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์การทดลอง	113
	1.2. โปรแกรมสำเร็จรูป/ซอฟต์แวร์ (Software)	178
	2. แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ	182
	2.1. ห้องสมุดและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ	182
	2.2. สิ่งอำนวยความสะดวก	192
	3. การประกันคุณภาพการศึกษา	198
ส่วนที่ 6	ภาคผนวก	228
	ภาคผนวก 1 เอกสาร/หนังสือที่สภาสถาบันการศึกษาอนุมัติหลักสูตร	229
	ภาคผนวก 2 แผนการสอน (มคอ.3) (เฉพาะวิชาที่ขอเทียบองค์ความรู้)	234
	ภาคผนวก 3 คู่มือปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอน	630

คำรับรองตนเอง (Self-Declaration)
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)

ชื่อสถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมที่รับรองปริญญา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษาที่รับรองปริญญา สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษาที่ 2564-2568

ส่วนที่ 1 หลักสูตร

1. ชื่อหลักสูตร

ชื่อภาษาไทย : หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ชื่อภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering

2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา

ชื่อเต็มภาษาไทย : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อย่อภาษาไทย : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อเต็มภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering)
ชื่อย่อภาษาอังกฤษ : B.Eng. (Mechanical Engineering)

3. วิชาเอก/แขนงวิชา

วิชาเอก/แขนงวิชาภาษาไทย : ไม่มี
วิชาเอก/แขนงวิชาภาษาอังกฤษ : ไม่มี

4. ปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

4.1. ปรัชญาของหลักสูตร

ผลิตวิศวกรเครื่องกลตามมาตรฐานสภาวิชาชีพควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะเฉพาะด้านที่สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ สามารถประยุกต์เทคโนโลยีทันสมัย ภายใต้จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ

4.2. วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

หลักสูตรนี้ออกแบบไว้เพื่อเตรียมให้ผู้ที่สำเร็จการศึกษาไปแล้วเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. เพื่อผลิตบัณฑิตวิศวกรรมเครื่องกลที่มีคุณภาพตามมาตรฐานวิชาชีพ
2. เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความสามารถเฉพาะด้าน สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม
3. เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีทักษะ สามารถปฏิบัติงานได้จริง
4. เพื่อผลิตบัณฑิตให้สามารถปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา และสามารถเรียนรู้ได้ตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม
5. เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม มีความเป็นผู้นำ และมีความรับผิดชอบต่อสังคม

5. ระบบการจัดการศึกษา

5.1. ระบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้การศึกษาระบบไตรภาค 1 ปีการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ภาคการศึกษา ปกติ 1 ภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 12 สัปดาห์

การคิดหน่วยกิตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นดังนี้

1. วิชาบรรยาย (ภาคทฤษฎี) 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต
2. วิชาฝึกหรือทดลอง (ภาคปฏิบัติ) 2 หรือ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต
3. การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ในสถานประกอบการ 16 สัปดาห์มีค่าเท่ากับ 8 หน่วยกิต

5.2. การจัดการศึกษาภาคฤดูร้อน

ไม่มีการจัดการเรียนการสอนภาคฤดูร้อน

5.3. การเทียบเคียงหน่วยกิตในระบบทวิภาค

ระบบไตรภาค 1 หน่วยกิต เทียบได้กับ 12/15 หน่วยกิต ในระบบทวิภาค

6. แผนการศึกษา

โครงสร้างหลักสูตร **แบบเอก (วิศวกรรมเครื่องกล)**

จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า **192 หน่วยกิต**

แบบเอก-โท (วิศวกรรมเครื่องกล-โทความเป็นผู้ประกอบการ)

จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า **204 หน่วยกิต**

แผนการศึกษาที่ 1 : แบบเอก (วิศวกรรมเครื่องกล)

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI02 1111	เคมีพื้นฐาน 1	4(4-0-8)
SCI02 1112	ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1	1(0-3-0)
SCI03 1001	แคลคูลัส 1	4(4-0-8)
IST20 1001	การรู้ดิจิทัล	2(2-0-4)
IST20 1002	การใช้โปรแกรมประยุกต์เพื่อการเรียนรู้	1(0-2-1)
IST30 1101	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1	3(3-0-6)
ENG25 1010	การเขียนแบบวิศวกรรม 1	2(1-3-5)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI03 1002	แคลคูลัส 2	4(4-0-8)
SCI05 1001	ฟิสิกส์ 1	4(4-0-8)
SCI05 1191	ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	1(0-3-0)
IST20 1003	ทักษะชีวิต	3(3-0-6)
IST30 1102	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2	3(3-0-6)
ENG23 1001	การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1	2(1-3-5)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI03 1005	แคลคูลัส 3	4(4-0-8)
SCI05 1002	ฟิสิกส์ 2	4(4-0-8)
SCI05 1192	ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	1(0-3-0)
IST20 1004	ความเป็นพลเมืองและพลเมืองโลก	3(3-0-6)
ENG20 1010	แนะนำวิชาชีพวิศวกร	1(0-3-3)
ENG31 1001	วัสดุวิศวกรรม	4(4-0-8)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST20 2001	มนุษย์กับสังคมและสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)
ENG25 2010	ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG25 2020	เทอร์โมไดนามิกส์ 1	3(3-0-6)
ENG25 2030	การวัดและเครื่องมือวัด	2(1-3-5)
ENG25 2040	สถิติสำหรับวิศวกร	2(1-3-5)
ENG30 2001	สถิตยศาสตร์วิศวกรรม	4(4-0-8)
ENG33 6001	กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น	2(2-0-4)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST20 2002	มนุษย์กับเศรษฐกิจและการพัฒนา	3(3-0-6)
ENG25 2050	วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน	3(2-3-7)
ENG25 2060	คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	2(2-0-4)
ENG25 2070	การเขียนแบบทางกล	2(1-3-5)
ENG25 2080	กลศาสตร์ของไหล 1	3(3-0-6)
ENG25 2400	ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG30 2002	กลศาสตร์วัสดุ 1	4(4-0-8)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (1)	2 หน่วยกิต
รวม		20 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1103	ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ	3(3-0-6)
ENG25 2090	พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล	6(6-0-12)
ENG25 2100	ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์	2(1-3-5)
ENG25 2110	เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว	3(2-3-7)
ENG25 2120	การถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)
ENG25 2130	อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม	2(1-3-5)
รวม		19 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 3010	เครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน	3(3-0-6)
ENG25 3020	วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง	3(3-0-6)
ENG25 3030	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	4(4-0-8)
ENG25 3040	พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม	2(1-3-5)
ENG25 3400	ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1	1(0-3-3)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (2)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (1)	3 หน่วยกิต
รวม		18 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 3050	กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ	2(1-3-5)
ENG25 3060	วิศวกรรมความปลอดภัย	2(2-0-4)
ENG25 3070	การออกแบบระบบเครื่องจักรกล	6(5-3-13)
ENG25 3080	ระบบควบคุมอัตโนมัติ	3(2-3-7)
	วิชาเลือกบังคับ (2)	3 หน่วยกิต
รวม		16 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1104	ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ	3(3-0-6)
ENG25 3090	หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	3(2-3-7)
ENG25 3100	พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	2(1-3-5)
ENG25 3110	การออกแบบระบบความร้อน	3(3-0-6)
ENG25 3410	ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2	1(0-3-3)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (3)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (3)	3 หน่วยกิต
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1105	ภาษาอังกฤษเพื่อการทำงาน	3(3-0-6)
ENG25 3500	เตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG25 4010	การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์	2(1-3-5)
ENG25 4095	เตรียมสหกิจศึกษา	1(1-0-2)
	วิชาเลือกบังคับ (4)	3 หน่วยกิต
	วิชาเลือกเสรี (1)	4 หน่วยกิต
รวม		14 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 4096	สหกิจศึกษา 1	8 หน่วยกิต
รวม		8 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 4500	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	3(3-0-6)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (4)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (5)	3 หน่วยกิต
	วิชาเลือกเสรี (2)	4 หน่วยกิต
รวม		12 หน่วยกิต

แผนการศึกษาที่ 2 : แบบเอก-โท (วิศวกรรมเครื่องกล-โทความเป็นผู้ประกอบการ)

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI02 1111	เคมีพื้นฐาน 1	4(4-0-8)
SCI02 1112	ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1	1(0-3-0)
SCI03 1001	แคลคูลัส 1	4(4-0-8)
IST20 1001	การรู้ดิจิทัล	2(2-0-4)
IST20 1002	การใช้โปรแกรมประยุกต์เพื่อการเรียนรู้	1(0-2-1)
IST30 1101	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 1	3(3-0-6)
ENG25 1010	การเขียนแบบวิศวกรรม 1	2(1-3-5)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI03 1002	แคลคูลัส 2	4(4-0-8)
SCI05 1001	ฟิสิกส์ 1	4(4-0-8)
SCI05 1191	ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	1(0-3-0)
IST20 1003	ทักษะชีวิต	3(3-0-6)
IST30 1102	ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร 2	3(3-0-6)
ENG23 1001	การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1	2(1-3-5)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
SCI03 1005	แคลคูลัส 3	4(4-0-8)
SCI05 1002	ฟิสิกส์ 2	4(4-0-8)
SCI05 1192	ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	1(0-3-0)
IST20 1004	ความเป็นพลเมืองและพลเมืองโลก	3(3-0-6)
ENG20 1010	แนะนำวิชาชีพวิศวกร	1(0-3-3)
ENG31 1001	วัสดุวิศวกรรม	4(4-0-8)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST20 2001	มนุษย์กับสังคมและสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)
ENG25 2010	ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG25 2020	เทอร์โมไดนามิกส์ 1	3(3-0-6)
ENG25 2030	การวัดและเครื่องมือวัด	2(1-3-5)
ENG25 2040	สถิติสำหรับวิศวกร	2(1-3-5)
ENG30 2001	สถิตยศาสตร์วิศวกรรม	4(4-0-8)
ENG33 6001	กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น	2(2-0-4)
รวม		17 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST20 2002	มนุษย์กับเศรษฐกิจและการพัฒนา	3(3-0-6)
ENG25 2050	วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน	3(2-3-7)
ENG25 2060	คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	2(2-0-4)
ENG25 2070	การเขียนแบบทางกล	2(1-3-5)
ENG25 2080	กลศาสตร์ของไหล 1	3(3-0-6)
ENG25 2400	ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG30 2002	กลศาสตร์วัสดุ 1	4(4-0-8)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (1)	2 หน่วยกิต
รวม		20 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1103	ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ	3(3-0-6)
ENG25 2090	พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล	6(6-0-12)
ENG25 2100	ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์	2(1-3-5)
ENG25 2110	เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว	3(2-3-7)
ENG25 2120	การถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)
ENG25 2130	อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม	2(1-3-5)
รวม		19 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST50 2401	ความเป็นผู้ประกอบการกับการสร้างธุรกิจใหม่	3(3-0-6)
ENG25 3010	เครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน	3(3-0-6)
ENG25 3020	วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง	3(3-0-6)
ENG25 3030	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	4(4-0-8)
ENG25 3040	พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม	2(1-3-5)
ENG25 3400	ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1	1(0-3-3)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (2)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (1)	3 หน่วยกิต
รวม		21 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 3050	กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ	2(1-3-5)
ENG25 3060	วิศวกรรมความปลอดภัย	2(2-0-4)
ENG25 3070	การออกแบบระบบเครื่องจักรกล	6(5-3-13)
ENG25 3080	ระบบควบคุมอัตโนมัติ	3(2-3-7)
	วิชาเลือกบังคับ (2)	3 หน่วยกิต
รวม		16 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1104	ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ	3(3-0-6)
IST50 2402	กลยุทธ์การเข้าสู่ตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์และบริการนวัตกรรม	2(2-0-4)
ENG25 3090	หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	3(2-3-7)
ENG25 3100	พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	2(1-3-5)
ENG25 3110	การออกแบบระบบความร้อน	3(3-0-6)
ENG25 3410	ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2	1(0-3-3)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (3)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (3)	3 หน่วยกิต
	วิชาเลือกโทความเป็นผู้ประกอบการ (1)	2 หน่วยกิต
รวม		21 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST30 1105	ภาษาอังกฤษเพื่อการทำงาน	3(3-0-6)
IST50 2403	แผนธุรกิจและจัดหาเงินทุน	3(3-0-6)
IST50 3412	เตรียมสหกิจศึกษาประกอบการหรือเตรียมการบ่มเพาะประกอบการ	1(1-0-2)
ENG25 3500	เตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-3)
ENG25 4010	การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์	2(1-3-5)
	วิชาเลือกบังคับ (4)	3 หน่วยกิต
	วิชาเลือกเสรี (1)	4 หน่วยกิต
	วิชาเลือกโทความเป็นผู้ประกอบการ (2)	2 หน่วยกิต
รวม		19 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
IST50 4413 IST50 4414	สหกิจศึกษาประกอบการ หรือ การบ่มเพาะประกอบการ	8 หน่วยกิต
รวม		8 หน่วยกิต

ปีการศึกษาที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 3

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	หน่วยกิต
ENG25 4500	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	3(3-0-6)
	วิชาศึกษาทั่วไปแบบเลือก (4)	2 หน่วยกิต
	วิชาเลือกบังคับ (5)	3 หน่วยกิต
	วิชาเลือกเสรี (2)	4 หน่วยกิต
รวม		12 หน่วยกิต

7. การเทียบโอน/ยกเว้นรายวิชา

หลักสูตรปกติ 4 ปี ไม่มีการเทียบโอน

8. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) เปิดสอนภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

สภาวิชาการให้ความเห็นชอบหลักสูตร ในการประชุม ครั้งที่ 4/2564 เมื่อวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2564

สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอนุมัติหลักสูตร ในการประชุม ครั้งที่ 4/2564 เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2564

9. ชื่อผู้รับรอง/อนุมัติข้อมูล

ตารางแสดงรายชื่อผู้รับรอง/อนุมัติ

ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งบริหาร	(วาระการดำรงตำแหน่ง)	ลงนาม
รศ. ดร.อนันต์ ทองระอา	อธิการบดี	1 สิงหาคม 2564 - ปัจจุบัน	

10. ชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงานหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงาน

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	โทรศัพท์	E-mail
1	ผศ. ดร.ชโลธร ธรรมแท้	ประธานหลักสูตร	044-224556	chalothorn@sut.ac.th
2	นางอาภรณ์พรรณ ศรีอัครวิทยา	เจ้าหน้าที่	044-224410	arphorn@sut.ac.th

ส่วนที่ 2 นิสิต/นักศึกษา

1. คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วยการศึกษาขั้นปริญญาตรี พ.ศ. 2561 หมวดที่ 1 ข้อ 7.1 ผู้เข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรีต้องเป็นผู้ที่สำเร็จการศึกษาขั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่าจากสถาบันการศึกษาภายในประเทศที่กระทรวงศึกษาธิการรับรองหรือสถาบันการศึกษาต่างประเทศที่มหาวิทยาลัยรับรอง

2. แผนการรับนักศึกษาในระยะ 5 ปี

ตารางแสดงจำนวนนักศึกษา

ระดับชั้นปี	จำนวนนักศึกษาแต่ละปีการศึกษา				
	2564	2565	2566	2567	2568
ชั้นปีที่ 1	210	210	210	210	210
ชั้นปีที่ 2	-	210	210	210	210
ชั้นปีที่ 3	-	-	210	210	210
ชั้นปีที่ 4	-	-	-	210	210
รวม	210	420	630	840	840

3. คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์

3.1 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างรายวิชาของหลักสูตรกับคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามข้อตกลง Washington Accord

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
1	**ความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineering Knowledge)** - สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ พื้นฐานทางวิศวกรรม และความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม เพื่อการแก้ไขและหาคำตอบของปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน	ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1	หลักการของระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ การทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ หลักการประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระเบียบวิธีพัฒนาและออกแบบโปรแกรม การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย การกำหนดตัวแปร นิพจน์ ประโยคควบคุม การฝึกปฏิบัติการโปรแกรม
		ENG25 1010 การเขียนแบบวิศวกรรม 1	การเขียนตัวอักษร เรขาคณิตพรรณนา การอ่านและเขียนภาพฉายตั้งฉายและภาพฉายสามมิติมาตรฐาน การกำหนดมิติและความเผื่อในงานเขียนแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น ภาพตัด ภาพช่วย การเขียนภาพร่างด้วยมือเปล่า แบบรายละเอียดและแบบภาพประกอบ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1	นิยามและสังกัป คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ตารางและแผนภูมิของคุณสมบัติงาน ความร้อน กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ การไม่สามารถย้อนกลับได้และ เอ็นโทรปี หลักการถ่ายเทความร้อนเบื้องต้น การวิเคราะห์วัฏจักรอย่างง่ายของเทอร์โมไดนามิกส์
		ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน	องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำและความจุไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง การตอบสนองในสภาวะชั่วครู่ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์เฟสเซอร์และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน วงจรไฟฟ้าสามเฟส หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์
		ENG25 2060 คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	ค่ารากของสมการ พีชคณิตเชิงเส้น ปัญหาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์ อนุกรมเทย์เลอร์และการประยุกต์ใช้ การแก้ปัญหาอนุพันธ์และปริพันธ์เชิงตัวเลข ทบทวนสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ การแปลงลาปลาส แบบจำลองระบบทางกล ระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้น แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์ เกรเดียนต์ ไดเวอร์เจนซ์และเคิร์ล
		ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล	หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น
		ENG25 2110 เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว	แม่เหล็ก วงจรแม่เหล็กและหม้อแปลงกำลัง การแปลงผันพลังงานกลไฟฟ้าและเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อุปกรณ์สวิตช์สารกึ่งตัวนำกำลัง วงจรเรียงกระแสกำลัง วงจรสับไฟฟ้ากำลัง วงจรคอนเวอร์เตอร์กำลังและวงจรอินเวอร์เตอร์กำลัง ระบบฝังตัวและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ การโปรแกรมระบบฝังตัว การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์
		ENG30 2001 สถิตยศาสตร์วิศวกรรม	ระบบแรง แรงลัพธ์และโมเมนต์ลัพธ์ สมดุล การวิเคราะห์โครงสร้าง แรงภายใน ความเสียดทานจุดศูนย์กลางน้ำหนักและจุดศูนย์กลางพื้นที่ หลักการงานสมมติ เสถียรภาพ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG30 2002 กลศาสตร์วัสดุ 1	แรงและหน่วยแรง ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียด หน่วยแรงในคาน แผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ดัด ระยะโก่งของคาน การโก่งเดาะของเสา วงกลมของมอร์และหน่วยแรงกระทำร่วมเกณฑ์กำหนดการวิบัติ
		ENG31 1001 วัสดุวิศวกรรม	ประเภทของวัสดุวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสมบัติ กระบวนการผลิตและการใช้งานของวัสดุวิศวกรรม เช่น โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์ และคอมโพสิท โครงสร้างผลึกของโลหะ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค สมบัติทางกลและวิธีการทดสอบทางกล แผนภูมิสมดุลเฟสและการแปลความหมายกระบวนการผลิตและขึ้นรูปโลหะ การอบชุบโลหะ การกัดกร่อนในโลหะและการป้องกัน โครงสร้างและสมบัติของวัสดุเซรามิกเซรามิกดั้งเดิมและเซรามิกขั้นสูง กระบวนการผลิต สมบัติทางวิศวกรรมของเซรามิก วัสดุพอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน พอลิเมอร์ผสม พอลิเมอร์คอมโพสิทสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ กระบวนการการสังเคราะห์และสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ การย่อยสลายของพลาสติก การประยุกต์ใช้วัสดุในงานพื้นฐานด้านวิศวกรรม นวัตกรรมวัสดุ
		ENG33 6001 กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น	ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกกรรมวิธีการผลิต เช่น การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักร การเชื่อมโลหะ การหล่อโลหะ และการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยกรรมวิธีทางความร้อน กรรมวิธีการผลิตที่ใช้กับวัสดุประเภทต่าง ๆ หลักการเบื้องต้นของต้นทุนกระบวนการผลิต การใช้เครื่องมือกลเบื้องต้น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่อง CNC EDM Wire cut การวิเคราะห์และการออกแบบผลิตภัณฑ์
		ENG25 2040 สถิติสำหรับวิศวกร	การนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบช่วง เช่น การแจกแจง แบบไบโนเมียล แบบปัวซอง และการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง เช่นการแจกแจงแบบปกติ แบบเอกซ์โปเนนเชียลทฤษฎีการชัก ตัวอย่างช่วงความเชื่อมั่น การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การฟิตข้อมูลและสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ
		ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน	รูปแบบและกระบวนการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนในวัสดุเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อไม่สม่ำเสมอการพาความร้อนแบบปริพันธ์และแบบอนุพันธ์ การพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ ผลกระทบของความปั่นป่วนต่อการพาความ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			ร้อน สหสัมพันธ์ตัวแปรไร้มิติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสีความร้อนการประยุกต์ใช้งานด้านการถ่ายเทความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทความร้อนด้วยการเดือดและการควบแน่น
		ENG25 3010 เครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน	ประวัติการพัฒนาเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สันดาปภายในและภายนอก การวิเคราะห์วัฏจักรของเครื่องยนต์การประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ ระบบของเครื่องยนต์ลูกสูบ ระบบของเครื่องยนต์กังหัน การทดสอบเครื่องยนต์ การเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพ
		ENG25 3020 วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง	หลักการทำงานพื้นฐานและการวิเคราะห์สมรรถนะ คุณลักษณะของโรงจักรต้นกำลัง เชื้อเพลิงและการสันดาป หม้อไอน้ำ พัดลม เครื่องสูบ คูลลิ่งทาวเวอร์ กังหันไอ การวิเคราะห์แหล่งพลังงานแบบดั้งเดิมและแบบทางเลือก เศรษฐศาสตร์โรงจักร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
		ENG25 3030 การทำความเย็นและการปรับอากาศ	ความรู้ขั้นต้นของหลักการทำความเย็นและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ การปรับปรุงการอัดไอ วัฏจักรการทำความเย็น การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ สารทำความเย็นและค่าคุณสมบัติ การทำความเย็นแบบระเหยและหอทำความเย็น การทำความเย็นแบบดูดซึม การคำนวณภาระความเย็นของระบบทำความเย็นการแช่แข็งอาหาร เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน ระบบปรับอากาศ การประมาณภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การระบายอากาศและการออกแบบระบบท่อลม
		ENG25 3050 กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ	ภาพรวมและการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป วิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง การถ่ายเทความร้อน และการสั่นทางกล การจำลองและวิเคราะห์ปัญหาเอลิเมนต์หนึ่งมิติ; วัตถุแท่งตรงและโครงข้อหมุน คานและโครงสร้าง เอลิเมนต์สองมิติ; ปัญหาความเค้น/ความเครียดระนาบ และรูปทรงการสมมาตร แผ่นบางและเปลือก เอลิเมนต์สามมิติแบบชิ้นงานเดี่ยวและชิ้นงานประกอบ ผลกระทบของจำนวนเอลิเมนต์ต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ การวิเคราะห์ความเสียหาย การโก่งเดาะและความล้า ปัญหาการสั่นทางกลและผลตอบสนองทางพลวัต ปัญหาทางความร้อนและความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิปัญหาค่าเหมาะสม และโครงงานปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ของแข็ง

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4010 การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์	การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อนการวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 4011 วิศวกรรมยานยนต์	หลักการพื้นฐานของยานยนต์ และการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้น ระบบกันสะเทือน ระบบห้ามล้อ ระบบบังคับเลี้ยว ระบบเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง การออกแบบระบบเฟืองและระบบเพลาส่งกำลัง ระบบระบายความร้อน ระบบปรับอากาศในยานยนต์ ผลกระทบทางด้านอากาศพลศาสตร์ที่มีต่อยานยนต์ และปฏิบัติงานทางด้านโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องยนต์ พื้นฐานการทำงานของเครื่องยนต์ การถอดประกอบเครื่องยนต์ ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ ระบบหล่อลื่น ระบบจุดระเบิด ระบบสตาร์ทเครื่องยนต์ ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง และงานบำรุงรักษายานยนต์เบื้องต้น
		ENG25 4031 พลศาสตร์ยานยนต์	หลักการพื้นฐานของพลศาสตร์ยานยนต์ และการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยพื้นฐานการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ยานยนต์ การวิเคราะห์การเคลื่อนที่และแรงในแนวการเคลื่อนที่ของรถ แนวขวางรถ และแนวดิ่งของรถ สมรรถนะการเร่งและการเบรก ช่วงล่างและระบบบังคับเลี้ยงการวิเคราะห์เสถียรภาพการขับขี่และการบังคับรถ แนวโน้มของการออกแบบรถยนต์ในอนาคต
		ENG25 4041 เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	ชนิดของยานยนต์ไฟฟ้า หลักการออกแบบยานยนต์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบอนุกรมและยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบขนาน ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้าเทคโนโลยีแบตเตอรี่ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ความจุสูง การประจุไฟฟ้า ตัวเชื่อมต่อสำหรับการประจุไฟฟ้า การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนเบื้องต้น เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงและยานยนต์เซลล์เชื้อเพลิง

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4081 ระบบเมคคาทรอนิกส์ในยานยนต์	การจำลองระบบยานยนต์ เทคนิคการแสดงเอกลักษณ์ และการจำลองระบบ ตัวตรวจรู้ในระบบยานยนต์ สัญญาณและการต่อประสาน ตัวขับเร้าแบบไฟฟ้าและไฮดรอลิกส์ ตัวควบคุมและการสื่อสารในรถยนต์เทคโนโลยีที่มีอยู่ในระบบเมคคาทรอนิกส์ของยานยนต์ โครงสร้างสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟท์แวร์ควบคุมและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก การควบคุมเครื่องยนต์สูบเดี่ยว การควบคุมเครื่องยนต์หลายสูบ
		ENG25 4101 อุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	เทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมีพื้นฐาน การจำลองเทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมี ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบที่มีการเรียงตัวของประจุแบบสองชั้น ตัวเก็บประจุแบบประจุเทียม เซลล์เชื้อเพลิงแบบพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแบบต่าง ๆ แบตเตอรี่โซลิดสเตต แบตเตอรี่อื่น ๆ ในอนาคต เช่น แบตเตอรี่แบบเซมิโซลิดโฟลว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมี
		ENG25 4511 อากาศพลศาสตร์ขั้นพื้นฐาน	ความสำคัญของวิชาอากาศพลศาสตร์ พื้นฐานอากาศพลศาสตร์ การไหลแบบไม่มีความหนืดและอัดตัวไม่ได้ ทฤษฎีแพนอากาศ พื้นฐานเบื้องต้นของการไหลในชั้นชิดผิว การไหลอย่างปั่นป่วน การไหลที่ไม่เสถียรและการแยกตัวของการไหล ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงยกและแรงต้านอากาศของปีก ทฤษฎีการออกแบบปีกเบื้องต้น อุปกรณ์เพิ่มแรงยก การไหลแบบอัดตัวได้เบื้องต้น
		ENG25 4531 การบินขั้นพื้นฐาน	กฎหมายการบินเกี่ยวกับนักบินส่วนบุคคล หลักการบิน หลักอากาศพลศาสตร์ โครงสร้างอากาศยาน เครื่องยนต์ต้นกำลัง เครื่องมือวัดประกอบการบิน ระบบบนอากาศยาน ขีดจำกัดการบิน การบินอย่างปลอดภัย การใช้วิทยุสื่อสาร การเดินอากาศ การทำแผนการบิน อุตุนิยมวิทยา การปฏิบัติก่อนทำการบิน การบินเดินทางด้วยเครื่องจำลองการบิน
		ENG25 4541 การทำความคุ้นเคยอากาศยานพาณิชย์	เรียนรู้อากาศยานพาณิชย์ด้วยโปรแกรมจำลองการบิน ระบบแสดงผลและบันทึกผล ระบบไฟฟ้ากำลัง เครื่องวัดประกอบการบิน ระบบช่วยเดินอากาศและช่วยลงจอด ระบบบินอัตโนมัติ ระบบสื่อสาร ระบบไฟส่องสว่าง ระบบไฮดรอลิค ระบบล้อลงจอด ระบบควบคุมการบิน โครงสร้างอากาศยาน ประตู ระบบออกซิเจน น้ำและของเสีย ระบบเชื้อเพลิง ระบบป้องกันไฟ ระบบพลังงานเสริม ระบบเครื่องยนต์ ระบบนิวเมติก ระบบปรับอากาศ ระบบปรับความดัน ระบบป้องกันน้ำแข็งและฝน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4561 วัสดุอากาศยานและกระบวนการ	เกริ่นนำเกี่ยวกับประเภทวัสดุอากาศยาน โลหะ พอลิเมอร์และเซรามิค กระบวนการขึ้นรูปวัสดุสำหรับชิ้นส่วนอากาศยาน การใช้ไม้และผ้าในอากาศยาน เทคโนโลยีวัสดุผสมและคุณสมบัติ วัสดุเสริมความแข็งแรงที่พบได้บ่อยและกรรมวิธีการขึ้นรูป การทดสอบคุณสมบัติ และการซ่อมบำรุง แนะนำเทคโนโลยีวัสดุแบบล้ำหน้า การประยุกต์ใช้การทดสอบวัสดุแบบไม่ทำลายกับวัสดุอากาศยาน มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับวัสดุอากาศยาน
		ENG25 4621 พลศาสตร์ของแก๊ส	กล่าวนำถึงความสำคัญของพลศาสตร์ของแก๊ส ทบทวนพื้นฐานทางกลศาสตร์ของไหลและเทอร์โมไดนามิกส์ กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับของไหล กฎการเคลื่อนที่ของของไหล การไหลแบบอัดตัวได้ในหนึ่งมิติแบบไม่มีความหนืด การไหลแบบอัดตัวได้ในหนึ่งมิติที่มีแรงเสียดทานและความร้อน การเกิดคลื่นกระแทกฉากและคลื่นกระแทกเฉียง การขยายตัวของคลื่น การไหลในท่อตีบและท่อขยาย
		ENG25 4012 พื้นฐานวิศวกรรมชีวการแพทย์	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ พื้นฐานเกี่ยวกับ โมเลกุล ชีววิทยาของเซลล์และสรีรวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านวิศวกรรมชีวการแพทย์ การนำความรู้ทางวิศวกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์ตลอดจนตัวอย่างที่เกี่ยวกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีล่าสุด พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และความรู้ทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ ชีวกลศาสตร์ วิศวกรรมเนื้อเยื่อการขนส่งโมเลกุล การถ่ายภาพแม่เหล็กไฟฟ้า สัญญาณชีวภาพและระบบทางชีวการแพทย์ การสร้างแบบจำลองเชิงคำนวณสำหรับออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและระบบทางชีวการแพทย์
		ENG25 4022 ชีวกลศาสตร์	หลักการพื้นฐานทางชีวกลศาสตร์ร่างกายส่วนบน เช่น กล้ามเนื้อ เอ็น กระดูก กระดูกอ่อนและข้อ การเคลื่อนไหว ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ กระดูกสันหลังและกล้ามเนื้อแกนกลาง การเคี้ยว กลศาสตร์ของการหายใจ ชีวกลศาสตร์ร่างกายส่วนล่าง เช่น ข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า เท้า ชีวกลศาสตร์การเดิน สาเหตุและผลของชีวกลศาสตร์ที่ผิดปกติ การประเมินและแก้ไขชีวกลศาสตร์ที่ผิดปกติในทางการแพทย์ แขนเทียม ขาเทียม เท้าเทียมกายอุปกรณ์และเฝือกพยุง เทคโนโลยีทางวิศวกรรมชีวกลศาสตร์ เทคโนโลยีเพื่อช่วยผู้พิการและผู้ป่วย
		ENG25 4032 วัสดุชีวภาพ	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุทางการแพทย์ คุณสมบัติของวัสดุทางกายภาพ การยืดหยุ่น การแตกหัก ความเค้นและความเครียด กรรมวิธีการผลิตและการทดสอบวัสดุ วัสดุ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			โลหะ อโลหะ โพลิเมอร์ เซรามิกส์ วัสดุสังเคราะห์ วัสดุทางชีวภาพ การเคลือบวัสดุ ข้อจำกัด การเข้าได้กับเนื้อเยื่อ การประยุกต์ใช้ในทางศัลยกรรม ข้อเข่าเทียม ข้อสะโพกเทียม วัสดุที่ฝังในร่างกาย
		ENG25 4042 อุปกรณ์ทางชีวการแพทย์	สาเหตุและความผิดปกติทางคลินิกพื้นฐาน ข้อบ่งใช้ หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องมือทางการแพทย์ทั่วไป และแบบฝังภายในร่างกายตามระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ระบบการหายใจ ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อุปกรณ์ทางทันตกรรม การออกแบบเครื่องมือทางการแพทย์พื้นฐาน ประสบการณ์ทางคลินิกที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์
		ENG25 4512 การออกแบบระบบอาคารสำหรับวิศวกรเครื่องกล	พื้นฐานการออกแบบระบบภายในอาคาร การออกแบบระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบสุขาภิบาล การออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝน การออกแบบระบบดับเพลิง การออกแบบระบบไฟแสงสว่าง แบบงานอาคาร แบบงานสถาปัตย์ แบบงานโครงสร้าง แบบงานไฟฟ้า แบบงานสุขาภิบาล แบบงานดับเพลิง และ แบบงานปรับอากาศกรณีศึกษา
		ENG25 4522 การออกแบบระบบอุตสาหกรรมสำหรับวิศวกรเครื่องกล	พื้นฐานการออกแบบระบบอุตสาหกรรม การออกแบบระบบอากาศอัด การออกแบบระบบท่อน้ำร้อน การออกแบบระบบ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และ การออกแบบระบบท่อลมระบายอากาศ อุปกรณ์ทางความร้อนและการเลือกใช้ หม้อไอน้ำ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หม้อต้ม หม้อฆ่าเชื้อ แบบงานระบบอุตสาหกรรม แบบงานระบบอากาศอัด แบบงานระบบท่อน้ำร้อน แบบงานระบบท่อไอน้ำ และ แบบท่อลมกรณีศึกษา
		ENG25 4532 การตรวจวัดและการตรวจสอบพลังงาน	การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการวัดที่เกี่ยวข้อง การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อน การวัดการไหล การวัดความดัน และการวัดองค์ประกอบของแก๊ส การวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ใช้พลังงาน เช่นมอเตอร์ คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เครื่องทำน้ำเย็น และ หม้อไอน้ำ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง ระบบลมอัด ระบบไอน้ำ กฎหมายและข้อกำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและในโรงงาน การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4542 กระบวนการอุตสาหกรรมสำหรับวิศวกรเครื่องกล	หลักการของกระบวนการทางกลและเครื่องจักรในอุตสาหกรรม กระบวนการขนถ่ายวัสดุ การลดขนาดวัสดุ การแยกของแข็ง การแยกอนุภาคในของไหล การผสม การกรอง การตกตะกอน กระบวนการให้ความร้อน การกลั่น การสกัด กระบวนการในเครื่องระเหย เครื่องควบแน่น การตกผลึก การเหวี่ยงแยก การอบแห้งและเครื่องอบแห้ง
		ENG25 4552 การควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมและวิชาการเครื่องมือ	การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ และจำลองระบบด้านการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมการระบุเอกลักษณ์ของระบบ และการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย เครื่องมือวัดและกระบวนการวัด พฤติกรรมทางพลศาสตร์ของระบบ การออกแบบตัวควบคุมแบบป้องกลับและป้อนไปข้างหน้า การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม การควบคุมกระบวนการโดยวิธีทางสถิติและการเตือนความผิดพลาด การสื่อสารในระบบควบคุม เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย ความรู้เบื้องต้นในการทำเหมืองข้อมูลเพื่อทำให้การตัดสินใจดีขึ้น
		ENG25 4562 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม	พื้นฐานการออกแบบระบบท่ออุตสาหกรรม วัสดุท่อเบื้องต้น มาตรฐานสำหรับการออกแบบท่อ การเชื่อม การตรวจสอบแบบไม่ทำลายของแนวเชื่อม การต่อท่อ แบบของระบบท่อ อุปกรณ์ประกอบท่อและอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบท่อ อุปกรณ์ทางความร้อน หม้อไอน้ำ การออกแบบระบบท่อน้ำร้อน การออกแบบระบบท่อไอน้ำ การออกแบบระบบอากาศอัด ระบบการค้ำจุนท่อ
		ENG25 4572 เทคโนโลยีกำลังของไหล	เทคโนโลยีเกี่ยวกับเครื่องจักรของไหลและการประยุกต์ใช้ในระบบอุตสาหกรรม การผลิตกำลังของไหล เครื่องจักรกลของไหล เครื่องสูบ พัดลม เครื่องเป่า เครื่องอัด ระบบกำลังของของไหล น้ำมันไฮดรอลิกส์ ถัง ท่อทาง วาล์วควบคุม กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ การออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบกำลังของไหล
		ENG25 4582 พลังงานทดแทน	สถานการณ์และปัญหาพลังงาน แหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ปิโตรเลียม ถ่านหินก๊าซธรรมชาติ แหล่งพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงาน แสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานนิวเคลียร์ เซลล์เชื้อเพลิง กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น การสกัดน้ำมันและการผลิตไบโอดีเซล การหมักและการกลั่นเอทานอล การผลิตก๊าซชีวภาพ พลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม พืชพลังงาน เชื้อเพลิงจากขยะ การวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง กระบวนการเผาไหม้และการวิเคราห์ไอเสีย การใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4553 กระบวนการและเทคโนโลยีในปัจจุบันของอุตสาหกรรมที่น่าสนใจ	ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการและเทคโนโลยีซึ่งเป็นที่สนใจหรือพัฒนาการใหม่ ๆ ของอุตสาหกรรมในขณะนั้น
		ENG25 4014 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล ผลการประมาณค่าและความคลาดเคลื่อน การหาค่ารากของสมการ การหาผลเฉลยเฉลี่ยของระบบสมการเชิงเส้น การประมาณค่าในช่วงและการประมาณค่าด้วยพหุนาม การสร้างเส้นแนวโน้มของข้อมูลด้วยวิธีกำลังสองถดถอยน้อยที่สุด การหาอนุพันธ์และการอินทิเกรตเชิงตัวเลข การหาผลเฉลยเชิงตัวเลขของสมการอนุพันธ์สามัญ
		ENG25 4024 การหาค่าเหมาะสมสุด	การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบพลวัต กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ วิธีเกรเดียนด์ วิธีของนิวตัน กำหนดการเชิงเส้น กำหนดการไม่เชิงเส้น การหาค่าเหมาะสมที่สุดผ่านกระบวนการวิวัฒนาการ การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์
		ENG25 4544 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การเชื่อมต่อขอมูลระหว่างเครื่องจักรและอุปกรณ์รับ-ส่ง สินค้าอัตโนมัติ ศึกษาภาคปฏิบัติในการส่งสัญญาณและข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อให้เครื่องจักรอัตโนมัติสามารถสื่อสารกันผ่านโปรโตคอลได้
		ENG25 4055 การเรียนรู้แบบเสริมแรง	การเรียนรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเสริมแรง กระบวนการการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ การเรียนรู้การเสริมแรงบนพื้นฐานมูลค่า การเรียนรู้การเสริมแรงบนพื้นฐานนโยบาย การเรียนรู้ความแตกต่างทางอารมณ์ การเรียนรู้แบบคิว ระบบเครือข่ายคิวแบบเจาะลึก การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4075 เทคโนโลยีคลังข้อมูลขนาดใหญ่	หลักการเบื้องต้นสำหรับเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การบริหารจัดการและติดตั้งเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ ฮาดูปแมปรีดิวซ์สปาร์ก ภาษาการเขียนโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การค้นหาและการทำดัชนี การจำแนกประเภท การจัดกลุ่ม การเลือกคุณลักษณะ และการประยุกต์ใช้งานวิศวกรรมต่าง ๆ
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			เสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
2	**การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)** - สามารถระบุ ตั้งสมการ วิจัย สืบค้น และวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้ข้อสรุป	ENG25 2060 คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	ค่ารากของสมการ พีชคณิตเชิงเส้น ปัญหาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์ อนุกรมเทย์เลอร์และการประยุกต์ใช้ การแก้ปัญหาอนุพันธ์และปริพันธ์เชิงตัวเลข ทบทวนสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ การแปลงลาปลาส แบบจำลองระบบทางกล ระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้น แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์ เกรเดียนต์ ไดเวอร์เจนซ์และเคิร์ล

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
	ของปัญหาที่มีนัยสำคัญ โดยใช้ หลักการทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ และ วิทยาการทางวิศวกรรมศาสตร์	ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล	หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น
		ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน	รูปแบบและกระบวนการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนในวัสดุเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อไม่สม่ำเสมอ การพาความร้อนแบบปริพันธ์และแบบอนุพันธ์ การพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ ผลกระทบของความปั่นป่วนต่อการพาความร้อน สหสัมพันธ์ตัวแปรไร้มิติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสีความร้อนการประยุกต์ใช้งานด้านการถ่ายเทความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทความร้อนด้วยการเดือดและการควบแน่น
		ENG25 3040 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง กลศาสตร์ของไหล การถ่ายเทความร้อน และการสั่นสะเทือนด้วยระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องและระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ขั้นพื้นฐาน การวิเคราะห์ปัญหาแบบ 1 มิติ และ 2 มิติการกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง การประยุกต์
		ENG25 3050 กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ	ภาพรวมและการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง การถ่ายเทความร้อน และการสั่นทางกล การจำลองและวิเคราะห์ปัญหาเอลิเมนต์หนึ่งมิติ; วัตถุแท่งตรงและโครงข้อหมุน คานและโครงสร้าง เอลิเมนต์สองมิติ; ปัญหาความเค้น/ความเครียดระนาบ และรูปทรงการสมมาตร แผ่นบางและเปลือก เอลิเมนต์สามมิติแบบชิ้นงานเดี่ยวและชิ้นงานประกอบ ผลกระทบของจำนวนเอลิเมนต์ต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ การวิเคราะห์ความเสียหาย การโก่งเดาะและความล้า ปัญหาการสั่นทางกลและผลตอบสนองทางพลวัต ปัญหาทางความร้อนและความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิปัญหาค่าเหมาะสม และโครงงานปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ของแข็ง

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 3080 ระบบควบคุมอัตโนมัติ	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบความร้อน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบ การตอบสนองทางพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่ออินพุทแบบขั้นบันได แบบแรม แบบดล แบบฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่สถานะคงตัว การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead โดยวิธีการตอบสนองเชิงความถี่ การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
		ENG25 3100 พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สมการควบคุมของพลศาสตร์ของไหล สมการการนำพาของการไหล วิธีปริมาตรจำกัด การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน ของปัญหาการไหลภายใน การไหลภายนอกผ่านสิ่งกีดขวาง และปัญหาการไหลร่วมกับการถ่ายโอนความร้อน การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลคำนวณเชิงตัวเลข
		ENG25 3110 การออกแบบระบบความร้อน	การออกแบบด้านวิศวกรรม การออกแบบระบบที่ทำงานได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การจำลองอุปกรณ์ความร้อน การจำลองระบบความร้อน เทคนิคการออกแบบระบบที่เหมาะที่สุด เทคนิคการหาคำตอบ การฝึกปฏิบัติออกแบบ
		ENG25 4500 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหล และระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
		ENG25 4021 วิศวกรรมการผลิตยานยนต์และการบริหารการผลิต	กรรมวิธีการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทต่าง ๆ และเทคโนโลยีการผลิต กระบวนการขึ้นรูป การพ่นสี การเคลือบวัสดุ มาตรฐานและการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนยานยนต์ กระบวนการประกอบยานยนต์ภาพรวมของอุตสาหกรรมยานยนต์และระบบบริหารจัดการในอุตสาหกรรมยานยนต์ หน่วยงานและกิจกรรมในองค์กรการผลิต การวางแผนการผลิต ระบบการผลิตแบบลีนและระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี
		ENG25 4051 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและผลิต	ฟังก์ชันและคำสั่งพื้นฐานของโปรแกรม CATIA การเขียนแบบร่าง 2 มิติ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ การประกอบชิ้นส่วนแบบจำลอง 3

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		สำหรับงานวิศวกรรม	มิติ การสร้างแบบ การประยุกต์ใช้โปรแกรมในงานเขียนแบบทางกลและวางแผนผลิต
		ENG25 4061 การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างยานยนต์	ตัวถังและโครงฐานยานพาหนะ ภาระที่กระทำต่อโครงสร้างยานยนต์ สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับโครงสร้าง การออกแบบหน้าตัดทางยานยนต์ ชิ้นส่วนผนังบางภายใต้ภาระการบิด การโก่งงอของแผ่นบาง การวิเคราะห์ตัวถังภายใต้ภาระการดัดและภาระการบิด หลักการออกแบบรอยเชื่อม การวิเคราะห์เส้นทางของแรงบนโครงสร้างแผ่นบางที่ขึ้นรูปตัวถัง ผลตอบสนองเชิงพลวัตของโครงสร้างภายใต้การชนกระแทก มาตรฐานและข้อคำนึงเกี่ยวกับผู้โดยสารและความปลอดภัย
		ENG25 4071 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมยานยนต์	การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาเฉพาะทางวิศวกรรมยานยนต์ การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลอง การวิเคราะห์ปัญหาไม่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์ความแข็งแรงและความแข็งตึงของโครงสร้างยานยนต์ การจำลองการทดสอบโครงสร้างภายใต้มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านยานยนต์ โครงงานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมยานยนต์ที่เกี่ยวข้อง
		ENG25 4091 การควบคุมระบบยานยนต์	ภาพรวมของการควบคุมระบบต่าง ๆ ในรถยนต์ การจำลองระบบทางยานยนต์ การควบคุมแบบหลายตัวแปร การควบคุมแบบตัวแปรสเตท การควบคุมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ความรู้เบื้องต้นในเรื่องปัญญาประดิษฐ์ พื้นฐานการเชื่อมต่อยานยนต์ และระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ กรณีศึกษาด้านการควบคุมในยานยนต์
		ENG25 4521 การคำนวณสมรรถนะและการออกแบบอากาศยาน	หลักการกลศาสตร์การบินเบื้องต้น การคำนวณสมรรถนะอากาศยาน อาทิ ความเร็วสูงสุดอัตราการไต่สูงสุด เพดานบินสูงสุด พิสัยการบิน เวลาทำการบินสูงสุด สมรรถนะการนำเครื่องขึ้นลง รัศมีการเลี้ยวสั้นสุดอัตราเลี้ยวสูงสุด เป็นต้น เสถียรภาพของอากาศยาน กระบวนการการออกแบบอากาศยาน และการคำนวณการออกแบบอากาศยานเชิงแนวคิด การประยุกต์ใช้การออกแบบอากาศยานในภารกิจต่าง ๆ
		ENG25 4581 กลศาสตร์พลวัตการบินและการควบคุม	หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และจำลองตัวควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ การออกแบบและการชดเชยระบบควบคุม การประยุกต์ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ การประยุกต์ใช้ MATLAB/Simulink ในการออกแบบและควบคุม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4591 การวิเคราะห์โครงสร้างอากาศยาน	หลักการและทฤษฎีของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างรูปทรง ทฤษฎีความเค้นและความเครียดของวัสดุคุณสมบัติวัสดุ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด การวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างคานรับน้ำหนักและชิ้นส่วนทางกลอย่างง่าย การรับภาระกรรมการโก่ง การเฉือน และการบิด ทฤษฎีความเสียหาย การวิเคราะห์การจับยึดของแผ่นบาง หลักการและทฤษฎีวิเคราะห์พื้นผิวที่รับความเค้น การวิเคราะห์การบิดของท่อผนังบางทั้งชนิดเปิดและปิด วิเคราะห์ความเค้นในชิ้นส่วนอากาศยาน อาทิ ปีกคานแบบกล่องลำตัว เป็นต้น
		ENG25 4601 การฝึกทักษะซ่อมบำรุงอากาศยาน	การทำความคุ้นเคยเครื่องบินเล็ก การฝึกปฏิบัติซ่อมเครื่องบินเล็กตามคู่มือการซ่อมบำรุงอากาศยาน การทำความคุ้นเคยต่อเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุง
		ENG25 4611 การซ่อมบำรุงอากาศยานพาณิชย์	ความรู้เกี่ยวกับระบบอากาศยานพาณิชย์ การใช้คู่มือการซ่อมบำรุง การใช้คู่มือการแก้ไขปัญหา การใช้คู่มือรายการอุปกรณ์น้อยสุดสำหรับทำการบิน ฝึกปฏิบัติซ่อมบำรุงอากาศด้วยเครื่องจำลองการซ่อมบำรุง
		ENG25 4062 การสร้างและการจำลองทางคอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมชีวการแพทย์	ภาพรวมการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างและการจำลองในงานทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ในการวินิจฉัยและการรักษาตลอดจนกระบวนการทางสรีรวิทยา การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและสมบัติทางกลของกระดูกและเนื้อเยื่อบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของข้อต่อ แบบจำลองการสัมผัส อุปกรณ์ทางการแพทย์และชิ้นส่วนปลูกฝังในร่างกาย โครงงานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมชีวการแพทย์
		ENG25 4082 การควบคุมทางชีวการแพทย์	การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ และจำลองระบบและกระบวนการด้านชีวการแพทย์ การระบุเอกลักษณ์ของระบบและการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย การทำให้เป็นระบบเชิงเส้น ระบบแบบไม่ต่อเนื่อง สมรรถนะของระบบและการตีความหมายทางกายภาพ การออกแบบตัวควบคุม เสถียรภาพ อุปกรณ์ตรวจรู้ทางชีวการแพทย์ การจัดการสัญญาณ การสื่อสารข้อมูล เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย การควบคุมแบบอัจฉริยะ กรณีศึกษาทางด้านชีวการแพทย์
		ENG25 4532 การตรวจวัดและการตรวจสอบพลังงาน	การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการวัดที่เกี่ยวข้อง การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อน การวัดการไหล การวัดความดัน และการวัดองค์ประกอบของแก๊ส การวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ใช้พลังงาน เช่นมอเตอร์

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เครื่องทำน้ำเย็น และ หม้อไอน้ำ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง ระบบลมอัด ระบบไอน้ำ กฎหมายและข้อกำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและในโรงงาน การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 4013 ระบบควบคุมแบบทันสมัย	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบปริภูมิสเตท การระบุเอกลักษณ์ของระบบ การวิเคราะห์ความสามารถการสังเกตและควบคุมได้ ตัวควบคุมแบบกำหนดตำแหน่งโพลออกแบบตัวสังเกต ระบบเซอโว ตัวควบคุมแบบLQR ตัวกรองคามาน ระบบควบคุมแบบปรับตัวได้ที่ใช้แบบจำลองอ้างอิง การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
		ENG25 4023 ระบบควบคุมสมองกลฝังตัว	การวัด เก็บข้อมูล แสดงผลแบบทันสมัยและควบคุมระบบทางวิศวกรรมเครื่องกลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สู่โลกอินเตอร์เน็ต การสร้างและวิเคราะห์เสถียรภาพการตอบสนองเชิงพลวัตแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล และไฟฟ้าในโดเมนเวลาโดเมนความถี่ ออกแบบตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID, Lead, Lag, Lag-Lead วิธีระบุเอกลักษณ์ของระบบและปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และออกแบบตัวควบคุมระบบสมองกลฝังตัวโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/Simulink และ Python
		ENG25 4033 การวัดและการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน	การวัด การเก็บข้อมูล การจัดการสัญญาณทั้งโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การทดสอบ วินิจฉัย และแก้ปัญหาความไม่สมดุล การเยื้องศูนย์เพลา รีโซแนนซ์ของเครื่องจักร ด้วยการทดสอบโมดอล (Modal Testing) และการวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analysis) เกณฑ์มาตรฐานการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
		ENG25 4043 เครื่องจักรหมุนและการควบคุม	พลศาสตร์ของโรเตอร์แข็งเกร็งและยืดหยุ่น พฤติกรรมการสั่นตามขวางและการบิดตัว ความเร็ววิกฤต เสถียรภาพการหมุน ผลกระทบของไจโรสโคป การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิครูปร่างเบี่ยงเบนขณะปฏิบัติงาน การวิเคราะห์วงโคจรการหมุน ตรวจสอบและแก้ปัญหาความไม่สมดุล การหลวงคลอนทางกล ความเสียหายของตลับลูกปืน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4554 การมองเห็นของเครื่องจักร	กล่าวนำในเรื่องการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ชนิดและรูปแบบของรูปภาพดิจิทัล การกำหนดขอบเขตรูปเทคนิคในการจดจำรูปทรงของวัตถุ เทคนิคการปรับแต่งกล้องและแสงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักร การเชื่อมต่อการมองเห็นของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ควบคุม ออกแบบโครงงาน
		ENG25 4564 การเรียนรู้ของเครื่อง	แนวคิดการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนและไม่มีผู้ฝึกสอน การเตรียมข้อมูลแลการสำรวจการกระจายข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องเชิงสถิติ การเรียนรู้ของเครื่องเชิงปัญญาประดิษฐ์ การประเมินผลการเรียนรู้ การแปลผลโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4513 การจัดการโรงงาน	ระบบการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิต ระบบการจัดการสินค้าการบริหารคุณภาพโดยรวม (Total Productive Maintenance) และการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม(Total Quality Management) 5ส
		ENG25 4523 ระบบบริหารการจัดการคุณภาพ	มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพยานยนต์ IATF 16949 การตรวจประเมินคุณภาพภายใน IATF 16949 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control) การวางแผนคุณภาพผลิตภัณฑ์ล่วงหน้าและแผนควบคุม (Advanced Product Quality Planning and Control Plan) การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measuring System Analysis) ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย OHSAS 18001
		ENG25 4533 การควบคุมกระบวนการผลิต	การออกแบบและการพัฒนากระบวนการ แผนการควบคุม/การควบคุมกระบวนการ มาตรฐานการทำงาน/ มาตรฐานการดำเนินการ กระบวนการตรวจสอบ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4543 เครื่องมือและเทคนิคเพิ่มผลผลิต	ไคเซ็นและวิธีการปรับปรุงพัฒนาอื่น ๆ ในวงการอุตสาหกรรม กระบวนการแก้ไขปัญหา(Problem Solving) ตัวชี้วัดผลความสำเร็จ (Key Performance Indicators) ดัชนีวัดผลความสำเร็จแบบสมดุล(Balanced Scorecard) และโอเคอาร์ส (Objective and Key Results) การบริหารทรัพยากรบุคคล ภาวะผู้นำ
		ENG25 4014 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล ผลการประมาณค่าและความคลาดเคลื่อน การหาค่ารากของสมการ การหาผลเฉลยเฉลี่ยของระบบสมการเชิงเส้น การประมาณค่าในช่วงและการประมาณค่าด้วยพหุนาม การสร้างเส้นแนวโน้มของข้อมูลด้วยวิธีกำลังสองถดถอยน้อยที่สุด การหาอนุพันธ์และการอินทิเกรตเชิงตัวเลข การหาผลเฉลยเชิงตัวเลขของสมการอนุพันธ์สามัญ
		ENG25 4024 การหาค่าเหมาะสมสุด	การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบพลวัต กำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ วิธีเกรเดียนด์ วิธีของนิวตัน กำหนดการเชิงเส้น กำหนดการไม่เชิงเส้น การหาค่าเหมาะสมที่สุดผ่านกระบวนการวิวัฒนาการ การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์
		ENG25 4034 การวิเคราะห์และจำลองปัญหาของวัสดุคอมโพสิต	วัสดุคอมโพสิตเบื้องต้น ทฤษฎีลามิเนชันแบบคลาสสิก เกณฑ์ความเสียหาย การจำลองปัญหาของวัสดุคอมโพสิต การสร้างแบบจำลอง การกำหนดทิศทางของวัสดุ การแบ่งเอลิเมนต์ และกระบวนการหลังการวิเคราะห์ การจำลองจุดเชื่อมต่อของวัสดุคอมโพสิต การหาค่าเหมาะสมของวัสดุคอมโพสิต โครงงานการจำลองของวัสดุคอมโพสิต
		ENG25 4044 การจำลองปัญหาการไหลและความร้อน	การวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลและการถ่ายเทความร้อน การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับปัญหาการไหลที่สภาวะคงตัวและไม่คงตัว การจำลองแบบกริดเคลื่อนที่ การถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การไหลผ่านวัสดุพรุน ปัญหาปฏิสัมพันธ์การไหลและการถ่ายเทความร้อนในห้องปรับอากาศ การไหลและโครงสร้างของวัสดุ โครงงานการจำลองปัญหาการไหลที่สนใจ การนำเสนอด้วยวาจา
		ENG25 4054 การจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล	จลนศาสตร์และจลศาสตร์เครื่องจักรกล การจำลองการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ การคำนวณต้นกำลังของเครื่องจักรกล การวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติ การเคราะห์ลูกเบี้ยว การจำลองระบบอัตโนมัติ การวิเคราะห์ไฟไนท์เอลิเมนต์จากผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ โครงงานของปัญหาที่สนใจ การนำเสนอด้วยวาจา

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4064 การจำลองเชิงตัวเลขในงานไฟฟ้าเคมี	แนวคิดพื้นฐานของระบบทางไฟฟ้าเคมี การจำลองปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ กึ่งผันกลับได้ และผันกลับไม่ได้ การจำลองเทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมีอย่าง potential step และ voltammetry การจำลองกระแสไฟฟ้าแบบฟาราเดย์และกระแสไฟฟ้าแบบไม่ใช่ฟาราเดย์ การจำลองอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมี
		ENG25 4554 การมองเห็นของเครื่องจักร	กล่าวนำในเรื่องการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ชนิดและรูปแบบของรูปภาพดิจิทัล การกำหนดขอบเขตรูปเทคนิคในการจดจำรูปทรงของวัตถุ เทคนิคการปรับแต่งกล้องและแสงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักร การเชื่อมต่อการมองเห็นของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ควบคุม ออกแบบโครงงาน
		ENG25 4045 เหมืองข้อมูล	แนวคิดเหมืองข้อมูลพื้นฐาน การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล คลังข้อมูล การล้างข้อมูล การรวมข้อมูล การแปลงและการลดข้อมูล การหารูปแบบและความสัมพันธ์ การสร้างแบบจำลองสำหรับการแยกประเภทและการทำนาย และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม
		ENG25 4055 การเรียนรู้แบบเสริมแรง	การเรียนรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบเสริมแรง กระบวนการการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ การเรียนรู้การเสริมแรงบนพื้นฐานมูลค่า การเรียนรู้การเสริมแรงบนพื้นฐานนโยบาย การเรียนรู้ความแตกต่างทางอารมณ์ การเรียนรู้แบบคิว ระบบเครือข่ายคิวแบบเจาะลึก การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4065 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิหุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4515 วิศวกรรมบำรุงรักษา	พื้นฐานแนวคิดการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ การบำรุงรักษาเมื่อเสื่อมสภาพ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทั้งแบบตามเวลาและตามสภาพชิ้นส่วน การป้องกันการบำรุงรักษา การบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และ 8 เสาหลักของ TPM หลักการจัดทำแผนการตรวจสอบ หล่อลื่น

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			เปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักรและอุปกรณ์ การวัดและการประเมินประสิทธิภาพการบำรุงรักษาและ OEE แนวคิดและเทคโนโลยีการบำรุงรักษาสมัยใหม่
		ENG25 4525 การตรวจสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไอน้ำ และภาชนะรับความดัน ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานตามหลักสากลที่เกี่ยวข้อง การเชื่อมสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน การตรวจสอบการเชื่อม แนวทางการออกแบบภาชนะรับความดัน กลไกความเสียหายของภาชนะรับความดันและอันตรายจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ ขั้นตอนการวางแผนและวิธีการตรวจทดสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน แนวคิดเพื่อการประหยัดพลังงาน การใช้ไอน้ำ และน้ำคอนเดนเสท กฎหมายที่เกี่ยวข้อง และจรรยาบรรณวิศวกร
		ENG25 4535 การตรวจสอบสัญลักษณ์ GD&T ด้วยเครื่องวัด CMM	การตรวจวัดความเบี่ยงเบนทางด้านรูปร่างรูปทรง สัญลักษณ์ GD&T เครื่องวัด 3 มิติ การวางแผนการตรวจวัด ความไม่แน่นอนจากการตรวจวัด การแปลความหมายในแบบงาน การกำหนดกลยุทธ์การตรวจสอบ
		ENG25 4545 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยกระแสไฟฟ้าไหลวน	ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า การเหนี่ยวนำกระแสไหลวนจากขดลวด การสร้างกระแสไหลวน คุณลักษณะการไหลของกระแสไหลวน การรบกวนกระแสไหลวนจากการเปลี่ยนอิมพีแดนซ์ขดลวด ระนาบอิมพีแดนซ์ขั้นต้น ระยะทะลุ มาตรฐาน การล่าช้าของเฟสมาตรฐาน เครื่องมือตรวจสอบรอยบกพร่องด้วยกระแสไหลวน การสอบเทียบเครื่องมือ การตรวจสอบรอยบพร่องและประเมินผล
		ENG25 4555 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง	ความรู้พื้นฐานในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ข้อกำหนดตามมาตรฐานในการรับรองบุคลากรด้านการทดสอบโดยไม่ทำลาย กระบวนการเชื่อม ความไม่ต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับแนวการเชื่อม มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง เกณฑ์การตัดสินในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง และการอบรมเชิงปฏิบัติในการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง เช่น การสอบเทียบเครื่องมือเบื้องต้น การตรวจสอบชิ้นงานและประเมินผลตามเกณฑ์การตัดสิน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4565 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยผงแม่เหล็กและสารแทรกซึม	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทดสอบแบบไม่ทำลาย หลักการทดสอบแบบไม่ทำลายแบบการใช้สารแทรกซึมและแบบใช้อนุภาคแม่เหล็ก คุณสมบัติของสารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก ความไม่ต่อเนื่องในวัสดุ การสร้างสนามแม่เหล็กและการคลายอำนาจสนามแม่เหล็ก วัสดุทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและใช้อนุภาคแม่เหล็ก การเลือกประเภทของสารแทรกซึมเพื่อทดสอบ อุปกรณ์ของการทดสอบด้วยสารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก มาตรฐานการทดสอบ ASTM E165 และ ASTM E709 มาตรฐานอื่น ๆ ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม การเตรียมผิวชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบ การทำความสะอาดก่อนและหลังการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบ การตรวจสอบรอยเชื่อมพื้นฐานด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและใช้ผงแม่เหล็ก การตีความและการประเมินผลปฏิบัติการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4099 โครงงานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลที่ผู้สอนมอบหมาย ด้วยความเห็นชอบของหัวหน้าสาขาวิชาฯสำหรับนักศึกษาผู้สมัครใจไม่ไปปฏิบัติงานกับสถานประกอบการ สนับสนุนให้นำหัวเรื่องที่จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมและสถานประกอบการมาทำเป็นโครงงาน อาจเป็นโครงการแบบพหุวิทยาการที่รวมการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงธุรกิจและเศรษฐการเข้าไว้ด้วยกัน โครงงานจะต้องสำเร็จภายในไม่เกิน 2 ภาคการศึกษา โดยต้องส่งเอกสารรายงานและจะต้องมีการสอบปากเปล่า ให้ผลประเมินเป็น S/U
3	**การออกแบบ/พัฒนาหาคำตอบของปัญหา (Design/Development of Solutions)** - สามารถพัฒนาหาคำตอบของปัญหาทาง วิศวกรรมที่ซับซ้อน และออกแบบระบบชิ้นงาน หรือกระบวนการตามความจำเป็นและเหมาะสม กับข้อพิจารณาทางด้านสาธารณสุข ความปลอดภัย วัฒนธรรม สังคม และสิ่งแวดล้อม	ENG25 2070 การเขียนแบบทางกล	มาตรฐานการเขียนแบบทางกลในงานอุตสาหกรรม พื้นฐานสัญลักษณ์พิกัดทางด้านรูปทรง การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ แบบงาน 2 มิติ และ 3 มิติ งานโลหะแผ่นบาง งานเชื่อม งานประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักร แบบสั่งงาน
		ENG25 2100 ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์	แนวคิดและหลักการพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนกข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบยส์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น การแบ่งกลุ่มข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม
		ENG25 3030 การทำความเย็นและการปรับอากาศ	ความรู้ขั้นต้นของหลักการทำความเย็นและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ การปรับปรุงการอัดไอ วัฏจักรการทำความเย็น การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ สารทำความเย็นและค่าคุณสมบัติ การทำความเย็นแบบระเหยและหอทำความเย็น การทำความเย็นแบบดูดซึม การคำนวณภาระความเย็นของระบบทำความเย็นการแช่แข็งอาหาร เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน ระบบปรับอากาศ การประมาณภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การระบายอากาศและการออกแบบระบบท่อลม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 3040 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง กลศาสตร์ของไหล การถ่ายเทความร้อน และการสั่นสะเทือนด้วยระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องและระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ขั้นพื้นฐาน การวิเคราะห์ปัญหาแบบ 1 มิติ และ 2มิติการกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง การประยุกต์
		ENG25 3050 กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ	ภาพรวมและการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง การถ่ายเทความร้อน และการสั่นทางกล การจำลองและวิเคราะห์ปัญหาเอลิเมนต์หนึ่งมิติ; วัตถุแท่งตรงและโครงข้อหมุน คานและโครงสร้าง เอลิเมนต์สองมิติ; ปัญหาความเค้น/ความเครียดระนาบ และรูปทรงการสมมาตร แผ่นบางและเปลือก เอลิเมนต์สามมิติแบบชิ้นงานเดี่ยวและชิ้นงานประกอบ ผลกระทบของจำนวนเอลิเมนต์ต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ การวิเคราะห์ความเสียหาย การโก่งเดาะและความล้า ปัญหาการสั่นทางกลและผลตอบสนองทางพลวัต ปัญหาทางความร้อนและความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิปัญหาค่าเหมาะสม และโครงงานปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ของแข็ง
		ENG25 3070 การออกแบบระบบเครื่องจักรกล	การออกแบบต้นกำลังและการเลือกใช้ต้นกำลังในเครื่องจักรสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปอุตสาหกรรมภาคสนามและยานพาหนะ ระบบจับยึดชิ้นงาน เช่น สลักเกลียว การเชื่อม วิเคราะห์ระบบเบรกและการตัดต่อกำลัง การวิเคราะห์และสังเคราะห์การเคลื่อนที่ของกลไกที่ประกอบในเครื่องจักรกลภายใต้ภาระกระทำคือ แรงดึง แรงกด โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โครงงานและกรณีศึกษาออกแบบ
		ENG25 3080 ระบบควบคุมอัตโนมัติ	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบความร้อน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบ การตอบสนองทางพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่ออินพุทแบบขั้นบันได แบบแรม แบบดล แบบฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่สถานะคงตัว การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead โดยวิธีการตอบสนองเชิงความถี่ การประยุกต์ใช้

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
		ENG25 3090 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	ประเภทโครงสร้าง ระบบควบคุมของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ศึกษาจลน์ศาสตร์ของหุ่นยนต์พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณจลนศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ ศึกษาลักษณะการใช้งานหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมการฝึกปฏิบัติในการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทต่าง ๆ ประเภทของมือจับและลักษณะการทำงานอื่น ๆการออกแบบอุปกรณ์ส่วนเสริมเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเป้าหมาย ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และหุ่นยนต์
		ENG25 3100 พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สมการควบคุมของพลศาสตร์ของไหล สมการการนำพาของการไหล วิธีปริมาตรจำกัด การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน ของปัญหาการไหลภายใน การไหลภายนอกผ่านสิ่งกีดขวาง และปัญหาการไหลร่วมกับการถ่ายโอนความร้อน การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลคำนวณเชิงตัวเลข
		ENG25 3110 การออกแบบระบบความร้อน	การออกแบบด้านวิศวกรรม การออกแบบระบบที่ทำงานได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การจำลองอุปกรณ์ความร้อน การจำลองระบบความร้อน เทคนิคการออกแบบระบบที่เหมาะที่สุด เทคนิคการหาคำตอบ การฝึกปฏิบัติออกแบบ
		ENG25 4500 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหล และระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
		ENG25 4051 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและผลิต	ฟังก์ชันและคำสั่งพื้นฐานของโปรแกรม CATIA การเขียนแบบร่าง 2 มิติ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ การประกอบชิ้นส่วนแบบจำลอง 3

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		สำหรับงานวิศวกรรม	มิติ การสร้างแบบ การประยุกต์ใช้โปรแกรมในงานเขียนแบบทางกลและวางแผนผลิต
		ENG25 4061 การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างยานยนต์	ตัวถังและโครงฐานยานพาหนะ ภาระที่กระทำต่อโครงสร้างยานยนต์ สิ่งที่ต้องพิจารณาสำหรับโครงสร้าง การออกแบบหน้าตัดทางยานยนต์ ชิ้นส่วนผนังบางภายใต้ภาระการบิด การโก่งงอของแผ่นบาง การวิเคราะห์ตัวถังภายใต้ภาระการดัดและภาระการบิด หลักการออกแบบรอยเชื่อม การวิเคราะห์เส้นทางของแรงบนโครงสร้างแผ่นบางที่ขึ้นรูปตัวถัง ผลตอบสนองเชิงพลวัตของโครงสร้างภายใต้การชนกระแทก มาตรฐานและข้อคำนึงเกี่ยวกับผู้โดยสารและความปลอดภัย
		ENG25 4071 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมยานยนต์	การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาเฉพาะทางวิศวกรรมยานยนต์ การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลอง การวิเคราะห์ปัญหาไม่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์ความแข็งแรงและความแข็งตึงของโครงสร้างยานยนต์ การจำลองการทดสอบโครงสร้างภายใต้มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านยานยนต์ โครงงงานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมยานยนต์ที่เกี่ยวข้อง
		ENG25 4111 ระบบยานพาหนะภาคพื้นดินที่ขับขี่ด้วยตัวเอง	หลักการพื้นฐานของระบบยานยนต์ไร้คนขับและการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้นระบบพิกัด จลนศาสตร์ พลศาสตร์ของยานยนต์ เซนเซอร์สำหรับยานยนต์ไร้คนขับ วิธีการประมาณสถานะสถาปัตยกรรมระบบควบคุมการขับขี่อัตโนมัติ อาทิ ระบบควบคุมการขับขี่ด้วยไฟฟ้าทั้งระบบ ควบคุมคันเร่ง,บังคับเลี้ยว และเบรก ระบบควบคุมความเร็วเดินทาง ระบบควบคุมความเร็วเดินทางแบบปรับตัวได้ ระบบควบคุมรถอยู่ในเลน การนำทาง วิธีการวางแผนและสร้างเส้นทางการขับขี่ การควบคุมภารกิจ (การควบคุมระดับสูง)
		ENG25 4631 โปรแกรมคาเทียสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม	ฟังก์ชันและคำสั่งพื้นฐานของโปรแกรม CATIA การเขียนแบบร่าง 2 มิติ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ การประกอบชิ้นส่วนแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบ การประยุกต์ใช้โปรแกรมในงานเขียนแบบทางกล
		ENG25 4521 การคำนวณสมรรถนะและการออกแบบอากาศยาน	หลักการกลศาสตร์การบินเบื้องต้น การคำนวณสมรรถนะอากาศยาน อาทิ ความเร็วสูงสุดอัตราการไต่สูงสุดเพดานบินสูงสุด พิสัยการบิน เวลาทำการบินสูงสุด สมรรถนะการนำเครื่องขึ้นลง รัศมีการเลี้ยวสั้นสุดอัตราเลี้ยวสูงสุด เป็นต้น เสถียรภาพของอากาศยาน กระบวนการการออกแบบอากาศยาน และการคำนวณการออกแบบอากาศยานเชิง

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			แนวคิด การประยุกต์ใช้การออกแบบอากาศยานในภารกิจต่าง ๆ
		ENG25 4571 การเรียนรู้ของเครื่องและการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในงานระบบอากาศยานไร้นักบิน	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องและการมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของระบบอากาศยานไร้นักบิน เป็นต้น การนำทางอากาศยานการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุภาคพื้น การเคลื่อนที่ตามเส้นทางภาคพื้น การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4581 กลศาสตร์พลวัตการบินและการควบคุม	หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และจำลองตัวควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ การออกแบบและการชดเชยระบบควบคุม การประยุกต์ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ การประยุกต์ใช้ MATLAB/Simulink ในการออกแบบและควบคุม
		ENG25 4052 วิศวกรรมย้อนรอยและการสร้างต้นแบบรวดเร็วในทางวิศวกรรมชีวการแพทย์	ภาพรวมและความสำคัญของวิศวกรรมย้อนรอยในทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ วิธีการทางวิศวกรรมย้อนกลับ ดิจิทัล 3 มิติ - แนวคิดและวิธีการในสาขาชีวการแพทย์ (CT และ MRI) การประมวลผลล่วงหน้าของผลลัพธ์ของการแปลงเป็นดิจิทัล 3 มิติ การสร้างพื้นผิวที่ซับซ้อนขึ้นใหม่ - สร้างแบบจำลอง CAD แนวคิดเกี่ยวกับบทบาทและความสำคัญของการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วในสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ เทคโนโลยีของการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว วัสดุชีวการแพทย์สำหรับการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว การรวมระบบสำหรับวิศวกรรมย้อนกลับและการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว
		ENG25 4062 การสร้างและการจำลองทางคอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมชีวการแพทย์	ภาพรวมการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างและการจำลองในงานทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ในการวินิจฉัยและการรักษาตลอดจนกระบวนการทางสรีรวิทยา การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและสมบัติทางกลของกระดูกและเนื้อเยื่อบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของข้อต่อ แบบจำลองการสัมผัส อุปกรณ์ทางการแพทย์และชิ้นส่วนปลูกฝังในร่างกาย โครงงงานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมชีวการแพทย์
		ENG25 4072 ระบบอัตโนมัติและระบบดิจิทัลสำหรับ	ระบบตรวจสอบสุขภาพ ระบบอัตโนมัติและระบบดิจิทัล เซ็นเซอร์ชีวการแพทย์ การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ การประมวลผลภาพไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้ระบบ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ระบบการดูแลสุขภาพ	อัตโนมัติและระบบดิจิทัลสำหรับการดูแลสุขภาพ และการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับระบบการดูแลสุขภาพ
		ENG25 4082 การควบคุมทางชีวการแพทย์	การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ และจำลองระบบและกระบวนการด้านชีวการแพทย์ การระบุเอกลักษณ์ของระบบและการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย การทำให้เป็นระบบเชิงเส้น ระบบแบบไม่ต่อเนื่อง สมรรถนะของระบบและการตีความหมายทางกายภาพ การออกแบบตัวควบคุม เสถียรภาพ อุปกรณ์ตรวจรู้ทางชีวการแพทย์ การจัดการสัญญาณ การสื่อสารข้อมูล เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย การควบคุมแบบอัจฉริยะ กรณีศึกษาทางด้านชีวการแพทย์
		ENG25 4512 การออกแบบระบบอาคารสำหรับวิศวกรเครื่องกล	พื้นฐานการออกแบบระบบภายในอาคาร การออกแบบระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบสุขาภิบาล การออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝน การออกแบบระบบดับเพลิง การออกแบบระบบไฟแสงสว่าง แบบงานอาคาร แบบงานสถาปัตย์ แบบงานโครงสร้าง แบบงานไฟฟ้า แบบงานสุขาภิบาล แบบงานดับเพลิง และ แบบงานปรับอากาศ กรณีศึกษา
		ENG25 4522 การออกแบบระบบอุตสาหกรรมสำหรับวิศวกรเครื่องกล	พื้นฐานการออกแบบระบบอุตสาหกรรม การออกแบบระบบอากาศอัด การออกแบบระบบท่อน้ำร้อน การออกแบบระบบ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และ การออกแบบระบบท่อลมระบายอากาศ อุปกรณ์ทางความร้อนและการเลือกใช้ หม้อไอน้ำ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หม้อต้ม หม้อฆ่าเชื้อ แบบงานระบบอุตสาหกรรม แบบงานระบบอากาศอัด แบบงานระบบท่อน้ำร้อน แบบงานระบบท่อไอน้ำ และ แบบท่อลมกรณีศึกษา
		ENG25 4562 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม	พื้นฐานการออกแบบระบบท่ออุตสาหกรรม วัสดุท่อเบื้องต้น มาตรฐานสำหรับการออกแบบท่อ การเชื่อม การตรวจสอบแบบไม่ทำลายของแนวเชื่อม การต่อท่อ แบบของระบบท่อ อุปกรณ์ประกอบท่อและอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบท่อ อุปกรณ์ทางความร้อน หม้อไอน้ำ การออกแบบระบบท่อน้ำร้อน การออกแบบระบบท่อไอน้ำ การออกแบบระบบอากาศอัด ระบบการค้ำจุนท่อ
		ENG25 4013 ระบบควบคุมแบบทันสมัย	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบปริภูมิสเตท การระบุเอกลักษณ์ของระบบ การวิเคราะห์ความสามารถการสังเกตและควบคุมได้ ตัวควบคุมแบบกำหนดตำแหน่งโพลออกแบบตัวสังเกต ระบบเซอโว ตัวควบคุมแบบLQR ตัวกรองคามาน ระบบควบคุมแบบปรับตัวได้ที่ใช้แบบจำลอง

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			อ้างอิง การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
		ENG25 4023 ระบบควบคุมสมองกลฝังตัว	การวัด เก็บข้อมูล แสดงผลแบบทันสมัยและควบคุมระบบทางวิศวกรรมเครื่องกลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สู่โลกอินเตอร์เน็ต การสร้างและวิเคราะห์เสถียรภาพการตอบสนองเชิงพลวัตแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล และไฟฟ้าในโดเมนเวลาโดเมนความถี่ ออกแบบตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID, Lead, Lag, Lag-Lead วิธีระบุเอกลักษณ์ของระบบและปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และออกแบบตัวควบคุมระบบสมองกลฝังตัวโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/Simulink และ Python
		ENG25 4043 เครื่องจักรหมุนและการควบคุม	พลศาสตร์ของโรเตอร์แข็งเกร็งและยืดหยุ่น พฤติกรรมการสั่นตามขวางและการบิดตัว ความเร็ววิกฤต เสถียรภาพการหมุน ผลกระทบของไจโรสโคป การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ การวิเคราะห์ด้วยเทคนิครูปร่างเบี่ยงเบนขณะปฏิบัติงาน การวิเคราะห์วงโคจรการหมุน ตรวจสอบและแก้ปัญหาความไม่สมดุล การหลวงคลอนทางกล ความเสียหายของตลับลูกปืน
		ENG25 4513 การจัดการโรงงาน	ระบบการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิต ระบบการจัดการสินค้าการบริหารคุณภาพโดยรวม (Total Productive Maintenance) และการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม(Total Quality Management) 5ส
		ENG25 4523 ระบบบริหารการจัดการคุณภาพ	มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพยานยนต์ IATF 16949 การตรวจประเมินคุณภาพภายใน IATF 16949 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control) การวางแผนคุณภาพผลิตภัณฑ์ล่วงหน้าและแผนควบคุม (Advanced Product Quality Planning and Control Plan) การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measuring System Analysis) ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 ระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย OHSAS 18001

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4533 การควบคุมกระบวนการผลิต	การออกแบบและการพัฒนากระบวนการ แผนการควบคุม/การควบคุมกระบวนการ มาตรฐานการทำงาน/ มาตรฐานการดำเนินการ กระบวนการตรวจสอบ
		ENG25 4034 การวิเคราะห์และจำลองปัญหาของวัสดุคอมโพสิต	วัสดุคอมโพสิตเบื้องต้น ทฤษฎีลามิเนชันแบบคลาสสิก เกณฑ์ความเสียหาย การจำลองปัญหาของวัสดุคอมโพสิต การสร้างแบบจำลอง การกำหนดทิศทางของวัสดุ การแบ่งเอลิเมนต์ และกระบวนการหลังการวิเคราะห์ การจำลองจุดเชื่อมต่อของวัสดุคอมโพสิต การหาค่าเหมาะสมของวัสดุคอมโพสิต โครงงานการจำลองของวัสดุคอมโพสิต
		ENG25 4044 การจำลองปัญหาการไหลและความร้อน	การวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลและการถ่ายเทความร้อน การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับปัญหาการไหลที่สภาวะคงตัวและไม่คงตัว การจำลองแบบกริดเคลื่อนที่ การถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การไหลผ่านวัสดุพรุน ปัญหาปฏิสัมพันธ์การไหลและการถ่ายเทความร้อนในห้องปรับอากาศ การไหลและโครงสร้างของวัสดุ โครงงานการจำลองปัญหาการไหลที่สนใจ การนำเสนอด้วยวาจา
		ENG25 4054 การจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล	จลนศาสตร์และจลศาสตร์เครื่องจักรกล การจำลองการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ การคำนวณต้นกำลังของเครื่องจักรกล การวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติ การเคราะห์ลูกเบี้ยว การจำลองระบบอัตโนมัติ การวิเคราะห์ไฟไนท์เอลิเมนต์จากผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ โครงงานของปัญหาที่สนใจ การนำเสนอด้วยวาจา
		ENG25 4064 การจำลองเชิงตัวเลขในงานไฟฟ้าเคมี	แนวคิดพื้นฐานของระบบทางไฟฟ้าเคมี การจำลองปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ กึ่งผันกลับได้ และผันกลับไม่ได้ การจำลองเทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมีอย่าง potential step และ voltammetry การจำลองกระแสไฟฟ้าแบบฟาราเดย์และกระแสไฟฟ้าแบบไม่ใช่ฟาราเดย์ การจำลองอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมี
		ENG25 4514 วิศวกรรมเครื่องจักรอัตโนมัติอุตสาหกรรม	ศึกษาการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ การศึกษาการทำงานของเซนเซอร์แบบต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบอัตโนมัติ การศึกษาการทำงานของมอเตอร์และระบบ Pneumatics การเรียนรู้ระบบควบคุมประเภทต่าง ๆ เช่น Programmable Logic Controller และ Microcontroller การฝึกการอ่านแบบไฟฟ้าและแบบทางกลสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4524 การออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติ	นิยามระบบอัตโนมัติและเครื่องจักร การใช้ระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น การควบคุมโปรแกรมลอจิกการควบคุมตัวเลข และระบบควบคุมอื่น ๆ ที่อุตสาหกรรมกำหนด การออกแบบรายละเอียดเครื่องจักร การเลือกชิ้นส่วนประกอบเครื่องจักร การออกแบบกลไก การออกแบบและควบคุมระบบอัตโนมัติ การประกอบและการทดสอบ และการออกคุณลักษณะเครื่องจักรอัตโนมัติ
		ENG25 4065 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิหุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4111 ระบบยานพาหนะภาคพื้นดินที่ขับขี่ด้วยตัวเอง	หลักการพื้นฐานของระบบยานยนต์ไร้คนขับและการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้นระบบพิกัด จลนศาสตร์ พลศาสตร์ของยานยนต์ เซนเซอร์สำหรับยานยนต์ไร้นักคนขับ วิธีการประมาณสถานะสถาปัตยกรรมระบบควบคุมการขับขี่อัตโนมัติ อาทิ ระบบควบคุมการขับขี่ด้วยไฟฟ้าทั้งระบบควบคุมคันเร่ง,บังคับเลี้ยว และเบรก ระบบควบคุมความเร็วเดินทาง ระบบควบคุมความเร็วเดินทางแบบปรับตัวได้ ระบบควบคุมรถอยู่ในเลน การนำทาง วิธีการวางแผนและสร้างเส้นทางการขับขี่ การควบคุมภารกิจ (การควบคุมระดับสูง)
		ENG25 4534 วิศวกรรมการควบคุมการเคลื่อนที่	ประเภทของมอเตอร์ อุปกรณ์กระตุ้นทั้งระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแปลงถ่าน สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ หลักการควบคุมการเคลื่อนที่ อุปกรณ์ป้อนกลับสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ ตัวต้านทานปรับค่าได้ เอ็นโค้ดเดอร์ การควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ
		ENG25 4554 การมองเห็นของเครื่องจักร	กล่าวนำในเรื่องการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ชนิดและรูปแบบของรูปภาพดิจิทัล การกำหนดขอบเขตรูปเทคนิคในการจดจำรูปทรงของวัตถุ เทคนิคการปรับแต่งกล้องและแสงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักร การเชื่อมต่อการมองเห็นของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ควบคุม ออกแบบโครงงาน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4564 การเรียนรู้ของเครื่อง	แนวคิดการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนและไม่มีผู้ฝึกสอน การเตรียมข้อมูลและการสำรวจการกระจายข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องเชิงสถิติ การเรียนรู้ของเครื่องเชิงปัญญาประดิษฐ์ การประเมินผลการเรียนรู้ การแปลผลโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้
		ENG25 4015 สถิติและความน่าจะเป็นสำหรับวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์และวิทยาการข้อมูล	หลักการการออกแบบและการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติ การแสดงข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แนวคิดทางสถิติ ตัวแปรสุ่มและพหุตัวแปร ข้อมูลและการแจกแจงการสุ่มตัวอย่างการอนุมานทางสถิติ การทดสอบสมมติฐาน ทฤษฎีความน่าจะเป็น ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น การวิเคราะห์การถดถอย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การประยุกต์ใช้สถิติสำหรับวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์
		ENG25 4025 การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนและไม่มีผู้สอน	การเรียนรู้ของเครื่องเบื้องต้น กระบวนการของการเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ วิธีกำลังสองน้อยสุด การเคลื่อนลงตามความชัน การถดถอยหลายตัวแปร การถดถอยลอจิสติก โครงข่ายเซลประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน การประยุกต์กับปัญหาด้วยวิธี เค-เนียร์เรส ตเนเบอร์ ต้นไม้ตัดสินใจ วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล การลดมิติ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4035 การประมวลผลภาพและจดจำรูปแบบ	ศึกษาระบบประมวลผลภาพดิจิทัล หลักการมองเห็นและแบบจำลองคณิตศาสตร์ของภาพ คุณสมบัติของภาพดิจิทัล การปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัล เช่น การทำให้ภาพคมชัดขึ้น การทำให้ภาพเรียบขึ้น ทั้งแบบในโดเมนเวลาและความถี่ การประมวลผลภาพสี การแบ่งส่วนภาพ การรู้จดจำภาพ แนะนำเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลที่นิยม การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4065 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิหุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4515 วิศวกรรมบำรุงรักษา	พื้นฐานแนวคิดการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ การบำรุงรักษาเมื่อเสื่อมสภาพ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทั้งแบบตามเวลาและตามสภาพชิ้นส่วน การป้องกันการบำรุงรักษา การบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และ 8 เสาหลักของ TPM หลักการจัดทำแผนการตรวจสอบ หล่อลื่น เปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักรและอุปกรณ์ การวัดและการประเมินประสิทธิภาพการบำรุงรักษาและ OEE แนวคิดและเทคโนโลยีการบำรุงรักษาสมัยใหม่
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4099 โครงงานวิชาชีพ วิศวกรรมเครื่องกล	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลที่ผู้สอนมอบหมาย ด้วยความเห็นชอบของหัวหน้าสาขาวิชาฯสำหรับนักศึกษาผู้สมัครใจไม่ไปปฏิบัติงานกับสถานประกอบการ สนับสนุนให้นำหัวเรื่องที่จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมและสถานประกอบการมาทำเป็นโครงงาน อาจเป็นโครงการแบบพหุวิทยาการที่รวมการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงธุรกิจและเศรษฐกิจการเข้าไว้ด้วยกัน โครงงานจะต้องสำเร็จภายในไม่เกิน 2 ภาคการศึกษา โดยต้องส่งเอกสารรายงานและจะต้องมีการสอบปากเปล่า ให้ผลประเมินเป็น S/U
4	**การสืบค้น (Investigation)** - สามารถดำเนินการสืบค้นเพื่อหาคำตอบของ ปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน โดยใช้ความรู้จากงานวิจัยและวิธีการวิจัย รวมถึง การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ และการแปลความหมายของข้อมูล การสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลสรุปที่ เชื่อถือได้	ENG25 3400 ปฏิบัติการ วิศวกรรมเครื่องกล 1	การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง
		ENG25 3410 ปฏิบัติการ วิศวกรรมเครื่องกล 2	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิคส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC
		ENG25 3500 เตรียมโครงงาน วิศวกรรมเครื่องกล	การกำหนดปัญหาหรือสมมติฐาน การกำหนดขอบเขตการศึกษา การค้นคว้าและเรียบเรียงข้อมูลทางวิศวกรรมเครื่องกล การเขียนโครงร่างของโครงงาน การฝึกปฏิบัติทางเครื่องมือ การออกแบบวิธีการทดสอบหรือทดลองและการเขียนรายงานการศึกษาทางวิศวกรรมเครื่องกล
		ENG25 4500 โครงงาน วิศวกรรมเครื่องกล รวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหล และระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4541 การทำความคุ้นเคยอากาศยานพาณิชย์	เรียนรู้อากาศยานพาณิชย์ด้วยโปรแกรมจำลองการบิน ระบบแสดงผลและบันทึกผล ระบบไฟฟ้ากำลัง เครื่องวัดประกอบการบิน ระบบช่วยเดินอากาศและช่วยลงจอด ระบบบินอัตโนมัติ ระบบสื่อสาร ระบบไฟส่องสว่าง ระบบไฮดรอลิค ระบบล้อลงจอด ระบบควบคุมการบิน โครงสร้างอากาศยาน ประตู ระบบออกซิเจน น้ำและของเสีย ระบบเชื้อเพลิง ระบบป้องกันไฟ ระบบพลังงานเสริม ระบบเครื่องยนต์ ระบบนิวเมติก ระบบปรับอากาศ ระบบปรับความดัน ระบบป้องกันน้ำแข็งและฝน
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4553 กระบวนการและเทคโนโลยีในปัจจุบันของอุตสาหกรรมที่น่าสนใจ	ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการและเทคโนโลยีซึ่งเป็นที่สนใจหรือพัฒนาการใหม่ ๆ ของอุตสาหกรรมในขณะนั้น
		ENG25 4544 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การเชื่อมต่อขอมูลระหว่างเครื่องจักรและอุปกรณ์รับ-ส่ง สินค้าอัตโนมัติ ศึกษาภาคปฏิบัติในการส่งสัญญาณและข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อให้เครื่องจักรอัตโนมัติสามารถสื่อสารกันผ่าน โปรโตคอลได้
		ENG25 4045 เหมืองข้อมูล	แนวคิดเหมืองข้อมูลพื้นฐาน การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล คลังข้อมูล การล้างข้อมูล การรวมข้อมูล การแปลงและการลดข้อมูล การหารูปแบบและความสัมพันธ์ การสร้างแบบจำลองสำหรับการแยกประเภทและการทำนาย และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4075 เทคโนโลยีคลังข้อมูลขนาดใหญ่	หลักการเบื้องต้นสำหรับเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การบริหารจัดการและติดตั้งเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ ฮาดูปแมปรีดิวซ์สปาร์ก ภาษาการเขียนโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การค้นหาและการทำดัชนี การจำแนกประเภท การจัดกลุ่ม การเลือกคุณลักษณะ และการประยุกต์ใช้งานวิศวกรรมต่าง ๆ
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4099 โครงงานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลที่ผู้สอนมอบหมาย ด้วยความเห็นชอบของหัวหน้าสาขาวิชาฯสำหรับนักศึกษาผู้สมัครใจไม่ไปปฏิบัติงานกับสถานประกอบการ สนับสนุนให้นำหัวเรื่องที่จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมและสถานประกอบการมาทำเป็นโครงงาน อาจเป็นโครงการแบบพหุวิทยาการที่รวมการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงธุรกิจและเศรษฐการเข้าไว้ด้วยกัน โครงงานจะต้องสำเร็จภายในไม่เกิน 2 ภาคการศึกษา โดยต้องส่งเอกสารรายงานและจะต้องมีการสอบปากเปล่า ให้ผลประเมินเป็น S/U
5	**การใช้เครื่องมือทันสมัย (Modern Tool Usage)** - สามารถสร้าง เลือกใช้ เทคนิค วิธี ทรัพยากร และ ใช้เครื่องมือทันสมัยทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี สารสนเทศ รวมถึงการพยากรณ์ การทำแบบจำลองของงานทางวิศวกรรมที่ซับซ้อนที่ เข้าใจถึงข้อจำกัดของเครื่องมือต่างๆ	ENG25 2110 เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว	แม่เหล็ก วงจรแม่เหล็กและหม้อแปลงกำลัง การแปลงผันพลังงานกลไฟฟ้าและเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อุปกรณ์สวิตช์สารกึ่งตัวนำกำลัง วงจรเรียงกระแสกำลัง วงจรสับไฟฟ้ากำลัง วงจรคอนเวอร์เตอร์กำลังและวงจรอินเวอร์เตอร์กำลัง ระบบฝังตัวและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ การโปรแกรมระบบฝังตัว การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์
		ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือกล กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานด้วยการกลึง การกัด การเชื่อม การเจาะและทำเกลียว ฝึกการใช้งานเครื่องมือวัดขนาดพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เวอร์เนียร์ไฮเกจ และไมโครมิเตอร์ ฝึกหัดการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติช่วยในกระบวนการผลิต เช่น เครื่อง CNC, EDM, Wire cut การตรวจวัดละเอียดด้วยเครื่องตรวจสอบชิ้นงาน 3 มิติ ฝึกสร้างชิ้นงานเพื่อให้เกิดประโยชน์
		ENG25 2030 การวัดและเครื่องมือวัด	กระบวนการวัด ประเภทและคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องมือวัด การเก็บข้อมูลจากการวัด การแสดงผลความผิดพลาดของเครื่องมือวัด และการสอบเทียบเครื่องมือวัดขั้นพื้นฐาน การดำเนินการทางสถิติของผลที่ได้จากการวัด การใช้งานเครื่องมือวัดประเภทต่าง ๆ อาทิ เครื่องมือวัดระยะ อุณหภูมิ ความดันการไหลของของไหล แรงบิดและกำลัง ความเร็วรอบและองศาการหมุน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐาน คุณสมบัติของสัญญาณและการประมวลผลสัญญาณเบื้องต้น
		ENG25 2100 ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์	แนวคิดและหลักการพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนก

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			ข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบยส์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น การแบ่งกลุ่มข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม
		ENG25 2130 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูล การสื่อสารเพื่อส่งข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ศึกษาภาคปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลต่าง ๆ ระหว่างอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขนาดเล็กสู่ระบบขนาดใหญ่ผ่านระบบเครือข่ายประเภทต่าง ๆ
		ENG25 3090 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	ประเภทโครงสร้าง ระบบควบคุมของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ศึกษาจลน์ศาสตร์ของหุ่นยนต์พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณจลนศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ ศึกษาลักษณะการใช้งานหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมการฝึกปฏิบัติในการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทต่าง ๆ ประเภทของมือจับและลักษณะการทำงานอื่น ๆการออกแบบอุปกรณ์ส่วนเสริมเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเป้าหมาย ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และหุ่นยนต์
		ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1	การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง
		ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิคส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4500 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหล และระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
		ENG25 4091 การควบคุมระบบยานยนต์	ภาพรวมของการควบคุมระบบต่าง ๆ ในรถยนต์ การจำลองระบบทางยานยนต์ การควบคุมแบบหลายตัวแปร การควบคุมแบบตัวแปรสเตท การควบคุมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ความรู้เบื้องต้นในเรื่องปัญญาประดิษฐ์ พื้นฐานการเชื่อมต่อยานยนต์ และระบบรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ กรณีศึกษาด้านการควบคุมใน ยานยนต์
		ENG25 4101 อุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	เทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมีพื้นฐาน การจำลองเทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมี ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบที่มีการเรียงตัวของประจุแบบสองชั้น ตัวเก็บประจุแบบประจุเทียม เซลล์เชื้อเพลิงแบบพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแบบต่าง ๆ แบตเตอรี่โซลิดสเตต แบตเตอรี่อื่น ๆ ในอนาคต เช่น แบตเตอรี่แบบเซมิโซลิดโฟลว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมี
		ENG25 4631 โปรแกรมคาเทียสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม	ฟังก์ชันและคำสั่งพื้นฐานของโปรแกรม CATIA การเขียนแบบร่าง 2 มิติ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ การประกอบชิ้นส่วนแบบจำลอง 3 มิติ การสร้างแบบ การประยุกต์ใช้โปรแกรมในงานเขียนแบบทางกล
		ENG25 4551 ระบบอากาศยานไร้นักบิน	ระบบสื่อสาร, ระบบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ บนอากาศยาน, การประมาณสถานะการบิน, ระบบนำร่องการบิน, ระบบควบคุมการบินแบบ Fly-by-wire, ระบบควบคุมอัตโนมัติ, ระบบจัดการการบิน, ระบบจอภาพ,ระบบการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้หรือนักบิน, และระบบบนอากาศยานแบบไร้นักบิน
		ENG25 4571 การเรียนรู้ของเครื่องและการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในงานระบบอากาศยานไร้นักบิน	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องและการมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของระบบอากาศยานไร้นักบิน เป็นต้น การนำทางอากาศยานการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุภาคพื้น การเคลื่อนที่ตามเส้นทางภาคพื้น การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4601 การฝึกทักษะซ่อมบำรุงอากาศยาน	การทำความคุ้นเคยเครื่องบินเล็ก การฝึกปฏิบัติซ่อมเครื่องบินเล็กตามคู่มือการซ่อมบำรุงอากาศยาน การทำความคุ้นเคยต่อเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุง
		ENG25 4611	ความรู้เกี่ยวกับระบบอากาศยานพาณิชย์ การใช้คู่มือการซ่อมบำรุง การใช้คู่มือการแก้ไขปัญหา การใช้คู่มือรายการ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		การซ่อมบำรุงอากาศยานพาณิชย์	อุปกรณ์น้อยสุดสำหรับทำการบิน ฝึกปฏิบัติซ่อมบำรุงอากาศด้วยเครื่องจำลองการซ่อมบำรุง
		ENG25 4052 วิศวกรรมย้อนรอยและการสร้างต้นแบบรวดเร็วในทางวิศวกรรมชีวการแพทย์	ภาพรวมและความสำคัญของวิศวกรรมย้อนรอยในทางวิศวกรรมชีวการแพทย์ วิธีการทางวิศวกรรมย้อนกลับ ดิจิทัล 3 มิติ - แนวคิดและวิธีการในสาขาชีวการแพทย์ (CT และ MRI) การประมวลผลล่วงหน้าของผลลัพธ์ของการแปลงเป็นดิจิทัล 3 มิติ การสร้างพื้นผิวที่ซับซ้อนขึ้นใหม่ - สร้างแบบจำลอง CAD แนวคิดเกี่ยวกับบทบาทและความสำคัญของการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วในสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ เทคโนโลยีของการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว วัสดุชีวการแพทย์สำหรับการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว การรวมระบบสำหรับวิศวกรรมย้อนกลับและการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว
		ENG25 4532 การตรวจวัดและการตรวจสอบพลังงาน	การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการวัดที่เกี่ยวข้อง การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อน การวัดการไหล การวัดความดัน และการวัดองค์ประกอบของแก๊ส การวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ใช้พลังงาน เช่นมอเตอร์ คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เครื่องทำน้ำเย็น และ หม้อไอน้ำ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง ระบบลมอัด ระบบไอน้ำ กฎหมายและข้อกำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและในโรงงาน การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 4554 การมองเห็นของเครื่องจักร	กล่าวนำในเรื่องการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ชนิดและรูปแบบของรูปภาพดิจิทัล การกำหนดขอบเขตรูปเทคนิคในการจดจำรูปทรงของวัตถุ เทคนิคการปรับแต่งกล้องและแสงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักร การเชื่อมต่อการมองเห็นของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ควบคุม ออกแบบโครงงาน
		ENG25 4564 การเรียนรู้ของเครื่อง	แนวคิดการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนและไม่มีผู้ฝึกสอน การเตรียมข้อมูลแลการสำรวจการกระจายข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องเชิงสถิติ การเรียนรู้ของเครื่องเชิงปัญญาประดิษฐ์ การประเมินผลการเรียนรู้ การแปลผลโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้
		ENG25 4543 เครื่องมือและเทคนิคเพิ่มผลผลิต	ไคเซ็นและวิธีการปรับปรุงพัฒนาอื่น ๆ ในวงการอุตสาหกรรม กระบวนการแก้ไขปัญหา(Problem Solving) ตัวชี้วัดผลความสำเร็จ (Key Performance Indicators) ดัชนีวัดผลความสำเร็จแบบสมดุล(Balanced Scorecard)

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			และโอเคอาร์ส (Objective and Key Results) การบริหารทรัพยากรบุคคล ภาวะผู้นำ
		ENG25 4514 วิศวกรรมเครื่องจักรอัตโนมัติอุตสาหกรรม	ศึกษาการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ การศึกษาการทำงานของเซนเซอร์แบบต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบอัตโนมัติ การศึกษาการทำงานของมอเตอร์และระบบ Pneumatics การเรียนรู้ระบบควบคุมประเภทต่าง ๆ เช่น Programmable Logic Controller และ Microcontroller การฝึกการอ่านแบบไฟฟ้าและแบบทางกลสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ
		ENG25 4524 การออกแบบเครื่องจักรอัตโนมัติ	นิยามระบบอัตโนมัติและเครื่องจักร การใช้ระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น การควบคุมโปรแกรมลอจิกการควบคุมตัวเลข และระบบควบคุมอื่น ๆ ที่อุตสาหกรรมกำหนด การออกแบบรายละเอียดเครื่องจักร การเลือกชิ้นส่วนประกอบเครื่องจักร การออกแบบกลไก การออกแบบและควบคุมระบบอัตโนมัติ การประกอบและการทดสอบ และการออกคุณลักษณะเครื่องจักรอัตโนมัติ
		ENG25 4065 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิหุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4111 ระบบยานพาหนะภาคพื้นดินที่ขับขี่ด้วยตัวเอง	หลักการพื้นฐานของระบบยานยนต์ไร้คนขับและการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้นระบบพิกัด จลนศาสตร์ พลศาสตร์ของยานยนต์ เซนเซอร์สำหรับยานยนต์ไร้นักคนขับ วิธีการประมาณสถานะสถาปัตยกรรมระบบควบคุมการขับขี่อัตโนมัติ อาทิ ระบบควบคุมการขับขี่ด้วยไฟฟ้าทั้งระบบควบคุมคันเร่ง,บังคับเลี้ยว และเบรก ระบบควบคุมความเร็วเดินทาง ระบบควบคุมความเร็วเดินทางแบบปรับตัวได้ ระบบควบคุมรถอยู่ในเลน การนำทาง วิธีการวางแผนและสร้างเส้นทางการขับขี่ การควบคุมภารกิจ (การควบคุมระดับสูง)
		ENG25 4544 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การเชื่อมต่อขอมูลระหว่างเครื่องจักรและอุปกรณ์รับ-ส่ง สินค้าอัตโนมัติ ศึกษาภาคปฏิบัติในการส่งสัญญาณและข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยไม่โครคอนโทรเลอร์เพื่อให้เครื่องจักรอัตโนมัติสามารถสื่อสารกันผ่าน โปรโตคอลได้

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4554 การมองเห็นของเครื่องจักร	กล่าวนำในเรื่องการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ชนิดและรูปแบบของรูปภาพดิจิทัล การกำหนดขอบเขตรูปเทคนิคในการจดจำรูปทรงของวัตถุ เทคนิคการปรับแต่งกล้องและแสงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักร การเชื่อมต่อการมองเห็นของเครื่องจักรกับอุปกรณ์ควบคุม ออกแบบโครงงาน
		ENG25 4564 การเรียนรู้ของเครื่อง	แนวคิดการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนและไม่มีผู้ฝึกสอน การเตรียมข้อมูลแลการสำรวจการกระจายข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องเชิงสถิติ การเรียนรู้ของเครื่องเชิงปัญญาประดิษฐ์ การประเมินผลการเรียนรู้ การแปลผลโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้
		ENG25 4015 สถิติและความน่าจะเป็นสำหรับวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์และวิทยาการข้อมูล	หลักการการออกแบบและการรวบรวมข้อมูลเชิงสถิติ การแสดงข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แนวคิดทางสถิติ ตัวแปรสุ่มและพหุตัวแปร ข้อมูลและการแจกแจงการสุ่มตัวอย่างการอนุมานทางสถิติ การทดสอบสมมติฐาน ทฤษฎีความน่าจะเป็น ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น การวิเคราะห์การถดถอย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การประยุกต์ใช้สถิติสำหรับวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์
		ENG25 4025 การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอนและไม่มีผู้สอน	การเรียนรู้ของเครื่องเบื้องต้น กระบวนการของการเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ วิธีกำลังสองน้อยสุด การเคลื่อนลงตามความชัน การถดถอยหลายตัวแปร การถดถอยลอจิสติก โครงข่ายเซลประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน การประยุกต์กับปัญหาด้วยวิธี เค-เนียร์เรส ตเนเบอร์ ต้นไม้ตัดสินใจ วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล การลดมิติ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4035 การประมวลผลภาพและจดจำรูปแบบ	ศึกษาระบบประมวลผลภาพดิจิทัล หลักการมองเห็นและแบบจำลองคณิตศาสตร์ของภาพ คุณสมบัติของภาพดิจิทัล การปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัล เช่น การทำให้ภาพคมชัดขึ้น การทำให้ภาพเรียบขึ้น ทั้งแบบในโดเมนเวลาและความถี่ การประมวลผลภาพสี การแบ่งส่วนภาพ การรู้จดจำภาพ แนะนำเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลที่นิยม การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4065 ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการปรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิหุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม
		ENG25 4515 วิศวกรรมบำรุงรักษา	พื้นฐานแนวคิดการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ การบำรุงรักษาเมื่อเสื่อมสภาพ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทั้งแบบตามเวลาและตามสภาพชิ้นส่วน การป้องกันการบำรุงรักษา การบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และ 8 เสาหลักของ TPM หลักการจัดทำแผนการตรวจสอบ หล่อลื่น เปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักรและอุปกรณ์ การวัดและการประเมินประสิทธิภาพการบำรุงรักษาและ OEE แนวคิดและเทคโนโลยีการบำรุงรักษาสมัยใหม่
		ENG25 4525 การตรวจสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไอน้ำ และภาชนะรับความดัน ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานตามหลักสากลที่เกี่ยวข้อง การเชื่อมสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน การตรวจสอบการเชื่อม แนวทางการออกแบบภาชนะรับความดัน กลไกความเสียหายของภาชนะรับความดันและอันตรายจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ ขั้นตอนการวางแผนและวิธีการตรวจทดสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำและภาชนะรับความดัน แนวคิดเพื่อการประหยัดพลังงาน การใช้ไอน้ำ และน้ำคอนเดนเสท กฎหมายที่เกี่ยวข้อง และจรรยาบรรณวิศวกร
		ENG25 4535 การตรวจสอบสัญลักษณ์ GD&T ด้วยเครื่องวัด CMM	การตรวจวัดความเบี่ยงเบนทางด้านรูปร่างรูปทรง สัญลักษณ์ GD&T เครื่องวัด 3 มิติ การวางแผนการตรวจวัด ความไม่แน่นอนจากการตรวจวัด การแปลความหมายในแบบงาน การกำหนดกลยุทธ์การตรวจสอบ
		ENG25 4545 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยกระแสไฟฟ้าไหลวน	ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า การเหนี่ยวนำกระแสไหลวนจากขดลวด การสร้างกระแสไหลวน คุณลักษณะการไหลของกระแสไหลวน การรบกวนกระแสไหลวนจากการเปลี่ยนอิมพีแดนซ์ขดลวด ระนาบอิมพีแดนซ์ขั้นต้น ระยะทะลุมาตรฐาน การล่าช้าของเฟสมาตรฐาน เครื่องมือตรวจสอบรอยบกพร่องด้วยกระแสไหลวน การสอบเทียบเครื่องมือการตรวจสอบรอยบพร่องและประเมินผล

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4555 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง	ความรู้พื้นฐานในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ข้อกำหนดตามมาตรฐานในการรับรองบุคลากรด้านการทดสอบโดยไม่ทำลาย กระบวนการเชื่อม ความไม่ต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับแนวการเชื่อม มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง เกณฑ์การตัดสินในการตรวจสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง และการอบรมเชิงปฏิบัติในการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง เช่น การสอบเทียบเครื่องมือเบื้องต้น การตรวจสอบชิ้นงานและประเมินผลตามเกณฑ์การตัดสิน
		ENG25 4565 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยผงแม่เหล็กและสารแทรกซึม	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทดสอบแบบไม่ทำลาย หลักการทดสอบแบบไม่ทำลายแบบการใช้สารแทรกซึมและแบบใช้อนุภาคแม่เหล็ก คุณสมบัติของสารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก ความไม่ต่อเนื่องในวัสดุ การสร้างสนามแม่เหล็กและการคลายอำนาจสนามแม่เหล็ก วัสดุทดสอบด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและใช้อนุภาคแม่เหล็ก การเลือกประเภทของสารแทรกซึมเพื่อทดสอบ อุปกรณ์ของการทดสอบด้วยสารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก มาตรฐานการทดสอบ ASTM E165 และ ASTM E709 มาตรฐานอื่นๆ ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม การเตรียมผิวชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบ การทำความสะอาดก่อนและหลังการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบ การตรวจสอบรอยเชื่อมพื้นฐานด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและใช้ผงแม่เหล็ก การตีความและการประเมินผลปฏิบัติการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยวิธีใช้สารแทรกซึมและอนุภาคแม่เหล็ก
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการ ครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4099 โครงงานวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลที่ผู้สอนมอบหมาย ด้วยความเห็นชอบของหัวหน้าสาขาวิชาฯสำหรับนักศึกษาผู้สมัครใจไม่ไปปฏิบัติงานกับสถานประกอบการ สนับสนุนให้นำหัวเรื่องที่จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมและสถานประกอบการมาทำเป็นโครงงาน อาจเป็นโครงการแบบพหุวิทยาการที่รวมการศึกษาวิเคราะห์ในเชิงธุรกิจและเศรษฐการเข้าไว้ด้วยกัน โครงงานจะต้องสำเร็จภายในไม่เกิน 2 ภาคการศึกษา โดยต้องส่งเอกสารรายงานและจะต้องมีการสอบปากเปล่า ให้ผลประเมินเป็น S/U

6	**วิศวกรและสังคม (The Engineer and Society)** - สามารถใช้เหตุและผลจากหลักการและความรู้ที่ ได้รับมาประเมินประเด็นและผลกระทบต่าง ๆ ทางสังคม ชีวอนามัย ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรมที่เกี่ยวพันกับการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม	ENG20 1010 แนะนำวิชาชีพวิศวกร	ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของวิศวกรรมศาสตร์ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง จรรยาบรรณวิศวกรความปลอดภัยในงานวิศวกรรม แนะนำวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมจากหลักสูตรต่าง ๆ โดยนักศึกษาต้องเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการของหลักสูตรต่าง ๆ ที่เปิดสอนในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ให้ได้อย่างน้อย 8 ครั้ง
		ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล	คุณสมบัติพื้นฐานวิศวกรเครื่องกล ภาพรวมหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล แนะนำสายอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล การฝึกทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล
		ENG25 3060 วิศวกรรมความปลอดภัย	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการทำงานด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัยและจิตวิทยาสังคม โรคจากการทำงาน หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย
		ENG25 4010 การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์	การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อนการวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4095 เตรียมสหกิจศึกษา	หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับสหกิจศึกษา กระบวนการและขั้นตอนของสหกิจศึกษา ระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับสหกิจศึกษา ความรู้พื้นฐานและเทคนิคในการสมัครงานอาชีพ เช่น การเลือกสถานประกอบการวิธีการเขียนจดหมายสมัครงาน ทักษะในการสื่อสาร และการสัมภาษณ์งานอาชีพ ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการไปปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การสร้างความมั่นใจในตนเอง การพัฒนาศักยภาพในการเป็นผู้ประกอบการ อาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการ

			วัฒนธรรมองค์กรระบบบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการเช่น 5ส ISO 9000 และ ISO 14000 เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอ การพัฒนาบุคลิกภาพ
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4097 สหกิจศึกษา 2	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 4098 สหกิจศึกษา 3	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศ และพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ

7	**สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน (Environment and Sustainability)** - สามารถเข้าใจผลกระทบของคำตอบของปัญหางานทางวิศวกรรมในบริบทของสังคมและสิ่งแวดล้อม และสามารถแสดงความรู้และความจำเป็นของการพัฒนาที่ยั่งยืน	IST20 2001 มนุษย์กับสังคมและสิ่งแวดล้อม	ลักษณะพื้นฐานของความเป็นมนุษย์ ความหลากหลายทางวัฒนธรรม การจัดระเบียบทางสังคม ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ การพัฒนาอย่างยั่งยืน
		ENG25 4532 การตรวจวัดและการตรวจสอบพลังงาน	การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการวัดที่เกี่ยวข้อง การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อน การวัดการไหล การวัดความดัน และการวัดองค์ประกอบของแก๊ส การวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์ใช้พลังงาน เช่นมอเตอร์ คอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เครื่องทำน้ำเย็น และ หม้อไอน้ำ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟแสงสว่าง ระบบลมอัด ระบบไอน้ำ กฎหมายและข้อกำหนดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและในโรงงาน การวิเคราะห์ต้นทุนการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 4582 พลังงานทดแทน	สถานการณ์และปัญหาพลังงาน แหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิง ฟอสซิล เช่น ปิโตรเลียม ถ่านหินก๊าซธรรมชาติ แหล่งพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงาน แสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานนิวเคลียร์ เซลล์เชื้อเพลิง กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น การสกัดน้ำมันและการผลิตไบโอดีเซล การหมักและการกลั่นเอทานอล การผลิตก๊าซชีวภาพ พลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม พืชพลังงาน เชื้อเพลิงจากขยะ การวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง กระบวนการเผาไหม้และการวิเคราห์ไอเสีย การใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า
8	**จรรยาบรรณวิชาชีพ (Ethics)** - สามารถใช้หลักการทางจรรยาบรรณและมีสำนึกรับผิดชอบต่อมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม	ENG20 1010 แนะนำวิชาชีพวิศวกร	ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของวิศวกรรมศาสตร์ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง จรรยาบรรณวิศวกรความปลอดภัยในงานวิศวกรรม แนะนำวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมจากหลักสูตรต่าง ๆ โดยนักศึกษาต้องเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการของหลักสูตรต่าง ๆ ที่เปิดสอนในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ให้ได้อย่างน้อย 8 ครั้ง
		ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล	คุณสมบัติพื้นฐานวิศวกรเครื่องกล ภาพรวมหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล แนะนำสายอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล การฝึกทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล

9	**การทำงานเดี่ยวและทำงานเป็นทีม (Individual and Team work)** - ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการทำงานเดี่ยว และการทำงานในฐานะผู้ร่วมทีมหรือ ผู้นำทีมที่มีความหลากหลายของสาขาวิชาชีพ	IST20 2501 พันธกิจสัมพันธ์ชุมชนกับกลุ่มอาชีพ	การทำโครงงานและกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ของผู้เรียนผ่านการทำงานร่วมกับชุมชนหรือกลุ่มวิชาชีพ อันเป็นการเสริมสร้างทักษะชีวิตและตอบสนองต่อวิสัยทัศน์และวัตถุประสงค์ของชุมชนหรือกลุ่มวิชาชีพ
		ENG25 450 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหลและระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
		ENG25 4096 สหกิจศึกษา 1	นักศึกษาต้องไปปฏิบัติงานเชิงวิชาการหรือวิชาชีพเต็มเวลาเสมือนหนึ่งเป็นพนักงานชั่วคราว ณ สถานประกอบการครบ 1 ภาคการศึกษาสหกิจศึกษาตามที่สาขาวิชากำหนด เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานแล้วนักศึกษาจะต้องส่งรายงานการปฏิบัติงานและนำเสนอผลการไปปฏิบัติงานต่อคณาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อทำการประเมินผลให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยวัดจากผลประเมินการปฏิบัติงานและรายงานการปฏิบัติงานโดยคณาจารย์นิเทศและพนักงานที่ปรึกษา และผลการเข้าร่วมกิจกรรมการสัมภาษณ์และสัมมนาสหกิจศึกษาหลังกลับจากสถานประกอบการ
		ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือกล กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานด้วยการกลึง การกัด การเชื่อม การเจาะและทำเกลียว ฝึกการใช้งานเครื่องมือวัดขนาดพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เวอร์เนียร์ไฮเกจ และไมโครมิเตอร์ ฝึกหัดการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติช่วยในกระบวนการผลิต เช่น เครื่อง CNC, EDM, Wire cut การตรวจวัดละเอียดด้วยเครื่องตรวจสอบชิ้นงาน 3 มิติ ฝึกสร้างชิ้นงานเพื่อให้เกิดประโยชน์
		ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1	การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง
		ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิคส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC

10	**การสื่อสาร (Communication)** - สามารถสื่อสารงานวิศวกรรมที่ซับซ้อนกับกลุ่มผู้ปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรมและสังคมโดยรวมได้อย่าง มีประสิทธิผล อาทิ สามารถอ่านและเขียนรายงาน ทางวิศวกรรมและเตรียมเอกสารการออกแบบงาน วิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิผล สามารถนำเสนอ สามารถให้และรับคำแนะนำงานได้อย่างชัดเจน	IST30 1104 ภาษาอังกฤษเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ	พัฒนาทักษะและความสามารถทางภาษาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจัดประสบการณ์ตรงในการเรียนภาษาที่ใช้จริงในวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อโสตทัศน์ รวมทั้งแหล่งทรัพยากรออนไลน์ เน้นชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องบูรณาการทักษะทั้งสี่ด้าน โดยให้ความสำคัญกับทักษะการอ่านและการเขียน
		IST20 1501 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	หลักภาษาไทย ทักษะการใช้ภาษาไทยทั้งในด้านการพูด การฟัง การอ่าน และการเขียน การเรียบเรียงภาษาไทยเพื่อการติดต่อสื่อสารและนำเสนองาน
		ENG25 450 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหลและระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
		ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือกล กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานด้วยการกลึง การกัด การเชื่อม การเจาะและทำเกลียว ฝึกการใช้งานเครื่องมือวัดขนาดพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เวอร์เนียร์ไฮเกจ และไมโครมิเตอร์ ฝึกหัดการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติช่วยในกระบวนการผลิต เช่น เครื่อง CNC, EDM, Wire cut การตรวจวัดละเอียดด้วยเครื่องตรวจสอบชิ้นงาน 3 มิติ ฝึกสร้างชิ้นงานเพื่อให้เกิดประโยชน์
		ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1	การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง
		ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิคส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC

11	**การบริหารโครงการและการลงทุน (Project Management and Finance)** - สามารถแสดงว่ามีความรู้และความเข้าใจ หลักการทางวิศวกรรมและการบริหารงาน และ สามารถประยุกต์ใช้หลักการบริหารในงานของตน ในฐานะผู้ร่วมทีมและผู้นำทีมเพื่อบริหารจัดการ โครงการวิศวกรรมที่มีสภาพแวดล้อมการทำงานความหลากหลายสาขาวิชาชีพ	IST20 2002 มนุษย์กับเศรษฐกิจและการพัฒนา	เศรษฐกิจกับการพัฒนาสังคม ทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การพัฒนาแบบกีดกัน การพัฒนาแบบมีส่วนร่วม การพัฒนาบนฐานนวัตกรรม เศรษฐกิจสร้างสรรค์ พันธกิจสัมพันธ์กับชุมชน ผู้ประกอบการเพื่อสังคม
		ENG25 4010 การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์	การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อนการวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา
		ENG25 2040 สถิติสำหรับวิศวกร	การนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบช่วง เช่น การแจกแจง แบบไบโนเมียล แบบปัวซอง และการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง เช่นการแจกแจงแบบปกติ แบบเอกซ์โปเนนเชียล ทฤษฎีการชัก ตัวอย่าง ช่วงความเชื่อมั่น การสดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การฟิตข้อมูลและสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ
12	**การเรียนรู้ตลอดชีพ (Lifelong Learning)** - ตระหนักและเห็นความจำเป็นในการเตรียมตัวเพื่อให้สามารถการปฏิบัติงานได้โดยลำพังและสามารถการเรียนรู้ตลอดชีพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม	IST20 1001 การรู้ดิจิทัล	การเลือกแหล่งสารสนเทศเพื่อการค้นคว้า การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการค้นคว้าสารสนเทศการรวบรวมและการประเมินคุณภาพสารสนเทศ การวิเคราะห์และสังเคราะห์สารสนเทศ การเขียนรายงานและการอ้างอิง ความปลอดภัย ผลกระทบ จริยธรรม คุณธรรม และกฎหมายที่เกี่ยวกับการใช้สื่อและเทคโนโลยีดิจิทัล
		IST20 1002 การใช้โปรแกรมประยุกต์เพื่อการเรียนรู้	ความรู้พื้นฐานการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้โปรแกรมประยุกต์เพื่อจัดการงานเอกสาร การนำเสนอสารสนเทศ การจัดการข้อมูลเพื่อการคำนวณ และการจัดการฐานข้อมูลอย่างสร้างสรรค์การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการทำงานในชีวิตประจำวัน
		IST20 1003 ทักษะชีวิต	การรู้จักและเข้าใจตนเองและผู้อื่น การคิดและวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล การคิดอย่างเป็นระบบและการคิดแบบองค์รวม การตัดสินใจและแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การเรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ความสมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน ความพอเพียงในการดำรงชีวิต การดูแลสุขภาพของตนเอง การจัดการอารมณ์และความเครียดการแก้ไขปัญหาชีวิต

หมายเหตุ : โปรดระบุลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ให้ครบถ้วนมากที่สุด โดยนำรายวิชาในหลักสูตรทั้งหมดมากรอกข้อมูล

4. มาตรฐานผลการเรียนรู้

PLO1 สามารถกำหนด สร้างเกณฑ์ และแก้ปัญหาทางวิศวกรรมโดยประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

PLO2 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการ โดยคำนึงถึงสวัสดิภาพ ความปลอดภัย ปัจจัยทางวัฒนธรรม สังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ

PLO3 สามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล วิชาชีพอื่น และบุคคลทั่วไป ได้อย่างมีประสิทธิผลด้วยวาจา ด้วยการเขียนรายงาน การเสนอผลงาน ตลอดจนสามารถออกคำสั่งและรับคำสั่งงานได้อย่างชัดเจน

PLO4 สามารถตัดสินใจสถานการณ์ทางวิศวกรรมได้อย่างรอบคอบ ภายใต้บทบาทและความรับผิดชอบตามกรอบมาตรฐานและจรรยาบรรณวิชาชีพ โดยคำนึงถึงผลกระทบตามแนวปฏิบัติสากล รวมถึงบริบททางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

PLO5 สามารถทำงานเป็นทีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในฐานะสมาชิกหรือฐานะผู้นำ สามารถสร้างบรรยากาศการมีส่วนร่วม การกำหนดเป้าหมาย การวางแผนงาน และการบรรลุวัตถุประสงค์

PLO6 สามารถพัฒนาและออกแบบการทดลอง เลือกใช้เครื่องมือเครื่องวัด เพื่อดำเนินการทดลอง วิเคราะห์และตีความข้อมูล และใช้กระบวนการตัดสินใจ ทางวิศวกรรมเพื่อหาข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม

PLO7 สามารถใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์และสารสนเทศในการแก้ปัญหา แสวงหาและประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ตามที่ต้องการโดยใช้กลยุทธ์การเรียนรู้ที่เหมาะสม

PLO8 สามารถปฏิบัติตนเป็นพลเมืองดีภายใต้กรอบกติกาขององค์กรและสังคม เป็นผู้มีจริยธรรมในการดำเนินชีวิต

PLO9 สามารถบูรณาการความรู้ เพื่อการทำงานทางวิศกรรมเครื่องกลหรือที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพและหลากหลายประเภท

หมายเหตุ ข้อที่ 1-7 เป็นเกณฑ์มาตรฐานผลลัพธ์การเรียนรู้ของ TABEE และ ABET ข้อที่ 8 เป็นเกณฑ์ ตามกรอบผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาศึกษาทั่วไป และข้อที่ 9 เป็นเกณฑ์เพื่อสร้างอัตลักษณ์ให้กับหลักสูตร

ส่วนที่ 3 คณาจารย์

1. ประธานหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่อประธานหลักสูตร

ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
ดร.ชโลธร ธรรมแท้	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2543 2545 2552	9 ปี

2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ตารางที่ 1: อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
1	ดร.ชโลธร ธรรมแท้	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2543 2545 2552	9 ปี
2	ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล	รองศาสตรจารย์	M.E. (Technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot-Navigation Complexes), St.Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System Analysis, Control and Processing Information), St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Russia	2541 2546	22 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
3	ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan	2550 2554 2561	8 ปี
4	ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2550 2552 2559	3 ปี
5	ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยมหิดล M.S. (Aeronautics and Astronautics), National Cheng Kung University, Taiwan, Ph.D. (Aerospace Engineering), Tokyo Metropolitan University, Japan,	2554 2556 2561	2 ปี

3. อาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา

ตารางแสดงรายชื่ออาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
1.	ร.อ.ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์	รองศาสตราจารย์	วท.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 1, โรงเรียนนายเรืออากาศ M.Sc. (Mechanical Engineering), University of Pittsburgh, U.S.A. Ph.D. (Mechanical Engineering), University of Pittsburgh, U.S.A.	2530 2532 2535	26 ปี
2.	ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล	รองศาสตราจารย์	M.E. (Technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot- Navigation Complexes), St.Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System Analysis, Control and Processing Information), St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Russia	2541 2546	22 ปี
3.	ดร.ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์	รองศาสตราจารย์	วท.บ. (วัสดุศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Ph.D. (Polymer Engineering), The University of Akron, U.S.A.	2537 2542	22 ปี
4.	ดร.สุกานดา เจียรศิริสมบูรณ์	รองศาสตราจารย์	วท.บ. (วัสดุศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ M.Sc. (Materials Science), Leeds University, UK., D.Phil (Materials Science), University of Oxford, UK.	2539 2540 2544	5 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
5.	ดร.สุดเขตต์ พจน์ประไพ	รองศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ม. (เทคโนโลยีนิวเคลียร์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Ph.D. (Materials Science and Engineering), University of New South Wales, Australia	2540 2545 2551	5 ปี
6.	ดร.กระวี ตรีอำนรรค	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วศ.ด. (วิศวกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2542 2547 2554	7 ปี
7.	ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2536 2544 2557	13 ปี
8.	ดร.กีรติ สุลักษณ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2540 2544 2550	13 ปี
9.	ดร.ชาญวิทย์ แก้วกสิ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) เกียรตินิยมอันดับ 1, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, วศ.ม. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Ph.D. (Computer Science), The University of Manchester, U.K.	2543 2546 2553	18 ปี
10.	ดร.ชโลธร ธรรมแท้	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2543 2545 2552	9 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
11.	ดร.วีณา ฟั่นเพ็ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Aeronautics Engineering), Imperial College London, U.K.	2547 2550 2558	13 ปี
12.	ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมขนส่ง), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมขนส่ง), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมขนส่ง), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2549 2555 2552 2558	4 ปี
13.	ดร.สุภกิจ รูปขันธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2542 2546 2552	13 ปี
14.	ดร.โศรฎา แข็งการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2541 2545 2557	15 ปี
15.	ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2540 2552	11 ปี
16.	ดร.ชาคริต ปานแป้น	อาจารย์	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), เกียรตินิยมอันดับ 1, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2558 2560 2564	1 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
17.	ดร.ธีทัต ดลวิชัย	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2540 2543 2552	20 ปี
18.	ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยรังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2535 2539 2549	23 ปี
19.	** ดร.พัชรวัฒน์ เจริญอมรกิตติ์	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เกียรตินิยมอันดับ 1 วศ.ม. (เทคโนโลยีวิศวกรรม), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เกียรตินิยม Ph.D. (Mechanical Engineering), Osaka University, Japan	2557 2558 2563	1 ปี
20.	ดร.พิจิตรา เอื้องไพโรจน์	อาจารย์	วท.บ. (เทคโนโลยีอาหาร), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Functional Control Systems), Shibaura Institute of Technology, Japan	2550 2553 2556	7 ปี
21.	ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2550 2552 2559	3 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
22.	ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan	2550 2554 2561	8 ปี
23.	ดร.ศรัญญา กาญจนวัฒนา	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี M.Eng. (Computer Engineering), Asian Institute of Technology Ph.D. (Functional Control Systems), Shibaura Institute of Technology, Japan	2551 2554 2560	9 ปี
24.	ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมการบินและอากาศ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วศ.ม. (วิศวกรรมการบินและอากาศ), รางวัลเรียนดี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Ph.D. (Automatic Control and Systems Engineering), The University of Sheffield, U.K.	2548 2550 2559	12 ปี
25.	ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยมหิดล M.S. (Aeronautics and Astronautics), National Cheng Kung University, Taiwan Ph.D. (Aerospace Engineering), Tokyo Metropolitan University, Japan	2554 2556 2561	2 ปี

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
26.	ดร.เอกรงค์ สุขจิต	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Mechanical Engineering), University of Birmingham, U.K.	2544 2549 2556	14 ปี
27.	ดร.อรลักษณ์ พิชิตกุล	อาจารย์	B.Eng (Aerospace Engineering) (First Honor) (International Program), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Eng (Aeronautics and Astronautics), The University of Tokyo, Japan Ph.D. (Aerospace Engineering), Georgia Institute of Technology, U.S.A.	2553 2557 2564	6 ปี
28.	อ. กนต์ธร ธรรมกุล	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี M.Eng. Automotive Engineering (International Program), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2558 2561	2 ปี
29.	อ. ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2561 2562	1 ปี
30.	อ. ปสฎา ยี่สุ่นแซม	อาจารย์	วศ.บ (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2551 2553	1 ปี
31.	อ. พรพรม บุญพรม	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2541 2545	16 ปี

32.	อ. วิชัย ศรีสุรักษ์	อาจารย์	อ.วท. (เคมีปฏิบัติ), มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2535 2541 2550	13 ปี
33.	อ. วินัย ตุ้มทอง	อาจารย์	วศ.บ (วิศวกรรมยานยนต์), เกียรตินิยมอันดับ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2553 2556	ปฏิบัติงาน วันที่ 4 มกราคม 2565
34.	* อ. อภิลักษณ์ หล่อนกลาง	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2555 2559	3 ปี

* หมายเหตุ: ลาศึกษาต่อเต็มเวลา (Full Time)

** หมายเหตุ: ระยะเวลาปฏิบัติงาน วันที่ 15 กรกฎาคม 2563 ถึง 30 พฤศจิกายน 2564

4. บุคลากรช่วยสอน/ผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการ

ตารางแสดงรายชื่อผู้ช่วยวิชาปฏิบัติการ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
1.	นางสาวชญานิศ แจ่มจรรยา	ผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	วศ.บ. (วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
2.	* นายฐานันต์ ไกรสมภาค	ผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
3.	* นางสาวอุบลรัตน์ แสนสามารถ	ผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
4.	นายชัยฤกษ์ เชื้อประสาท	ผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2543
5.	นางสาวกรุณามิตร แสนสุริวงค์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
6.	นางสาวกานดา ศาตะสมิต	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
7.	นางสาวขนิษฐา วรรณคง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, พ.ศ.2562
8.	นางสาวจุฑาทิพย์ เพียรภูมิพงศ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
9.	นางสาวจุลลดา แซ่เตี๋ยว	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2558
10.	นางสาวจุฬาลักษณ์ อินชนะ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
11.	นางสาวชฎากาญจน์ วรรณศิลป์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมออกแบบผลิตภัณฑ์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
12.	นางสาวชนาภา เทพเสนา	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
13.	นางสาวชนิดา โตปะคำ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, พ.ศ.2563
14.	นางสาวชลิตา จบสูงเนิน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2560
15.	นางสาวชุติกาญจน์ คินธร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
16.	นางสาวฐานิดา ศรีชัยเพชร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
17.	นางสาวดวงหทัย แตงกระโทก	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
18.	นางสาวธนัตถ์ศรณ์ ชัยศิริทุ่งนากลาง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมโทรคมนาคม), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
19.	นางสาวธีรนาฏ ชัชวาลธาตรี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
20.	นางสาวนิรมล เหลืองอ่อน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมการผลิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
21.	นางสาวปริณดา สันติชาติงาม	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พ.ศ.2562
22.	นางสาวพรรษา ไขกระโทก	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
23.	นางสาวเพ็ญพิชา เนียมสกุล	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
24.	นางสาววชิราภรณ์ รักษาอินทร์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
25.	นางสาววชิราภรณ์ รักษาอินทร์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
26.	นางสาววิภาดา โบราณสาร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
27.	นางสาววิไลลักษณ์ วรรณะ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
28.	นางสาวศุภัชกาญจน์ นุชคำ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
29.	นางสาวสิรีกรณ์ สำกลาง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
30.	นางสาวสุทธิณี ว่าวสูงเนิน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
31.	นางสาวสุนทรี แสงศรี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557 วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2553
32.	นางสาวสุภาพร ศิริเล็ก	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557
33.	นางสาวหทัยชนก เมธินี กล่ำขำมี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
34.	นางสาวอลิสา ถนอมเมือง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
35.	นางสาวอัมพวรรณ วันดี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
36.	นางสุวิมล รัตนจันทร์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
37.	นายกมลวิสิทธิ์ พันวอ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
38.	นายกฤติน ขันขวา	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
39.	นายกสิวัฒน์ ไชยสิทธิ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมการผลิต) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
40.	นายก้องนที วัฒนานุสิทธิ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
41.	นายกันตภณ เจริญสุข	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
42.	นายคมสัน ภาษยเดช	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2541
43.	นายจงยศ เทียนดำ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562 วศ.บ. (วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2555
44.	นายจำนงค์ ผายสระน้อย	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, พ.ศ.2546
45.	นายชัชพล สุขตะ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2559
46.	นายโชติช่วง พรหมบุตร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พ.ศ.2551
47.	นายฐิติ สุทธิวงศ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2552
48.	นายฑีรพรรษฎ์ ศรีอ่อน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
49.	นายณัชนันท์ เพชรรัตน์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, พ.ศ.2563
50.	นายณัฏฐ์ชญาภรณ์ สิงห์โคตร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
51.	นายณัฏฐพล อำไพ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยศิลปากร, พ.ศ.2561
52.	นายณัฐฐศรัณฐ์ วัชรบรรจง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยุรนารี, พ.ศ.2553
53.	นายณัฐพล ดลเจริญนนท์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562 วศ.ม.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
54.	นายณัฐภัทร แก้ววิจิตร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, พ.ศ.2562
55.	นายณัฐวุฒิ ประเสริฐการ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
56.	นายเตชินท์ สีห์ชัยพัฒน์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมชีวการแพทย์), มมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, พ.ศ.2560
57.	นายทินกร เพ็งประโคน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
58.	นายเทพพิทักษ์ กุนอก	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
59.	นายธงชัย เทียมทัด	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
60.	นายธงชัย ภูศิริ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
61.	นายธนาธิป บุญทวี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
62.	นายธรรมรัตน์ แยบสูงเนิน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
63.	นายธราเทพ พิบูลย์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
64.	นายธวิน อุดมกิจปัญญา	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
65.	นายธัญนุกรณ์ ไชยเมือง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557
66.	นายธันยบูรณ์ ทุนทวีศีลศักดิ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
67.	นายธีรพรรณ์ ถุนาพรรณ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมพอลิเมอร์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
68.	นายนนทการณ์ มังคลา	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
69.	นายนนทพัทธ์ สุทธิมล	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
70.	นายนิคม พรประสิทธิ์	ผู้สอนปฏิบัติการ	อส.บ. (เทคโนโลยีการผลิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงค์กรณ์, พ.ศ.2550
71.	นายปฏิภาน นิ่มธานี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
72.	นายประสิทธิชัย ดำเนินฐิติกิจ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2551
73.	นายพีรวุฒิ รัตนวิชัย	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2559
74.	นายภัทร ชายทวีป	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
75.	นายภัทร สุระชน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
76.	นายภาคภูมิ สู่แสนสุข	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมการผลิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
77.	นายเมธัส พันธุ์ต่วน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561
78.	นายรังสิมันตุ์ เง็กคอย	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเคมี), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
79.	นายวัชรพล แสงเพ็ชร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560 วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2558
80.	นายวัชเรศ คงวราคม	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
81.	นายวีระยุทธ ชาตะสุวัจนานนท์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2556
82.	นายศรัทธา โพธิสว่าง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2547
83.	นายศิริพงษ์ ปะวะโก	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2561 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2558
84.	นายสงคราม ยาวะประภาษ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วท.บ.(เทคโนโลยีการผลิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, พ.ศ.2550

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
85.	นายสมชาย สืบเทพ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
86.	นายสมบูรณ์ทรัพย์ รอดพร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2558 วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2552
87.	นายสิรชัย วิบูลสุนทรางกูล	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
88.	นายสิริชัย ดวงเดือน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2558
89.	นายสุมิตร อุ่นวิเชียร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557
90.	นายสุเมธ อยู่ยง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
91.	นายแสณภูมิ ทรงไตรย์	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2559
92.	นายอดิศักดิ์ แดงบุตร	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560
93.	นายอนาวิล เพ็ชรบูรนิล	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมอากาศยาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
94.	นายอนุภาค ปัญญทานสมบัติ	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, พ.ศ.2563
95.	นายอภิวัฒน์ แซ่มัว	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2563
96.	นายอภิศักดิ์ ทองมี	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2564
97.	นายอภิสิทธิ์ ภักดีแก้ว	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2562
98.	นายอรรถพล ชอบงาน	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557
99.	นายอัษฎายุธ รอดพ่าย	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2550 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2545
100.	ว่าที่ร้อยตรีสมเกียรติ หมายถม กลาง	ผู้สอนปฏิบัติการ	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2560 วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ.2557

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
101.	Ms. NYEIN NYEIN AYE	ผู้สอนปฏิบัติการ	Master of Engineering (Mechanical), Yangon Technological University Gyogone, Myanmar, 2018

5. อัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา

ตารางแสดงอัตราส่วนอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา ณ ปีการศึกษา 2564

ตารางที่ 1: จำนวนนักศึกษา

ระดับชั้นปี	จำนวนนักศึกษาจริง แต่ละปีการศึกษา				
	2564	2565	2566	2567	2568
ชั้นปีที่ 1	210	210	210	210	210
ชั้นปีที่ 2	-	210	210	210	210
ชั้นปีที่ 3	-	-	210	210	210
ชั้นปีที่ 4	-	-	-	210	210
รวม	210	420	630	840	840
รวมนักศึกษา (ชั้นปีที่ 2-4)	630				

ตารางที่ 2: อัตราส่วนอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา

จำนวนอาจารย์ประจำ	รวมจำนวนนักศึกษาจริง
32	630
อัตราส่วน	630/32 = 1:19.68

อัตราส่วนต้องไม่เกิน 1:20

ปีการศึกษา	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564				รวมชั้นนักศึกษา ชั้นปีที่ 2-4	จำนวนอาจารย์ประจำ	อัตราส่วนอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา
	ชั้นปีที่						
	1	2	3	4			
2564	*	-	-	-	-	-	-
2565	-	210**	-	-	210	32	1 : 6.56
2566	-	210**	210**	-	420	32	1 : 13.12
2567	-	210**	210**	210**	630	32	1 : 19.86
2568	-	210**	210**	210**	630	32	1 : 19.86

หมายเหตุ * ชั้นปีที่ 1 ยังไม่มีนักศึกษาเลือกเข้าสาขาวิชาฯ จำนวนนักศึกษารับตรงเข้าสาขาตั้งแต่รวมจำนวนนักศึกษาที่จะเลือกสาขาเมื่อขึ้นชั้นปีที่ 2

** แผนการรับจำนวนนักศึกษาจึงยังไม่เลือกสาขาวิชา

6. แผนพัฒนาหลักสูตรและบุคลากรในระยะ 5 ปี

6.1. แผนพัฒนาด้านการให้ความรู้และเสริมทักษะ

ตั้งแต่ปีการศึกษา 2560 เป็นต้นไป มหาวิยาลัยได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาศักยภาพด้านการสอนของคณาจารย์ให้เป็นมาตรฐานระดับสากล โดยมอบหมายให้สถานพัฒนาคณาจารย์นำกรอบมาตรฐานวิชาชีพด้านการสอนและการสนับสนุนการเรียนรู้ของสหราชอาณาจักร (UK Professional Standards Framework: UKPSF) โดยหน่วยงานที่ชื่อว่า The Higher Education Academy (HEA) มาดำเนินการอบรมอาจารย์ใหม่และอาจารย์ที่สนใจ และมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้อาจารย์เข้าร่วมประชุม สัมมนาทางวิชาการ โดยจัดงบประมาณสนับสนุนให้ โดยด้านวิชาชีพด้านที่ต้องการพัฒนามีทั้งแบบที่ถูกมอบหมายจากสาขาวิชาฯ หรือเป็นไปตามความต้องการของอาจารย์แต่ละท่าน

แผนการพัฒนา/เปลี่ยนแปลง	กลยุทธ์	หลักฐาน/ตัวบ่งชี้
- ปรับปรุงหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ให้มีมาตรฐานเป็นไปตามที่ สป.อว. กำหนด และเป็นไปตามข้อกำหนดจากสภาวิศวกรฯ	- พัฒนาหลักสูตรโดยมีพื้นฐานจากหลักสูตรในระดับสากลที่ทันสมัย - เนื้อหาของหลักสูตรต้องสอดคล้องกับที่สภาวิศวกรฯ กำหนด - ติดตามประเมินหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอ - เชิญผู้เชี่ยวชาญทั้งภาครัฐและอุตสาหกรรมเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร	- รายงานผลการประเมินความพึงพอใจ ในการใช้บัณฑิตของผู้ประกอบการ - ผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจในด้านทักษะ ความรู้ - การตรวจรับรองหลักสูตรจากสภาวิศวกรฯ - ความสามารถในการทำงาน โดยเฉลี่ยในระดับดี
- ปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี	- ติดตามการเปลี่ยนแปลงในความต้องการของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล - ปรับปรุงหลักสูตรทุก 5 ปี	- รายงานผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้บัณฑิตของผู้ประกอบการ - ผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจในด้านทักษะ ความรู้ ความสามารถในการทำงาน โดยเฉลี่ยในระดับดี
- พัฒนาบุคลากรด้านการเรียนการสอนและบริการวิชาการให้มีประสบการณ์จากการนำความรู้ทางวิศวกรรมเครื่องกลไปปฏิบัติงานจริง	- สนับสนุนบุคลากรด้านการเรียนการสอนให้ทำงานบริการวิชาการแก่องค์กรภายนอก - สนับสนุนบุคลากรเข้ารับการอบรมเพื่อเรียนรู้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในประเทศและต่างประเทศ - สนับสนุนบุคลากรด้านการเรียนการสอนให้ทำงานวิจัย และนำเสนอผลงานทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ	- ปริมาณงานบริการวิชาการต่ออาจารย์ในหลักสูตร - ปริมาณการเข้ารับการอบรมของอาจารย์ - ปริมาณบทความวิชาการที่นำเสนอในที่ประชุมทั้งในประเทศและต่างประเทศต่ออาจารย์ในหลักสูตร

6.2. แผนพัฒนาด้านการจัดหาบุคลากรใหม่

กระบวนการสรรหาและการคัดเลือกอาจารย์ใหม่ของมหาวิทยาลัย พิจารณาจากคุณวุฒิการศึกษา (ตั้งแต่ระดับปริญญาโทหรือเทียบเท่าขึ้นไปเท่านั้น) ผลการศึกษา ประสบการณ์ ผลงานทางวิชาการและความสามารถด้านการสอน โดยเบื้องต้นทางหลักสูตรร่วมกับสาขาวิชาฯ จะร่วมกันกำหนดคุณสมบัติของอาจารย์ที่ต้องการรับสมัคร ซึ่งผู้สมัครจะได้รับการประเมินความสามารถด้านการสอนและคุณสมบัติด้านอื่น ๆ จากสาขาวิชาฯ ก่อนเสนอรายชื่อผู้ที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ต่อมหาวิทยาลัยเป็นผู้พิจารณาในลำดับถัดไป โดยจะมีการทดลองปฏิบัติงานและต้องเข้ารับการประเมินศักยภาพภายในเวลา 6 เดือนจากคณะกรรมการประเมินศักยภาพด้านการสอนและด้านวิชาการของพนักงานสายวิชาการ ภายใต้การกำกับของสถานพัฒนาคณาจารย์ที่เป็นหน่วยงานจัดกิจกรรมอบรมและมีระบบสนับสนุน เพื่อพัฒนาอาจารย์ใหม่ให้เป็นอาจารย์ที่มีสมรรถนะทั้งด้านการสอนและการวิจัย มีการจัดอบรมอาจารย์ใหม่ การจัดสัมมนาเพื่อพัฒนากลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนรวมถึงการให้คำปรึกษาด้านการสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ระดับการศึกษา หลักสูตร / สาขาวิชา	2564	2565	2566	2567	2568
ปริญญาโท-วิศวกรรมเครื่องกล	1				1

6.3. แผนพัฒนาด้านการเพิ่มคุณวุฒิการศึกษา

ระดับการศึกษา	2564	2565	2566	2567	2568
ปริญญาเอก	1				1

6.4. แผนพัฒนาด้านการปรับตำแหน่งทางวิชาการ

ระดับตำแหน่ง	2564	2565	2566	2567	2568
ศาสตราจารย์				1	
รองศาสตราจารย์			3	3	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์	3	2			

ส่วนที่ 4 รายละเอียดและสาระของวิชาตามองค์ความรู้

1. ตารางแจกแจงรายวิชาเทียบกับองค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด (Curriculum Mapping)

ตารางการเทียบองค์ความรู้ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์			
คณิตศาสตร์	ลิมิต ความต่อเนื่อง อนุพันธ์ การประยุกต์ของอนุพันธ์ ฟังก์ชันผกผัน อินทิกรัลจำกัดเขต และ ทฤษฎีบทมูลฐานของแคลคูลัส	**SCI03 1001 แคลคูลัส 1 (Calculus I)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	เทคนิคการหาปริพันธ์ (ฟังก์ชันตัวแปรเดียว) ปริพันธ์ไม่ตรงแบบ การหาปริพันธ์เชิงตัวเลข ลำดับและอนุกรม พหุนามเทย์เลอร์และอนุกรมเทย์เลอร์ เวกเตอร์และเรขาคณิต ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ ฟังก์ชันหลายตัวแปร อนุพันธ์ย่อยและการประยุกต์	**SCI03 1002 แคลคูลัส 2 (Calculus II)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	การหาปริพันธ์หลายชั้น ปริพันธ์ในพิกัดเชิงขั้ว ปริพันธ์ในพิกัดทรงกระบอก และปริพันธ์ในพิกัดทรงกลม สมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับสอง ปัญหาค่าตั้งต้น วิธีการอนุกรมกำลัง การประยุกต์สมการเชิงอนุพันธ์	**SCI03 1005 แคลคูลัส 3 (Calculus III)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
ฟิสิกส์	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน การเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นและแบบหมุน โมเมนตัมเชิงเส้น โมเมนตัมเชิงมุม พลังงานกล ทฤษฎีบท งานพลังงาน ความยืดหยุ่น การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก การแกว่งกวัดแบบหน่วงและเรโซแนนซ์ การแผ่ของคลื่น คลื่นเสียง การไหลของของไหล ความร้อน และ อุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	**SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1 (Physics I)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	สนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า กระแสและความต้านทาน สนามแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำวงจรไฟฟ้า กฎของเคอร์ชอฟฟ์ คลื่นแสง ฟิสิกส์ยุคใหม่เบื้องต้น	**SCI05 1002 ฟิสิกส์ 2 (Physics II)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	การทดลองต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่จะสนับสนุนทฤษฎีในวิชาฟิสิกส์ 1 และเพื่อประสบการณ์ด้านการทดลอง จะต้องทำการทดลองทางด้านกลศาสตร์ คลื่นและของไหล 8 การทดลอง	**SCI05 1191 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (Physics Laboratory I)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 0 ชั่วโมง
	เช่นเดียวกับวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 แต่ทดลองในเรื่องแสง อิเล็กทรอนิกส์ ปรากฏการณ์โฟโต อิเล็กตริก และกัมมันตภาพรังสี	**SCI05 1192 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 (Physics Laboratory II)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 0 ชั่วโมง

เคมี	ทฤษฎีอะตอมและโครงสร้างอิเล็กตรอนของอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ พันธะเคมีปริมาณสัมพันธ์ แก๊ส ของเหลว ของแข็ง สมดุลเคมี สมบัติทั่วไปของกรดและเบส จลนพลศาสตร์เคมี	**SCI02 1111 เคมีพื้นฐาน 1 (Fundamental Chemistry I)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	การทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีการศึกษาถึงเทคนิคพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี และการทำปฏิบัติการในหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ สมบัติของแก๊ส สมบัติของของเหลว แบบจำลองโลหะ สมดุลเคมี การไทเทรตกรด–เบส จลนศาสตร์เคมี และปฏิกิริยาเคมีแบบต่าง ๆ	**SCI02 1112 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1 (Fundamental Chemistry Laboratory I)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 0 ชั่วโมง
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม			
กลุ่มที่ 1 พื้นฐานการออกแบบ (Design Fundamentals) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Mechanical Drawing, Statics and Dynamics, Mechanical Engineering Process	ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของวิศวกรรมศาสตร์ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง จรรยาบรรณวิศวกรความปลอดภัยในงานวิศวกรรม แนะนำวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมจากหลักสูตรต่าง ๆ โดยนักศึกษาต้องเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการของหลักสูตรต่าง ๆ ที่เปิดสอนในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ให้ได้อย่างน้อย 8 ครั้ง	**ENG20 1010 แนะนำวิชาชีพวิศวกร (Introduction to Engineering Profession)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง
	การเขียนตัวอักษร เรขาคณิตพรรณนา การอ่านและเขียนภาพฉายตั้งฉากและภาพฉายสามมิติมาตรฐาน การกำหนดมิติและความเผื่อในงานเขียนแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น ภาพตัด ภาพช่วย การเขียนภาพร่างด้วยมือเปล่าแบบรายละเอียดและแบบภาพประกอบ	**ENG25 1010 การเขียนแบบวิศวกรรม 1 (Engineering Graphics I)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	ค่ารากของสมการ พีชคณิตเชิงเส้น ปัญหาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์ อนุกรมเทย์เลอร์และการประยุกต์ใช้ การแก้ปัญหาอนุพันธ์และปริพันธ์เชิงตัวเลข ทบทวนสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ การแปลงลาปลาส แบบจำลองระบบทางกล ระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้น แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์ เกรเดียนต์ไดเวอร์เจนซ์และเคิร์ล	**ENG25 2060 คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล (Applied Mathematics for Mechanical Engineering)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 48 ชั่วโมง
	มาตรฐานการเขียนแบบทางกลในงานอุตสาหกรรม พื้นฐานสัญลักษณ์พิกัดทางด้านรูปทรง การเขียนแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ แบบงาน 2 มิติ และ 3 มิติ งานโลหะแผ่นบาง งานเชื่อม งานประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักร แบบสั่งงาน	**ENG25 2070 การเขียนแบบทางกล (Mechanical Drawing)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น	**ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล (Engineering dynamics and mechanical vibration)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง

	ระบบแรง แรงลัพธ์และโมเมนต์ลัพธ์ สมดุล การวิเคราะห์โครงสร้าง แรงภายใน ความเสียดทานจุดศูนย์กลางน้ำหนักและจุดศูนย์กลางพื้นที่ หลักการงานสมมติเสถียรภาพ	**ENG30 2001 สถิตยศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Statics)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกกรรมวิธีการผลิต เช่น การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักร การเชื่อมโลหะ การหล่อโลหะและการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยกรรมวิธีทางความร้อน กรรมวิธีการผลิตที่ใช้กับวัสดุประเภทต่าง ๆ หลักการเบื้องต้นของต้นทุนกระบวนการผลิต การใช้เครื่องมือกลเบื้องต้น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่อง CNC EDM Wire cut การวิเคราะห์และการออกแบบผลิตภัณฑ์	**ENG33 6001 กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น (Introduction to Manufacturing Processes)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 48 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 2 ความรู้ทางดิจิทัล (Digital Literacy) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Digital Technology in Mechanical Engineering	หลักการของระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ การทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ หลักการประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระเบียบวิธีพัฒนาและออกแบบโปรแกรม การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย การกำหนดตัวแปรนิพจน์ ประโยคควบคุม การฝึกปฏิบัติการโปรแกรม	**ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1 (Computer programming I)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูล การสื่อสารเพื่อส่งข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ศึกษาภาคปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลต่าง ๆ ระหว่างอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขนาดเล็กสู่ระบบขนาดใหญ่ผ่านระบบเครือข่ายประเภทต่าง ๆ	**ENG25 2130 อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม (Internet of Things for Engineering Application)**	บรรยาย 6 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 18 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 30 ชั่วโมง
	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง กลศาสตร์ของไหล การถ่ายเทความร้อน และการสั่นสะเทือนด้วยระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องและระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ขั้นพื้นฐาน การวิเคราะห์ปัญหาแบบ 1 มิติ และ 2มิติการกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง การประยุกต์	**ENG25 3040 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Fundamental of Computer Aided Engineering)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 3 พื้นฐานทางความร้อนและของไหล (Thermo-fluids Fundamentals) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Thermodynamics, Fluid Mechanics	นิยามและสังกัป คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ตารางและแผนภูมิของคุณสมบัติงาน ความร้อน กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ การไม่สามารถย้อนกลับได้และเอ็นโทรปี หลักการถ่ายเทความร้อนเบื้องต้น การวิเคราะห์วัฏจักรอย่างง่ายของเทอร์โมไดนามิกส์	**ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1 (Thermodynamics 1)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง

	คุณสมบัติของของไหลและการไหล ความดัน แรงดัน แรงลอยตัว อัตราการไหล อุปกรณ์วัดการไหลและการวัด สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม สมการพลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ การวิเคราะห์มิติและความเสมือนการไหลในท่อและการสูญเสีย การเลือกเครื่องสูบเข้ากับระบบส่งของไหล การประยุกต์ในงานเบื้องต้น	**ENG25 2080** **กลศาสตร์ของไหล 1** **(Fluid Mechanics I)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 4 **วัสดุวิศวกรรมและกลศาสตร์วัสดุ** **(Engineering Materials and Mechanics of Materials)** ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Engineering Materials, Solid Mechanics	แรงและหน่วยแรง ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียด หน่วยแรงในคาน แผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ดัด ระยะโก่งของคาน การโก่งเดาะของเสา วงกลมของมอร์และหน่วยแรงกระทำร่วมเกณฑ์กำหนดการวิบัติ	**ENG30 2002** **กลศาสตร์วัสดุ 1** **(Mechanics of Materials I)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	ประเภทของวัสดุวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง สมบัติ กระบวนการผลิตและการใช้งานของวัสดุวิศวกรรม เช่น โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์ และคอมโพสิท โครงสร้างผลึกของโลหะ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค สมบัติทางกลและวิธีการทดสอบทางกล แผนภูมิสมดุลเฟสและการแปลความหมาย กระบวนการผลิตและขึ้นรูปโลหะ การอบชุบโลหะ การกัดกร่อนในโลหะและการป้องกัน โครงสร้างและสมบัติของวัสดุเซรามิกเซรามิกดั้งเดิมและเซรามิกขั้นสูง กระบวนการผลิต สมบัติทางวิศวกรรมของเซรามิก วัสดุพอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน พอลิเมอร์ผสม พอลิเมอร์คอมโพสิทสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ กระบวนการการสังเคราะห์และสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ การย่อยสลายของพลาสติก การประยุกต์ใช้วัสดุในงานพื้นฐานด้านวิศวกรรม นวัตกรรมวัสดุ	**ENG31 1001** **วัสดุวิศวกรรม** **(Engineering Materials)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 5 **อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม** (Health Safety and Environment)	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการทำงานด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัยและจิตวิทยาสังคม โรคจากการทำงาน หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย	**ENG25 3060** **วิศวกรรมความปลอดภัย** **(Safety Engineering)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 24 ชั่วโมง

องค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม			
กลุ่มที่ 1 เครื่องจักรกล (Machinery) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Machinery Systems, Machine Design, Prime Movers	แม่เหล็ก วงจรแม่เหล็กและหม้อแปลงกำลัง การแปลงผันพลังงานกลไฟฟ้าและเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องจักรกลไฟฟ้าซิงโครนัส เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อุปกรณ์สวิตช์สารกึ่งตัวนำกำลัง วงจรเรียงกระแสกำลัง วงจรสับไฟฟ้ากำลัง วงจรคอนเวอร์เตอร์กำลังและวงจรอินเวอร์เตอร์กำลัง ระบบฝังตัวและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ การโปรแกรมระบบฝังตัว การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์	**ENG25 2110 เครื่องจักรกลไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว (Electrical Machines, Power Electronics and Embedded Systems)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 84 ชั่วโมง
	ประวัติการพัฒนาเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สันดาปภายในและภายนอก การวิเคราะห์วัฏจักรของเครื่องยนต์การประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ ระบบของเครื่องยนต์ลูกสูบ ระบบของเครื่องยนต์กังหัน การทดสอบเครื่องยนต์ การเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพ	**ENG25 3010 เครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน (Piston and Turbine Engine)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง
	การออกแบบต้นกำลังและการเลือกใช้ต้นกำลังในเครื่องจักรสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปอุตสาหกรรมภาคสนาม และยานพาหนะ ระบบจับยึดชิ้นงาน เช่น สลักเกลียว การเชื่อม วิเคราะห์ระบบเบรกและการตัดต่อกำลัง การวิเคราะห์และสังเคราะห์การเคลื่อนที่ของกลไกที่ประกอบในเครื่องจักรกลภายใต้ภาระกระทำคือ แรงดึง แรงกด โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โครงงานและกรณีศึกษาออกแบบ	**ENG525 3070 การออกแบบระบบเครื่องจักรกล (Design of Mechanical system)**	บรรยาย 60 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 156 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 2 ความร้อน ความเย็นและของไหลประยุกต์ (Heat, Cooling and Applied Fluids) (Digital Literacy) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Heat Transfer, Air Conditioning and Refrigeration, Power Plant, Thermal Systems Design	รูปแบบและกระบวนการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนในวัสดุเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อไม่สม่ำเสมอการพาความร้อนแบบบริพันธ์และแบบอนุพันธ์ การพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ ผลกระทบของความปั่นป่วนต่อการพาความร้อน สหสัมพันธ์ตัวแปรไร้มิติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนการแผ่รังสีความร้อนการประยุกต์ใช้งานด้านการถ่ายเทความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทความร้อนด้วยการเดือดและการควบแน่น	**ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง
	หลักการทำงานพื้นฐานและการวิเคราะห์สมรรถนะ คุณลักษณะของโรงจักรต้นกำลัง เชื้อเพลิงและการสันดาป หม้อไอน้ำ พัดลม เครื่องสูบ คูลลิ่งทาวเวอร์ กังหันไอ การวิเคราะห์แหล่งพลังงานแบบดั้งเดิมและแบบทางเลือก เศรษฐศาสตร์โรงจักร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	**ENG25 3020 วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง (Power Plant Engineering)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง

	ความรู้ขั้นต้นของหลักการทำความเย็นและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ การปรับปรุงการอัดไอ วัฏจักรการทำความเย็น การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ สารทำความเย็นและค่าคุณสมบัติ การทำความเย็นแบบระเหยและหอทำความเย็น การทำความเย็นแบบดูดซึม การคำนวณภาระความเย็นของระบบทำความเย็นการแช่แข็งอาหาร เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน ระบบปรับอากาศ การประมาณภาระความเย็นของระบบปรับอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การระบายอากาศและการออกแบบระบบท่อลม	**ENG25 3030 การทำความเย็นและการปรับอากาศ (Refrigeration and Air Conditioning)**	บรรยาย 48 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง
	การออกแบบด้านวิศวกรรม การออกแบบระบบที่ทำงานได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การจำลองอุปกรณ์ความร้อน การจำลองระบบความร้อน เทคนิคการออกแบบระบบที่เหมาะที่สุด เทคนิคการหาคำตอบ การฝึกปฏิบัติออกแบบ	**ENG25 3110 การออกแบบระบบความร้อน (Thermal System Design)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 3 ระบบพลวัตและการควบคุมอัตโนมัติ (Dynamic Systems and Automatics Control) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Dynamic Systems, Automatics Control, Internet of Things (IoT) and AI (use of), Robotics, Vibration	กระบวนการวัด ประเภทและคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องมือวัด การเก็บข้อมูลจากการวัด การแสดงผลความผิดพลาดของเครื่องมือวัด และการสอบเทียบเครื่องมือวัดขั้นพื้นฐาน การดำเนินการทางสถิติของผลที่ได้จากการวัด การใช้งานเครื่องมือวัดประเภทต่าง ๆ อาทิ เครื่องมือวัดระยะ อุณหภูมิ ความดัน การไหลของของไหล แรงแรงบิดและกำลัง ความเร็วรอบและองศาการหมุน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐาน คุณสมบัติของสัญญาณและการประมวลผลสัญญาณเบื้องต้น	**ENG25 2030 การวัดและเครื่องมือวัด (Measurement and Instrumentation)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำและความจุไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง การตอบสนองในสภาวะชั่วครู่ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์เฟสเซอร์และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน วงจรไฟฟ้าสามเฟส หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์	**ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน (Electric Circuit and Basic Electronics)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 84 ชั่วโมง
	หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น	**ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล (Engineering dynamics and mechanical vibration)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง

	แนวคิดและหลักการพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนกข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบยส์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น การแบ่งกลุ่มข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม	**ENG25 2100 ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์ (Introduction to Artificial Intelligence)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูล การสื่อสารเพื่อส่งข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ศึกษาภาคปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลต่าง ๆ ระหว่างอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขนาดเล็กสู่ระบบขนาดใหญ่ผ่านระบบเครือข่ายประเภทต่าง ๆ	**ENG25 2130 อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม (Internet of Things for Engineering Application)**	บรรยาย 6 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 18 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 30 ชั่วโมง
	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบความร้อน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบ การตอบสนองทางพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่ออินพุทแบบขั้นบันได แบบแรม แบบดล แบบฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่สถานะคงตัว การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead โดยวิธีการตอบสนองเชิงความถี่ การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ	**ENG25 3080 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Systems)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 84 ชั่วโมง
	ประเภทโครงสร้าง ระบบควบคุมของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ศึกษาจลน์ศาสตร์ของหุ่นยนต์พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณจลนศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ ศึกษาลักษณะการใช้งานหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมการฝึกปฏิบัติในการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทต่าง ๆ ประเภทของมือจับและลักษณะการทำงานอื่น ๆการออกแบบอุปกรณ์ส่วนเสริมเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเป้าหมาย ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และหุ่นยนต์	**ENG25 3090 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robots)**	บรรยาย 24 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 84 ชั่วโมง
กลุ่มที่ 4 ระบบทางกลอื่น ๆ (Mechanical Systems) ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ Energy, Engineering Management and Economics, Fire Protection System, Computer-Aided Engineering (CAE)	การนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบช่วง เช่น การแจกแจง แบบไบโนเมียล แบบปัวซอง และการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง เช่นการแจกแจงแบบปกติ แบบเอซ์โปเนนเชียลทฤษีการชัดตัวอย่างช่วงความเชื่อมั่น การสดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การฟิตข้อมูลและสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถติ	**ENG25 2040 สถิติสำหรับวิศวกร (Engineering Statistics)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	ภาพรวมและการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง การถ่ายเทความร้อน และการสั่นทางกล การจำลองและวิเคราะห์ปัญหาเอลิเมนต์	**ENG25 3050 กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง

	หนึ่งมิติ; วัตถุแท่งตรงและโครงข้อหมุน คานและโครงสร้างเอลิเมนต์สองมิติ; ปัญหาความเค้น/ความเครียดระนาบและรูปทรงการสมมาตร แผ่นบางและเปลือก เอลิเมนต์สามมิติแบบชิ้นงานเดี่ยวและชิ้นงานประกอบ ผลกระทบของจำนวนเอลิเมนต์ต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ การวิเคราะห์ความเสียหาย การโก่งเดาะและความล้า ปัญหาการสั่นทางกลและผลตอบสนองทางพลวัต ปัญหาทางความร้อนและความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิปัญหาค่าเหมาะสม และโครงงานปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ของแข็ง	**(Computational Solid Mechanics)**	
	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการทำงานด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัยและจิตวิทยาสังคม โรคจากการทำงาน หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย	**ENG25 3060 วิศวกรรมความปลอดภัย (Safety Engineering)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 24 ชั่วโมง
	แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สมการควบคุมของพลศาสตร์ของไหล สมการการนำพาของการไหล วิธีปริมาตรจำกัด การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วนของปัญหาการไหลภายใน การไหลภายนอกผ่านสิ่งกีดขวาง และปัญหาการไหลร่วมกับการถ่ายโอนความร้อน การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลคำนวณเชิงตัวเลข	**ENG25 3100 พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Fundamental of Computational Fluid Dynamics)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	การกำหนดปัญหาหรือสมมติฐาน การกำหนดขอบเขตการศึกษา การค้นคว้าและเรียบเรียงข้อมูลทางวิศวกรรมเครื่องกล การเขียนโครงร่างของโครงงาน การฝึกปฏิบัติทางเครื่องมือ การออกแบบวิธีการทดสอบหรือทดลอง และการเขียนรายงานการศึกษาทางวิศวกรรมเครื่องกล	**ENG25 3500 เตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering Pre-Project)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง
	การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อนการวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา	**ENG25 4010 การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์ (Energy management and Economics)**	บรรยาย 12 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 60 ชั่วโมง
	การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกลระบบของไหลและระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	**ENG25 4500 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด (Mechanical Engineering Capstone Project)**	บรรยาย 36 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 0 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 72 ชั่วโมง

ปฏิบัติการ Basic Skills in ME			
	คุณสมบัติพื้นฐานวิศวกรเครื่องกล ภาพรวมหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล แนะนำสายอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล การฝึกทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล	**ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล (Fundamental Skill of Mechanical Engineering)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง
Manufacturing Processes (Lab)	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือกล กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานด้วยการกลึง การกัด การเชื่อม การเจาะและทำเกลียว ฝึกการใช้งานเครื่องมือวัดขนาดพื้นฐาน เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เวอร์เนียร์ไฮเกจ และไมโครมิเตอร์ ฝึกหัดการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติช่วยในกระบวนการผลิต เช่น เครื่อง CNC, EDM, Wire cut การตรวจวัดละเอียดด้วยเครื่องตรวจสอบชิ้นงาน 3 มิติ ฝึกสร้างชิ้นงานเพื่อให้เกิดประโยชน์	**ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล (Manufacturing Processes laboratory for Mechanical Engineers)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง
ME Labs (Mechanical phenomena)	การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง	**ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 (Mechanical Engineering Laboratory I)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง
	ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิคส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC	**ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 (Mechanical Engineering Laboratory II)**	บรรยาย 0 ชั่วโมง ปฏิบัติการ 36 ชั่วโมง ศึกษาด้วยตนเอง 36 ชั่วโมง

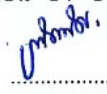
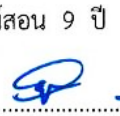
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา 2564 ถึง 2568

2. ตารางแสดงผู้สอนในแต่ละองค์ความรู้

ตารางการเทียบองค์ความรู้ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา 2564 ถึง 2568

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	
SCI03 1001 Calculus I	1. ผศ. ดร.เจษฎา ตัณฑนุช วท.บ. (คณิตศาสตร์), (เกียรตินิยมอันดับที่ 2), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ วท.ด. (คณิตศาสตร์ประยุกต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 17 ปี (ลงชื่อ)..... 2. ผศ. ดร.เบญจวรรณ โรจนดิษฐ์ วท.บ. (คณิตศาสตร์), (เกียรตินิยมอันดับ 2), ม.บูรพา วท.ม. (คณิตศาสตร์), ม.เชียงใหม่ ปร.ด. (คณิตศาสตร์), (หลักสูตรนานาชาติ) ม.มหิดล ประสบการณ์สอน 11 ปี (ลงชื่อ)..... 3. ผศ. ดร.พจน์ เลิศชูสกุล B.Econ. Chulalongkorn University, Thailand M.Sc. (Mathematical Sciences), The University of Liverpool, UK Ph.D. (Mathematical Sciences), The University of Liverpool, UK ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ)..... 4. ผศ. ดร.ภาณุ ยิ้มเมือง วท.บ. (คณิตศาสตร์), (เกียรตินิยมอันดับ 1) ม.นเรศวร ปร.ด. (คณิตศาสตร์), ม.นเรศวร ประสบการณ์สอน 4 ปี (ลงชื่อ).....

SCI03 1001 Calculus I (ต่อ)	5. ผศ.ดร.อรชุน ไชยเสนะ B.Sc. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. M.Sc. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. Ph.D. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. ประสบการณ์สอน 22 ปี ลงชื่อ)..... 6. อ.ดร.ชมพูนุช ธรรมานุกรศรี ปร.ด. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล 2560 วท.บ. (ฟิสิกส์) (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) มหาวิทยาลัยมหิดล 2553 ประสบการณ์สอน 1 ปี (ลงชื่อ)..... 7. อ. ดร.ภานุ สำอางค์ B.S. (Mathematics, Minor: Computer Science), First Class Honors, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย M.S. (Mathematics) University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, New York M.S. (Applied Mathematics), University of Washington Seattle, Washington, New York Ph.D. (Applied Mathematics and Statistics), State University of New York at Stony Brook (Stony Brook University), New York ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ)..... 8. อ.ดร.เอกณัฐ เวทยะวานิช B.Sc. (Mathematics), Peking U., PR.China Ph.D. (Pure Mathematics), Peking U., PR.China ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....
SCI03 1002 Calculus II	1. ผศ.ดร.อรชุน ไชยเสนะ B.Sc. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. M.Sc. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. Ph.D. (Mathematics), Pennsylvania State U., USA. ประสบการณ์สอน 22 ปี ลงชื่อ).....

SCI03 1005 Calculus III	1. อ.ดร.อมรรัตน์ สุริยวิจิตรเศรณี วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วท.ด. (คณิตศาสตร์ประยุกต์), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 7 ปี (ลงชื่อ)..... 
SCI05 1001 Physics I	1. รศ.ดร.พวงรัตน์ ไพราะ วท.บ. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Sc. (Physics), U. of Toronto, Canada Ph.D. (Physics), U. of Toronto, Canada ประสบการณ์สอน 17 ปี (ลงชื่อ).....  2. ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ วท.บ. (ฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยมหิดล ปร.ด. (ฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 14 ปี (ลงชื่อ).....  3. ผศ.ดร.เพิ่มวัย ขัยนะกุล M.Sc. (Physics), University of Bristol, U.K. Ph.D (Physics), University of Bristol, U.K. ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....  4. ผศ.ดร.วิทวัส แสนรังค์ วท.บ. (ฟิสิกส์) (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง), ม.ขอนแก่น Ph.D. (Physics), U. of Wisconsin Madison, U.S.A. ประสบการณ์สอน 6 ปี (ลงชื่อ).....  5. ผศ.ดร.อายุทธ ลิ้มพิรัตน์ วท.ด. (ฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.ม. (ฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.บ. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 9 ปี (ลงชื่อ)..... 

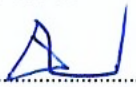
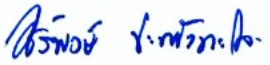
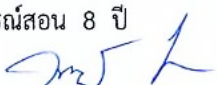
SCI05 1001 Physics I (ต่อ)	6. อ.ดร.มนต์ชัย จิตรวิเศษ Ph.D. in Physics, University of Twente, The Netherlands วท.ม (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย วท.บ. (ฟิสิกส์) (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง),มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย ประสบการณ์สอน 1 ปี (ลงชื่อ)..... 7. อ.ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์ Ph.D. (Applied Physics), Graduate University for Advanced Studies, Japan วท.ม. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.บ. (ฟิสิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ 1)), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 6 ปี (ลงชื่อ)..... 8. อ.ดร.อิทธิพล ฟองแก้ว วท.ด. (ฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.บ. (ฟิสิกส์) (เกียรตินิยมอันดับ 1), มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....
SCI05 1002 Physics II	1. รศ. ดร.สิริโชค จีงถาวรรณ Ph.D. (Physics), Suranaree University of Technology, Thailand วท.บ.(ฟิสิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ 2)) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสบการณ์สอน 13 ปี (ลงชื่อ)..... 2. ผศ. ดร.ถิรวุฒิ วรกิจพูนผล Doctorat in Astronomy & Astrophysics, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France Master in Astronomy & Astrophysics, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France วท.บ. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....

SCI05 1002 Physics II (ต่อ)	3. อ.ดร.สรวิศ แสงทวีสิน Ph.D. Physics, Princeton University, USA B.Sc. Engineering Physics (magna cum laude), Brown University, USA ประสบการณ์สอน 1 ปี (ลงชื่อ).....
SCI05 1191 Physics Laboratory I	1. รศ.ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ วท.บ. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Sc. (Physics), U. of Toronto, Canada Ph.D. (Physics), U. of Toronto, Canada ประสบการณ์สอน 17 ปี (ลงชื่อ).....
SCI05 1192 Physics Laboratory II	1. รศ.ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ วท.บ. (ฟิสิกส์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Sc. (Physics), U. of Toronto, Canada Ph.D. (Physics), U. of Toronto, Canada ประสบการณ์สอน 17 ปี (ลงชื่อ).....
SCI02 1111 Fundamental Chemistry I	1. ศ. ดร.กฤษณะ สาคริก Dr.rer.nat. (Computational Chemistry), University of Innsbruck, Austria วท.ม. (เคมีเชิงฟิสิกส์), มหาวิทยาลัยมหิดล วท.บ. (เคมี), มหาวิทยาลัยมหิดล ประสบการณ์สอน 28 ปี (ลงชื่อ)..... 2. รศ. ดร.ระพี อูทเคอ วท.ด. (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์), วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.บ. (เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี (ลงชื่อ).....

SCI02 1111 Fundamental Chemistry I (ต่อ)	3. ผศ. ดร.กมลวัช งามเชื้อ D.Phil. (Physical and Theoretical Chemistry) University of Oxford, UK. M.Chem. (Chemistry) University of Oxford, UK. ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ)..... 4. ผศ. ดร.ธนพร แม่นยำ วท.บ. (เคมี), เกียรตินิยมอันดับ 1, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Ph.D. (Organic Chemistry), Miami U., USA. ประสบการณ์สอน 24 ปี (ลงชื่อ)..... 5. ผศ. ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์ วท.บ. (เคมี), (เกียรตินิยมอันดับ 1), ม.เชียงใหม่ Ph.D. (Inorganic Chemistry), Oregon State U., USA. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ)..... 6. ผศ. ดร.พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ ปร.ด. (เคมีวิเคราะห์), มหาวิทยาลัยมหิดล วท.ม. (เคมีวิเคราะห์และเคมีอินทรีย์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยมหิดล วท.บ. (เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 7 ปี (ลงชื่อ)..... 7. ผศ. ดร.สุวิทย์ สุธีรากุล Ph.D. (Chemical Engineering), University of South Carolina ประเทศสหรัฐอเมริกา วท.บ. (เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์สอน 6 ปี (ลงชื่อ)..... 8. อ.ดร.ณิรวัฒน์ ธรรมจักร์ วท.บ. เคมี (เกียรตินิยมอันดับ 1), ม.เชียงใหม่ Ph.D. Inorganic Chemistry, University of Oxford, UK. ประสบการณ์สอน 6 ปี (ลงชื่อ).....

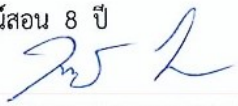
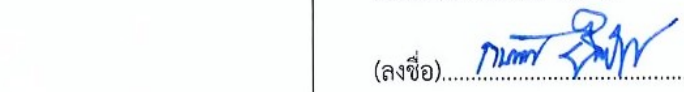
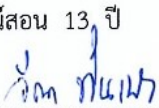
SCI02 1111 Fundamental Chemistry I (ต่อ)	9. อ. ดร.ปิยะนุช ปิ่นอยู่ Dr.rer.nat (Analytical Chemistry) Ruhr-Universitaet Bochum, Germany. วท.ม. (เคมี) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วท.บ. (เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ)..... 10. อ. ดร.Rung Yi Lai Ph.D. (Chemistry) Texas A&M University, USA. พ.ศ. 2558 M.Sc. (Chemistry) National Taiwan University, Taiwan. พ.ศ. 2550 B.Sc. (Chemistry) National Taiwan University, Taiwan. พ.ศ. 2548 ประสบการณ์สอน 4 ปี (ลงชื่อ).....
SCI02 1112 Fundamental Chemistry Laboratory I	1. ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์ วท.บ. (เคมี), (เกียรตินิยมอันดับ 1), ม.เชียงใหม่ Ph.D. (Inorganic Chemistry), Oregon State U., USA. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.เศกสิทธิ์ ชำนาญศิลป์ Ph.D. (Medical Biochemistry), Uppsala University, Sweden D.Phil. (Structural Biology), Oxford University, UK วท.ม. (Biotechnology) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.บ. (จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 9 ปี (ลงชื่อ).....

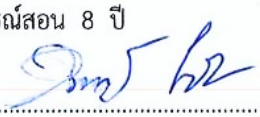
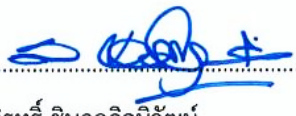
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม	
ENG20 1010 Introduction to Engineering Profession	1. ผศ. ดร.ชิตพงศ์ เวชไธสงค์ วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมโทรคมนาคม), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Information and Communication Engineering), Shibaura Institute of Technology, Japan ประสบการณ์สอน 4 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Eng. (Environmental System Engineering), Nagaoka University of Technology, Japan D.Eng. (Energy and Environment), Nagaoka University of Technology, Japan ประสบการณ์สอน 15 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 1010 Engineering Graphics I	1. ผศ.ดร.โศรฎา แข็งการ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 15 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 2060 Applied Mathematics for Mechanical Engineering	1. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 2070 Mechanical Drawing	1. อ.ดร.ธีทัต ดลวิชัย วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 20 ปี (ลงชื่อ).....

ENG25 2070 Mechanical Drawing (ต่อ)	2. อ.ดร.พัชรวัฒน์ เจริญอมรกิตติ์ วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เกียรตินิยมอันดับ 1 วศ.ม. (เทคโนโลยีวิศวกรรม), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เกียรตินิยม Ph.D. (Mechanical Engineering), Osaka University, Japan ประสบการณ์สอน 1 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 2090 Engineering dynamics and mechanical vibration	1. รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล M.E. (technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot-Navigation Complexes), St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System analysis, Control and Processing information), St. St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ).....  2. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....  3. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ).....  4. อ.พรพรม บุญพรม วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 16 ปี (ลงชื่อ)..... 

ENG30 2001 Engineering Statics	1. ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข วศ.บ. (โยธา) ม.ขอนแก่น M.Eng. (Soil Eng.) AIT. Thailand Ph.D. (Geotechnical Eng.), Saga U., Japan ประสบการณ์สอน 19 ปี (ลงชื่อ)..... 2. รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Eng. (Water Resources Engineering), AIT. Thailand Ph.D. (Environment Engineering), U. of Western Australia, Australia ประสบการณ์สอน 26 ปี (ลงชื่อ)..... 3. รศ. ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ วศ.บ. (โยธา) ม.ขอนแก่น M.Eng. (Civil), U. of Texas, USA. Ph.D. (Civil), U. of Texas, USA. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ)..... 4. ผศ. ดร.เชาวน์ หิรัญตียะกุล วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), ม.ขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมแหล่งน้ำ), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 19 ปี (ลงชื่อ)..... 5. ผศ. ดร.ปรียาพร โกษา วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร), ม.ขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), ม.เกษตรศาสตร์ วศ.ด. (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ), ม.เกษตรศาสตร์ ประสบการณ์สอน 11 ปี (ลงชื่อ).....ปรียาพร โกษา.....

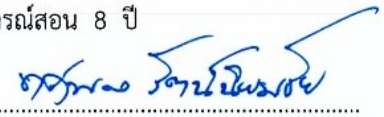
ENG30 2001 Engineering Statics (ต่อ)	6. รศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Eng. (Construction Engineering and Management), AIT, Thailand Ph.D. (Construction Management and IT), U. of Teesside, Middlesbrough, UK. ประสบการณ์สอน 15 ปี (ลงชื่อ).....
ENG33 6001 Introduction to Manufacturing Processes	1. อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี M.Eng. (Mechatronics), Asian Institute of Technology Ph.D. (Mechatronics), Asian Institute of Technology ประสบการณ์สอน 14 ปี ลงชื่อ.....
ENG23 1001 Computer programming I	1. ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์ B.A. (Computer Science), Queens College, USA. M.A. (Graphic Design), New York Institute of Technology, USA. Ph.D. (Interactive Multimedia Technologies), Edith Cowan U., Australia ประสบการณ์สอน 24 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 2130 Internet of Things for Engineering Application	1. อ. ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยมหิดล M.S. (Aeronautics and Astronautics), National Cheng Kung University, Taiwan Ph.D. (Aerospace Engineering), Tokyo Metropolitan University, Japan ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 3040 Fundamental of Computer Aided Engineering	1. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....

ENG25 3040 Fundamental of Computer Aided Engineering (ต่อ)	2. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 2020 Thermodynamics 1	1. รศ.ร.อ.ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ วท.บ. (เครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 1 ร.ร.นายเรืออากาศ M.Sc. (ME.), U. of Pittsburgh, USA. Ph.D. (ME.), U. of Pittsburgh, USA. ประสบการณ์สอน 26 ปี (ลงชื่อ).....  2. ผศ.ดร.โศรฎา แข็งการ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 15 ปี (ลงชื่อ).....  3. ผศ.ดร.วีณา ฟั่นเฟ็ง วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Aeronautical Engineering), Imperial College London, U.K. ประสบการณ์สอน 13 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 2080 Fluid Mechanics I	1. ผศ.ดร.กีรติ สุลักษณ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 19 ปี (ลงชื่อ)..... 

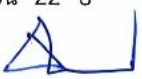
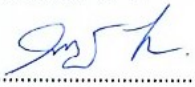
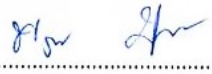
ENG25 2080 Fluid Mechanics I (ต่อ)	2. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG30 2002 Mechanics of Materials I	1. ศ.ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) ม.ขอนแก่น M.Eng. (Soil Eng.) AIT. Ph.D. (Geotechnical Eng.), Saga U., Japan ประสบการณ์สอน 19 ปี (ลงชื่อ).....  2. ศ.ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา), ม.ขอนแก่น M.Eng. (Soil Eng.), AIT. Ph.D. (Engineering), Graz University of Technology, Austria. ประสบการณ์สอน 13 ปี (ลงชื่อ).....  3. รศ.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ วศ.บ. (โยธา) ม.ขอนแก่น M.Eng. (Civil), U. of Texas, USA. Ph.D. (Civil), U. of Texas, USA. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ).....  4. ผศ.ดร.พรพจน์ ตันเส็ง วศ.บ. (โยธา), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย M.Eng. (Geotechnical Eng.), AIT Ph.D. (Geotechnical Eng.), University of Innsbruck., Austria ประสบการณ์สอน 20 ปี (ลงชื่อ)..... 

ENG30 2002 Mechanics of Materials I (ต่อ)	5. ผศ.ดร.เอกวุฒิ ศิริรักษ์ วศ.บ. (โยธา), ม.เกษตรศาสตร์ M.Eng. (Civil), U. of Dayton, U.S.A. Ph.D. (Civil), U. of Tennessee, U.S.A. ประสบการณ์สอน 4 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG31 1001 Engineering Materials	1. รศ. ดร.กษมา จารุกำจร วศ.บ. (เคมี), มหาวิทยาลัยขอนแก่น วท.ม. (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์), มหาวิทยาลัยมหิดล Ph.D. (Polymer Engineering), The University of Akron, U.S.A. ประสบการณ์สอน 21 ปี (ลงชื่อ).....  2. ผศ. ดร.ศิริวรรณ โชคค้า วศ.บ. (วิศวกรรมเซรามิก), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเซรามิก), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเซรามิก), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 7 ปี (ลงชื่อ).....  3. อ. ดร.ลักษมณ รักศักดิ์ศรี วศ.บ. (ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์), มหาวิทยาลัยศิลปากร วท.ม. (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.ด. (วัสดุศาสตร์), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 1 ปี (ลงชื่อ).....  4. อ.ฐิติกร ฉ่ำช่วง วศ.บ. (วิศวกรรมโลหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (เทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุและนวัตกรรมการผลิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....  5. อ.ทนงศักดิ์ ยิ่งนคร วศ.บ. (วิศวกรรมโลหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมโลหการ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ)..... 

ENG25 3060 Safety Engineering	1. ผศ. ดร.เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน วท.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.ม. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย), มหาวิทยาลัยมหิดล Ph.D. in Life Science (Occupational Health and Safety of Nanotechnology) Department of Occupational and Environmental Health, Center for Primary Care and Public Health (Unisanté), Faculty of Biology and Medicine, University of Lausanne ประสบการณ์สอน 14 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยรังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 23 ปี (ลงชื่อ).....

องค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม	
ENG25 2110 Electrical Machines, Power Electronics and Embedded Systems	1. ผศ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Electronic and Electrical Engineering), University of Birmingham, U.K. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 3010 Piston and Turbine Engine	1. ผศ.ดร.ชโลธร ธรรมแท้ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 9 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG525 3070 Design of Mechanical system	1. ผศ.ดร.กระวี ตรีอำนรรค วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ศรีนครินทรวิโรฒ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร), ม.เกษตรศาสตร์ วศ.ด. (วิศวกรรมเกษตร), ม.เกษตรศาสตร์ ประสบการณ์สอน 7 ปี (ลงชื่อ)..... 
	2. อ.ดร.ธีทัต ดลวิชัย วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 20 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 2120 Heat Transfer	1. ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.วงษ์ชวลิตกุล วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 13 ปี (ลงชื่อ)..... 

ENG25 3020 Power Plant Engineering	1. ผศ.ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 11 ปี (ลงชื่อ).....อาทิตย์.....
ENG25 3030 Refrigeration and Air Conditioning)	1. อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.รังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 23 ปี (ลงชื่อ).....ธีระชาติ.....
ENG25 3110 Thermal System Design	1. อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.รังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 23 ปี (ลงชื่อ).....ธีระชาติ..... 2. ผศ.ดร.อาทิตย์ คูณศรีสุข วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 11 ปี (ลงชื่อ).....อาทิตย์.....
ENG25 2030 Measurement and Instrumentation	1. อ.กนต์ธร ธรรมกุล วศ.บ. (วิศวกรรมยานยนต์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี M.Eng. Automotive Engineering (International Program), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 2050 Electric Circuit and Basic Electronics	2. ผศ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Electronic and Electrical Engineering), University of Birmingham, U.K. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ).....ทศพล รัตน์นิยมชัย.....

ENG25 2050 Electric Circuit and Basic Electronics (ต่อ)	2. ผศ. ดร.อุเทน ลีตน วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 6 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 2090 Engineering dynamics and mechanical vibration	1. รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล M.E. (technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot-Navigation Complexes), St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System analysis, Control and Processing information), St. St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ).....  2. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....  3. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ).....  4. อ.พรพรม บุญพรม วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 16 ปี (ลงชื่อ)..... 

ENG25 2100 Introduction to Artificial Intelligence	1. อ. ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์ วศ.บ. (วิศวกรรมการบินและอากาศ),มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วศ.ม. (วิศวกรรมการบินและอากาศ), รางวัลเรียนดี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Ph.D. (Automatic Control and Systems Engineering), The University of Sheffield, U.K. ประสบการณ์สอน 12 ปี (ลงชื่อ).....สุรเดช ตัญตรัยรัตน์.....
ENG25 2130 Internet of Things for Engineering Application	1. อ. ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยมหิดล M.S. (Aeronautics and Astronautics), National Cheng Kung University, Taiwan Ph.D. (Aerospace Engineering), Tokyo Metropolitan University, Japan ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....อัฏฐพล อริยฤทธิ์.....
ENG25 3080 Automatic Control Systems	1. รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล M.E. (technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot-Navigation Complexes), St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System analysis, Control and Processing information), St. St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 3090 Industrial Robots	1. รศ.ร.อ.ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ วท.บ. (เครื่องกล) เกียรตินิยมอันดับ 1 ร.ร.นายเรืออากาศ M.Sc. (ME.), U. of Pittsburgh, USA. Ph.D. (ME.), U. of Pittsburgh, USA. ประสบการณ์สอน 26 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.พิจิตรา เอื้องไพโรจน์ วท.บ. (เทคโนโลยีอาหาร), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี Ph.D. (Functional Control Systems), Shibaura Institute of Technology, Japan ประสบการณ์สอน 7 ปี (ลงชื่อ).....พิจิตรา เอื้องไพโรจน์.....

ENG25 2040 Engineering Statistics	1. รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล M.E. (technical Maintenance Aviation Electrosystems and Pilot-Navigation Complexes), St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia Ph.D. (System analysis, Control and Processing information), St. St. Petersburg State Academy of Aerospace Instrumentation, Russia. ประสบการณ์สอน 22 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยมหิดล M.S. (Aeronautics and Astronautics), National Cheng Kung University, Taiwan Ph.D. (Aerospace Enginee22ring), Tokyo Metropolitan University, Japan ประสบการณ์สอน 2 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 3050 Computational Solid Mechanics	1. ผศ.ดร.สุภกิจ รูปขันธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 13 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ).....

ENG25 3060 Safety Engineering	1. ผศ. ดร.เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน วท.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วท.ม. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย), มหาวิทยาลัยมหิดล Ph.D. in Life Science (Occupational Health and Safety of Nanotechnology) Department of Occupational and Environmental Health, Center for Primary Care and Public Health (Unisanté), Faculty of Biology and Medicine, University of Lausanne ประสบการณ์สอน 14 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ. ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยรังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 23 ปี (ลงชื่อ).....
ENG25 3100 Fundamental of Computational Fluid Dynamics	1. ผศ.ดร.ชโลธร ธรรมแท้ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 9 ปี (ลงชื่อ)..... 2. อ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี D.Eng (Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan. ประสบการณ์สอน 8 ปี (ลงชื่อ).....

ENG25 3500 Mechanical Engineering Pre-Project	1. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 4010 Energy management and Economics	1. อ.ดร.ธีทัต ดลวิชัย วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีสุรนารี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.ขอนแก่น ประสบการณ์สอน 20 ปี (ลงชื่อ).....  2. อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.รังสิต วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 23 ปี (ลงชื่อ)..... 
ENG25 4500 Mechanical Engineering Capstone Project	1. อ.ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล), ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์สอน 3 ปี (ลงชื่อ)..... 

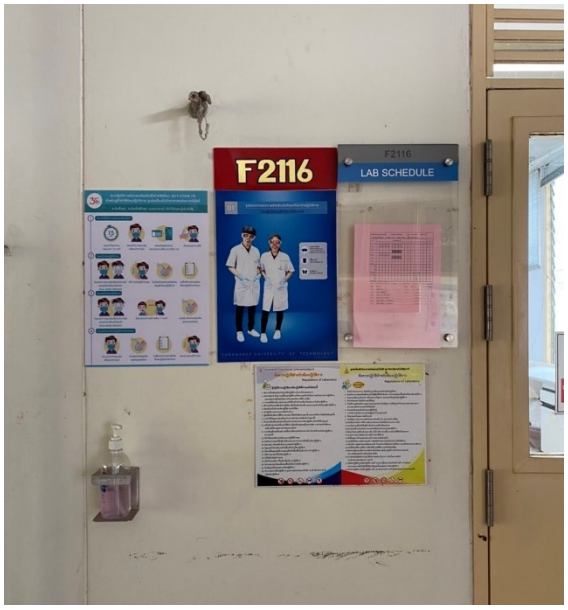
ส่วนที่ 5 สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และการประกันคุณภาพการศึกษา

1. ห้องปฏิบัติการ

1.1. บัญชีรายการของวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์การทดลอง

1.1.1 ห้องปฏิบัติการเคมี อาคารเครื่องมือ 2

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา SCI02 1112 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1









รายวิชา SCI02 1112 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1

30 คน / ชั้นเรียน 15 กลุ่ม / ชั้นเรียน 2 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. เทคนิคเคมีพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี	1.1 ตะเกียงบุนเสน 1.2 เครื่องชั่ง 3 คาน 1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง 1.4 บิวเรต	16 ชุด 4 เครื่อง 4 เครื่อง 4 ชุด	20 ชุด 5 เครื่อง 6 เครื่อง 10 ชุด
2. การหาปริมาณ molar volume ของแก๊สออกซิเจน	ชุดอุปกรณ์หา molar volume	16 ชุด	20 ชุด
3. สมบัติคอลลิเกทีฟ	ชุดอุปกรณ์หาจุดเยือกแข็งของสาร	16 ชุด	20 ชุด
4. แบบจำลองโลหะและการจัดตัวแบบบรรจุชิดที่สุด	โมเดลลูกปิงปอง	6 ชุด	6 ชุด
5. การหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในยาลดกรด	1. ชุดอุปกรณ์การไทเทรต 2. เตาให้ความร้อน Hotplate	16 ชุด 5 เครื่อง	20 ชุด 5 เครื่อง
6. สมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย	ชุดอุปกรณ์การไทเทรต	16 ชุด	20 ชุด
7. การหาอันดับของปฏิกิริยา	ชุดอุปกรณ์การไทเทรต	10 ชุด	12 ชุด
8. การจำแนกประเภทของปฏิกิริยา	ชุดอุปกรณ์การทดลองเชิงคุณภาพ	1 ชุด	1 ชุด

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

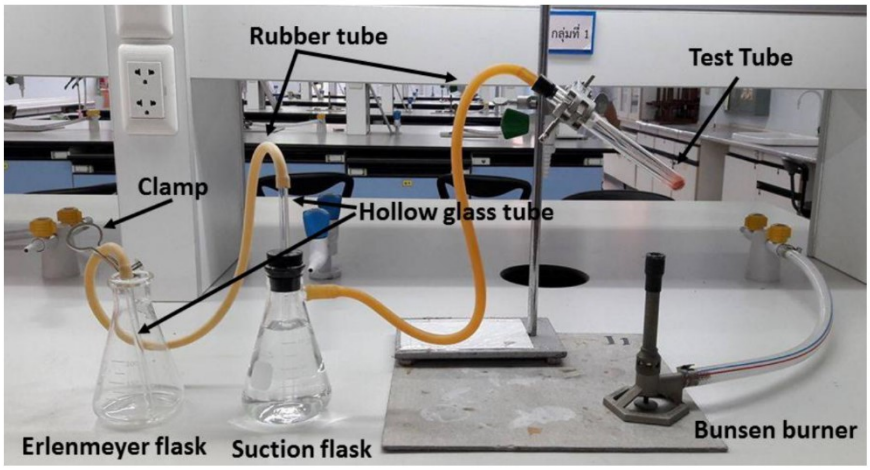
1.) เทคนิคเคมีพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี







2.) การหาปริมาณ molar volume ของแก๊สออกซิเจน



ชุดอุปกรณ์หา molar volume

3.) สมบัติคอลลิเกทีฟ

ชุดอุปกรณ์หาจุดเยือกแข็งของสาร



4.) แบบจำลองโลหะและการจัดตัวแบบบรรจุชิดที่สุด



Simple Cubic



Body centered- Cubic



Face center Cubic

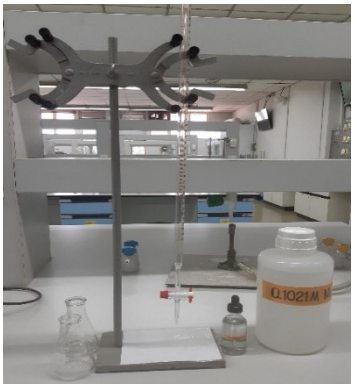


Hexagonal Close Packed

5.) การหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในยาลดกรด



รูปแสดงการต้มสารละลายตัวอย่างอีโน



รูปอุปกรณ์การไทเทรตแบบย้อนกลับ

6.) สมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย



7.) การหาอันดับของปฏิกิริยา



8.) การจำแนกประเภทของปฏิกิริยา



1.1.2 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ อาคารเครื่องมือ 10

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา SCI05 1191 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 และ
รายวิชา SCI05 1192 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2











รายวิชา SCI05 1191 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1

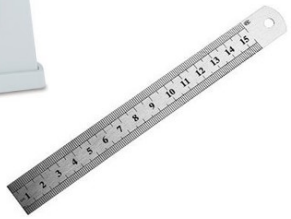
การเรียนการสอนทั้งหมด 8 ปฏิบัติการ 192 คน / ชั้นเรียน 64 กลุ่ม/ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

ปฏิบัติการที่ 1 การวัด (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	เครื่องชั่งดิจิทัล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง	8 ตัว	10 ตัว
2.	เครื่องชั่ง 3คาน	8 ตัว	10 ตัว
3.	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	8 ตัว	10 ตัว
4.	ไมโครมิเตอร์	8 ตัว	10 ตัว
5.	ไม้บรรทัดแสตนเลส	8 ตัว	10 ตัว
6.	วัสดุทรงกระบอกตันขนาดเล็ก	8 ตัว	10 ตัว
7.	วัสดุทรงกระบอกกลวงขนาดเล็ก	8 ตัว	10 ตัว
8.	วัสดุทรงกลมตัน	8 ตัว	10 ตัว
9.	เหรียญ 1 บาท	8 ตัว	10 ตัว







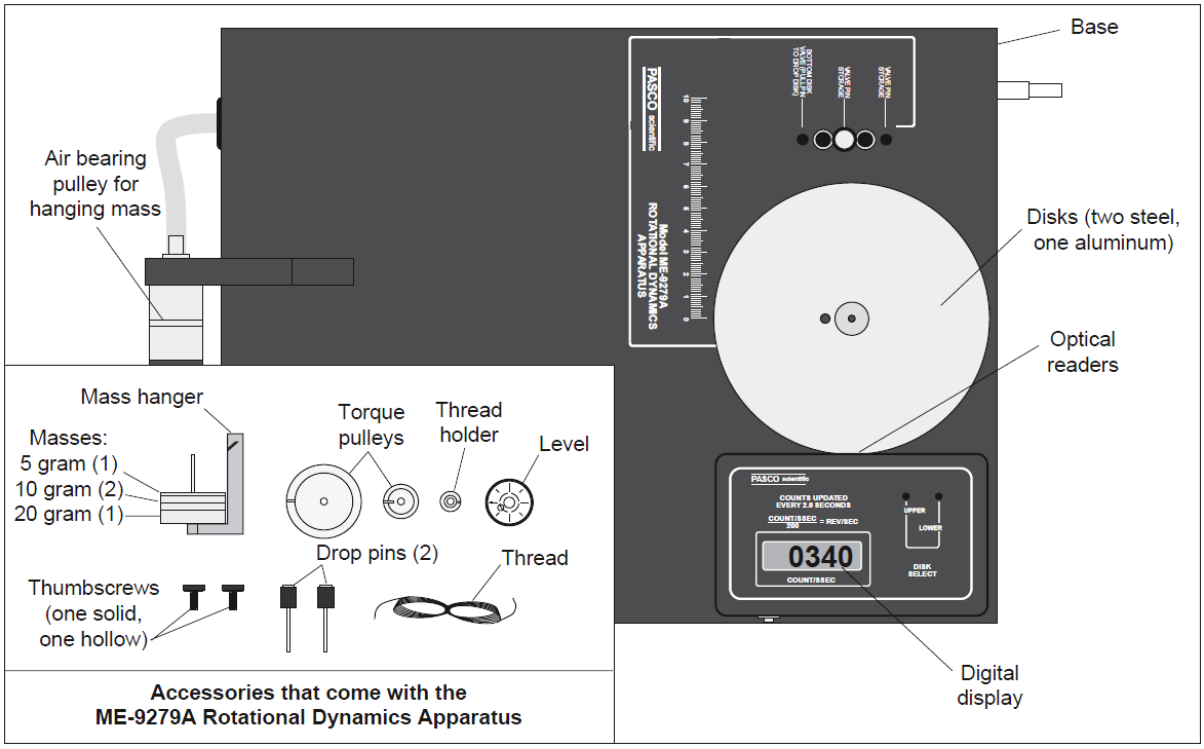
ปฏิบัติการที่ 2 การเคลื่อนที่เชิงเส้นด้วยความเร่งคงตัว (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Metal Track	8 ตัว	10 ตัว
2.	Cart	8 ตัว	10 ตัว
3.	Cart flag	8 ตัว	10 ตัว
4.	Super Pulley with Clamp	8 ตัว	10 ตัว
5.	Photogate Timer	8 ตัว	10 ตัว
6.	Accessory Photogate	8 ตัว	10 ตัว
7.	9 VDC Adapter	8 ตัว	10 ตัว
8.	Mass hanger	8 ตัว	10 ตัว
9.	Masses (5 gram(1), 10 gram(2), 20 gram(1))	24 ชุด	30 ชุด
10	String	8 ตัว	10 ตัว
11.	Ajustable end stop	8 ตัว	10 ตัว



ปฏิบัติการที่ 3 การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุแข็งเกร็ง (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Rotational Dynamics Apparatus	8 ตัว	10 ตัว
2.	9 VDC Adapter	8 ตัว	10 ตัว
3.	Disks (two steel, one aluminum)	24 ชุด	30 ชุด
4.	Drop pins	16 ชุด	20 ชุด
5.	Level	8 ตัว	10 ตัว
6.	Thumbscrews (one solid, one hollow)	16 ชุด	20 ชุด
7.	Mass hanger	8 ตัว	10 ตัว
8.	Masses (5 gram(1), 10 gram(2), 20 gram(1))	32 ชุด	40 ชุด
9.	Torque pulleys	16 ชุด	20 ชุด
10.	Thread holder	8 ตัว	10 ตัว
11.	Thread	8 ตัว	10 ตัว
12.	Air Compressors[1]	8 ตัว	10 ตัว



1 ให้เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบการทำงานของเครื่อง และระบายน้ำออกจากเครื่องเป็นประจำทุกสัปดาห์ที่มีการใช้งาน

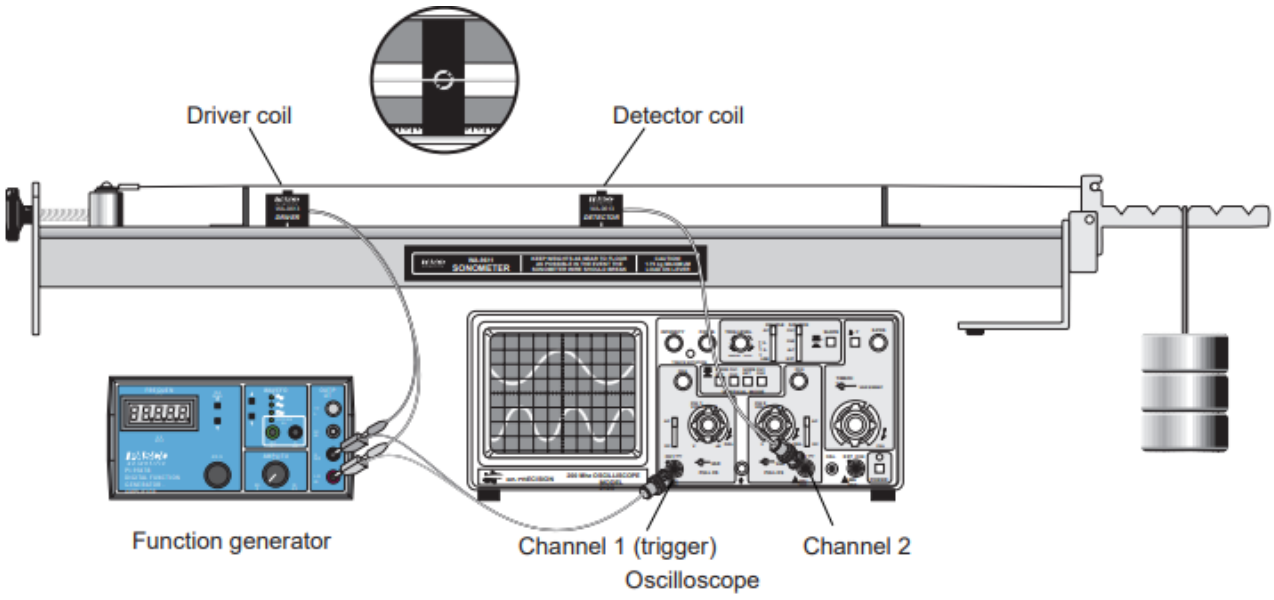
ปฏิบัติการที่ 4 แรงสุทธิที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Centrifugal Force Apparatus	8 ตัว	10 ตัว
2.	Power Supply (18 VDC, 5 A)	8 ตัว	10 ตัว
3.	Smart Timer	8 ตัว	10 ตัว
4.	photogate head	8 ตัว	10 ตัว
5.	9 VDC Adapter	8 ตัว	10 ตัว
6.	Rotational Motor Drive	8 ตัว	10 ตัว
7.	Drive Belt	8 ตัว	10 ตัว
8.	Mass hanger	8 ตัว	10 ตัว
9.	Masses (1 gram(3), 2 gram(3), 5 gram(3), 10 gram(3), 20 gram(3), 50 gram(1))	8 ชุด	10 ชุด
10.	String	8 ตัว	10 ตัว
11.	Level	8 ตัว	10 ตัว



ปฏิบัติการที่ 5 คลื่นนิ่งในเส้นลวด (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Sonometer base with tensioning lever	8 ตัว	10 ตัว
2.	bridges	16 ชุด	20 ชุด
3.	5 wires (guitar strings) the following diameters (linear densities): — 0.010" (0.39 gm/m) — 0.014" (0.78 gm/m) — 0.017" (1.12 gm/m) — 0.020" (1.50 gm/m) — 0.022" (1.84 gm/m)	8 ชุด	10 ชุด
4.	WA-9613 Driver/Detector coils	16 ชุด	20 ชุด
5.	function generator	8 ตัว	10 ตัว
6.	oscilloscope	8 ตัว	10 ตัว
7.	banana plug patch cords and BNC-to-banana adapter (for connecting the function generator to the BNC connector on an oscilloscope)	16 ชุด	20 ชุด
8.	Mass hanger	8 ตัว	10 ตัว
9.	Masses (250, 200, 150, 100 gram)	8 ชุด	10 ชุด



ปฏิบัติการที่ 6 การเคลื่อนที่ในของเหลวที่มีความหนืดสูง (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	เครื่องวัดความหนืดของเหลว	8 ชุด	10 ชุด
2.	นาฬิกาจับเวลา	8 ตัว	10 ตัว
3.	ไม้บรรทัด	8 อัน	10 อัน
4.	ลูกเหล็กทรงกลม ขนาดต่างๆ		
	R = 0.0750 cm	40 ลูก	50 ลูก
	R = 0.1125 cm	40 ลูก	50 ลูก
	R = 0.1500 cm	40 ลูก	50 ลูก
	R = 0.2000 cm	40 ลูก	50 ลูก
5.	บีกเกอร์	8 อัน	10 อัน
6.	กระบอกตวง (Cylinder)	8 กระบอก	10 กระบอก
7.	น้ำมันเกียร์ SAE-90	8 ลิตร	10 ลิตร
8.	น้ำมันเกียร์ SAE-140	8 ลิตร	10 ลิตร



ปฏิบัติการที่ 7 คลื่นเสียงในหลอดปลายเปิด 1 ข้าง (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	ชุดทดลองท่อปลายเปิด 1 ข้าง พร้อมชุดปรับระดับน้ำ	8 ชุด	10 ชุด
2.	ส้อมเสียง	24 อัน	30 อัน
3.	ตลับเมตร	8 อัน	10 อัน
4.	ปากกาเมจิก	8 แท่ง	10 แท่ง



ปฏิบัติการที่ 8 การกวัดแกว่งของลูกตุ้ม (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	ลูกตุ้มอย่างง่าย	8 ลูก	10 ลูก
2.	ลูกตุ้มฟิสิกัล	8 ลูก	10 ลูก
3.	เชือก	8 เส้น	10 เส้น
4.	นาฬิกาจับเวลา	8 อัน	10 อัน
5.	ตลับเมตร	8 อัน	10 อัน
6.	ฐานลูกตุ้ม	8 ชุด	10 ชุด



รายวิชา SCI05 1192 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

การเรียนการสอนทั้งหมด 8 ปฏิบัติการ 192 คน / ชั้นเรียน 64 กลุ่ม/ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

ปฏิบัติการที่ 1 สนามไฟฟ้า (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	8 เครื่อง	10 เครื่อง
2.	แอนะล็อกมัลติมิเตอร์พร้อมสายมิเตอร์	8 ชุด	10 ชุด
3.	สายไฟเชื่อมต่อแหล่งจ่าย ปากจระเข้-บานาน่า (ดำ-แดง)	8 คู่	10 คู่
5.	อ่างน้ำ	8 ชุด	10 ชุด
6.	วัสดุตัวนำ 4 รูปทรง		
	แผ่นคู่ขนาน	8 คู่	10 คู่
	ทรงกระบอกกลวง	8 ชิ้น	10 ชิ้น
	ทรงกระบอกตัน	8 คู่	10 คู่
	ตัวนำปลายแหลม	8 ชิ้น	10 ชิ้น



ปฏิบัติการที่ 2 วงจรไฟฟ้าและกฎของเคอรชฮอฟฟ์ (Kirchoff’s Law) (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าและกฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchoff’s Law)	8 ชุด	10 ชุด
2.	ดิจิทัลมัลติมิเตอร์พร้อมสายมิเตอร์	8 ชุด	10 ชุด
3.	ตัวต้านทาน 5 ค่า	40 ตัว	100 ตัว
4.	สายไฟเชื่อมต่อสำหรับแผงโพรโตบอร์ด (ดำ-แดง)	24 คู่	30 คู่



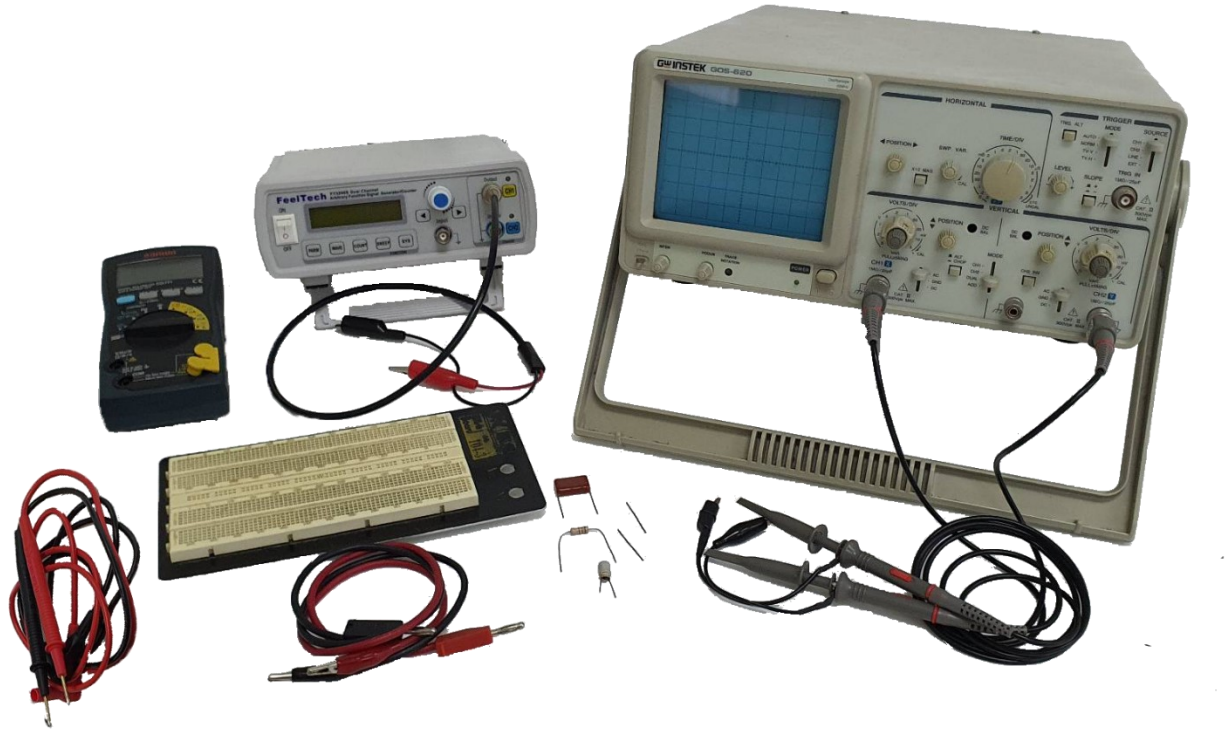
ปฏิบัติการที่ 3 วงจรไฟฟ้ากระแสตรง RC (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	8 เครื่อง	10 เครื่อง
2.	ดิจิทัลมัลติมิเตอร์	8 เครื่อง	10 เครื่อง
3.	แอนะล็อกมัลติมิเตอร์	8 เครื่อง	10 เครื่อง
4.	สายไฟเชื่อมต่อแหล่งจ่าย ปากจระเข้-บานาน่า (ดำ-แดง)	8 คู่	20 คู่
5.	สายมิเตอร์ปลายเข็ม (ดำ-แดง)	8 คู่	20 คู่
6.	สายไฟเชื่อมต่อในแผงโพรโตบอร์ด (ดำ-แดง)	8 คู่	20 คู่
7.	โพรโตบอร์ด	8 แผง	20 แผง
8.	ตัวต้านทาน (คละค่าความต้านทาน)	8 ตัว	20 ตัว
9.	ตัวต้านทานไม่ทราบค่า (คละค่าความต้านทาน)	8 ตัว	20 ตัว
10.	ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว 470 μF	8 ตัว	20 ตัว



ปฏิบัติการที่ 4 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ RLC (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	เครื่องกำเนิดสัญญานคลื่นรูปไซน์ (ปรับขนาดและความถี่ได้) พร้อมสายนำสัญญาน ชนิดหัว BNC ปลาย คีบ ดำ-แดง	8 ชุด	10 ชุด
2.	เครื่องออสซิลโลสโคปพร้อมสายโพรบ 1 คู่	8 ชุด	10 ชุด
3.	ดิจิทัลมัลติมิเตอร์พร้อมสายมิเตอร์	8 ชุด	15 ชุด
4.	โพรโตบอร์ด	8 แผง	20 แผง
5.	ตัวต้านทาน ขนาด 100 Ω	8 ตัว	20 ตัว
6.	ตัวเหนี่ยวนำ ขนาด 100 mH	8 ตัว	20 ตัว
7.	ตัวเก็บประจุแบบไม่มีขั้ว 0.1 μF	8 ตัว	20 ตัว
8.	สายไฟเชื่อมต่อสำหรับแผงโพรโตบอร์ด (ดำ-แดง)	8 คู่	20 คู่



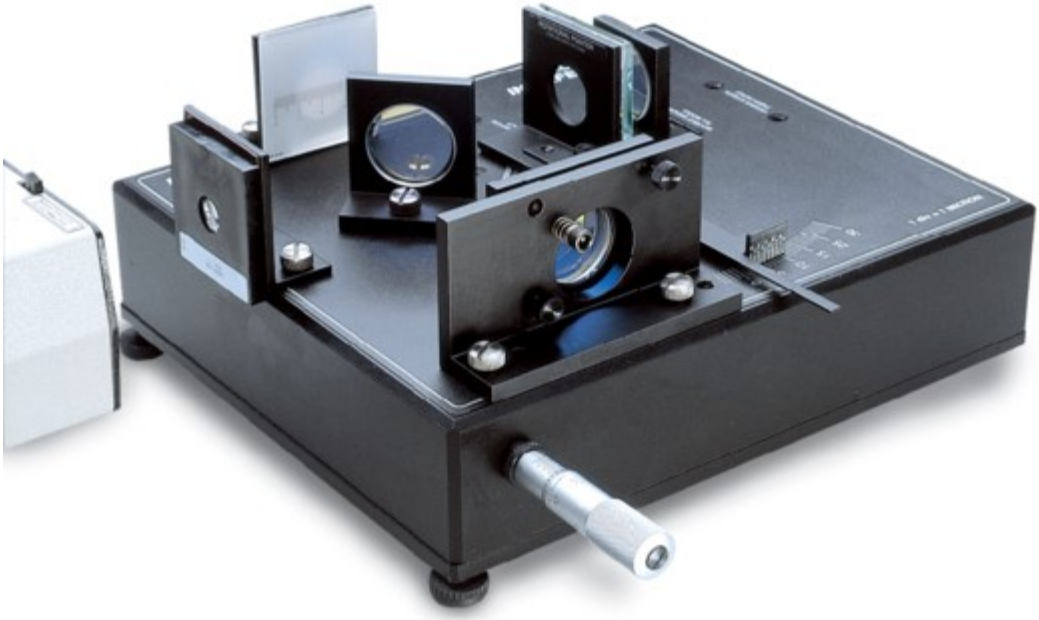
ปฏิบัติการที่ 5 การเลี้ยวเบน (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Helium-Neon Laser, λ = 632.8 nm	8 ตัว	10 ตัว
2.	Optics Bench	8 ชุด	10 ชุด
3.	single slits: widths 0.02, 0.04, 0.08, 0.16 mm	8 ชุด	10 ชุด
4.	sets of double slits: slit widths 0.04 and 0.08 mm; slit spacing 0.25 and 0.5 mm	8 ชุด	10 ชุด
5.	sets of multiple slits: 2, 3, 4, 5 slits; all widths 0.04 mm, all spaced 0.125 mm	8 ชุด	10 ชุด
6.	Apertures: 2 circular apertures 0.04, 0.08 mm dia.; 1 array of triangular apertures (equilateral); 1 array of square apertures	8 ชุด	10 ชุด
7.	Diffraction Grating 80, 100, 300 and 600 lines/mm.	32 ตัว	40 ตัว
8.	Viewing Screen	8 ตัว	8 ตัว
9.	Component Carrier	8 ตัว	8 ตัว



ปฏิบัติการที่ 6 การแทรกสอด (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Michelson Interferometer	8 ชุด	10 ชุด
2.	Helium-Neon Laser, λ = 632.8 nm	8 ชุด	10 ชุด
3.	Alignment Bench	8 ชุด	10 ชุด

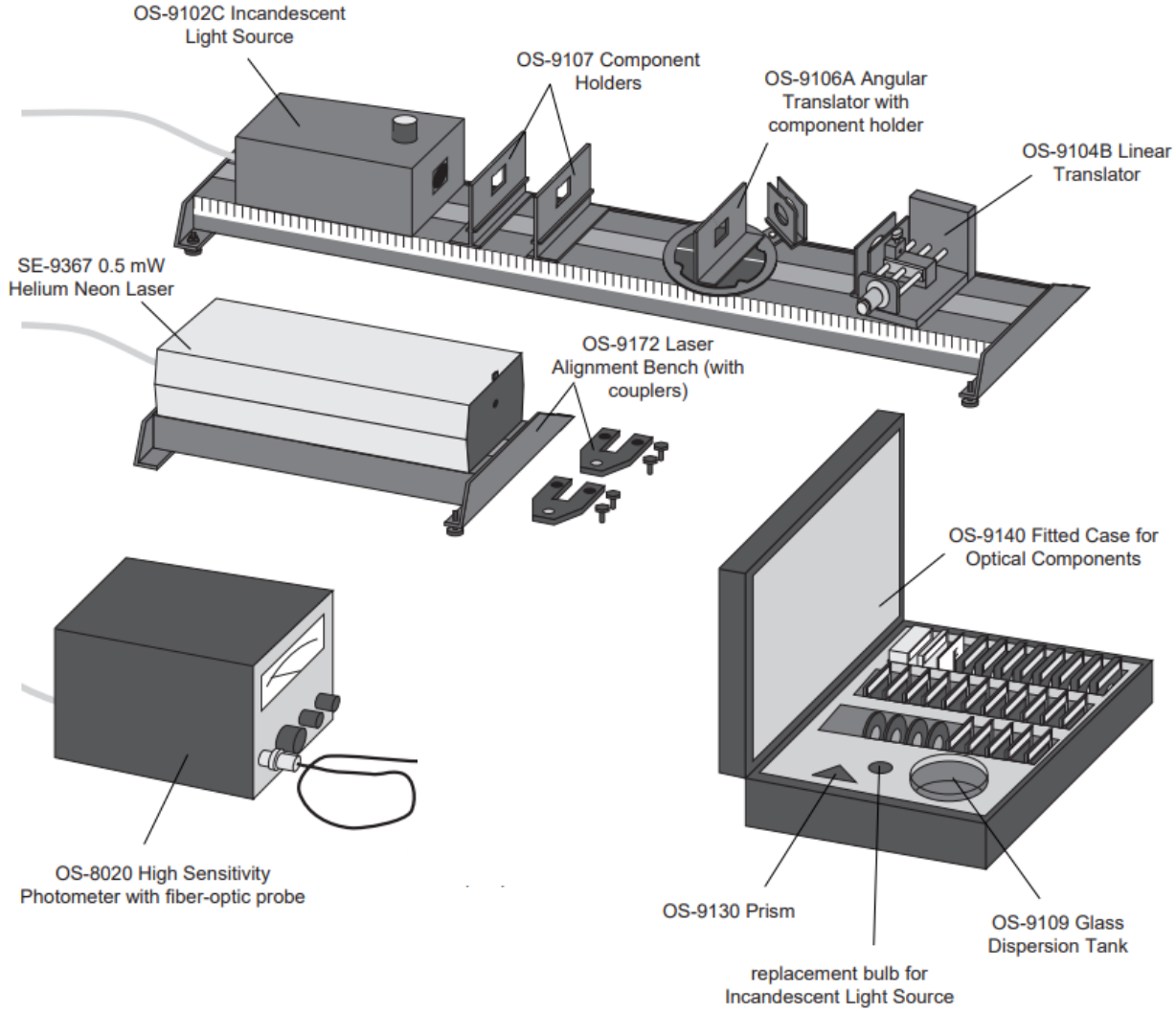






ปฏิบัติการที่ 7 การโพลาไรซ์ (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	Optics Bench	8 ชุด	10 ชุด
2.	Alignment Bench	8 ชุด	10 ชุด
3.	Helium-Neon Laser, λ = 632.8 nm	8 ชุด	10 ชุด
4.	Light Source	8 ชุด	10 ชุด
5.	Component Holders	32 ตัว	40 ตัว
6.	Photometer	8 ชุด	10 ชุด
7.	Linear Translator	8 ชุด	10 ชุด
8.	Angular Translator	8 ชุด	10 ชุด
9.	Polarizers	32 ตัว	40 ตัว
10.	Glass Plate	8 ชุด	10 ชุด
11.	Acrylic Plate	8 ชุด	10 ชุด
12.	Viewing Screen	8 ชุด	10 ชุด



ปฏิบัติการที่ 8 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (24 คน/คาบ)

ลำดับที่	รายการ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1.	ชุดทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก	8 ชุด	10 ชุด
2.	หลอดสุญญากาศ Phototube 1P39	8 หลอด	10 หลอด
3.	ดิจิทัลมัลติมิเตอร์พร้อมสาย	16 ชุด	20 ชุด
4.	Super Bright LEDs สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีม่วง	 8 หลอด 8 หลอด 8 หลอด 8 หลอด	 8 หลอด 8 หลอด 8 หลอด 8 หลอด



1.1.3 ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน





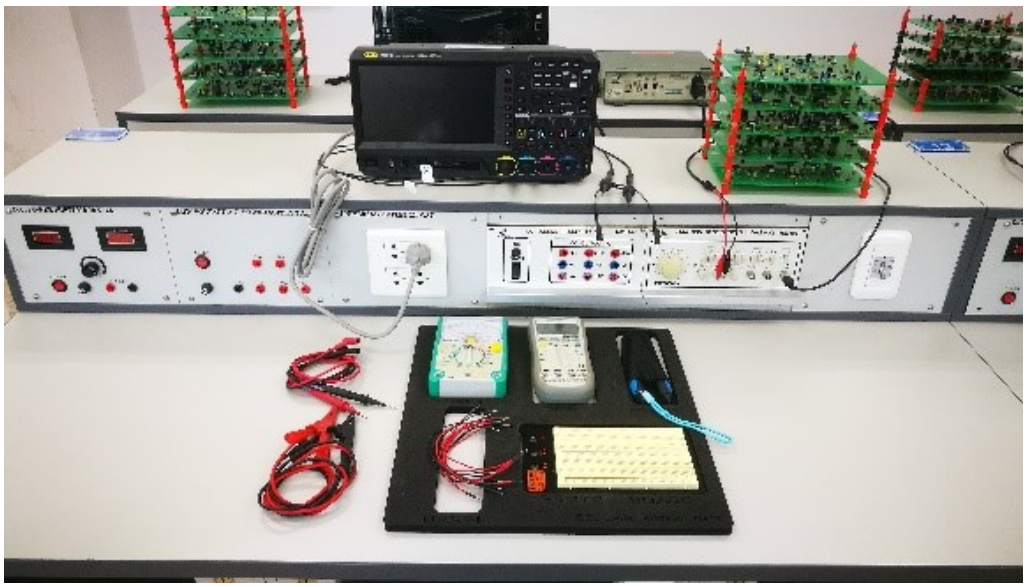


รายวิชา ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน

48 คน / ชั้นเรียน 24 กลุ่ม / ชั้นเรียน 2 คน / กลุ่ม

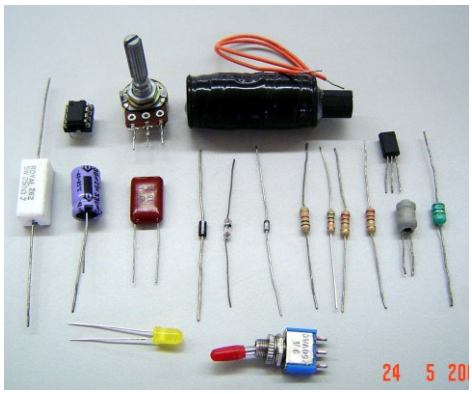
หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. แนะนำปฏิบัติการ หลักการแนวปฏิบัติ ชี้แจงข้อกำหนด ข้อตกลง 2. เครื่องมือวัด และการวัดพื้นฐาน 3. กฎของเคอร์ชอฟฟ วงจรแบ่งกระแสและแรงดัน 4. การถ่ายโอนกาลังไฟฟ้าสูงสุด และทฤษฎีการซ้อนทับ 5. คุณสมบัติของขดลวดเหนี่ยวนา และตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ 6. ตัวประกอบกาลัง และค่าคงที่ทางเวลา 7. คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของไดโอด และไดโอดเรียงกระแส 8. ทรานซิสเตอร์ 9. ออปแอมป์ 10. ฝึกซ้อมปฏิบัติการ	1. โต๊ะปฏิบัติการพร้อมแผงจ่ายไฟและ Protection System 2. DC Power Supply แบบปรับค่าได้ 3. DC Power Supply แบบคงค่า หลายค่า 4. AC Power Supply แบบคงค่า หลายค่า 5. Function Generator 6. Oscilloscope 7. Digital Multi-meter 8. Analog Multi-meter 9. Accessories (Prototype Board , คีม สายไฟเชื่อมต่อ) 10. อุปกรณ์สำหรับทำการทดลอง R , L , C Diode, Transistor, Op-Amp และอื่นๆ	24 โต๊ะ 24 เครื่อง 24 เครื่อง 24 เครื่อง 24 เครื่อง 24 เครื่อง 24 เครื่อง 24 ชุด หลายแบบ หลายค่า	30 โต๊ะ 30 เครื่อง 30 เครื่อง 30 เครื่อง 30 เครื่อง 30 เครื่อง 30 เครื่อง 30 ชุด หลายแบบ หลายค่า

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง



1. โต๊ะปฏิบัติการ
2. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมสายจ่ายไฟ
3. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับพร้อมสายจ่ายไฟ
4. ฟังก์ชันเจอนเนอเรเตอร์ พร้อมสายจ่ายสัญญาณ
5. แผงต่อวงจรอเนกประสงค์พร้อมสายเชื่อมต่อวงจร
6. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์พร้อมสายวัด
7. อะนาลอกมัลติมิเตอร์พร้อมสายวัด
8. ออสซิลโลสโคปพร้อมสายวัดสัญญาณทางไฟฟ้า
9. คีมดัดขาอุปกรณ์

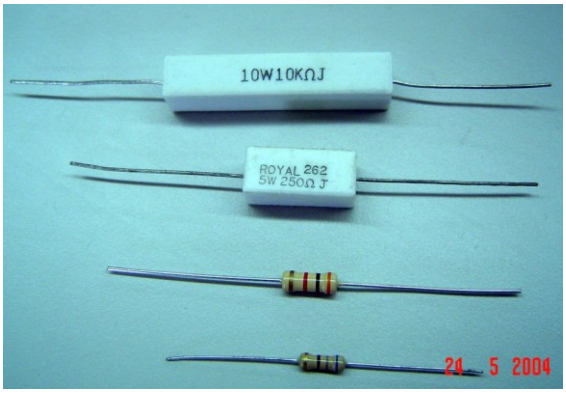
วัสดุสำหรับการทดลอง



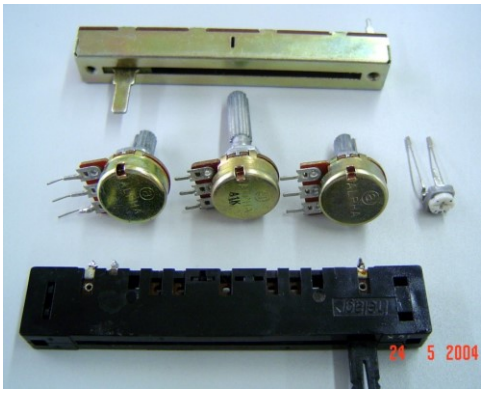


อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ

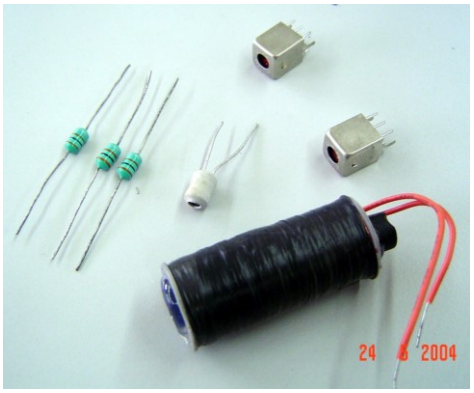
1. ตัวต้านทานแบบแถบสี



2. โพเทนชิโอมิเตอร์

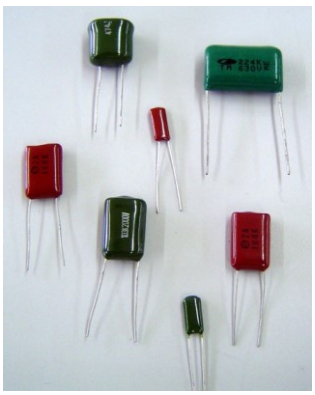


3. ตัวเหนี่ยวนำ

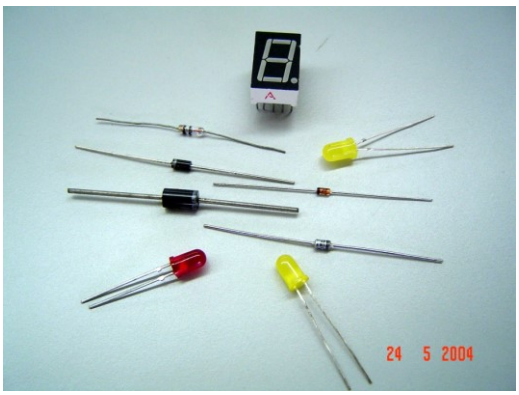


4. ตัวเก็บประจุ

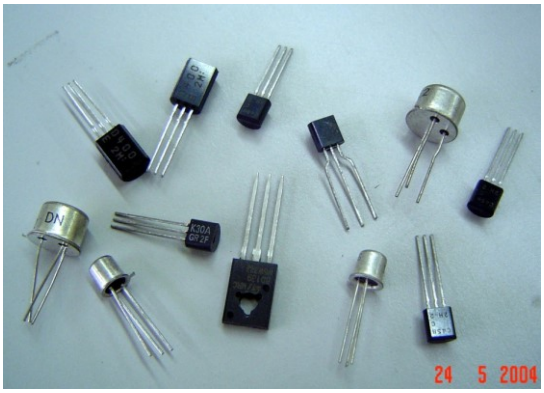




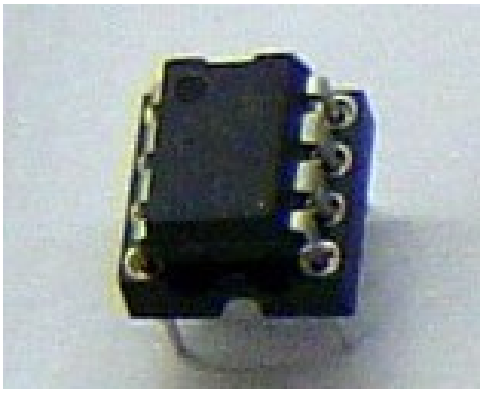
5. ไดโอด



6. ทรานซิสเตอร์



7. ออป-แอมป์



ห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า 2



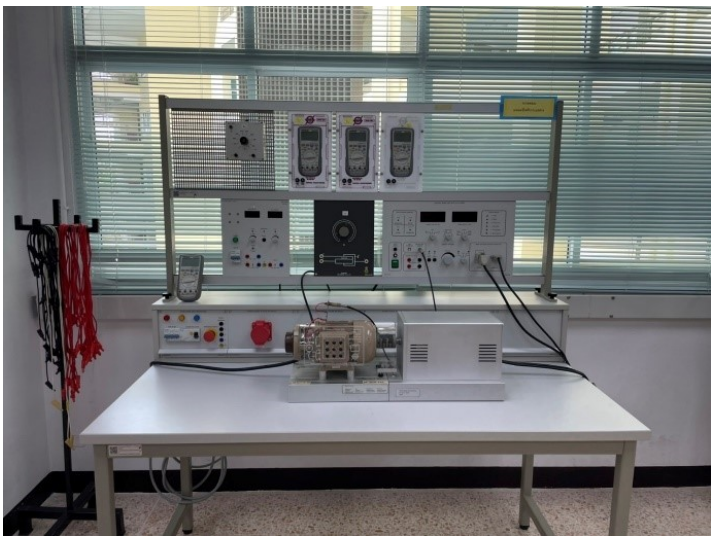


รายวิชา ENG25 2110 เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว

36 คน / ชั้นเรียน 12 กลุ่ม / ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. DC Machines 2. Transformer and AC Machines 3. Rectifier Circuit	1. 0.33-kW DC compound-wound generator	1 เครื่อง	2 เครื่อง
	2. Three-phase synchronous AC servo motor 300 W use with Control brake unit with auto mode	1 เครื่อง	1 เครื่อง
	3. DC Power Supply	1 เครื่อง	7 เครื่อง
	4. Field regulator (Bs5.400) and starter (SO3213-6B)	1 เครื่อง	3 เครื่อง
	5. multimeters for measure voltage	4 เครื่อง	8 เครื่อง
	6. digital multimeters for measure electricity	6 เครื่อง	8 เครื่อง
	8. Set of 18 light bulbs, 40-watt bulbs, 18 bulbs.	1 เครื่อง	2 เครื่อง
	9. Circuit Breaker 3 pole (ZENNA Z0107-003) 1 set for switching on / off load.	1 เครื่อง	2 เครื่อง
	10. Single phases transformers (ELWE) 30 00 110, 30 00 120.	6 ตัว	10 เครื่อง
	11. AC power supply single phases 0 – 260 V/3A (ELWE 67 10 310).	1 เครื่อง	7 เครื่อง
	12. Digital multimeter (MeTrix PX120 Power Meter)	2 เครื่อง	6 เครื่อง
	13. 1.0 kVA, 230/400 V, 50 Hz, 1500 rpm Synchronous Generator	1 เครื่อง	2 เครื่อง
	14. Field regulator Generator (Rh) (SO 3213-6H).	1 ตัว	1 ตัว
	15. Three-phase synchronous AC servo motor 1000 W Used with Control brake unit	1 เครื่อง	2 เครื่อง
	16. Variable ISOL Transformer/Exciter (SO 3212-5K).	1 ตัว	2 ตัว
	17. 0.75-kVA, 220 V 50 Hz, 1380 rpm Squirrel-cage Induction Motor	1 ตัว	10 ตัว
	18. Three-phase synchronous AC servo motor 1000 W.	1 ตัว	2 ตัว
	19. 3 phase source.	1 เครื่อง	5 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง







ห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า 1





รายวิชา 536310 เครื่องจักรกลไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว

36 คน / ชั้นเรียน 12 กลุ่ม / ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
4. Inverter	1. Inverter Trainer WSM-2310	1 เครื่อง	1 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง



ห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า 1



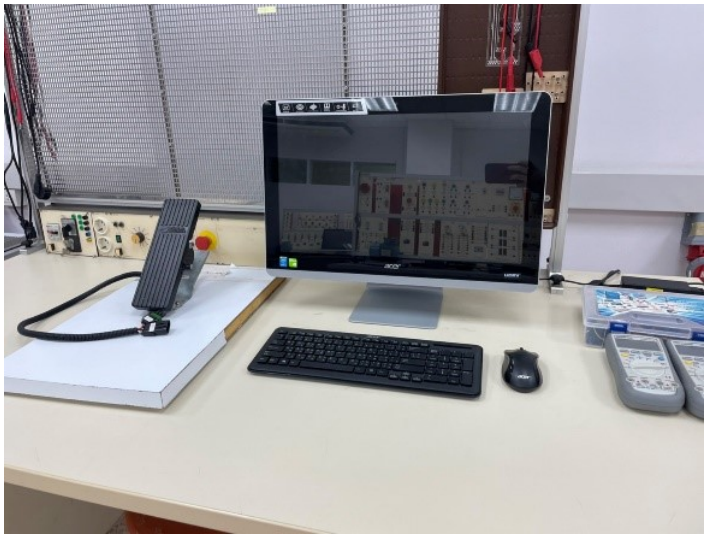


รายวิชา 536310 เครื่องจักรกลไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว

36 คน / ชั้นเรียน 12 กลุ่ม / ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
5. The characteristic of sensor and actuator automotive	1. Accelerating pedal and Brake pedal2. DC Power Supply	1 ตัว	1 ตัว
	3. Arduino UNO R3	1 ชุด	5 ชุด
	4. Digital Multimeter	1 เครื่อง	หลายตัว

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง





ห้องปฏิบัติการยานยนต์





รายวิชา 536310 เครื่องจักรกลไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว

36 คน / ชั้นเรียน 12 กลุ่ม / ชั้นเรียน 3 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
6.Basic ECU with Arduino UNO R3	1. Arduino UNO R3 ชุดอุปกรณ์ประกอบและต่อพ่วง Arduino shield	1 ชุด	1 ชุด
	2. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือ Laptop	1 เครื่อง	-
	3. เครื่องยนต์สำหรับทดสอบ	1 เครื่อง	1 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

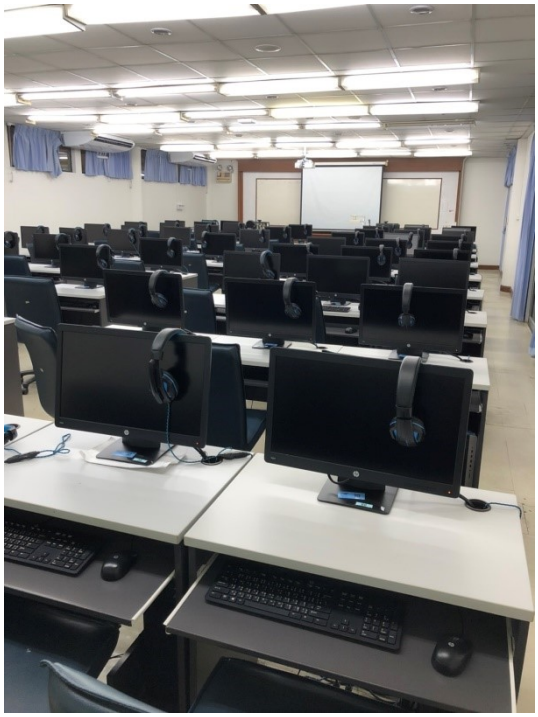


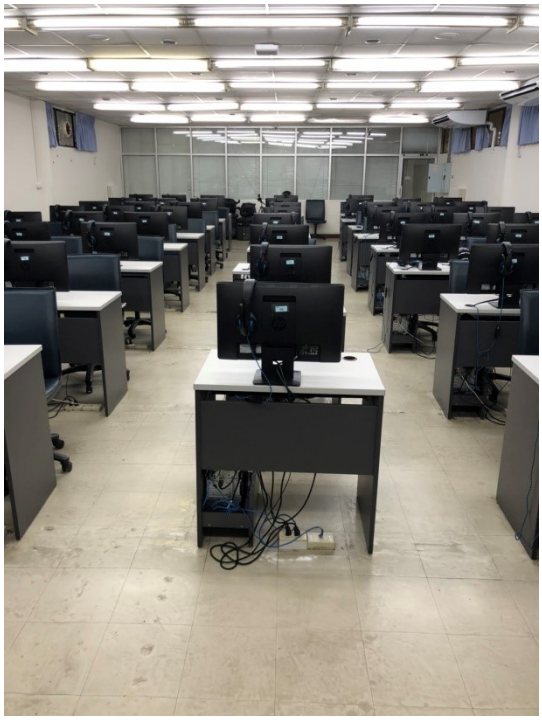
1.1.5 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1









รายวิชา 523101 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1

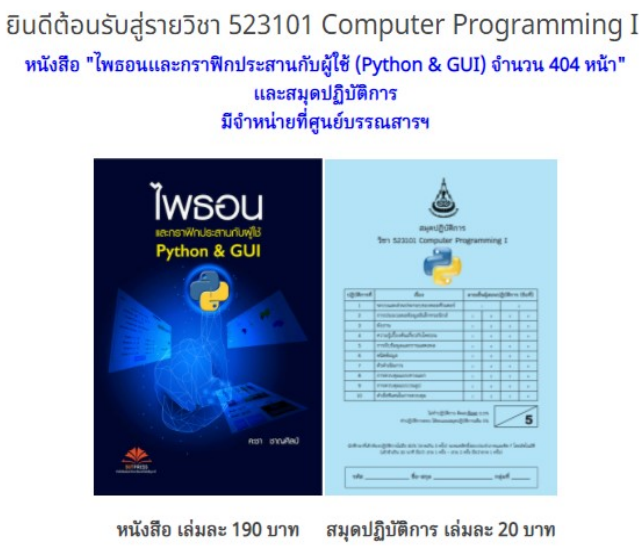
55 คน / กลุ่ม / ชั้นเรียน

เปิดในภาคการศึกษาที่ 2 และ ภาคการศึกษาที่ 3 เป็นหลัก จำนวน 20 – 22 กลุ่ม และเปิดให้นักศึกษาลงเรียนใน ภาคการศึกษาที่ 1 จำนวน 1 กลุ่ม

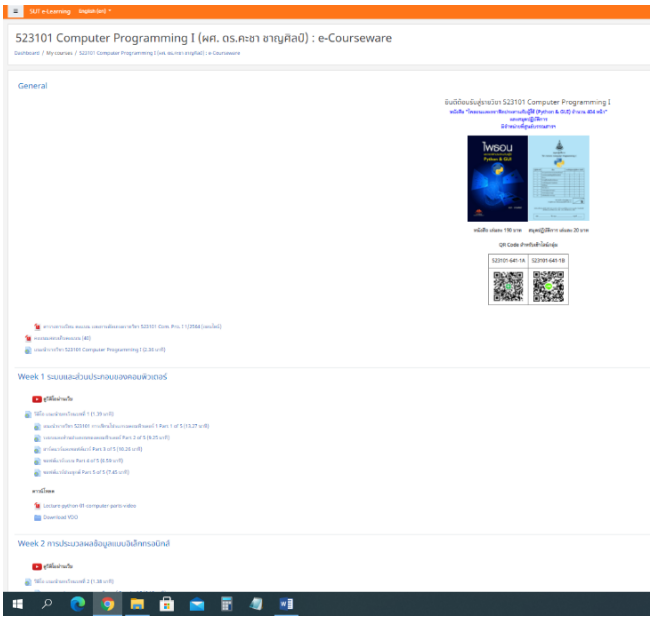
หัวข้อการ/รายละเอียด	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. แนะนำการบริหารจัดการเกี่ยวกับรายวิชาระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์	1. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
2. การประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์	2. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
3. ระเบียบวิธีพัฒนาและออกแบบโปรแกรม : ผังงาน	3. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไพธอน	4. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
5. การรับข้อมูลและการแสดงผล	5. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
6. ชนิดข้อมูล	6. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
7. ทบทวนการสอบกลางภาค	7. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
8. ตัวดำเนินการ	8. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
9. การควบคุมแบบทางแยก	9. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง

หัวข้อการ/รายละเอียด	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
10. ทบทวนเพื่อสอบปฏิบัติการ	10. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
11. การควบคุมแบบวนลูป	11. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง
12. คำสั่งพิเศษในการควบคุม	12. โต๊ะปฏิบัติการ เครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ด เม้าส์ หูฟัง โปรแกรม Thonny Video PowerPoint หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ	55 เครื่อง	60 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์



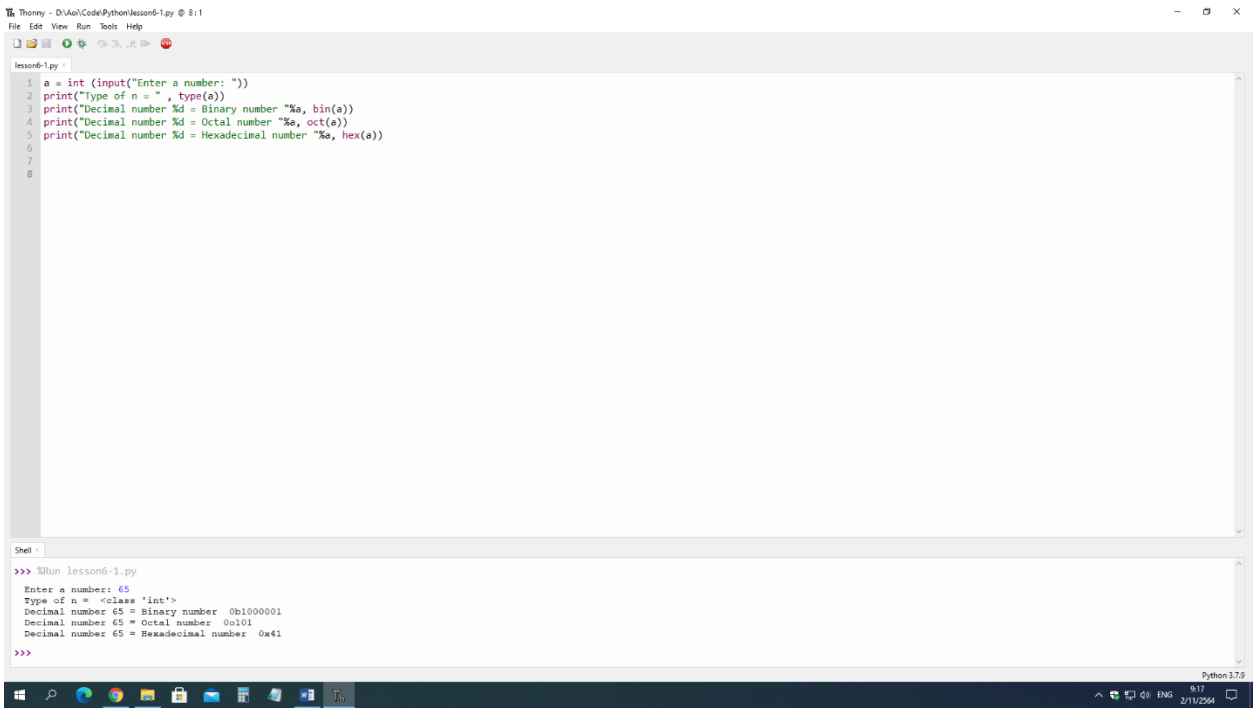
หนังสือคู่มือการเรียนและสมุดปฏิบัติการ



Video ใน ระบบ e-learning



PowerPoint



โปรแกรม Thonny

1.1.5 ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล อาคารเครื่องมือเครื่อง 4

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล



ห้องปฏิบัติการ F5104



ห้องปฏิบัติการ F4114



อาคารเครื่องมือเครื่อง 1

ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล

70 คน / ชั้นเรียน 10 กลุ่ม / ชั้นเรียน 7 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. Basics measurement tool	Basics measurement tool	1 ชุด	1 ชุด
2. Basic hand tools	Basic hand tools	1 ชุด	1 ชุด
3. Folding cut	Folding cut	1 เครื่อง	1 เครื่อง
4. Spot welding	Spot welding	1 เครื่อง	1 เครื่อง
5. Car suspension lift operation	Car suspension lift operation	1 เครื่อง	2 เครื่อง
6. Car Services	- แม่แรง - ปั๊มลม - ชุดประแจ	1 เครื่อง 1 เครื่อง 1 ชุด	2 เครื่อง 1 เครื่อง 1 ชุด
7. Assemble a single cylinder or multicylinder engine	Assemble a single cylinder or multicylinder engine	1 เครื่อง	2 เครื่อง
8. Reassemble a single cylinder or multicylinder engine	Reassemble a single cylinder or multicylinder engine	1 เครื่อง	2 เครื่อง
9. Basics Aircraft	Basics Aircraft	1 เครื่อง	4 เครื่อง
10. Basics Joining tool and Safety wire	Basics Joining tool and Safety wire	1 เครื่อง	1 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์



Basics measurement tool



Basic hand tools



Folding cut



Spot welding



Car suspension lift operation



Car Services



Assemble & Reassemble a single cylinder or multicylinder engine



Basics Aircraft





Basics Joining tool and Safety wire

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล อาคารเครื่องมือเครื่อง 5

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 2030 การวัดและเครื่องมือวัด



ห้องปฏิบัติการ F4114



ห้องปฏิบัติการ F5104



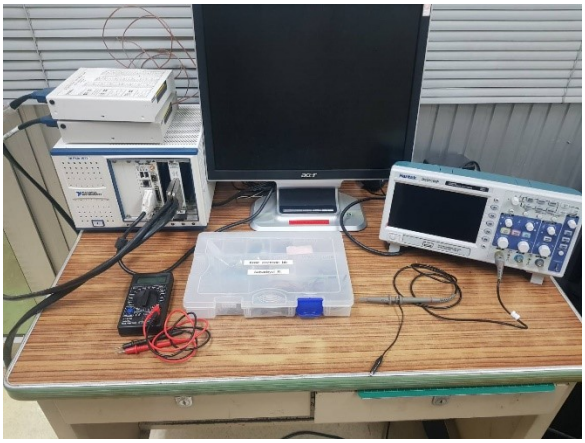
ห้องปฏิบัติการ F5110

ENG25 2030 การวัดและเครื่องมือวัด

70 คน / ชั้นเรียน 10 กลุ่ม / ชั้นเรียน 7 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. ปฏิบัติการฝึกทำการดำเนินการทางสัญญาณ เพื่อปรับปรุงคุณภาพสัญญาณและเพิ่มความน่าเชื่อถือ	Signal characteristics and uncertainty, Sampling theorem, Signal Processing	1 ชุด	1 ชุด
2. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดระยะ	Distance Measurement	1 ชุด	1 ชุด
3. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ	Temperature Measurement	1 เครื่อง	1 เครื่อง
4. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดความดัน	Pressure Measurement	1 เครื่อง	3 เครื่อง
5. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการไหลของของไหล	Flow Measurement	1 เครื่อง	4 เครื่อง
6. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดแรง แรงบิดและกำลัง	Force, Torque and Power Measurement	1 ชุด	1 ชุด
7. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการหมุน มุม และความเร็วเชิงมุม	Rotation and Angular Speed Measurement	1 เครื่อง	3 เครื่อง
8. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดทางไฟฟ้า	Basic electronics Measurements	1 ชุด	1 ชุด
9. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการเคลื่อนที่และความเร่ง	Accelerometer and Gyroscope	1 ชุด	1 ชุด
10. ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดตำแหน่ง	Proximity sensors and Hall Effect sensors	1 ชุด	1 ชุด

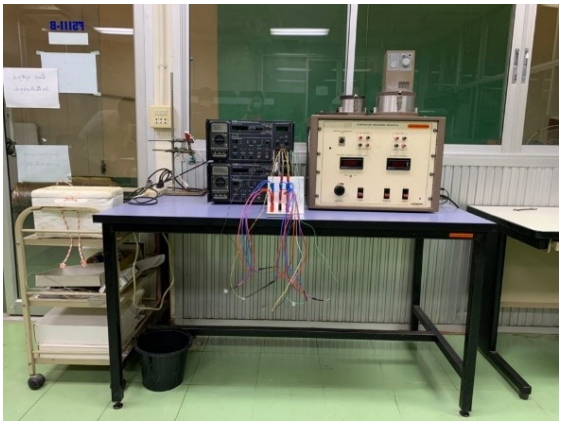
เครื่องมือและอุปกรณ์



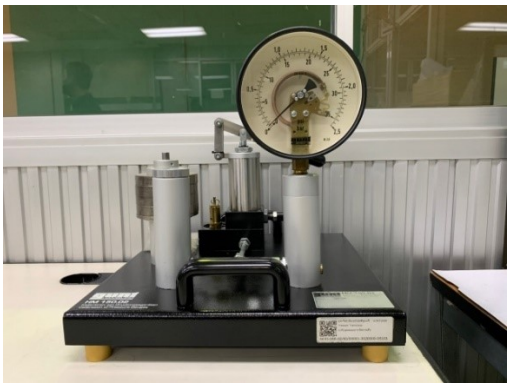
Signal characteristics and uncertainty, Sampling theorem, Signal Processing



Distance Measurement



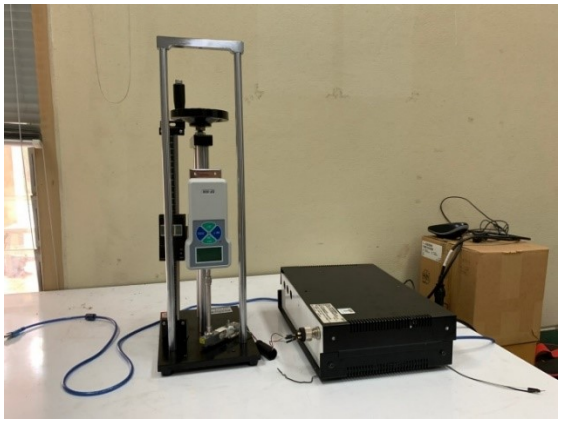
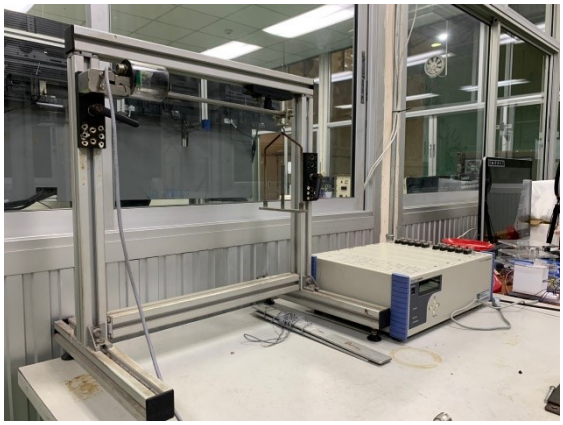
Temperature Measurement



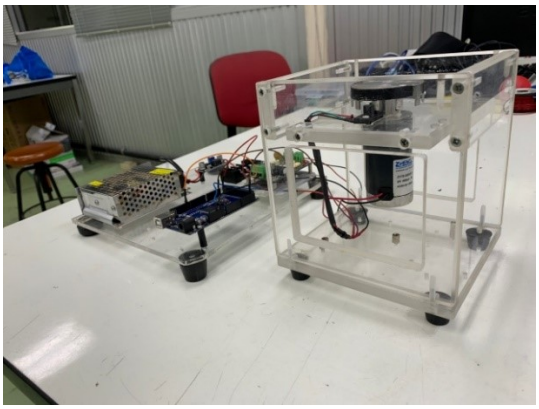

Pressure Measurement

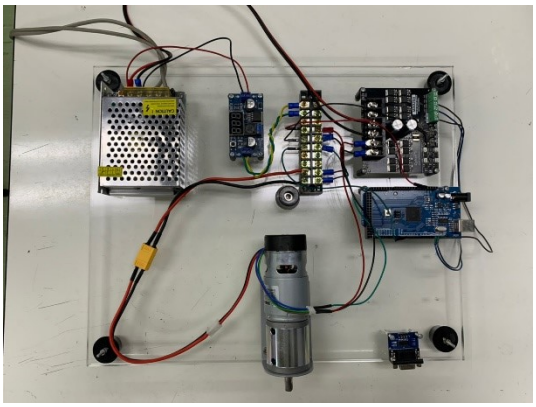


Flow Measurement

Force, Torque Measurement





Rotation and Angular Speed Measurement

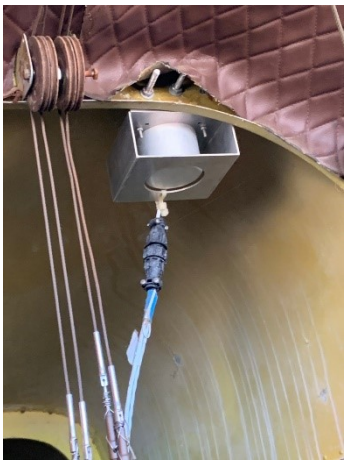


Basic electronics Measurements









Accelerometer and Gyroscope



Proximity sensors and Hall Effect sensors

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล อาคารเครื่องมือ 6

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล



ห้องปฏิบัติการ F6102



ห้องปฏิบัติการ F6109

ENG25 2400 ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล

70 คน / ชั้นเรียน 10 กลุ่ม / ชั้นเรียน 7 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. ปฏิบัติการประยุกต์ กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	Lathe	12 เครื่อง	12 เครื่อง
2. ปฏิบัติการประยุกต์ การเจาะและทำเกลียว ชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	Drilling machine and Treading	5 เครื่อง	5 เครื่อง
3. ปฏิบัติการประยุกต์ การกัดขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	Milling machine	2 เครื่อง	2 เครื่อง
4. ปฏิบัติการประยุกต์ การเชื่อมขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	Welding Machine	1 เครื่อง	1 เครื่อง
5. ปฏิบัติการประยุกต์ งานประกอบ Assembly และการตรวจวัดละเอียด	Coordinate Measurement Machine (CMM)	1 เครื่อง	1 เครื่อง

ชิ้นงาน ตามแบบสั่งงาน นำเสนอผลการทำชิ้นงานตามแบบสั่งงาน			

เครื่องมือและอุปกรณ์



Lathe



Drilling machine and Treading



Milling machine



Welding Machine



Coordinate Measurement Machine (CMM)

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล อาคารเครื่องมือ 5

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1



ห้องปฏิบัติการ F5110

ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1

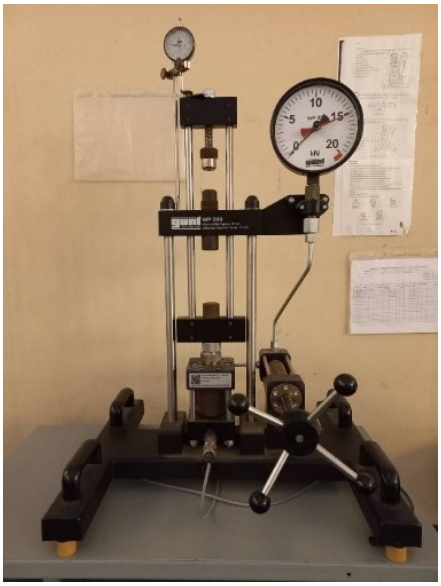
70 คน / ชั้นเรียน 10 กลุ่ม / ชั้นเรียน 7 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. Pipe network & Pressure loos in pipe	Pipe network & Pressure loos in pipe	1 เครื่อง	1 เครื่อง
2. Material testing and Composite	Material testing and Composite	1 เครื่อง	1 เครื่อง
3. Refrigeration cycle & Air conditioning system	Refrigeration cycle & Air conditioning system	1 เครื่อง	1 เครื่อง
4. Pump system & pump test	Pump system & pump test	1 เครื่อง	2 เครื่อง
5. Internal & External Combustion Engine	Internal & External Combustion Engine	1 เครื่อง	1 เครื่อง
6. HVAC System +Cooling Tower Performance	HVAC System +Cooling Tower Performance	1 ชุด	1 ชุด
7. Wind Tunnel + Flow visualization	Wind Tunnel + Flow visualization	1 เครื่อง	1 เครื่อง
8. Heat Exchanger	Heat Exchanger	1 เครื่อง	1 เครื่อง
9. Conduction & Convection Heat Transfer	Conduction & Convection Heat Transfer	1 เครื่อง	3 เครื่อง
10. Water turbine & Gas turbine	Water turbine & Gas turbine	1 เครื่อง	1 เครื่อง

เครื่องมือและอุปกรณ์

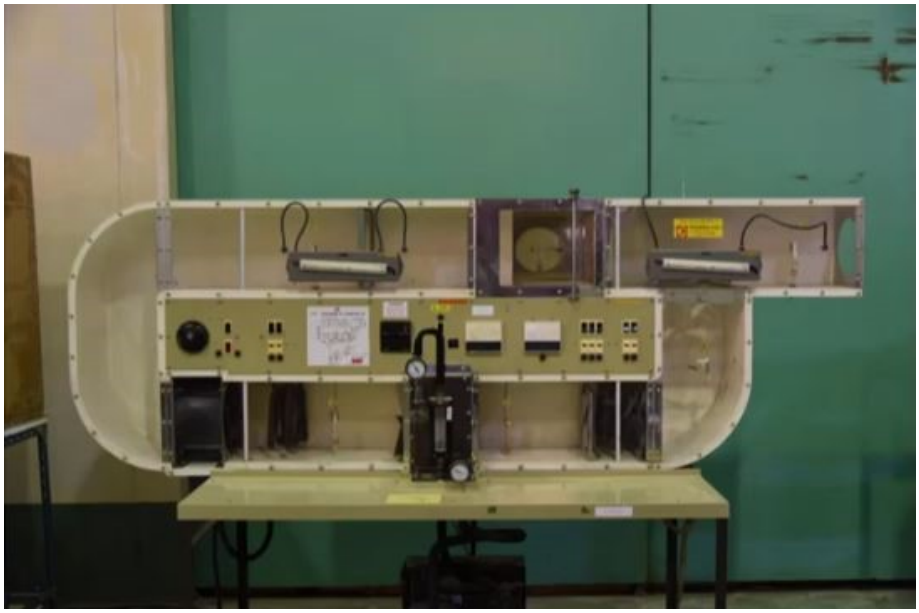


Pipe network & Pressure loos in Pipe





Material testing



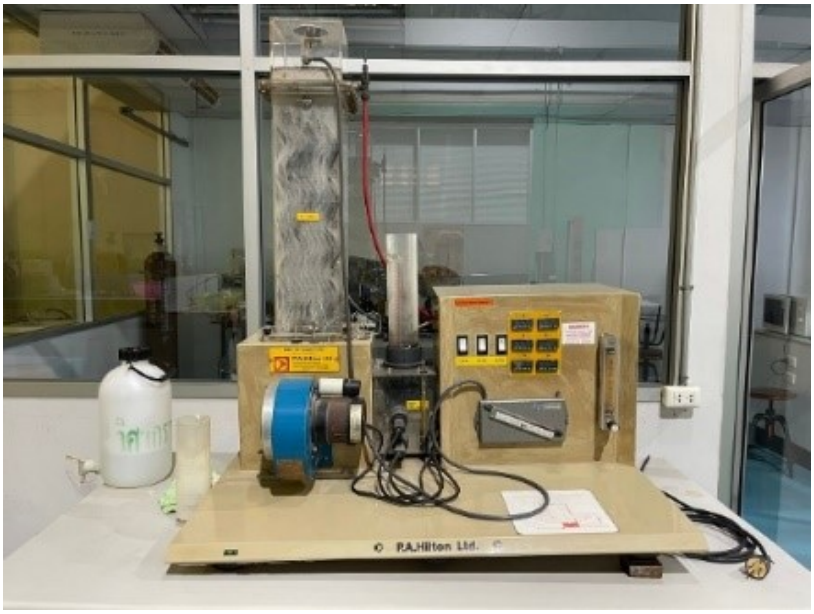
Refrigeration & Air conditioning systems



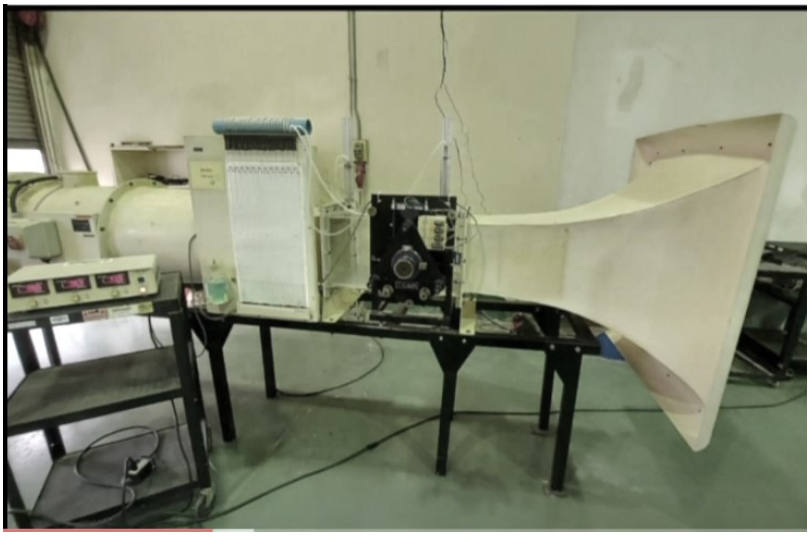
Pump systems & Pump test



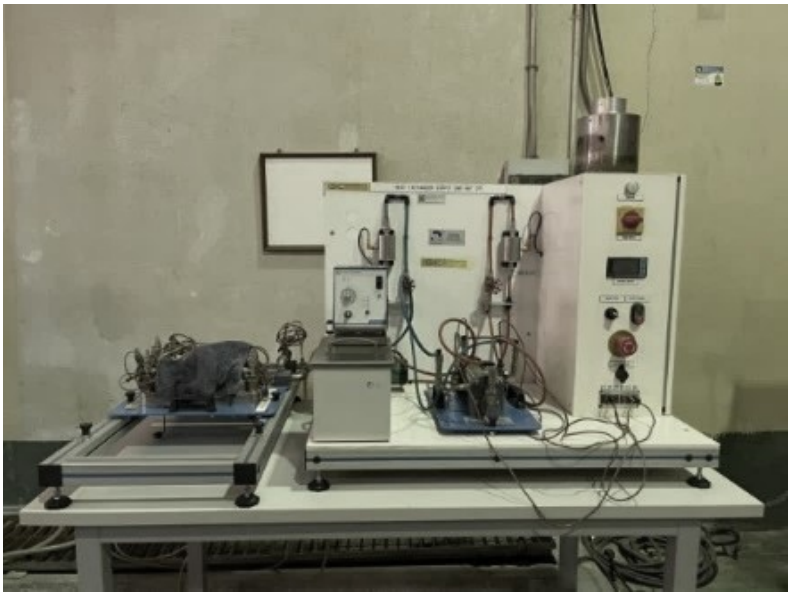
Internal & External Combustion Engine



HVAC System + Cooling Tower Performance



Wind Tunnel

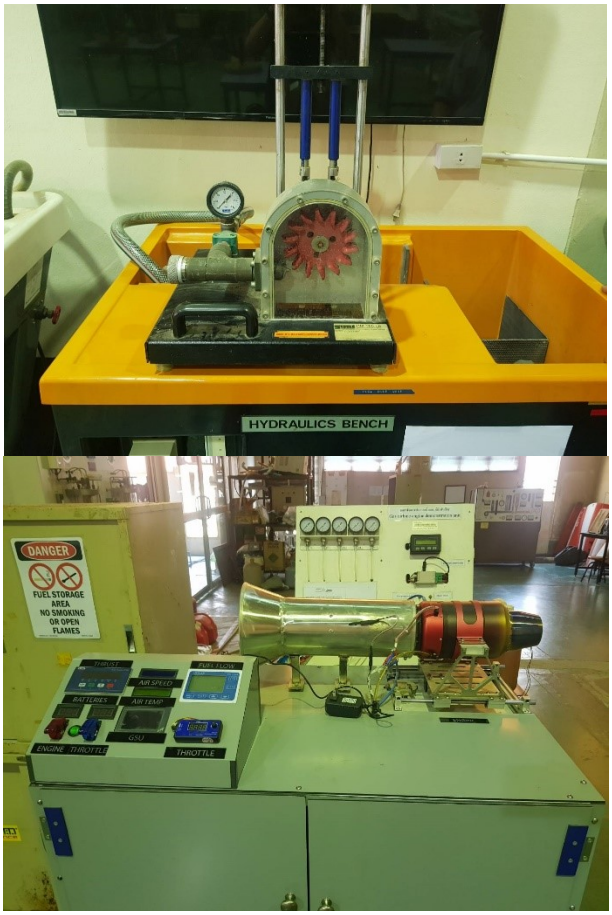


Heat Exchanger





Conduction & Convection Heat Transfer



Water turbine & Gas turbine

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล อาคารเครื่องมือ 4

ใช้สำหรับการเรียนการสอน รายวิชา ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1



ห้องปฏิบัติการ F4114



ห้องปฏิบัติการนิวเมติกส์ (F11114)

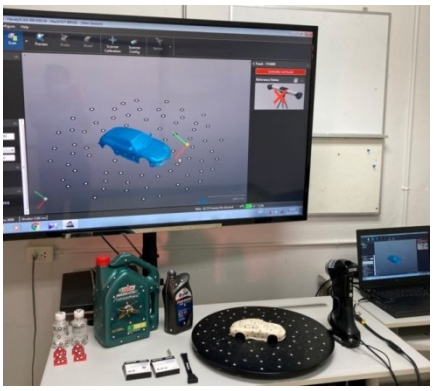
ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2

70 คน / ชั้นเรียน 10 กลุ่ม / ชั้นเรียน 7 คน / กลุ่ม

หัวข้อการทดลอง	รายการอุปกรณ์ / เครื่องมือ		
	ชื่ออุปกรณ์ / เครื่องมือ	จำนวนที่ใช้	จำนวนที่มีอยู่
1. Non-destructive Testing	Non-destructive Testing	1 ชุด	1 ชุด
2. Reverse Engineering (3D Scan) & Rapid	Reverse Engineering (3D Scan) & Rapid	1 ชุด	1 ชุด
3. Vibration analysis & Single plane balance	Vibration analysis & Single plane balance	1 ชุด	1 ชุด
4. Motor & Temperature Control	Motor & Temperature Control	1 ชุด	1 ชุด
5. Injection molding	Injection molding	1 เครื่อง	1 เครื่อง
6. Servo system	Servo system		
7. Hydraulic & Pneumatic system	Hydraulic & Pneumatic system	1 ชุด	1 ชุด
8. Power transmission & Chassis Dynamometer	Power transmission & Chassis Dynamometer	1 ชุด	1 ชุด
9. CNC Machining	CNC Machining	1 เครื่อง	4 เครื่อง
10. ECU injection and Ignition	ECU injection and Ignition	1 เครื่อง	1 เครื่อง



Non-destructive Testing

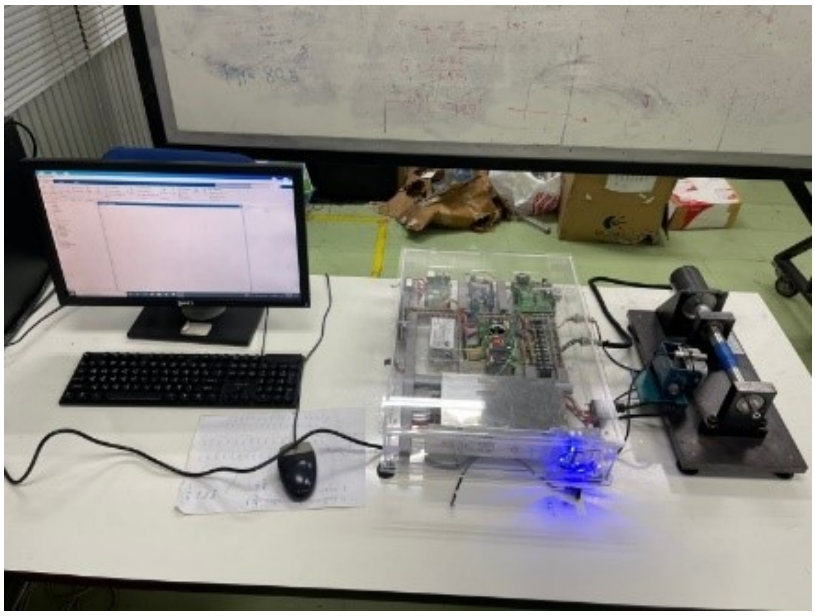




Reverse Engineering (3D Scan) + Rapid




Vibration analysis & Single Plane balance



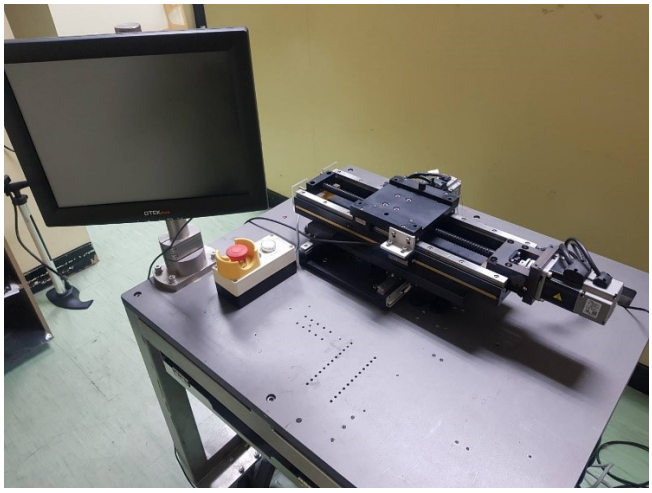
Motor Control



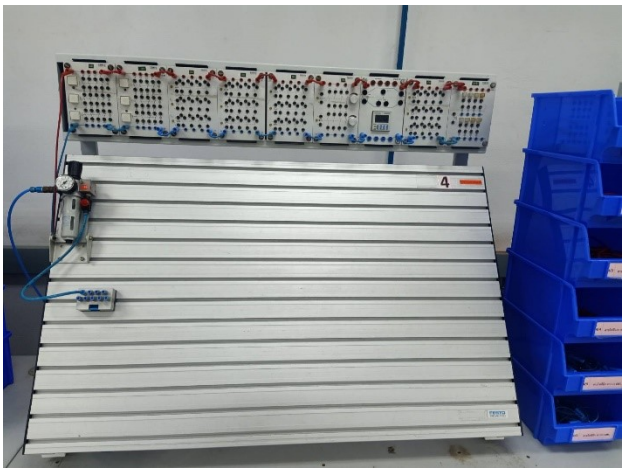
Temperature Control



Injection molding & composite



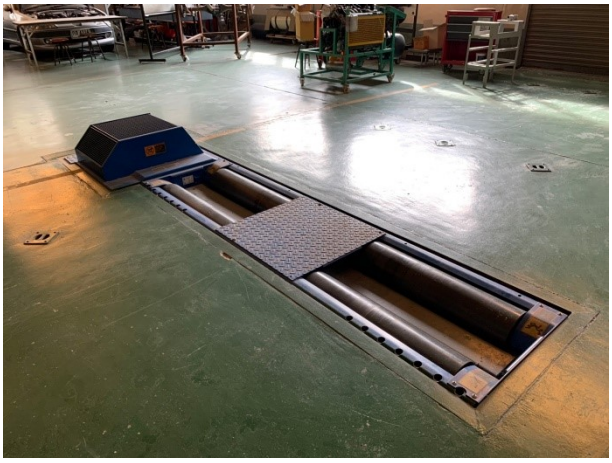
Servo system





Hydraulic & Pneumatic system





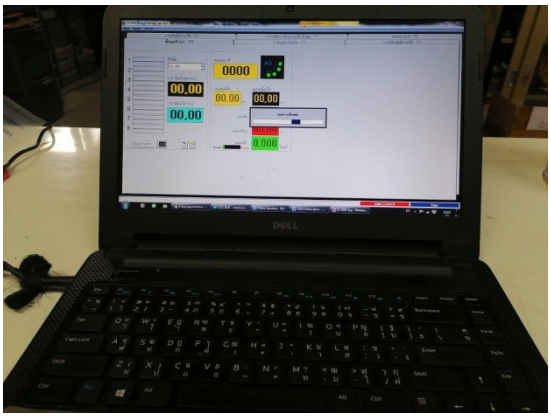
Power transmission & Chassis Dynamometer





CNC Machine





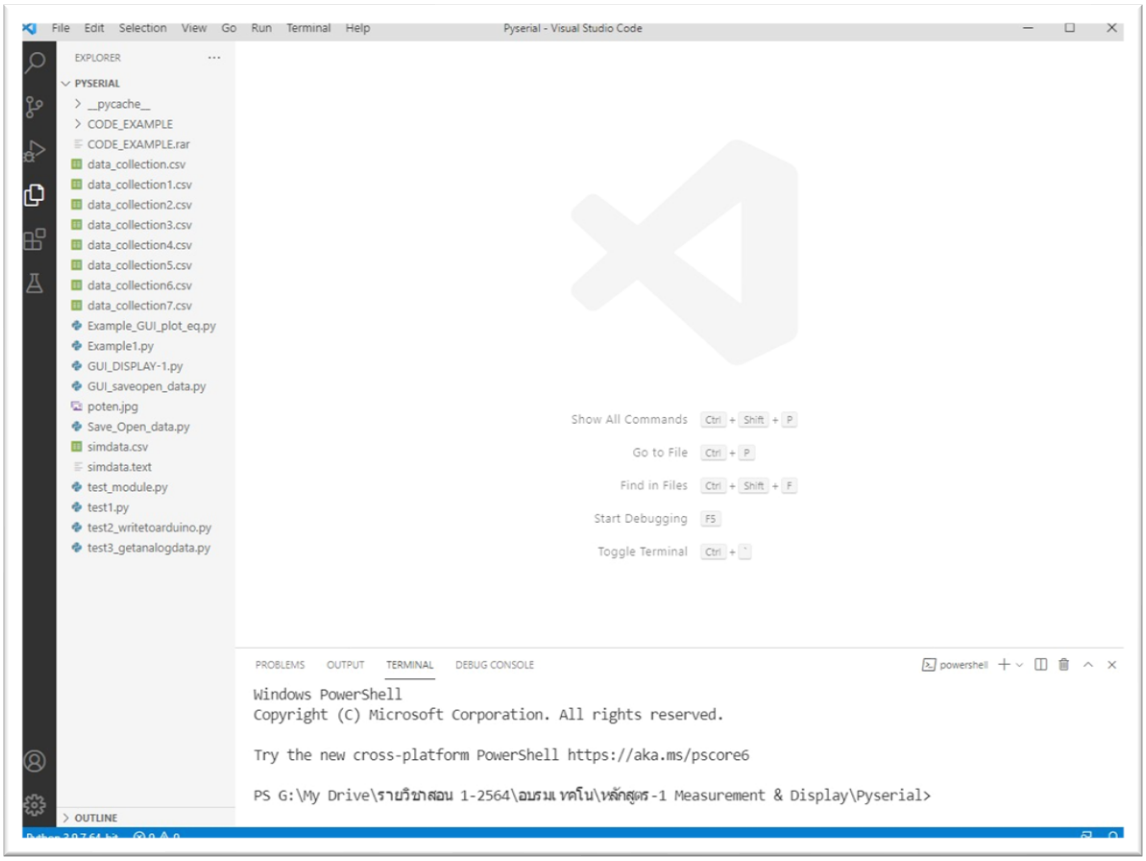
ECU injection and Ignition

1.2 โปรแกรมสำเร็จรูป/ซอฟต์แวร์ (Software)

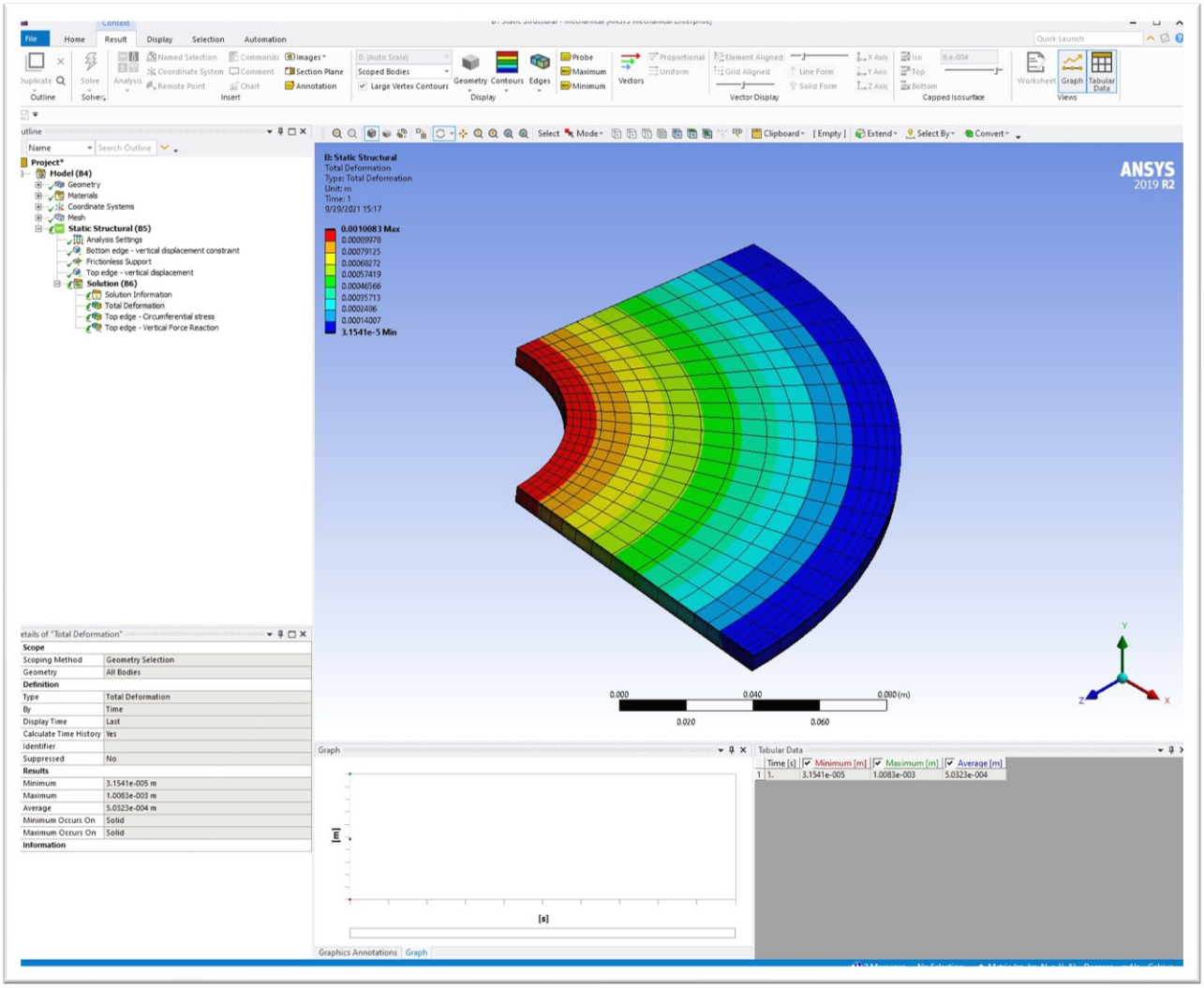


Mini tap

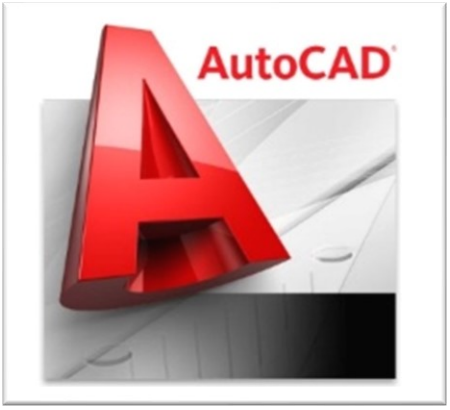


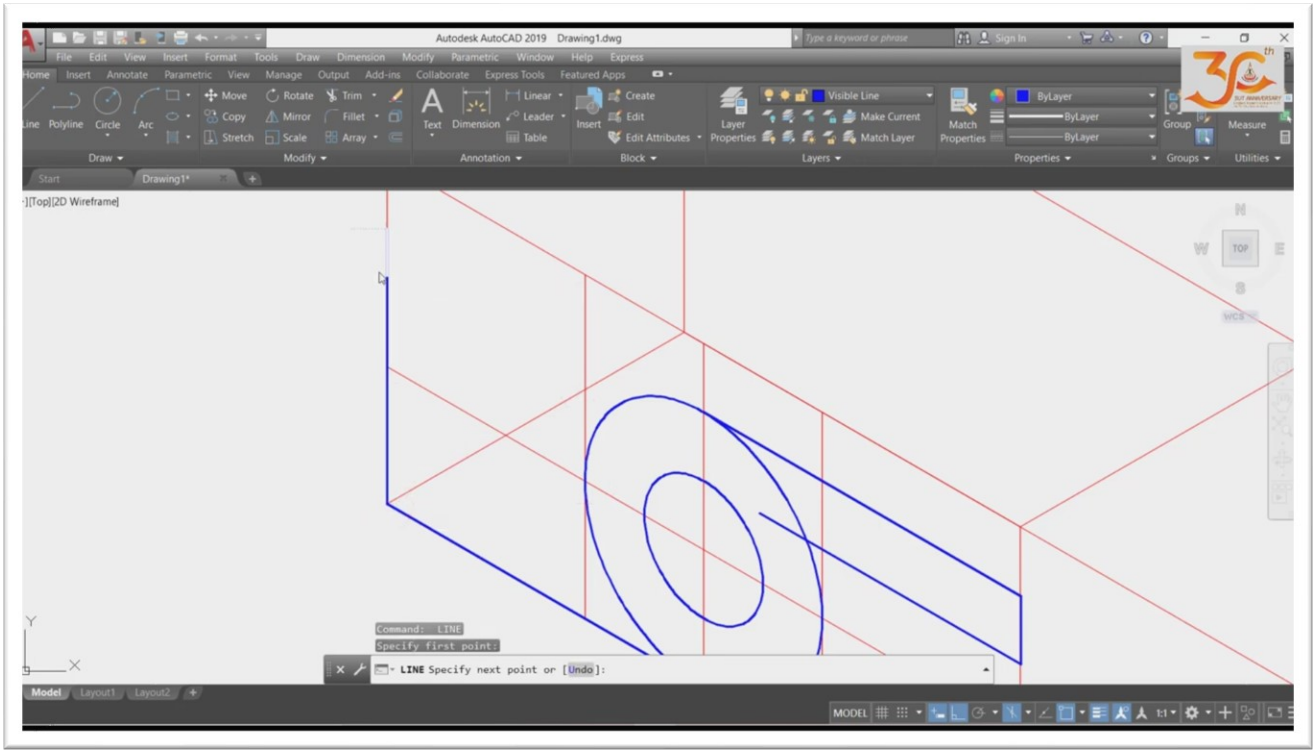


Python

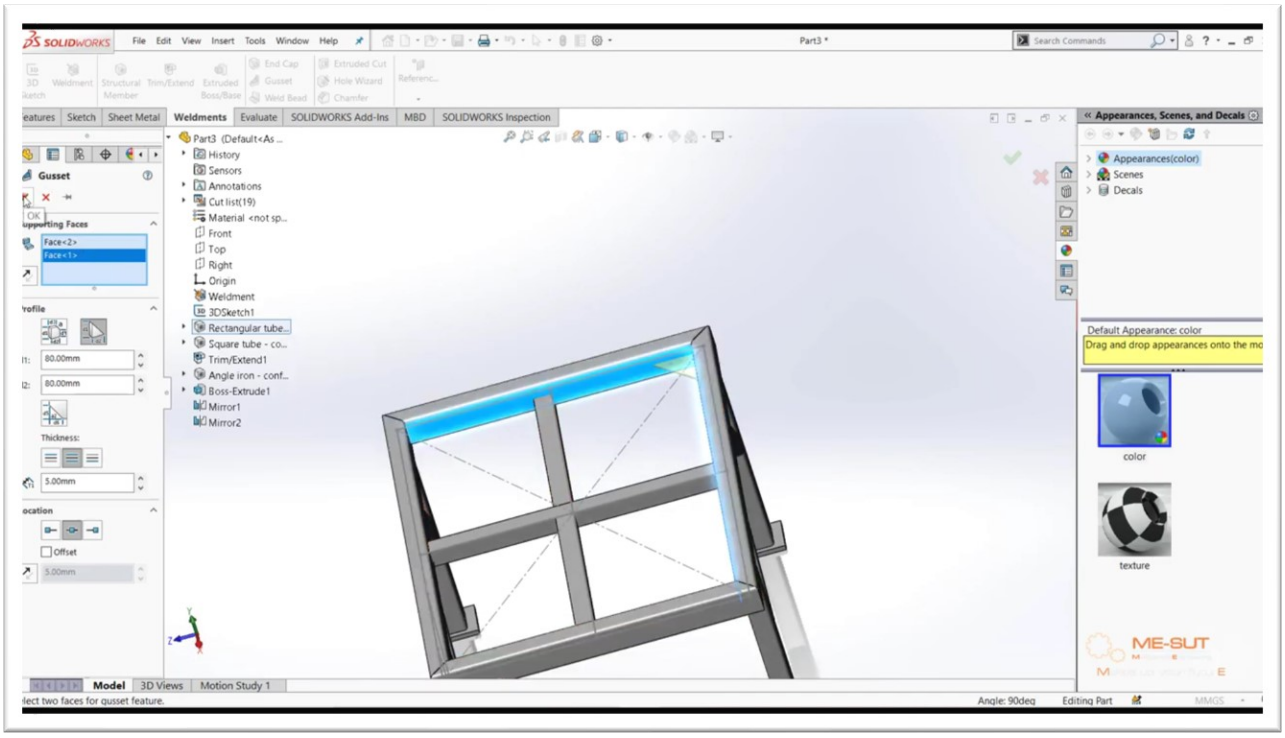

ANSYS
2019 R2
B: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
9/29/2021 15:17
0.0010083 Max
0.00089978
0.00079125
0.00068272
0.00057419
0.00046566
0.00035713
0.0002486
0.00014007
3.1541e-5 Min
Project*
Model (B4)
Geometry
Materials
Coordinate Systems
Mesh
Static Structural (B5)
Analysis Settings
Bottom edge - vertical displacement constraint
Frictionless Support
Top edge - vertical displacement
Solution (B6)
Solution Information
Total Deformation
Top edge - Circumferential stress
Top edge - Vertical Force Reaction
Graph
Tabular Data
Graphics Annotations
Graph

Ansys


AutoCAD


Autodesk AutoCAD 2019 Drawing1.dwg
Command: LINE
Specify first point:
LINE Specify next point or [Undo]:

AutoCAD


SOLIDWORKS
File Edit View Insert Tools Window Help
Part3
Search Commands
Weldments
Evaluate
SOLIDWORKS Add-Ins
MBD
SOLIDWORKS Inspection
Gusset
Part3 (Default<As ...
History
Sensors
Annotations
Cut list(19)
Material <not sp...
Front
Top
Right
Origin
Weldment
3DSketch1
Rectangular tube...
Square tube - co...
Trim/Extend1
Angle iron - conf...
Boss-Extrude1
Mirror1
Mirror2
Appearances, Scenes, and Decals
Appearances(color)
Scenes
Decals
Default Appearance: color
color
texture
ME-SUT
Model
3D Views
Motion Study 1
Angle: 90deg
Editing Part

Solidworks

2. แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ

2.1. ห้องสมุดและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ



ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีหนังสือ ตำรา และวารสารวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ดังนี้

สาขาวิชา	หนังสือ/ตำรา		รวม	E-book	วารสาร		รวม
	ไทย	ต่างประเทศ			ไทย	ต่างประเทศ	
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี							
คณิตศาสตร์	3,108	798	3,906	54	0	24	24
ฟิสิกส์	1,198	174	1,372	58	1	7	8
ฟิสิกส์/เทคโนโลยีเลเซอร์ฯ	440	15	455	12	0	25	25
เคมี	2,499	725	3,224	131	-	39	39
เคมี/ชีวเคมี	747	117	864	19	0	15	15
ชีววิทยา	299	976	1,275	59	0	43	43
ปรีคลินิก/จุลชีววิทยา	1,545	115	1,660	18	0	17	17
/ชีวเวชศาสตร์	100	3	103	21	0	0	0
วิทยาศาสตร์การกีฬา	265	473	738	19	1	6	7
เทคโนโลยีการจัดการ	1,647	1,438	3,085	129	19	80	99
เทคโนโลยีการเกษตร							
เทคโนโลยีผลิตพืช	923	761	1,684	44	2	31	33
เทคโนโลยีผลิตสัตว์	995	891	1,886	19	8	40	48
เทคโนโลยีอาหาร	801	638	1,439	114	3	22	25

เทคโนโลยีชีวภาพ	880	196	1,076	24	0	14	14
วิทยาศาสตร์สุขภาพ							
พยาบาลศาสตร์	1,235	1,265	2,500	29	5	47	52
แพทยศาสตร์	865	510	1,375	82	7	28	35
ทันตแพทยศาสตร์	139	34	173	103	5	19	24
อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	1,099	876	1,975	17	2	8	10
อนามัยสิ่งแวดล้อม	792	554	1,346	6	2	14	16
สาขาวิชา	หนังสือ/ตำรา		รวม	E-book	วารสาร		รวม
	ไทย	ต่างประเทศ			ไทย	ต่างประเทศ	
วิศวกรรมศาสตร์							
วิศวกรรมการผลิต/วิศวกรรมการผลิต,การออกแบบผลิตภัณฑ์	475	64	539	65	0	1	1
วิศวกรรมเกษตร	892	403	1,295	19	1	7	8
วิศวกรรมขนส่ง	375	722	1,097	47	1	7	8
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	3,972	1,597	5,569	148	0	7	7
วิศวกรรมเคมี	2,403	235	2,638	115	0	10	10
วิศวกรรมเครื่องกล	3,273	251	3,524	214	3	10	13
วิศวกรรมเครื่องกล/วิศวกรรมยานยนต์	268	23	291	12	0	0	0
วิศวกรรมเครื่องกล/วิศวกรรมอากาศยาน	208	15	223	34	0	0	0
วิศวกรรมเครื่องกล/วิศวกรรมการจัดการพลังงาน	-	-	-	1	0	0	0
วิศวกรรมเครื่องกล/วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์	5	-	5	-	0	0	0
วิศวกรรมเซรามิก	996	125	1,121	87	0	9	9
วิศวกรรมโทรคมนาคม	1,335	197	1,532	86	0	6	6
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	12	2	14	7	0	3	3
วิศวกรรมพอลิเมอร์	1,279	99	1,378	36	2	10	12
วิศวกรรมไฟฟ้า	4,591	757	5,348	255	2	5	7
วิศวกรรมโยธา	2,597	1,405	4,002	37	3	36	39
วิศวกรรมโลหการ	967	168	1,135	144	2	11	13
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	983	884	1,867	125	11	10	21
วิศวกรรมอุตสาหการ/วิศวกรรมอุตสาหการ,วิศวกรรมเครื่องมือ	1,271	336	1,607	78	0	9	9
เทคโนโลยีธรณี	1,112	248	1,360	83	1	37	38
เทคโนโลยีการออกแบบ	11	-	11	-	0	0	0

ทั้งนี้ สาขาวิชาสามารถทราบรายชื่อทรัพยากรสารสนเทศที่ต้องการได้ ดังนี้

- **หนังสือ** จากเว็บไซต์ศูนย์บรรณสารฯ URL: http://library.sut.ac.th/ -> เกี่ยวกับ ศบส -> การประกันคุณภาพการศึกษา -> ทรัพยากรสารสนเทศจำแนกตามสาขาวิชา/หลักสูตร -> เลือกสำนักวิชา/สาขาวิชา
- **วารสาร** จากเว็บไซต์ศูนย์บรรณสารฯ URL: http://library.sut.ac.th/ -> ฐานข้อมูลออนไลน์ -> วารสารอิเล็กทรอนิกส์ -> วารสารวิชาการที่ศูนย์บรรณสารฯ จัดให้บริการ -> เลือกสาขาวิชา

นอกจากนี้ ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลในภาพรวมเพิ่มเติม เพื่อสาขาวิชาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ดังนี้

จำนวนทรัพยากรสารสนเทศโดยรวม (ข้อมูล ณ **กันยายน 2563)**

1.1	**หนังสือฉบับพิมพ์ (ทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ)**			**130,441**	**เล่ม**
1.2	**หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่**			**27,092**	**ชื่อเรื่อง**
	1. Cambridge Books Online	132	ชื่อ		
	2. CRCnetBASE	51	ชื่อ		
	3. EBSCO: Audiobook	8	ชื่อ		
	4. EBSCO: eBook Collections	12,466	ชื่อ		
	5. ProQuest Ebook Central	508	ชื่อ		
	6. Gale Virtual Reference Library	15	ชื่อ		
	7. Knovel	8,757	ชื่อ		
	8. MyiLibrary	242	ชื่อ		
	9. OVID: eBook	5	ชื่อ		
	10. Science Direct: eBook	428	ชื่อ		
	11. SpringerLink: eBook	3,149	ชื่อ		
	12. Wiley Online Library	401	ชื่อ		
	13. Wood Head: eBook	49	ชื่อ		
	14. World Scientific	42	ชื่อ		
	15. สำนักพิมพ์อื่น ๆ อาทิ Bentham	839	ชื่อ		
1.3	**วิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์**				
	1. ProQuest Dissertations & Theses Global				
	2. ทรัพยากรสารสนเทศสถาบันอุดมศึกษาไทย (Thai Digital Collection : TDC)				
1.4	**วารสารฉบับพิมพ์ที่บอกรับ**			**185**	**ชื่อเรื่อง**
	(วารสารภาษาไทย 128 ชื่อเรื่อง, วารสารภาษาต่างประเทศ 57 ชื่อเรื่อง)				

1.5 วารสารอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ **5,107 ชื่อเรื่อง**

1.	ACS Online	53	ชื่อ
2.	AIP / APS Journal	24	ชื่อ
3.	ASCE Journal	37	ชื่อ
4.	CINAHL Complete	1,400	ชื่อ
5.	Emerald Management e-Journal	104	ชื่อ
6.	Informed Librarian Online	17	ชื่อ
7.	JSTOR : Mathematics and Statistics	107	ชื่อ
8.	Nature	1	ชื่อ
9.	Proquest Agricultural & Environmental Science Collection	450	ชื่อ
10.	Science Direct	700	ชื่อ
11.	SpringerLink Journal	1,130	ชื่อ
12.	Taylor & Francis : Mathematical Association of AM Collection	4	ชื่อ
13.	Wiley Online Library	1,078	ชื่อ
14.	วารสารเทคโนโลยีสุรนารี	2	ชื่อ

1.6 ฐานข้อมูลออนไลน์ ได้แก่ **20 ฐาน**

1. Academic Search Complete
2. Access Medicine
3. ACM Digital Library
4. ASTM Standards & Journals
5. Clinical Key-Flex
6. Clinical Skills-Nursing
7. Computers & Applied Sciences Complete
8. Dentistry & Oral Science Source
9. IEEE/IET Electronic Library (IEL)
10. JoVE: Environment Collection
11. News Center4
12. NPC Safety and Environmental Service
13. Ovid
14. ProQuest Dissertations & Theses Global
15. SCOPUS
16. Siamsafety.com
17. TAIR (The Arabidopsis Information Resource)
18. Web of Science
19. สมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน (ส.อ.ป.)
20. ห้องสมุดข่าวมติชน (Matichon E-Library)

1.7 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น ซีดีรอมประกอบหนังสือ **11,505 รายการ**

1. บริการสืบค้นสารสนเทศจากทรัพยากรสารสนเทศที่ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาให้บริการและสารสนเทศที่ห้องสมุดอื่น ๆ ทั้งภายในและต่างประเทศ
2. <u>บริการยืมระหว่างห้องสมุด</u>
3. ในกรณีที่ทรัพยากรสารสนเทศไม่มีในศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาได้จัดให้มีบริการยืม/ขอสำเนาเอกสารระหว่างห้องสมุดจากห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาทั้งของรัฐและเอกชน และหน่วยงานที่ให้ความรู้ทางวิชาการภายในประเทศและต่างประเทศ
4. <u>ขอบเขตเนื้อหาของฐานข้อมูลที่จัดบริการ</u>
   1) <u>หนังสืออิเล็กทรอนิกส์</u>
      1. Cambridge Books Online หนังสืออิเล็กทรอนิกส์จากสำนักพิมพ์ Cambridge ประกอบด้วย เนื้อหาด้าน Earth and Environmental Sciences, Economics, Language and Linguistics, Life Sciences, Music, Politics and international relations
      2. CRCnetBASE เป็นส่วนหนึ่งในสำนักพิมพ์ของกลุ่ม Taylor & Francis ซึ่งเป็นสำนักพิมพ์ฯ ชั้น นำแถวหน้าของโลก CRCnetBASE ได้รับรางวัล Science, Technology, and Medicine eBook ยอดเยี่ยม ให้บริการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ทางสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการแพทย์
      3. EBSCO: Audiobook หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เสียง ปัจจุบันศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาบอกรับเพื่อให้บริการ 8 ชื่อเรื่อง
      4. EBSCO: eBook Collections หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของ EBSCOhost ครอบคลุมทุกสาขาวิชา หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 1 ชื่อ สามารถอ่านได้ครั้งละ 1 คน โดยได้ผสมผสานฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์เพื่อการใช้งานอย่างง่ายและสะดวกสบาย เช่น การเข้าถึงเอกสารเต็ม, ขั้นตอนการดาวน์โหลดอย่างง่าย เข้ากันได้ดีกับคอมพิวเตอร์ทุกประเภทรวมทั้งอุปกรณ์พกพาทุกชนิด, การ Download Offline ที่ผู้อ่านสามารถอ่าน eBooks ได้โดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณอินเทอร์เน็ต, การจดบันทึก, การพิมพ์, การอีเมล์, การทำอ้างอิง และอื่น ๆ
      5. ProQuest Ebook Central หนังสืออิเล็กทรอนิกส์จากสำนักพิมพ์ชั้นนำกว่า 220 สำนักพิมพ์ครอบคลุมสาขาวิชาบริหารการบิน การท่องเที่ยวและโรงแรม ดิจิตอล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโยธาเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ พลังงานและสิ่งแวดล้อม สถิติ วิทยาศาสตร์อาหาร อาชีวอนามัยพยาบาล การแพทย์ ทันตแพทย์ ภาษาอังกฤษ
      6. Gale Virtual Reference Library ฐานข้อมูลหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ที่มีหนังสือหลากหลายสาขาวิชาตามที่มหาวิทยาลัยมีการสั่งซื้อ มีการใช้งานในรูปแบบไม่จำกัดจำนวนผู้เข้าใช้ ไม่ต้องรอยืม-คืน สามารถอ่านได้ในรูปแบบ HTML และ PDF มาพร้อมกับเครื่องมืออันทันสมัย เช่น การทำ Highlight, การสร้างบันทึก, การให้บริการแบบไม่จำกัดจำนวนครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการจัดพิมพ์, การดาวน์โหลด, การส่งเนื้อหาไปยังอีเมล์ นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถผูกบัญชีร่วมกันกับ Google Drive หรือ OneDrive ได้อย่างง่ายดาย, สามารถแปลภาษาเนื้อหาข้อมูล,สามารถอ่านออกเสียงให้ฟัง หรือจะดาวน์โหลดเป็นรูปแบบ MP3, การแชร์เนื้อหาไปให้ผู้ที่อยู่ในโลกสื่อ Social ได้ผ่านทาง Facebook, Twitter และอื่น ๆ มากมาย
      7. Knovel หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ชั้นนำ เช่น ASME, AIChE, Chem Tech Publishing, Elsevier, Industrial Press, Institute of Physics, John Wiley & Sons, McGraw Hill, Royal Society of Chemistry, Springer – Verlag ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เคมี ชีวเคมี ชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ วิทยาศาสตร์การอาหาร เภสัชและเครื่องสำอาง ให้

เอกสารฉบับเต็มเป็น PDF โดยใช้โปรแกรม Acrobat reader มี Interactive Table ช่วยการค้นหาข้อมูลที่ต้องการให้สะดวกรวดเร็วมากขึ้น หนังสือทุกเล่มเข้าใช้ได้พร้อมกันไม่จำกัดจำนวนผู้ใช้

8. MyiLibrary หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ชั้นนำ ครอบคลุมทุกสาขาวิชา
9. OVID: e-Book หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านแพทยศาสตร์ ปัจจุบันศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาบอกรับเพื่อให้บริการ 5 ชื่อเรื่อง
10. Science Direct: eBook หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ Science Direct ให้ข้อมูลเอกสารฉบับเต็มรูปแบบไฟล์ PDF แยกเป็นบท (Chapter) ผู้ใช้บริการสามารถสืบค้น สั่งพิมพ์และบันทึกเพื่อจัดเก็บได้เช่นเดียวกับการสืบค้นวารสารจาก Science Direct
11. SpringerLink: eBook ข้อมูลรายการบรรณานุกรม และเอกสารฉบับเต็มของหนังสือจำนวน 2,334 ชื่อ ครอบคลุมทุกสาขาวิชา ได้แก่ ด้านการเกษตร ด้านชีววิทยา ด้านธุรกิจ เศรษฐกิจและการบริหารจัดการ ด้านฟิสิกส์ เคมี ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านคอมพิวเตอร์ ด้านระบบเครือข่ายและการสื่อสาร ด้านคณิตศาสตร์สถิติ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ด้านกฎหมาย ด้านการศึกษา ด้านประวัติศาสตร์
12. Wiley Online Library หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ John Wiley & Sons ครอบคลุมสาขาวิชาด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
13. Wood Head: eBook หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ Wood Head ครอบคลุมทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ให้ข้อมูลเอกสารฉบับเต็มรูปแบบไฟล์ PDF แยกเป็นบท (Chapter) ผู้ใช้บริการสามารถสืบค้น สั่งพิมพ์และบันทึกเพื่อจัดเก็บได้
14. World Scientific หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ World Scientific ครอบคลุมทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เศรษฐศาสตร์ การเงินและการจัดการ

2) <u>หนังสืออ้างอิงอิเล็กทรอนิกส์</u>

1 ProQuest Dissertations & Theses Global ฐานข้อมูลที่รวบรวมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ฉบับเต็ม (Full-text) ของสถาบันการศึกษาที่ได้รับการรับรองจากประเทศสหรัฐอมริกา และแคนาดา รวมถึงบางสถาบันการศึกษาจากทวีปยุโรป ออสเตรเลีย เอเชีย และแอฟริกา มากกว่า 1000 แห่ง ประกอบไปด้วยเอกสารฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกและปริญญาโทตั้งแต่ปี 1997 ถึงปัจจุบัน ไม่น้อยกว่า 1.1 ล้านรายการ และสาระสังเขปวิทยานิพนธ์ไม่น้อยกว่า 2.4 ล้านรายการ

2 ทรัพยากรสารสนเทศสถาบันอุดมศึกษาไทย (Thai Digital Collection : TDC) ฐานข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อ เอกสารฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ รายงานการวิจัย บทความวิชาการ รวบรวมโดยมหาวิทยาลัย/สถาบันต่าง ๆ ในประเทศไทย

3) <u>วารสารอิเล็กทรอนิกส์</u>

1 ACS Online ฐานข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อ และเอกสารเต็มของบทความ งานวิจัยจากวารสารด้านเคมีและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 36 ชื่อเรื่อง ครอบคลุมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996-ปัจจุบัน

2 AIP / APS Journal วารสารอิเล็กทรอนิกส์ของสำนักพิมพ์ American Institute of Physics and American Physical Society รวม 23 ชื่อเรื่อง (AIP 13 ชื่อเรื่อง ให้ข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี-ปัจจุบัน, APS 10 ชื่อเรื่อง ให้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี-ปัจจุบัน) ให้ข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อ และเอกสารเต็มของวารสารด้านฟิสิกส์และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

3 ASCE Journal ฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์ของ American Society of Civil Engineering ให้ข้อมูลเอกสารเต็มของบทความวารสารทางด้านการวิศวกรรมโยธา 37 ชื่อเรื่อง ย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995-ปัจจุบัน

4 CINAHL Complete ฐานข้อมูลวารสารด้านการพยาบาลและสหเวช มีวารสารฉบับเต็มมากกว่า 1,400 ชื่อ ครอบคลุมในสาขาวิชาการพยาบาล สหเวชศาสตร์ และการสาธารณสุขมากที่สุด โดยผู้ใช้จะสามารถสืบค้นข้อมูลที่เป็นวารสารฉบับเต็มได้ ทั้งนี้ข้อมูลที่สืบค้นจะสามารถสืบค้นย้อนหลังได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1937 จนถึงปัจจุบัน CINAHL Complete ถือเป็นฐานข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากที่สุดและเหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ตัวช่วยทางด้านงานวิจัย และ เพื่องานวิจัยสำหรับสถาบันที่มีการศึกษาทางด้านการพยาบาล สหเวชศาสตร์ และการสาธารณสุขโดยเฉพาะ

5 Emerald Management e-Journal เป็นฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์โดยครอบคลุมวารสารทางด้านการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ การเงินและการบัญชี ระบบอัตโนมัติขั้นสูง กฎหมายและจริยธรรมทางธุรกิจ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เศรษฐศาสตร์ การศึกษา การผลิตและการบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ บริษัทและนวัตกรรมการดูแลสุขภาพ การจัดการทรัพยากรมนุษย์ อุตสาหกรรมการจัดการภาครัฐบาล การจัดการข้อมูลข่าวสารและความรู้ ธุรกิจระหว่างประเทศ การเรียนรู้และการพัฒนาการบรรณารักษศาสตร์และสารสนเทศ วิทยาการการจัดการ การจัดการคุณภาพ การตลาด วัสดุศาสตร์และวิศวกรรม การปฏิบัติการและการจัดการขนส่งสินค้า การจัดการองค์กร การจัดการและประเมินผล การเมืองและนโยบาย อสังหาริมทรัพย์ สังคมวิทยา และมานุษยวิทยากว่า 104 ชื่อเรื่อง ให้ข้อมูลเอกสารเต็มย้อนหลังครอบคลุมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994-ปัจจุบัน และให้สาระสังเขปย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989

6 Informed Librarian Online ฐานข้อมูลวารสารออนไลน์ INFORMED LIBRARIAN ONLINE สามารถค้นหาเนื้อหาของวารสารออนไลน์ทั้งหมดผ่านลิงค์, ปัจจุบันมีเอกสารมากกว่า 330,000 ฉบับ, มีการบันทึกคุณลักษณะการค้นหา สามารถเข้าใช้งานวารสารออนไลน์ได้ทุก ISSUE ย้อนหลังถึงปี ค.ศ. 2003

7 JSTOR ฐานข้อมูลวารสารฉบับเต็มของวารสารทางสาขาคณิตศาสตร์และสถิติ ย้อนหลังตั้งแต่ปี 2006-ปัจจุบัน พร้อมทั้งมีส่วนของ JSTOR archive collection

8 Nature วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนานาชาติชั้นนำของ Nature รายสัปดาห์ เป็นวารสารที่มีการอ้างถึงหลากหลายสาขาวิชามากที่สุด

9 ProQuest Agricultural & Environmental Science Collection ฐานข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อและเอกสารเต็มวารสารของ Proquest LLC. รวมถึง AGRICOLA, TOXLINE, ESPM (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการจัดการมลพิษ) ที่มีชื่อเสียงและฐานข้อมูลรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIS) ครอบคลุมสาขาวิชาการเกษตร สัตวศาสตร์ สัตวแพทยศาสตร์ พืชศาสตร์ ป่าไม้ การประมง อาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกว่า 450 ชื่อเรื่อง ย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960-ปัจจุบัน

10 Science Direct ฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์ จากบริษัท Elsevier ในปี 2019 วารสารในฐานข้อมูลตามการบอกรับแบบภาคีของสำนักงานการครอบคลุม 4 Subject collection ได้แก่

1.วารสารสาขาวิชา Agricultural and Biological Sciences

2. วารสารสาขาวิชา Engineering

3. วารสารสาขาวิชา Social Sciences

4. วารสารสาขาวิชา Immunology and Microbiology

11 SpringerLink Journal ฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์เอกสารเต็ม ของ Springer. Part of Springer Science + Business Media ครอบคลุมบทความวารสารทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์สุขภาพ กว่า 1,130 ชื่อเรื่อง ให้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997-ปัจจุบัน

12 Taylor & Francis: Mathematical Association of AM Collection วารสารอิเล็กทรอนิกส์ Mathematical Association of AM Collection ทางสาขาวิชาคณิตศาสตร์ สถิติและเศรษฐศาสตร์ สามารถเข้าถึงเอกสารฉบับเต็มย้อนหลังได้ถึงปี ค.ศ. 1998

13 Wiley Online Library ฐานข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อและเอกสารเต็มวารสารอิเล็กทรอนิกส์ ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการแพทย์ และมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จัดทำโดย John Wiley & Sons จำนวน 1,200 ชื่อเรื่อง ให้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1997-ปัจจุบัน

14 วารสารเทคโนโลยีสุรนารี จัดทำโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชื่อ Suranaree Journal of Science and Technology และทางด้านสังคมศาสตร์ ภาษาศาสตร์ การจัดการ เทคโนโลยีสารสนเทศในชื่อ Suranaree Journal of Social Science

4) <u>ฐานข้อมูลออนไลน์</u>

1 Academic Search Complete ฐานข้อมูลสหสาขาวิชาที่มีขนาดใหญ่และดีที่สุด และครอบคลุมสาขาวิชาจำนวนมากที่สุดของโลกฐานข้อมูลหนึ่ง ประกอบด้วยจำนวนวารสารที่มีข้อมูลฉบับเต็มมากกว่า 8,500ชื่อเรื่อง ย้อนหลังไปตั้งแต่ปีค.ศ1887 และครอบคลุมทุกสาขาวิชาการ ได้แก่ : มานุษยวิทยา, ดาราศาสตร์, ชีววิทยา, เคมี, วิศวกรรมโยธา, วิศวกรรมศาสตร์, การศึกษาชาติพันธุ์&วัฒนธรรม, ภูมิศาสตร์, กฎหมาย, วัสดุศาสตร์, คณิตศาสตร์, ดนตรี, เภสัชศาสตร์, ฟิสิกส์, จิตวิทยา, ศาสนาและเทววิทยา, สัตว์แพทยศาสตร์, สตรีศึกษา, สัตววิทยาและสาขาอื่น ๆ

2 Access Medicine ฐานข้อมูลหนังสือตำราทางการแพทย์ฉบับเต็มของสำนักพิมพ์ McGraw-Hill ประกอบด้วยตำราหลัก 2 กลุ่ม คือ ปรีคลินิก และคลินิก รวมทั้งมีข้อมูลยามากกว่า 51,000 รายการ ข้อมูลแนวทางการรักษา วินิจฉัยอาการความผิดปกติและข้อมูลเชิงสรุป วีดีโอภาพประกอบ คู่มือผู้ป่วย ข้อมูลปัจจุบันและข่าวในวงการแพทย์และสาธารณสุข ตลอดจนแบบทดสอบเพื่อประเมินตนเองจากหนังสือเล่มต่าง ๆ

3 ACM Digital Library ฐานข้อมูลบรรณานุกรม บทคัดย่อ article reviews และเอกสารเต็มของบทความวารสาร นิตยสาร รายงานความก้าวหน้า เอกสารการประชุมวิชาการ สิ่งพิมพ์ต่อเนื่อง และจดหมายข่าวทางด้านคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกว่า 400 ชื่อเรื่อง จัดทำโดย ACM (Association for Computing Machinery) ให้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ ค.ศ. 1985-ปัจจุบัน

4 ASTM Standards & Journals ฐานข้อมูลบรรณานุกรม สาระสังเขป เอกสารเต็มของวารสารด้านวิศวกรรมโยธา จำนวน 3 ชื่อเรื่อง ได้แก่ Geotechnical Testing Journal, The Journal of International, Journal of Testing and Evaluation จากสำนักพิมพ์ American Society for Testing and Materials โดยให้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987-ปัจจุบัน และมาตรฐานกว่า 12,000 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องยาง ปิโตรเคมี คอนกรีต ห้องปฏิบัติการทดสอบ เครื่องมือแพทย์ โดยสามารถสืบค้นข้อมูลได้พร้อมกัน 35 ผู้ใช้

5 Clinical Key-Flex ฐานข้อมูลทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ใหญ่ที่สุดในโลก ช่วยในการวิเคราะห์วินิจฉัยโรค รวบรวมหนังสือทางการแพทย์มากกว่า 1,000 รายการ

และวารสารทางการแพทย์มากกว่า 500 รายการ หนังสือและวารสารดังกล่าวสามารถเข้าใช้งานแบบ Full-Text ได้ทั้งหมด และยังมีข้อมูลอื่น ๆ เช่น Clinical Overview ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับ Evidence-Based Medicine, Guidelines ทางการแพทย์มากกว่า 80 องค์กรแพทย์ทั่วโลก, Procedure Consults หัตถการทางการแพทย์, วีดีโอมากกว่า 1,000 รายการ, รูปภาพมากกว่า 1,000,000 รูป, ฐานข้อมูลยาจาก Gold Standard, คู่มือผู้ป่วย, พร้อมทั้ง Medline รวบรวม Abstract ต่าง ๆ จาก PubMed มีการปรับปรุงข้อมูลในฐานทุกวัน

6 Clinical Skills-Nursing ฐานข้อมูลทางการพยาบาลที่นำเสนอข้อมูลและหลักฐานทางการพยาบาล ซึ่งมีวิดีโอมากกว่า 500 ทักษะทางการพยาบาล พร้อมคู่มือประกอบต่าง ๆ รวมไปถึงแบบฝึกหัดทบทวน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพ และเข้าใจในวิธีการทำทักษะทางการพยาบาลในแต่ละเรื่องนั้น ๆ

7 Computers & Applied Sciences Complete ครอบคลุมสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ช่วงปีของข้อมูล : ค.ศ.1965 – ปัจจุบัน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลความรู้ความ ความท้าทายทางวิศวกรรมแบบดั้งเดิมและงานวิจัยและเป็นทรัพยากรเพื่องานวิจัยที่ส่งผลกระทบทางธุรกิจและสังคมของเทคโนโลยีใหม่ CASC มีดัชนีและสาระสังเขปจากจำนวนวารสารมากกว่า 2,200 รายชื่อ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลฉบับเต็มจากวารสารมากกว่า 1,020 ชื่อเรื่อง ครอบคลุมสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์, ทฤษฎีและระบบคอมพิวเตอร์, ระบบเทคโนโลยีใหม่

8 Dentistry & Oral Science Source ครอบคลุมมุมมองทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับสาขาทันตกรรม รวมถึงสาธารณสุขด้านทันตกรรม เอ็นโดดอนติกส์ (endodontics) อาการปวดหน้า & ศัลยกรรม การศึกษาเกี่ยวกับฟันและโรคฟัน พยาธิวิทยา/ศัลยกรรม/รังสีวิทยาด้านช่องปาก & แม็กซิโลเฟเชียล ทันตกรรมจัดฟัน ทันตกรรมสำหรับเด็ก ปริทันตวิทยา และทันตกรรมประดิษฐ์ ฐานข้อมูลนี้ได้รับการอัพเดตทุกสัปดาห์ใน EBSCOhost

9 IEEE/IET Electronic Library (IEL) ฐานข้อมูลเอกสารเต็มของวารสาร นิตยสาร รายงานความก้าวหน้า และเอกสารการประชุม รวมทั้งเอกสารมาตรฐานต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กว่า 1.2 ล้านรายการจากสิ่งพิมพ์มากกว่า 12,000 ชื่อเรื่อง จาก 2 แหล่งข้อมูล คือ The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) และ The Institution of Engineering and Technology (IET)

10 JoVe Environment Collection เป็นฐานข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ Peer reviewed Journal มุ่งเผยแพร่ผลงานวิจัย (13 Journal sections) และวิดีโอคอลเล็คชั่นโดยมหาวิทยาลัยบอกรับเฉพาะ Environment Collection โดยวิดีโอส่วนใหญ่จะมีคำบรรยายท้ายเกี่ยวกับวิดีโอ เพื่อรองรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

11 News Center 4 บริการข้อมูลข่าวสารออนไลน์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่มีเนื้อหาหลากหลายจากสื่อออนไลน์และออฟไลน์ ทั้งในประเทศและต่างประเทศกว่า 200 แหล่ง อัพเดทประเด็นข่าวรายวันที่กำลังอยู่ในกระแสได้ทันทีจากแถบเมนู รองรับไฟล์มัลติมีเดียและไฟล์เอกสาร สามารถสืบค้นข้อมูลทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ย้อนหลังได้มากกว่า 15 ปี

12 NPC Safety and Environmental Service ฐานข้อมูลให้ข้อมูลการอบรม กฎหมาย มาตรฐานและสารสนเทศทางด้านเกี่ยวกับ ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม

13 Ovid ฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ด้านเทคนิคและการแพทย์ นับร้อยจากผู้จัดพิมพ์และสังคมมากกว่า 50 ราย

14 ProQuest Dissertations & Theses Global ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทและปริญญาเอกฉบับเต็มของสถาบันการศึกษาที่ได้รับการรับรองจากประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดา รวมถึงบางสถาบันการศึกษาจากทวีปยุโรป ออสเตรเลีย เอเชีย และแอฟริกา มากกว่า 1,000 แห่ง ประกอบไปด้วยเอกสารฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกและปริญญาโท ตั้งแต่ปี 1997 ถึงปัจจุบัน ไม่น้อยกว่า 1 ล้านรายการ และสาระสังเขปวิทยานิพนธ์ไม่น้อยกว่า 2.4 ล้านรายการ

15 SCOPUS เป็นฐานข้อมูลดรรชนีและสาระสังเขปของวารสารวิชาการกว่า 15,000 ชื่อเรื่อง มีข้อมูลกว่า 29 ล้านระเบียนจากสำนักพิมพ์กว่า 4,000 แห่งทั่วโลก โดยให้ข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-ปัจจุบัน ซึ่งรายการวารสารที่ปรากฏหากเป็นวารสารที่ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษาบอกรับจะสามารถเรียกดูเอกสารฉบับเต็มได้

16 Siamsafety.com ให้ข้อมูลเกี่ยวกับงานปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม

17 TAIR (The Arabidopsis Information Resource) ฐานข้อมูลทางด้านชีววิทยาและโมเลกุลของ Arabidopsis thaliana ซึ่งเป็นพืชจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย จัดทำโดยบริษัท Phoenix Bioinformatics Corporation ร่วมมือกับ Arabidopsis Biological Resource Center (ABRC) เพื่อให้นักวิจัยสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์และดีเอ็นเอ และยังมีข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ Arabidopsis Genome Initiative (AGI), โปรโตคอลห้องปฏิบัติการของ Arabidopsis และลิงก์ที่เป็นประโยชน์

18 Web of Science ฐานข้อมูลบรรณานุกรมและบทคัดย่อพร้อมการอ้างอิงและอ้างถึง ครอบคลุมสาขาวิชาหลักทางด้านวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และมนุษยศาสตร์ จากวารสารประมาณ 9,200 ชื่อเรื่องเรื่อง ให้ข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001-ปัจจุบัน

19 สมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน (ส.อ.ป) เว็บไซต์ของสมาคม อาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน (ส.อ.ป) ในการค้นคว้าข้อมูล หรือ ดาวน์โหลดเอกสารข้อมูลต่าง ๆ และเพื่อติดตามข่าวสารด้านความปลอดภัยของ สมาคม ฯ ตามสิทธิ์ที่สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์ เป็นสมาชิกประเภทสถาบัน

20 ห้องสมุดข่าวมติชน (Matichon E-Library) บริการสืบค้นที่ครอบคลุมฐานข้อมูลจาก สื่อสิ่งพิมพ์มากที่สุดกว่า 30 ฉบับในเมืองไทยทางเลือกใหม่ในการสืบค้นและติดตามข้อมูลในหมวดและหัวเรื่องที่คุณหรือองค์กรต้องการ ทุกที่ทุกเวลา ในรูปแบบของ ข่าว สัมภาษณ์ บทความ บทวิเคราะห์-วิจารณ์ รายงาน หรือข้อเขียนอื่น ๆ เกี่ยวข้องกับองค์กร ภาครัฐและเอกชน รวมทั้งบุคคลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจทุกประเภทในเครือมติชน และสื่อสิ่งพิมพ์อีกกว่า 30 ฉบับในเมืองไทย

ข้อมูล ณ เดือนกันยายน 2563

2.2. สิ่งอำนวยความสะดวก



ตู้ยืมหนังสือด้วยตนเอง

บริการยืมหนังสือ นิตยสาร ด้วยตนเอง จัดให้บริการ ณ อาคารบรรณสาร ชั้น 1



ตู้รับคืนหนังสือด้วยตนเอง

บริการรับคืนหนังสือ นิตยสาร ด้วยตนเอง จำนวน 8 จุด ภายในมหาวิทยาลัย ได้แก่

1. อาคารบรรณสาร
2. อาคารเรียนรวม 1
3. อาคารเรียนรวม 2
4. อาคารวิชาการ 1
5. อาคารวิชาการ 2
6. อาคารเครื่องมือ 9
7. หอพักสุรนิเวศ 4
8. หอพักสุรนิเวศ 7-8



SUT WiFi

บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย ครอบคลุมทั้งภายในและรอบอาคารบรรณสาร



เครื่องคอมพิวเตอร์

บริการคอมพิวเตอร์เพื่อสืบค้นและพิมพ์ผล จัดให้บริการ ณ อาคารบรรณสาร ชั้น 1 และ 3



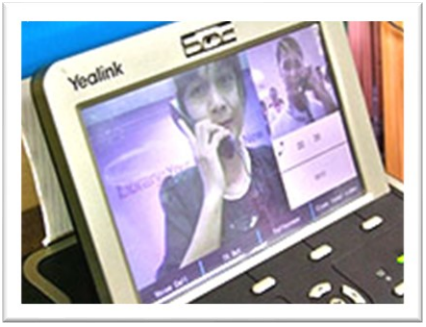
เครื่องพิมพ์

บริการเครื่องพิมพ์เพื่อพิมพ์ผลการสืบค้นและเตรียมเอกสาร จัดให้บริการ ณ อาคารบรรณสาร ชั้น 1 และ 3 โดยผู้ใช้บริการสามารถเติมเงินเข้าระบบพิมพ์ผลได้ที่เคาน์เตอร์ Information อาคารบรรณสาร ชั้น 1



เครื่องสแกนเอกสาร

บริการเครื่องสแกนสำหรับให้ผู้ใช้บริการสแกนเอกสารต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้รหัสผ่านเดียวกันกับการเข้าใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบริการสืบค้นและพิมพ์ผล จัดให้บริการ ณ อาคารบรรณสาร ชั้น 2



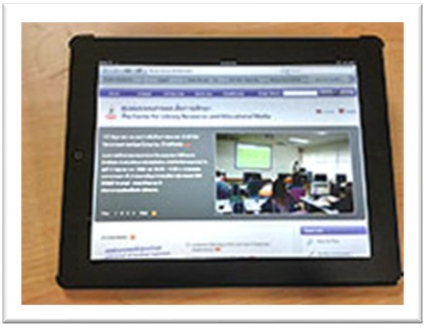
บริการ Ask a Librarian

บริการรับแจ้งปัญหา สอบถามข้อมูลกับบรรณารักษ์ผ่านเครื่อง IP video phone ที่มีจอแสดงภาพคู่สนทนา จัดให้บริการ จำนวน 5 จุด ได้แก่ อาคารบรรณสาร ชั้น 2 และ 3



eBook reader

บริการเครื่องอ่านหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สามารถบรรจุหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบไฟล์ pdf ได้กว่า 3,500 เล่ม ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



iPad

บริการ iPad สำหรับสืบค้นสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อ่านหนังสือ นิตยสาร บทความอิเล็กทรอนิกส์ ค้นหาศัพท์ ดูหนัง ฟังเพลง ติดตามข่าวสารและ Application ต่าง ๆ ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



iPod

บริการเครื่องเล่นมัลติมีเดียขนาดเล็ก (iPod) สำหรับฟังเพลงและชมภาพยนตร์ ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



CyberDict

บริการพจนานุกรมอิเล็กทรอนิกส์ รวบรวมคำศัพท์จากพจนานุกรมกว่า 60 เล่ม สำหรับฝึกออกเสียงคำศัพท์ได้ 4 ภาษา เรียนรู้รูปแบบคำศัพท์และรูปแบบประโยค พร้อมฟังก์ชั่นมัลติมีเดีย ดูหนัง ฟังเพลง และเกมฝึกทักษะ ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



Quicktionary

บริการปากกาแปลคำศัพท์ รวบรวมคำศัพท์ทุกสาขาวิชากว่า 200,000 คำ หน้าจอแสดงคำที่ถูกสแกน คำแปล และออกเสียงคำหรือประโยคที่ถูกสแกน โดยสามารถแปลภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย จีน ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส และสเปน ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



LED TV

บริการ LED TV เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับ Note Book สำหรับนำเสนอรายงาน และทบทวนรายวิชา จัดให้บริการภายในห้องค้นคว้ากลุ่ม G01-08



Mini Projector

บริการเครื่องฉายภาพขนาดเล็กสำหรับนำเสนอ รายงาน และทบทวนรายวิชา ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



ปลั๊กพ่วง

บริการปลั๊กพ่วงสำหรับนำไปใช้ภายในห้องสมุด ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



โคมไฟตั้งโต๊ะ

บริการโคมไฟตั้งโต๊ะสำหรับนำไปใช้ภายในห้องสมุด ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



กระเป๋าสำหรับใส่หนังสือ

บริการกระเป๋าสำหรับใส่หนังสือให้ยืมออกและระยะเวลาในการยืมเช่นเดียวกับหนังสือ ขอใช้บริการได้ที่เคาน์เตอร์ Information ชั้น 1



โต๊ะญี่ปุ่น

บริการโต๊ะญี่ปุ่นสำหรับนำไปใช้ภายในห้องสมุดและเก็บคืนที่จุดให้บริการ จัดให้บริการ ณ บริเวณข้างลิฟต์ อาคารบรรณสาร ชั้น 2



รถเข็นใส่หนังสือ

บริการรถเข็นพับได้ขนาดเล็กนำไปใช้ภายในห้องสมุดและเก็บคืนที่จุดให้บริการ จัดให้บริการ ณ บริเวณข้างตู้ฝากสัมภาระ อาคารบรรณสาร ชั้น 1



ตู้เก็บสัมภาระ

บริการตู้เก็บสัมภาระ ผู้ใช้บริการสามารถตั้งรหัสเปิด-ปิดตู้เก็บสัมภาระได้ด้วยตนเอง จัดให้บริการ จำนวน 2 จุด ณ อาคารบรรณสาร ชั้น 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ที่ตั้ง 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000





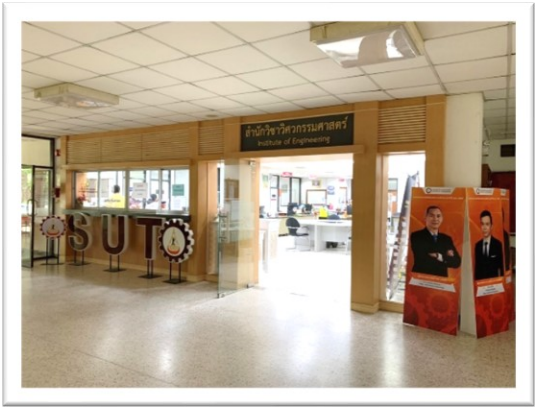




สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ อาคารวิชาการ 1 ส่วนงานบริหารสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

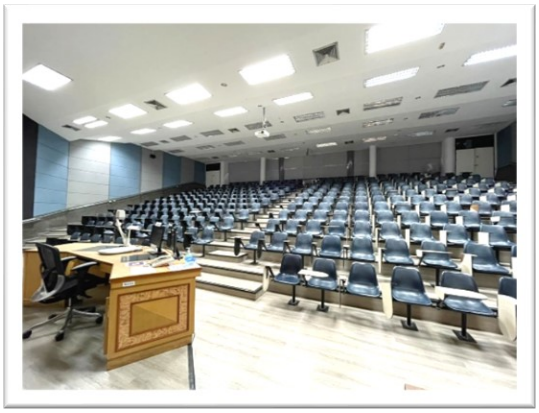
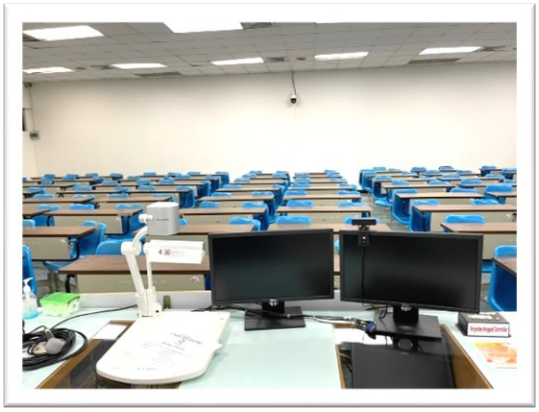
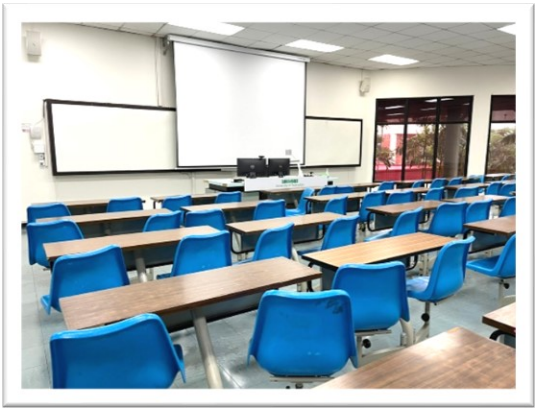








อาคารเรียนรวม อาคารสำหรับจัดการเรียนการสอนในรายวิชาบรรยาย

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคารสำหรับจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ช่วยใน การออกแบบทางวิศวกรรม








3. การประกันคุณภาพการศึกษา

- รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตรหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2561)
- โครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ : EdPEx 200 โดยสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.)

P 7, 9

(ระดับปริญญาตรี)



รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2561)

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำปีการศึกษา 2563

(3 สิงหาคม 2563 - 15 สิงหาคม 2564)

ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร
วันที่ 28 ตุลาคม 2564

รายนามคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร ปีการศึกษา 2563

.....

(อาจารย์ ดร.จิตติมา วระกุล)
ประธานกรรมการ

.....

(อาจารย์ ดร.วีณา รองจะโปะ)
กรรมการ

.....

(นางสาวสายฝน สิบพลกรัง)
เลขานุการ

บทสรุปผู้บริหาร

ผลการดำเนินงานของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2561) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีการศึกษา 2563 พบว่า

องค์ประกอบที่ 1 การกำกับให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรีของสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.) มีการบริหารจัดการหลักสูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 มีผลการดำเนินงานเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ 5 ข้อ ทั้งนี้ ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและได้รับความเห็นชอบจากคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และคณะกรรมการประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ 15/2564 เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2564

องค์ประกอบที่ 2 การพัฒนาคุณภาพของหลักสูตรตามเกณฑ์ AUN-QA ประกอบด้วย 11 ตัวบ่งชี้ (AUN-QA 1 ถึง AUN QA-11) แต่ละตัวบ่งชี้ประกอบไปด้วยเกณฑ์ย่อยที่ต้องพิจารณา และผลการประเมินเป็น 7 ระดับ โดยมีคะแนนผลการประเมิน ดังนี้

เกณฑ์ AUN-QA ที่	ชื่อเกณฑ์	คะแนนผลการประเมิน (คะแนน)
1	Expected Learning Outcomes	3
2	Programme Specification	3
3	Programme Structure and Content	2
4	Teaching and Learning Approach	3
5	Student Assessment	3
6	Academic Staff Quality	3
7	Support Staff Quality	3
8	Student Quality and Support	3
9	Facilities and Infrastructure	3
10	Quality Enhancement	2
11	Output	2

ผลการประเมินองค์ประกอบที่ 1
การกำกับให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี

ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 การบริหารจัดการหลักสูตรตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2561) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มีการบริหารจัดการหลักสูตร **เป็น** ไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- **เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558**

ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน
1	**จำนวนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร**	**เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558** มีอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร จำนวนอย่างน้อย 5 คน เป็นอาจารย์ประจำไม่เกินกว่า 1 หลักสูตร และประจำหลักสูตรตลอดระยะเวลาที่จัดการศึกษาตามหลักสูตร
2	**คุณสมบัติของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร**	**เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558** อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร มีคุณวุฒิปริญญาเอก 5 คน ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ 1 คน ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ 1 คน ตำแหน่งอาจารย์ 3 คน ในสาขาวิศวกรรมเครื่องกล หรือสาขาอื่นที่สัมพันธ์กัน (ผลงานวิชาการตามเอกสารแนบ)
3	**คุณสมบัติของอาจารย์ประจำหลักสูตร**	**เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558** อาจารย์ประจำหลักสูตร มีคุณวุฒิปริญญาเอก 5 คน ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ 1 คน ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ 1 คน ตำแหน่งอาจารย์ 3 คน ในสาขาวิศวกรรมเครื่องกล หรือสาขาอื่นที่สัมพันธ์กัน (ผลงานวิชาการตามเอกสารแนบ)
4	**คุณสมบัติของอาจารย์ผู้สอน**	**เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558** อาจารย์ผู้สอน มีทั้งหมด 25 คน มีคุณวุฒิปริญญาโท 5 คน ปริญญาเอก 20 คน เป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ 2 คน ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ 8 คน ตำแหน่งอาจารย์ 15 คน ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หรือสาขาวิชาที่สัมพันธ์กัน (ผลงานวิชาการตามเอกสารแนบ)
10	**การปรับปรุงหลักสูตรตามรอบระยะเวลาที่กำหนด**	**เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ. 2558** 1) เริ่มเปิดหลักสูตรครั้งแรกในปี พ.ศ. 2536 2) สถานะของหลักสูตรที่ใช้ในปีการศึกษา พ.ศ.2563 ☑ หลักสูตรยังอยู่ในระยะเวลาที่กำหนด ☐ หลักสูตรเกินรอบระยะเวลาที่กำหนด (และจะปรับปรุงให้แล้วเสร็จและประกาศใช้ในปี พ.ศ.....)
สรุปผล : หลักสูตรมีผลการดำเนินงานเป็นไปตามเกณฑ์การกำกับมาตรฐาน 5 ข้อ		

ลงชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร (จำนวน 5 ท่าน ตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรฯ พ.ศ.2558)

1. ..... อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)

2. ..... อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กีรติ สุลักษณ์)

3. ..... อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
(อาจารย์ ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์)

4. ..... อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
(อาจารย์ ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล)

5. ..... อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
(อาจารย์ ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ)

ทั้งนี้ ผลการดำเนินงานตามองค์ประกอบที่ 1 การกำกับมาตรฐานหลักสูตรได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง และได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการประจำสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 15/2564 เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2564

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาขององค์ประกอบที่ 1 (ถ้ามี)

.....

.....

ผลการประเมินองค์ประกอบที่ 2
การพัฒนาคุณภาพของหลักสูตรตามเกณฑ์ AUN-QA

Criteria		คะแนนประเมินตนเอง	คะแนนประเมินโดยคณะกรรมการ
1.	**Expected Learning Outcomes**		
1.1	The expected learning outcomes have been clearly formulated and aligned with the vision and mission of the university *[1,2]*	3	3
1.2	The expected learning outcomes cover both subject specific and generic (i.e. transferable) learning outcomes *[3]*	3	4
1.3	The expected learning outcomes clearly reflect the requirements of the stakeholders *[4]*	3	2
	Overall opinion	3	3
2.	**Programme Specification**		
2.1	The information in the programme specification is comprehensive and up-to-date *[1,2]*	3	3
2.2	The information in the course specification is comprehensive and up-to-date *[1,2]*	2	3
2.3	The programme and course specifications are communicated and made available to the stakeholders *[1,2]*	3	2
	Overall opinion	3	3
3.	**Programme Structure and Content**		
3.1	The curriculum is designed based on constructive alignment with the expected learning outcomes *[1]*	3	2
3.2	The contribution made by each course to achieve the expected learning outcomes is clear *[2]*	3	2
3.3	The curriculum is logically structured, sequenced, integrated and up-to-date *[3, 4, 5, 6]*	3	3
	Overall opinion	3	2
4.	**Teaching and Learning Approach**		
4.1	The educational philosophy is well articulated and communicated to all stakeholders *[1]*	4	2
4.2	Teaching and learning activities are constructively aligned to the achievement of the expected learning outcomes [2, 3, 4, 5]	3	3
4.3	Teaching and learning activities enhance life-long learning *[6]*	3	3
	Overall opinion	3	3

Criteria		คะแนนประเมินตนเอง	คะแนนประเมินโดยคณะกรรมการ
5.	**Student Assessment**		
5.1	The student assessment is constructively aligned to the achievement of the expected learning outcomes *[1,2]*	3	2
5.2	The student assessments including timelines, methods, regulations, weight distribution, rubrics and grading are explicit and communicated to students *[4,5]*	3	3
5.3	Methods including assessment rubrics and marking schemes are used to ensure validity, reliability and fairness of student assessment *[6,7]*	3	3
5.4	Feedback of student assessment is timely and helps to improve learning *[3]*	3	3
5.5	Students have ready access to appeal procedure *[8]*	3	3
	Overall opinion	3	3
6.	**Academic Staff Quality**		
6.1	Academic staff planning (considering succession, promotion, re-deployment, termination, and retirement) is carried out to fulfil the needs for education, research and service *[1]*	3	3
6.2	Staff-to-student ratio and workload are measured and monitored to improve the quality of education, research and service *[2]*	3	3
6.3	Recruitment and selection criteria including ethics and academic freedom for appointment, deployment and promotion are determined and communicated *[4, 5, 6, 7]*	3	3
6.4	Competences of academic staff are identified and evaluated *[3]*	3	3
6.5	Training and developmental needs of academic staff are identified and activities are implemented to fulfil them *[8]*	3	3
6.6	Performance management including rewards and recognition is implemented to motivate and support education, research and service *[9]*	3	3
6.7	The types and quantity of research activities by academic staff are established, monitored and benchmarked for improvement *[10]*	3	3
	Overall opinion	3	3

Criteria		คะแนนประเมินตนเอง	คะแนนประเมินโดยคณะกรรมการ
7.	**Support Staff Quality**		
7.1	Support staff planning (at the library, laboratory, IT facility and student services) is carried out to fulfil the needs for education, research and service [1]	3	3
7.2	Recruitment and selection criteria for appointment, deployment and promotion are determined and communicated *[2]*	3	3
7.3	Competences of support staff are identified and evaluated *[3]*	3	3
7.4	Training and developmental needs of support staff are identified and activities are implemented to fulfil them *[4]*	3	3
7.5	Performance management including rewards and recognition is implemented to motivate and support education, research and service *[5]*	3	3
	Overall opinion	3	3
8.	**Student Quality and Support**		
8.1	The student intake policy and admission criteria are defined, communicated, published, and up-to-date *[1]*	3	4
8.2	The methods and criteria for the selection of students are determined and evaluated *[2]*	3	4
8.3	There is an adequate monitoring system for student progress, academic performance, and workload *[3]*	3	3
8.4	Academic advice, co-curricular activities, student competition, and other student support services are available to improve learning and employ-ability *[4]*	3	3
8.5	The physical, social and psychological environment is conducive for education and research as well as personal well-being *[5]*	3	3
	Overall opinion	3	3
9.	**Facilities and Infrastructure**		
9.1	The teaching and learning facilities and equipment (lecture halls, classrooms, project rooms, etc.) are adequate and updated to support education and research *[1]*	3	3
9.2	The library and its resources are adequate and updated to support education and research *[3,4]*	3	3
9.3	The laboratories and equipment are adequate and updated to support education and research *[1,2]*	3	4
9.4	The IT facilities including e-learning infrastructure are adequate and updated to support education and research *[1,5,6]*	3	3
9.5	The standards for environment, health and safety; and access for people with special needs are defined and implemented *[7]*	2	3
	Overall opinion	3	3

Criteria		คะแนนประเมินตนเอง	คะแนนประเมินโดยคณะกรรมการ
10	**Quality Enhancement**		
10.1	Stakeholders' needs and feedback serve as input to curriculum design and development *[1]*	3	2
10.2	The curriculum design and development process is established and subjected to evaluation and enhancement *[2]*	3	2
10.3	The teaching and learning processes and student assessment are continuously reviewed and evaluated to ensure their relevance and alignment *[3]*	3	4
10.4	Research output is used to enhance teaching and learning *[4]*	3	3
10.5	Quality of support services and facilities (at the library, laboratory, IT facility and student services) is subjected to evaluation and enhancement *[5]*	3	3
10.6	The stakeholder's feedback mechanisms are systematic and subjected to evaluation and enhancement [6]	3	2
	Overall opinion	3	2
11	**Output**		
11.1	The pass rates and dropout rates are established, monitored and benchmarked for improvement *[1]*	3	2
11.2	The average time to graduate is established, monitored and benchmarked for improvement *[1]*	3	2
11.3	Employability of graduates is established, monitored and benchmarked for improvement *[1]*	3	2
11.4	The types and quantity of research activities by students are established, monitored and benchmarked for improvement *[2]*	3	2
11.5	The satisfaction levels of stakeholders are established, monitored and benchmarked for improvement *[3]*	3	2
	Overall opinion	3	2

จุดแข็ง (Strengths) และเรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
1. Expected Learning Outcomes	1.1 The expected learning outcomes have been clearly formulated and aligned with the vision and mission of the university [1, 2]	- มีวิธีการได้มาซึ่ง ELOs แสดงความสอดคล้องอย่างชัดเจนกับ วิสัยทัศน์และพันธกิจของมหาวิทยาลัยและสำนักวิชา	- ทบทวนความชัดเจนของเนื้อหา ELOs ในแต่ละข้อ - ทำให้รับทราบอย่างทั่วถึงทั้งบุคลากรและนักศึกษา
	1.2 The expected learning outcomes cover both subject specific and generic (i.e. transferable) learning outcomes [3]	- มีการจำแนกผลการเรียนรู้ที่คาดหวังครอบคลุมทั้งความรู้ทักษะทั่วไป และทักษะเฉพาะทาง เป็น Specific 6 ข้อ และ generic 3 ข้อ	
	1.3 The expected learning outcomes clearly reflect the requirements of the stakeholders [4]	- การแบ่งกลุ่ม stakeholder และดำเนินการสำรวจ needs และ expectation ใช้บางส่วนเพื่อนำไปสร้าง PLOs ได้แก่อาจารย์ผู้สอนและผู้ใช้บัณฑิต	- ไม่พบข้อมูลที่ได้จากกลุ่มข้อมูลศิษย์เก่าและผู้ใช้บัณฑิต - กำหนดกลุ่ม stakeholder ที่จะนำมาใช้ในการกำหนด ELOs ให้ชัดเจน

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
2. Programme Specification	2.1 The information in the programme specification is comprehensive and up-to-date [1, 2]	- แสดงข้อกำหนดของหลักสูตรใน มคอ.2	- ให้ปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันและรับทราบอย่างทั่วถึง
	2.2 The information in the course specification is comprehensive and up-to-date [1, 2]	- มีการจัดทำ course pacification ชัดเจน ในรูปแบบของ มคอ.3	- การแสดงความสอดคล้องของ CLOs - รูปแบบการเรียนการสอน การประเมินให้เป็นไปตามจริง และเป็นปัจจุบัน
	2.3 The programme and course specifications are communicated and made available to the stakeholders [1, 2]	- ช่องทางการเผยแพร่ program และ course specification ทาง website สาขา	- การทบทวน และปรับปรุงช่องการสื่อสารเพื่อให้ stakeholder สามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้
3. Programme Structure and Content	3.1 The curriculum is designed based on constructive alignment with the expected learning outcomes [1]	- แสดง mapping ที่โยงกับ TQF และ Bloom taxonomy	- การจัดทำ Backward curriculum design ที่ใช้ ผลการเรียนรู้มากำหนดเนื้อหา วิธีการจัดการเรียการสอน และการประเมินผล
	3.2 The contribution made by each course to achieve the expected learning outcomes is clear [2]	- มี curriculum mapping ที่แสดงให้เห็นการกระจายความรับผิดชอบต่อ PLOs ลงสู่ CLOs ของรายวิชา	- ความสอดคล้องและสัดส่วนความเหมาะสมของรายวิชาที่รับผิดชอบ PLOs ต่างๆ

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
			- วิธีการวัดผลที่สอดคล้องกับ CLOs ของแต่ละรายวิชา เพื่อให้แน่ใจว่า PLOs ที่แต่ละรายวิชารับผิดชอบได้รับการวัดการบรรลุผลอย่างเป็นรูปธรรม
3. Programme Structure and Content	3.3 The curriculum is logically structured, sequenced, integrated and up-to-date [3, 4, 5, 6]	- มีโครงสร้างหลักสูตรตาม มคอ.2 - มีการปรับปรุงหลักสูตรตามวงรอบ 3 ปี เพื่อให้หลักสูตรมีความทันสมัย - มีวิชาเปิดให้เลือกหลากหลาย - มีการจัดทำ มคอ.7	- การทบทวนหลักสูตรเป็นระยะ เพื่อให้ทันสมัยและมีความสัมพันธ์กัน
4. Teaching and Learning Approach	4.1 The educational philosophy is well articulated and communicated to all stakeholders [1]	- กรอบแนวคิดเพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนการสอนอิงตามสำนักวิชา และมหาวิทยาลัย	- ปรัชญาของหลักสูตรยังไม่ชัดเจน และไม่มีการสื่อสารกับ stakeholder
	4.2 Teaching and learning activities are constructively aligned to the achievement of the expected learning outcomes [2, 3, 4, 5]	- มีแนวคิด และหลักการจัดการเรียนการสอนในภาพรวมเพื่อให้บรรลุ CLOs ของรายวิชา	- ความสอดคล้องของกิจกรรมจาก CLOs ที่ทำให้บรรลุ PLOs ได้

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
4. Teaching and Learning Approach	4.3 Teaching and learning activities enhance life-long learning [6]	- มีแนวทางการพัฒนา วิชาโครงงาน การเข้าร่วมการแข่งขันต่าง ๆ ในรูปแบบออนไลน์การออกสหกิจฯ - มีการมอบหมายงานในการค้นคว้าในแต่ละรายวิชา	- การติดตาม ทบทวนกิจกรรมที่ทำให้เกิด life-long learning
5. Student Assessment	5.1 The student assessment is constructively aligned to the achievement of the expected learning outcomes [1, 2]	- การกำหนดคุณสมบัติแรกเข้า การประเมินผลระหว่างการศึกษาที่สอดคล้องกับ CLOs ในทุกรายวิชา	- การประเมินผลระหว่างการศึกษาของรายวิชาให้สอดคล้องกับ PLOs - การประเมินก่อนสำเร็จการศึกษาตาม PLOs - ระบุ performance indicator ของ PLOs แต่ละข้อเพื่อการประเมินที่ชัดเจน
	5.2 The student assessments including timelines, methods, regulations, weight distribution, rubrics and grading are explicit and communicated to students [4, 5]	- มีการประเมิน ทบทวน และปรับปรุงการวัดผลระหว่างการศึกษา - มีการชี้แจงใน มคอ.3 และแจ้งให้ทราบก่อนเรียนทุกครั้ง	- ติดตามการใช้เกณฑ์การประเมินผลให้มีช่วงเวลา วิธีการ ระเบียบ สัดส่วนให้ปฏิบัติอย่างทั่วถึงและทำให้มั่นใจว่าสื่อสารให้ผู้เรียนได้รับทราบ
	5.3 Methods including assessment rubrics and marking schemes are used to ensure validity,	- มีวิธีการประเมินผลแบ่งสัดส่วนตามบริบทของวิชา และการตัดเกรดอิงเกณฑ์ - มีการแจ้งเกณฑ์การประเมินผล rubric scale สำหรับชิ้นงาน และรายวิชาที่มีผู้สอนหลายคน	- ติดตามการประเมินผลให้มั่นใจว่าประเมินอย่างเป็นธรรมในทุกรายวิชา - ทบทวนความเหมาะสมของ rubric scale

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
	reliability and fairness of student assessment [6, 7]		
5. Student Assessment	5.4 Feedback of student assessment is timely and helps to improve learning [3]	- มีการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เป็นคะแนน หรือการเฉลย	- การประเมิน และ ปรับปรุงวิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักศึกษา - - การป้อนกลับทันท่วงทีก่อนการตัดสินผลเพื่อให้นักศึกษาได้ปรับปรุงตนเอง
	5.5 Students have ready access to appeal procedure [8]	- มีช่องทางของหลักสูตร ส่งตรงถึงผู้สอน และมีการสื่อสารให้นักศึกษาทราบ - - มีช่องทางของสำนักวิชาฯ	- การสื่อสารให้ทราบถึงช่องทางของสำนักวิชาฯ
6. Academic Staff Quality	6.1 Academic staff planning (considering succession, promotion, re-deployment, termination, and retirement) is carried out to fulfil the needs for education, research and service [1]	- มีการวางแผนอัตรากำลังมีคุณสมบัติตรงตามที่หลักสูตรต้องการ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว ร่วมกับสำนักวิชา เพื่อให้ได้คณาจารย์ที่มีจำนวนเพียงพอ	- การวางแผนอัตรากำลังให้สอดคล้องกับ PLOs
	6.2 Staff-to-student ratio and workload are measured and monitored to improve the	- มีการเก็บข้อมูลสัดส่วนอาจารย์ต่อนักศึกษาอย่างต่อเนื่อง - มีการติดตามภาระงานเพื่อวางแผนกำลังคน	- การนำข้อมูล FTEs หรือ FTES - ของหลักสูตรเป็นข้อมูลที่สะท้อนภาระงานจริงของอาจารย์ในหลักสูตร และการบันทึกติดตามภาระงานมาใช้ประโยชน์ในการ

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
	quality of education, research and service [2]		ปรับปรุงคุณภาพการศึกษา การวิจัยและบริการวิชาการ
6. Academic Staff Quality (Cont.)	6.3 Recruitment and selection criteria including ethics and academic freedom for appointment, deployment and promotion are determined and communicated4, 5, 6, 7]	- กำหนดเกณฑ์และวิธีการคัดเลือกเป็นไปตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย ซึ่งทางหลักสูตรมีการกำหนดคุณสมบัติที่ต้องการส่งให้	- การประเมินและปรับปรุงกระบวนการรับอาจารย์ใหม่เพื่อให้ได้อาจารย์ที่มีคุณลักษณะตามที่สาขาต้องการ
	6.4 Competences of academic staff are identified and evaluated [3]	- ประเมินตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด	- มีการกำหนดและประเมินสมรรถนะของอาจารย์ที่หลักสูตรต้องการ
	6.5 Training and developmental needs of academic staff are identified and activities are implemented to fulfil them [8]	- อาจารย์ได้รับการพัฒนาตนเองอย่างทั่วถึงทั้งด้านการประชุม สัมมนา นำเสนอผลงาน และการอบรม ทั้งในและต่างประเทศตามความต้องการ/เชี่ยวชาญของอาจารย์บนพื้นฐานความต้องการของหลักสูตร	- การวิเคราะห์/ความจำเป็นของอาจารย์สำหรับการวางแผน/จัดหาของหลักสูตรให้ตรงกับความต้องการของอาจารย์
	6.6 Performance management including rewards and recognition is implemented to motivate and support education, research and service [9]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย - มีการแสดงความยินดีของสาขาวิชาผ่านสื่อประชาสัมพันธ์	- กิจกรรมที่กระตุ้นเพื่อให้ผู้สอนรู้สึกต้องการพัฒนาการเรียนการสอน การวิจัยและการบริการวิชาการ

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
6. Academic Staff Quality (Cont.)	6.7 The types and quantity of research activities by academic staff are established, monitored and benchmarked for improvement [10]	- มีผลงานเผยแพร่ต่อเนื่อง - มีการตรวจสอบประเมิน	- บริหารผลการปฏิบัติงานของอาจารย์ในหลักสูตร - การจัดหาคู่เทียบเพื่อการพัฒนา
7. Support Staff Quality	7.1 Support staff planning (at the library, laboratory, IT facility and student services) is carried out to fulfil the needs for education, research and service [1]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย	- การวิเคราะห์ความต้องการของบุคลากรแต่ละบุคคล เพื่อจัดกิจกรรมให้ตอบตรงตามความต้องการนั้น
	7.2 Recruitment and selection criteria for appointment, deployment and promotion are determined and communicated [2]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย	- การทบทวนและประเมินกระบวนการให้การชื่นชม/ให้รางวัลเพื่อสนับสนุน Engagement ของพนักงานสายสนับสนุน
	7.3 Competences of support staff are identified and evaluated [3]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย	- หลักสูตรมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การประเมินสมรรถนะ
	7.4 Training and developmental needs of support staff are identified and activities are implemented to fulfil them [4]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย	- การวิเคราะห์ความต้องการของบุคลากรแต่ละบุคคล เพื่อจัดกิจกรรมให้ตอบตรงตามความต้องการนั้น

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
7. Support Staff Quality	7.5 Performance management including rewards and recognition is implemented to motivate and support education, research and service [5]	- ตามกระบวนการของมหาวิทยาลัย	- การทบทวนและประเมินกระบวนการให้การชื่นชม/ให้รางวัลเพื่อสนับสนุน Engagement ของพนักงานสายสนับสนุน
8. Student Quality and Support	8.1 The student intake policy and admission criteria are defined, communicated, published, and up-to-date [1]	- มีการกำหนดนโยบายและเกณฑ์การรับนักศึกษาที่ชัดเจน มีการสื่อสาร และกำหนดไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	
	8.2 The methods and criteria for the selection of students are determined and evaluated [2]	- การประเมิน ทบทวน และปรับปรุงกระบวนการรับนักศึกษาอย่างเป็นระบบ	
	8.3 There is an adequate monitoring system for student progress, academic performance, and workload [3]	- มีระบบการประเมิน และติดตามความก้าวหน้าของนักศึกษา ผ่านระบบอาจารย์ที่ปรึกษา เทอมละ 2 ครั้ง ก่อน-หลังสอบกลางภาค ผ่านการประชุมรวมออนไลน์	- การเก็บข้อมูลของนักศึกษาไว้อย่างเป็นระบบ
	8.4 Academic advice, co-curricular activities, student competition, and other student support services are available to improve learning and employability [4]	- กิจกรรมทั้งในและนอกหลักสูตรที่หลากหลาย	- ทวนสอบกิจกรรมที่ใช้ว่ามีส่วนช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงตัวเองได้หรือไม่ (และในอนาคต ช่วยให้อัตราการได้งานทำเพิ่มขึ้นอย่างไรบ้าง) - ความทั่วถึงของผู้เข้าร่วมกิจกรรมหรือได้รับการสนับสนุน

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
8. Student Quality and Support	8.5 The physical, social and psychological environment is conducive for education and research as well as personal well-being [5]	- สภาพแวดล้อมโดยภาพรวม ที่ส่งเสริมต่อการศึกษา และการทำโครงงาน	
9. Facilities and Infrastructure	9.1 The teaching and learning facilities and equipment (lecture halls, classrooms, project rooms, etc.) are adequate and updated to support education and research [1]	- เป็นไปตามเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย	- การมีส่วนร่วมของหลักสูตรในการกำหนดความต้องการ
	9.2 The library and its resources are adequate and updated to support education and research [3, 4]	- เป็นไปตามเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย	- การมีส่วนร่วมของหลักสูตรในการกำหนดความต้องการ
	9.3 The laboratories and equipment are adequate and updated to support education and research [1, 2]	- การมีส่วนร่วมของหลักสูตรในการกำหนดความต้องการของเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ	
	9.4 The IT facilities including e-learning infrastructure are adequate and updated to support education and research [1, 5, 6]	- IT Facility Computer Lab เพียงพอ และทันสมัยเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนและการทำโครงงาน - Software เพื่อสนันสนุนการเรียนการสอนของหลักสูตร เช่น SUT e-learning/ Zoom/ Google meet/ google classroom เป็นต้น - ระบบ Wi-Fi	- ระบบ Wi-Fi ที่เสถียร

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
9. Facilities and Infrastructure	9.5 The standards for environment, health and safety; and access for people with special needs are defined and implemented [7]	- เป็นไปตามเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย	- การมีส่วนร่วมของหลักสูตรในการกำหนดความต้องการ
10. Quality Enhancement	10.1 Stakeholders' needs and feedback serve as input to curriculum design and development [1]	- มีการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ยังไม่ครบทุกกลุ่มที่กำหนด - นำข้อมูลจากสัมภาษณ์มาปรับปรุงหลักสูตร	- ไม่พบหลักฐานข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย - กระบวนการรับและบันทึกข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
	10.2 The curriculum design and development process is established and subjected to evaluation and enhancement [2]	- มีแผนออกแบบกระบวนการ และพัฒนาหลักสูตร	- สร้างกระบวนการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรอย่างเป็นระบบ - ทบทวนและประเมินหลักสูตรเป็นระยะ ๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลให้ดีขึ้น
	10.3 The teaching and learning processes and student assessment are continuously reviewed and evaluated to ensure their relevance and alignment [3]	- มีกระบวนการประเมินและทบทวนการเรียนการสอน การวัดประเมินผลอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องตาม CLOs	- กระบวนในการทบทวนผลลัพธ์จากงานวิจัยมาใช้ในการเรียนการสอน

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
10. Quality Enhancement	10.4 Research output is used to enhance teaching and learning [4]	- มีการนำวิจัยมาใช้ในการเรียนการสอน	- กระบวนในการทบทวนผลลัพธ์จากงานวิจัยมาใช้ในการเรียนการสอน
	10.5 Quality of support services and facilities (at the library, laboratory, IT facility and student services) is subjected to evaluation and enhancement [5]	- ศูนย์/สถาบันระดับมหาวิทยาลัยรับผิดชอบการปรับปรุงคุณภาพการให้บริการ - หลักสูตรให้ข้อมูลย้อนกลับการใช้บริการในรูปของ ตอบแบบสอบถาม	- แสดงผลการประเมินคุณภาพการให้บริการสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ นำผลการประเมินไปปรับปรุงคุณภาพการให้บริการให้ดีขึ้น
	10.6 The stakeholder's feedback mechanisms are systematic and subjected to evaluation and enhancement [6]	- มีข้อมูลป้อนกลับจาก stakeholder	- การประเมินคุณภาพของข้อมูลที่ได้รับ - สร้างระบบกลไกการรับข้อมูลป้อนกลับ - การนำผลประเมินไปปรับปรุงคุณภาพการรับข้อมูล อย่างเป็นระบบ
11. Output	11.1 The pass rates and dropout rates are established, monitored and benchmarked for improvement [1]	- มีการแสดงข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี พ.ศ. 2557-2559	- ระบบการเก็บข้อมูลของทางหลักสูตร - การอัพเดทข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน - การหาคู่เทียบ
	11.2 The average time to graduate is established, monitored and benchmarked for improvement [1]	- มีแผนในการติดตาม	- กำหนดกระบวนการการติดตาม - การหาคู่เทียบ

Criteria		จุดแข็ง (Strengths)	เรื่องที่สามารถปรับปรุงได้ (Areas for Improvement)
11. Output	11.3 Employability of graduates is established, monitored and benchmarked for improvement [1]	- มีแผนในการติดตาม	- กำหนดกระบวนการการติดตาม - การหาคู่เทียบ
	11.4 The types and quantity of research activities by students are established, monitored and benchmarked for improvement [2]	- มีแผนในการติดตาม	- กำหนดกระบวนการการติดตาม - การหาคู่เทียบ
	11.5 The satisfaction levels of stakeholders are established, monitored and benchmarked for improvement [3]	- มีแผนในการติดตาม	- กำหนดกระบวนการการติดตาม - การหาคู่เทียบ

เกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบที่ 1 การกำกับมาตรฐาน
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 การบริหารจัดการหลักสูตรตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558

เกณฑ์การประเมิน	ปริญญาตรี
1. จำนวนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร จำนวนอย่างน้อย 5 คน - กรณีที่หลักสูตรจัดให้มีวิชาเอกมากกว่า 1 วิชาเอก ให้จัดอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรที่มีคุณวุฒิและคุณสมบัติตรงหรือสัมพันธ์กับสาขาวิชาที่เปิดสอนไม่น้อยกว่าวิชาเอกละ 3 คน - อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรต้องอยู่ประจำหลักสูตรนั้นตลอดระยะเวลาที่จัดการศึกษา โดยจะเป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรเกินกว่า 1 หลักสูตร ในเวลาเดียวกันไม่ได้ ยกเว้นพหุวิทยาการหรือสหวิทยาการ ให้เป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรได้อีกหนึ่งหลักสูตรและอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรสามารถซ้ำได้ไม่เกิน 2 คน
2. คุณสมบัติของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	- มีคุณวุฒิขั้นต่ำปริญญาโทหรือเทียบเท่าหรือมีตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ในสาขาที่ตรงหรือสัมพันธ์กับสาขาวิชาที่เปิดสอน - ต้องมีผลงานทางวิชาการที่ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อรับปริญญา และเป็นผลงานทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในการพิจารณาแต่งตั้งให้บุคคลดำรงตำแหน่งทางวิชาการอย่างน้อย 1 รายการ ในรอบ 5 ปีย้อนหลัง
3. คุณสมบัติของอาจารย์ประจำหลักสูตร	- มีคุณวุฒิระดับปริญญาโทหรือเทียบเท่า หรือดำรงตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ในสาขาที่ตรงหรือสัมพันธ์กับสาขาวิชาที่เปิดสอน - มีผลงานทางวิชาการอย่างน้อย 1 รายการในรอบ 5 ปีย้อนหลัง
4. คุณสมบัติของอาจารย์ผู้สอน	● **อาจารย์ประจำ** - คุณวุฒิระดับปริญญาโทหรือเทียบเท่า หรือดำรงตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ในสาขาวิชานั้น หรือสาขาวิชาที่สัมพันธ์กัน หรือสาขาวิชาของรายวิชาที่สอน - หากเป็นอาจารย์ผู้สอนก่อนเกณฑ์นี้ประกาศใช้ อนุโลมคุณวุฒิระดับปริญญาตรีได้ ● **อาจารย์พิเศษ** - คุณวุฒิระดับปริญญาโท หรือคุณวุฒิปริญญาตรีหรือเทียบเท่า และ - มีประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาที่สอนไม่น้อยกว่า 6 ปี - ทั้งนี้ มีชั่วโมงสอนไม่เกินร้อยละ 50 ของรายวิชา โดยมีอาจารย์ประจำเป็นผู้รับผิดชอบรายวิชานั้น
10. การปรับปรุงหลักสูตรตามรอบระยะเวลาที่กำหนด	ต้องไม่เกิน 5 ปี (จะต้องปรับปรุงให้เสร็จและอนุมัติ/ให้ความเห็นชอบโดยสภามหาวิทยาลัย/สถาบันเพื่อให้หลักสูตรใช้งานในปีที่ 6) **หมายเหตุ** สำหรับหลักสูตร 5 ปี ประกาศใช้ในปีที่ 7 หรือหลักสูตร 6 ปี ประกาศ ใช้ในปีที่ 8)
รวม	**เกณฑ์ 5 ข้อ**

เกณฑ์การประเมินดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 และกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 หากมีการประกาศใช้เกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องใหม่ เกณฑ์การประเมินตามตัวบ่งชี้นี้จะต้องเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานใหม่ฉบับที่ประกาศใช้ล่าสุด

ผลการประเมินตัวบ่งชี้ที่ 1.1 กำหนดไว้เป็น “ผ่าน” และ “ไม่ผ่าน” หากไม่ผ่านเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง ถือว่าหลักสูตรไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานฯ และผลเป็น “ไม่ผ่าน”

หลักฐานเอกสารที่ต้องการนอกเหนือจากเอกสารประกอบแต่ละรายตัวบ่งชี้

1. เอกสารหลักสูตรฉบับที่ สกอ. ประทับตรารับทราบ
2. หนังสือนำที่ สกอ. แจ้งรับทราบหลักสูตร (ถ้ามี)
3. กรณีหลักสูตรยังไม่ได้แจ้งการรับทราบ ให้มีหนังสือนำส่ง สกอ. หรือหนังสือส่งคืนจาก สกอ. และรายงานการประชุมสภามหาวิทยาลัยที่อนุมัติ/ให้ความเห็นชอบหลักสูตร

เกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบที่ 2 AUN-QA ของหลักสูตร

เกณฑ์การประเมิน 7 ระดับ	
Rating	Description
1	**Absolutely Inadequate** The QA practice to fulfil the criterion is not implemented. There are no plans, documents, evidences or results available. Immediate improvement must be made**.**
2	**Inadequate and Improvement is Necessary** The QA practice to fulfil the criterion is still at its planning stage or is inadequate where improvement is necessary. There is little document or evidence available. Performance of the QA practice shows little or poor results.
3	**Inadequate but Minor Improvement Will Make It Adequate** The QA practice to fulfil the criterion is defined and implemented but minor improvement is needed to fully meet them. Documents are available but no clear evidence to support that they have been fully used. Performance of the QA practice shows inconsistent or some results.
4	**Adequate as Expected** The QA practice to fulfil the criterion is adequate and evidences support that it has been fully implemented. Performance of the QA practice shows consistent results as expected.
5	**Better Than Adequate** The QA practice to fulfil the criterion is better than adequate. Evidences support that it has been efficiently implemented. Performance of the QA practice shows good results and positive improvement trend.
6	**Example of Best Practices** The QA practice to fulfil the criterion is considered to be example of best practices in the field. Evidences support that it has been effectively implemented. Performance of QA practice shows very good results and positive improvement trend.
7	**Excellent (Example of World-class or Leading Practices)** The QA practice to fulfil the criterion is considered to be excellent or example of world-class practices in the field. Evidences support that it has been innovatively implemented. Performance of the QA practice shows excellent results and outstanding improvement trends.

***เอกสารที่จัดทำขึ้นนี้ เป็นตัวอย่างเท่านั้น*
*ควรพิจารณาการนำไปใช้ให้เหมาะสมกับบริบทและพัฒนาการของสำนักวิชา***
(สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเห็นชอบของคณะกรรมการประเมินฯ)



EdPEx

รายงานการตรวจประเมิน

Feedback Report

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตรวจเยี่ยมพื้นที่ : วันที่ 29 ตุลาคม 2563

ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ

Education Criteria for Performance Excellence (EdPEx)

ประจำปีการศึกษา 2562

(22 กรกฎาคม 2562 - 2 สิงหาคม 2563)

1. วัตถุประสงค์ แนวทาง และคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินระดับการพัฒนาและศักยภาพของสำนักวิชาที่นำเกณฑ์ EdPEX มาใช้เพื่อการพัฒนาตนเองสู่ความเป็นเลิศ และเพื่อให้สำนักวิชาได้รับข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับผลการดำเนินงานของสำนักวิชาตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพการบริหารจัดการของสำนักวิชาในภาพรวม

แนวทางที่ใช้ในการตรวจประเมิน

การตรวจประเมินในครั้งนี้เป็นการตรวจประเมินคุณภาพภายในของสำนักวิชา โดยใช้เกณฑ์ Education Criteria for Performance Excellence : EdPEx ฉบับปี 2558-2561 ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการบริหารและพัฒนาองค์กรสู่ความเป็นเลิศ รวมถึงเป็นกรอบเพื่อประเมินตนเอง และค้นหาโอกาสในการพัฒนา วางแผนเพื่อการปรับปรุงระบบการดำเนินงานและทำให้ผลลัพธ์ดีขึ้นตามเป้าหมายที่ต้องการ นอกจากนั้นเกณฑ์ดังกล่าวถือว่าเป็นกรอบหรือแนวคิดในการพัฒนาคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาองค์กรสู่ความเป็นเลิศ

คณะกรรมการประเมิน ได้พิจารณารายงานการประเมินตนเองของสำนักวิชาตามเกณฑ์ดังกล่าว หลังจากนั้นได้มาประชุมหารือข้อสรุปร่วมกัน จัดทำแผนการเข้าตรวจเยี่ยมพื้นที่ เพื่อการยืนยันข้อมูลจากรายงาน และทำรายงานสรุปผลการประเมินและข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

รายนามคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	ลายมือชื่อ
1. ศ.ดร.บุญเจริญ ศิริเนาวกุล	ประธาน	.....
2. รศ.ดร.ปณิธาน พีรพัฒนา	กรรมการ	.....
3. อ.นพ.ดร.นิวัฒน์ชัย นามวิชัยศิริกุล	กรรมการ	(ไม่ได้เข้าร่วมการประเมินเนื่องจากป่วย)
4. อ.ดร.ฉัตรเพชร ยศพล	กรรมการ	.....
4. นางอัญชุลี รักด่านกลาง	เลขานุการ	.....
5. น.ส.อักษรา สุขรักษ์	ผู้ช่วยเลขานุการ	.....

2. บทสรุปและผลการตรวจประเมินในภาพรวม (Key Theme)

ก. Process Strength

- ผู้บริหารระดับสูงของสำนักวิชาฯ เริ่มมีแนวทางในการขับเคลื่อนองค์กรผ่านการจัดทำข้อตกลงการปฏิบัติงาน (PA) และ ระบบการติดตามความก้าวหน้าการปฏิบัติงาน (PBM) มีการกำหนดวิสัยทัศน์เพื่อเป็นคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นนำ 1 ใน 3 ด้านการสอน และวิจัยระดับประเทศ ในปี 2568 มีการจัดทำแผนกลยุทธ์เพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์โดยการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับความท้าทาย (SC) ความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ (SA) และโอกาสเชิงกลยุทธ์ (SO) ผ่านการระดมสมองของผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดนวัตกรรมด้านหลักสูตร
- สำนักวิชาฯ มีกระบวนออกแบบหลักสูตรโดยอาศัยความต้องการของผู้เรียนเป็นหลัก ความต้องการของลูกค้าที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดที่สำคัญ ดังจะเห็นได้จากมีกระบวนการรับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายจากกลุ่มลูกค้าหลายกลุ่ม และการเริ่มนำเอามาตรฐาน TABEE และ ABET มาเป็นข้อกำหนดสำคัญในการออกแบบหลักสูตร ซึ่งจะช่วยให้สำนักวิชาฯ ผลิตวิศวกรที่มีความรู้และทักษะพร้อมในการทำงานเพื่อพัฒนาภูมิภาคและประเทศ

ข. Process OFI

- การทำแผนการดำเนินงานโดยกระบวนการ PBM ที่สำนักวิชาฯ เป็นผู้นำเสนอโครงการโดยผ่านกระบวนการกลั่นกรองของมหาวิทยาลัย ตามที่มหาวิทยาลัยเป็นผู้กำหนดแนวทางการพัฒนานั้น ทำให้การกำหนดทิศทางการพัฒนา และการกำหนดตัวชี้วัดของ PA ที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของคณะที่ต้องการเป็นคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นนำ 1 ใน 3 ด้านการสอน และวิจัยระดับประเทศ ในปี 2568 เป็นความท้าทายของสำนักวิชาฯอย่างสูง
- หลายกระบวนการที่สำคัญของสำนักฯ ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความมีประสิทธิผลตามที่สำนักฯ ต้องการ เช่น การสร้างความสำเร็จระยะสั้นและระยะยาวของสำนักฯ ในการเข้าสู่ TABEE / ABET/AUNQA การผลิตผลงานวิชาการเช่นตำรา การถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม การสร้างความผูกพันของบุคลากร และสนับสนุนความก้าวหน้าสายสนับสนุน การสำเร็จการศึกษาตามเวลา
- ไม่พบวิธีการที่เป็นระบบในการทบทวน ประเมินประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของกระบวนการ ที่สำคัญต่างๆ เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เช่น การสร้างนวัตกรรม การสื่อสารของผู้นำระดับสูงของ สำนักฯ กับบุคลากร ผู้เรียนและลูกค้ากลุ่มอื่น วิธีการแปลงวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ไปสู่แผนปฏิบัติการที่พิจารณาการใช้ ประโยชน์จากพันธมิตร ผู้ส่งมอบ และคู่ความร่วมมือ ประสิทธิผลของการรับฟังผู้เรียน และลูกค้ากลุ่มอื่น เพื่อให้ได้สารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ตอบสนองให้เกินความคาดหวัง

ค. Result Strength

- สำนักฯ แสดงผลลัพธ์ที่สำคัญหลายเรื่องตามพันธกิจที่ เป็นไปตามเป้าหมายหรือสูงกว่าเป้าหมาย ได้แก่ ผลลัพธ์ด้านการผลิตบัณฑิต วิจัยและบริการวิชาการ เช่นรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของบัณฑิต จำนวนรางวัลนศ.ระดับ ป.ตรี และ ป.เอก จำนวนผู้ประกอบการที่เสนองานสหกิจต่อเนื่องมากกว่า 2 ปี จำนวนแหล่งทุนวิจัยที่ให้ทุนซ้ำ
- สำนักฯ มีผลลัพธ์ที่สำคัญทางการเงินบางตัว ด้านอัตรากำลังและขีดความสามารถ มีแนวโน้มที่ดีขึ้น เช่น รายได้จากหลักสูตรนอกเวลา และมีผลลัพธ์ที่สำคัญบางตัว มีค่าสูงกว่าค่าเป้าหมาย เช่น รายได้การบริการวิชาการในลักษณะการถ่ายทอดเทคโนโลยี อาจารย์ที่ได้รับตำแหน่งวิทยฐานะด้านการสอน UKPSF

ง. Result OFI

- ผลลัพธ์สำคัญที่ส่งผลต่อการดำเนินงานที่เป็นเลิศในพันธกิจหลัก ไม่ว่าจะเป็น ด้านการจัดการศึกษา การวิจัย การบริการวิชาการ ด้านอัตรากำลัง ด้านความผูกพันของบุคลากร ด้านการนำองค์กรและกำกับดูแล ด้านการรับรองมาตรฐาน ด้านความรับผิดชอบต่อสังคม ด้านการเงินและ การตลาดยังมีทั้งที่ต่ำกว่าค่าเป้าหมายหรือยังมีแนวโน้มที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น จำนวนบัณฑิตที่สอบผ่านความรู้ขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ อาจารย์ที่มีวุฒิ ป.เอก และตำแหน่ง รศ. การเข้าร่วมกิจกรรมสำคัญของมหาวิทยาลัย สายสนับสนุนที่มีความก้าวหน้าในอาชีพ ความพึงพอใจของบุคลากรต่อการสื่อสารของผู้บริหาร และความเชื่อมั่นต่อคณบดี หลักสูตรที่ได้รับการรับรองจากสภาวิชาชีพ ผลงาน นศ. ป.โทที่ได้รับการเผยแพร่ (TCI 1) ขึ้นไป นักศึกษาต่างชาติทั้งระดับ ตรี โท เอก จำนวนหน่วยงานภายนอกที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรม ความพึงพอใจของนศ.ต่อการจัดการเรียนการสอน จำนวนเงินบริจาคจากศิษย์เก่า คณาจารย์และผู้มีคุณูปการ
- ไม่พบผลลัพธ์การดำเนินการในหลายด้านเช่น ด้านการนำองค์กร ด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ความสำเร็จตามพันธกิจและแผนยุทธศาสตร์ขององค์กร



ที่ อว ๐๒๐๔.๕/๑๑๔๐๘๙

กระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ถนนศรีอยุธยา ราชเทวี กทม. ๑๐๔๐๐

๕ ตุลาคม ๒๕๖๔

เรื่อง การแจ้งผลการพิจารณาการเข้าร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ : EdPEx200 รุ่นที่ ๘ พ.ศ. ๒๕๖๓

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานการตรวจประเมินคุณภาพองค์การทางการศึกษาด้วยเกณฑ์ EdPEx (Feedback Report)

ตามที่สถาบันอุดมศึกษาของท่านได้สมัครเข้าร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ : EdPEx200 รุ่นที่ ๘ พ.ศ. ๒๕๖๓ เพื่อการพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาไปสู่ความเป็นเลิศอย่างก้าวกระโดด โดย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ผ่านการพิจารณาคัดเลือกให้จัดทำรายงานการประเมินตนเอง และสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้ดำเนินการตรวจเยี่ยมหน่วยงานเพื่อยืนยันผลการดำเนินการด้วยเกณฑ์ EdPEx ในวันที่ ๓ สิงหาคม ๒๕๖๔ แล้ว นั้น

ในการนี้ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยคณะอนุกรรมการพัฒนาและยกระดับคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ ในการประชุม ครั้งที่ ๗/๒๕๖๔ เมื่อวันที่ ๑๘ สิงหาคม ๒๕๖๔ มีมติเห็นชอบให้สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผ่านการพิจารณาให้เข้าร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ : EdPEx200 รุ่นที่ ๘ พ.ศ. ๒๕๖๓ โดยมีผลการประเมินและข้อเสนอแนะในการดำเนินการแก่สำนักวิชาเพื่อพัฒนาคุณภาพไปสู่ความเป็นเลิศรายละเอียดดังสิ่งที่ส่งมาด้วย ทั้งนี้ แนวทางการดำเนินงานของสำนักวิชาที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศ ตลอดระยะเวลา ๔ ปี มีดังนี้

๑. สำนักวิชาต้องจัดส่งข้อมูลพื้นฐาน แผนพัฒนาองค์กร รายงานความก้าวหน้า (Progress report) และข้อมูลพื้นฐานเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลด้านการประกันคุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษา (CHE QA Online) ให้กับ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ ทุกปีการศึกษาตามที่กำหนด หลังจากนั้น สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ จะส่งข้อเสนอแนะ (recommendation) ไปยังหน่วยงาน เพื่อประโยชน์สำหรับการพัฒนาคุณภาพสู่ระดับ ๓๐๐ คะแนนต่อไป

๒. ภายใน ๔ ปี สำนักวิชาจะต้องจัดส่งรายงานการประเมินตนเอง เพื่อรับการประเมินจากคณะกรรมการตรวจประเมินคุณภาพด้วยเกณฑ์ EdPEx ซึ่งแต่งตั้งโดยสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ และต้องมีผลการประเมินในระดับคะแนน ๓๐๐ คะแนน จากคะแนนเต็ม ๑๐๐๐ คะแนน

๓. สำนักงาน.../

๓. สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ จะมีมาตรการส่งเสริมให้กับสำนักวิชาที่เข้าร่วมโครงการ เช่น การจัดฝึกอบรมให้ความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานตามเกณฑ์ EdPEx การสนับสนุนให้สมัครเข้ารับรางวัลคุณภาพแห่งชาติ เป็นต้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล)
ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

(2) เรียน ท่านรองฯ พสิ.
เพื่อโปรดพิจารณา.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราวรรณ บุรีภักดี)
รองอธิการบดีฝ่ายทรัพยากรบุคคลและบริหารทั่วไป
๑๙ ต.ค. ๖๔

(4) เรียน ดนพส สอศ.
เพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ
19 ต.ค. 2564

(3) เรียน รองอธิการบดีฝ่ายบริหารฯ
เพื่อทราบ + มอบหมายสนับสนุนวิชาการตามสมควร
เพื่อทราบ + สนับสนุนการดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)
อธิการบดี
19 ต.ค. 2564

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
กองยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษา
โทรศัพท์ ๐ ๒๐๓๙ ๕๖๒๕ โทรสาร ๐ ๒๐๓๙ ๕๖๖๕
สำเนาเรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(5) มอบงาน EdPEx เพื่อนร่วมหารือกับคุณสมคร ต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุ จงกล
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ส่วนที่ 6 ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 เอกสาร/หนังสือที่สภาสถาบันการศึกษาอนุมัติหลักสูตร

แสดงหลักฐานที่มีรายละเอียดการอนุมัติหลักสูตร

ภาคผนวก 2 แผนการสอน (มคอ.3)

แสดงรายละเอียดของแผนการสอน (มคอ.3) แต่ละรายวิชาที่ใช้ในการเทียบกับองค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด

ภาคผนวก 3 คู่มือปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอน

แสดงรายละเอียดของคู่มือปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน

ภาคผนวก 1

เอกสาร/หนังสือที่สภาสถาบันการศึกษาอนุมัติหลักสูตร

รายงานการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ครั้งที่ 4/2564
วันเสาร์ที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 เวลา 09.10 น. เป็นต้นไป
ณ ห้องประชุมพจนสาร หน่วยประสานงาน มทส. - กทม. อาคารพญาไทพลาซ่า ชั้น 22 กรุงเทพมหานคร
และห้องประชุมสารนิเทศ ชั้น 2 อาคารบริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
และถ่ายทอดสดผ่านทาง Intranet ที่เว็บไซต์สำนักงานสภามหาวิทยาลัย (http://www.sut.ac.th/ouc/)
และประชุมออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meeting

ผู้มาประชุม

1. ศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร ศรีสอ้าน	นายกสภามหาวิทยาลัย
2. ศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์	อุปนายกสภามหาวิทยาลัย
3. ประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (นายทวี ปิยะพัฒนา ; แทน)	กรรมการโดยตำแหน่ง
4. ประธานสภาหอการค้าแห่งประเทศไทย (นายสมเกียรติ อนุราษฎร์ ; แทน)	กรรมการโดยตำแหน่ง
5. อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพงษ์ แพสุวรรณ)	กรรมการโดยตำแหน่ง
6. นายธนารักษ์ พงษ์เภตรา	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
7. ศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธ์ คูวัฒนาชัย	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
8. ศาสตราจารย์ ดร.นันทวรรณ วิจิตรวาทการ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
9. นายพงศ์โพยม วาศภูติ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
10. ศาสตราจารย์ นายแพทย์ภิเศก ลุมพิกานนท์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
11. นายมนูญ สรรค์คุณากร	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
12. ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
13. นายสัมพันธ์ ศิลปนาฏ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
14. ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
15. นายสุวิชญ โรจนวานิช	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
16. ดร.อัมรินทร์ ดรัณภพ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
17. ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ สาคริก	กรรมการซึ่งเลือกจากกรรมการสภาวิชาการ
18. รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา	กรรมการซึ่งเลือกจากกรรมการสภาวิชาการ
19. รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์	กรรมการซึ่งเลือกตั้งจากคณาจารย์ประจำ
20. ศาสตราจารย์ ดร.สันติ แม้นศิริ	กรรมการซึ่งเลือกตั้งจากคณาจารย์ประจำ
21. ศาสตราจารย์ ดร.หนึ่ง เตียอำรุง	กรรมการซึ่งเลือกตั้งจากคณาจารย์ประจำ
22. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล	กรรมการซึ่งเลือกตั้งจากคณาจารย์ประจำ
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงพรทิพย์ นิ่มขุนทด	กรรมการซึ่งเลือกตั้งจากคณาจารย์ประจำ
24. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัย (รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์)	เลขานุการสภามหาวิทยาลัย
25. หัวหน้าสำนักงานสภามหาวิทยาลัย (นางนงเยาว์ สุคำภา)	ผู้ช่วยเลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ผู้เข้าร่วมประชุม

1. รองอธิการบดีฝ่ายยุทธศาสตร์ แผน และงบประมาณ (รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย วิจิตรเสถียร)

1/43

2. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล (รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
3. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย นวัตกรรม และพัฒนาเทคโนโลยี (รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ ; รักษาการ)
4. รองอธิการบดีฝ่ายทรัพยากรบุคคล (รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.ศจีรา คุปพิทยานันท์)
5. รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและบริหารทั่วไป (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)
6. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษาและศิษย์เก่าสัมพันธ์ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทธวัช โมฬี)
7. ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิศรา ประมูลศุข)
8. ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา น้อยสา)
9. เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สำนักงานสภามหาวิทยาลัย (นางสาวอัญชนา จ้อยบรรดิษฐ์)
10. เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สำนักงานสภามหาวิทยาลัย (นางสาวจันทกานต์ ปลั่งกลาง)

เริ่มประชุมเวลา 09.10 น.

ประธานกล่าวเปิดประชุมและดำเนินการประชุมตามระเบียบวาระการประชุม ดังนี้

ระเบียบวาระที่ 1 เรื่องที่ประธานแจ้งเพื่อทราบ

ประธานแจ้งที่ประชุมเพื่อทราบ ดังนี้

1. ขอแสดงความยินดีกับนายมนูญ สรรค์คุณากร กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้รับพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมแต่งตั้งเป็นกรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิของมหาวิทยาลัยบูรพา

2. วันนี้เป็นการประชุมทางไกลผ่านระบบ Teleconference ระหว่างห้องประชุมพจนสาร หน่วยประสานงาน มทส. - กทม. อาคารพญาไทพลาซ่า ชั้น 22 กรุงเทพมหานคร และห้องประชุมสารนิเทศ ชั้น 2 อาคารบริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และประชุมออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meeting

3. การประชุมวันนี้ แบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดย**ช่วงแรก** เป็นการประชุมลับ และ**ช่วงที่สอง**เป็นการประชุมสภามหาวิทยาลัยครั้งที่ 4/2564 โดยระเบียบวาระการประชุมได้จัดแยกออกเป็น 2 ชุด สำหรับการประชุมแต่ละช่วง

4. กรรมการแต่ละท่านได้รับเอกสารที่โต๊ะประชุม ได้แก่ ข่าวสารสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีที่ 10 ฉบับที่ 4 (พฤษภาคม พ.ศ. 2564)

มติที่ประชุม รับทราบ

ระเบียบวาระที่ 2 เรื่องการรับรองรายงานการประชุม

วาระที่ 2.1 เรื่องการรับรองรายงานการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นัดพิเศษ) (ประชุมเมื่อวันศุกร์ที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564)

เลขานุการสภามหาวิทยาลัย (รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัย) แจ้งที่ประชุมเพื่อทราบว่า ตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้จัดให้มีการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นัดพิเศษ) เมื่อวันศุกร์ที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564 ฝ่ายเลขานุการฯ ได้จัดทำรายงานการประชุมและเวียนแจ้งให้กรรมการผู้เข้าประชุมจำนวน 16 ท่าน พิจารณารับรองโดยให้แจ้งผลการรับรองภายในวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 หากมิได้รับแจ้งผลการรับรองภายในเวลาที่กำหนดถือว่ากรรมการรับรองรายงานการประชุมโดยไม่มีการแก้ไขนั้น ผลการแจ้งรับรองรายงานการประชุมจากคณะกรรมการฯ มีดังนี้

- รับรองรายงานการประชุมโดยส่งแบบตอบรับและไม่มีข้อแก้ไข จำนวน 6 ท่าน
- รับรองรายงานการประชุมโดยมิได้ส่งแบบตอบรับ จำนวน 10 ท่าน

จึงนำเสนอสภามหาวิทยาลัยเพื่อโปรดพิจารณารับรองรายงานการประชุมอีกครั้งหนึ่ง

มติที่ประชุม รับรองรายงานการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นัดพิเศษ) เมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564 ตามผลการเวียนรับรอง โดยไม่มีการแก้ไขเพิ่มเติม

2/43

5) ในเรื่องการปรับปรุงหลักสูตร มหาวิทยาลัยควรคำนึงถึงทิศทางในการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยปรับปรุงหลักสูตรให้ทันต่อสถานการณ์ปัจจุบัน และสามารถนำความรู้มาใช้ได้กับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
6) มหาวิทยาลัยควรจัดให้มีการประชุมร่วม (Retreat) ทุกปี และควรติดตามเรื่อง Smart Hospital ซึ่งเป็นประเด็นในการประชุมร่วมครั้งก่อน เนื่องจากเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการให้บริการ
7) มหาวิทยาลัยควรเสนอข้อมูลเชิงวิเคราะห์ในด้านการวิจัยให้มากขึ้น เช่น ตัวเลขที่นำเสนอมาจากส่วนใดบ้าง จำนวนผลงานวิจัยที่สามารถต่อยอดในเชิงนวัตกรรมและสามารถนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์เป็นอย่างไร เป็นต้น

มติที่ประชุม 1) อนุมัติรายงานการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในรอบครึ่งแรกของปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (1 ตุลาคม พ.ศ. 2563-31 มีนาคม พ.ศ. 2564) ตาม (ร่าง) รายงานฯ ที่เสนอ
2) ให้มหาวิทยาลัยรับข้อสังเกต/ข้อเสนอแนะเพื่อพิจารณาดำเนินการต่อไป

ระเบียบวาระที่ 4 เรื่องเสนอขออนุมัติ-เพื่อทักท้วง

วาระที่ 4.1 ขออนุมัติ (ร่าง) หลักสูตรของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) จำนวน 8 หลักสูตร

เลขานุการสภาวิชาการ (รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล) เสนอที่ประชุมเพื่อพิจารณาอนุมัติ (ร่าง) หลักสูตรของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) จำนวน 8 หลักสูตร ดังนี้

1. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติและหุ่นยนต์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) หลักสูตรสหวิทยาการ
2. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
3. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
4. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
5. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
6. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
7. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)
8. (ร่าง) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมธรณี (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) หลักสูตรสหวิทยาการ

ทั้งนี้ สภาวิชาการในการประชุมครั้งที่ 4/2564 เมื่อวันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2564 ได้มีมติ *"ให้ความเห็นชอบ (ร่าง) หลักสูตร ในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) จำนวน 8 หลักสูตร ตามที่เสนอ"* รายละเอียด (ร่าง) หลักสูตรฯ ปรากฏตามเอกสารประกอบวาระการประชุม

มติที่ประชุม อนุมัติหลักสูตรของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) จำนวน 8 หลักสูตร ตาม (ร่าง) หลักสูตรฯ ที่เสนอ

18/43

ระเบียบวาระที่ 8 เรื่องอื่น ๆ

วาระที่ 8.1 กำหนดการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ครั้งที่ 5/2564

เลขานุการสภามหาวิทยาลัย (รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัย) เสนอที่ประชุมเพื่อทราบว่า สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในการประชุมครั้งที่ 8/2563 เมื่อวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2563 การประชุมครั้งที่ 1/2564 เมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2564 การประชุมครั้งที่ 3/2564 เมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2564 และการประชุม (นัดพิเศษ) เมื่อวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2564 ได้มีมติอนุมัติปฏิทินการประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปี พ.ศ. 2564 โดยกำหนดวันประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ครั้งที่ 5/2564 คือ วันเสาร์ที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2564 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป ณ ห้องประชุมพจนสาร หน่วยประสานงาน มทส. – กทม. อาคารพญาไทพลาซ่า ชั้น 22 กรุงเทพมหานคร และห้องประชุมสารนิเทศ ชั้น 2 อาคารบริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และถ่ายทอดสดผ่านทาง Intranet ที่เว็บไซต์สำนักงานสภามหาวิทยาลัย (http://www.sut.ac.th/ouc/) และประชุมออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meeting

และฝ่ายเลขานุการสภามหาวิทยาลัยขอเสนอเพิ่มวันประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นัดพิเศษ) คือ วันเสาร์ที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เวลา 09.00 น. เพื่อนำเสนอผลการสรรหาอธิการบดีและนำเสนอวิสัยทัศน์ต่อสภามหาวิทยาลัย

มติที่ประชุม
1) อนุมัติกำหนดวันประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ครั้งที่ 5/2564 ในวันเสาร์ที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2564 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป ณ ห้องประชุมพจนสาร หน่วยประสานงาน มทส. – กทม. อาคารพญาไทพลาซ่า ชั้น 22 กรุงเทพมหานคร และห้องประชุมสารนิเทศ ชั้น 2 อาคารบริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และถ่ายทอดสดผ่านทาง Intranet ที่เว็บไซต์สำนักงานสภามหาวิทยาลัย (http://www.sut.ac.th/ouc/) และประชุมออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meeting ตามที่เสนอ
2) อนุมัติกำหนดประชุมสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นัดพิเศษ) ในวันเสาร์ที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เวลา 09.00 น. เพื่อนำเสนอผลการสรรหาอธิการบดีและนำเสนอวิสัยทัศน์ต่อสภามหาวิทยาลัย ตามที่เสนอ

ประธานกล่าวขอบคุณผู้เข้าประชุมทุกท่านและกล่าวปิดประชุม
เลิกประชุมเวลา 12.05 น.

(รองศาสตราจารย์ ดร.กองพล อารีรักษ์)
รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัย
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย
ผู้ตรวจรายงานการประชุม

(นางนงเยาว์ สุคำภา)
หัวหน้าสำนักงานสภามหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยเลขานุการสภามหาวิทยาลัย
ผู้จดบันทึก/ตรวจรายงานการประชุม

(นางสาวอัญชนา จ้อยบรรดิษฐ์)
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป
ผู้จดบันทึกรายงานการประชุม

ภาคผนวก 2

แผนการสอน (มคอ.3)

1. องค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา SCI03 1001 แคลคูลัส 1 (Calculus 1)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 4 หน่วยกิต (4-0-8)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลายหลักสูตร
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 1
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน การเรียนการสอนแบบออนไลน์ และ/หรือ อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

กหมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของแคลคูลัส สามารถแก้โจทย์ที่เกี่ยวข้องกับลิมิต อนุพันธ์ และการหาปริพันธ์ได้ สามารถนำแนวคิดไปประยุกต์กับบางปัญหาทางกายภาพได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐานที่มั่นคงและสอดคล้องตามสาขาวิชาชีพ และเพื่อพัฒนาวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ลิมิต ความต่อเนื่อง อนุพันธ์ การประยุกต์ของอนุพันธ์ ฟังก์ชันผกผัน หาปริพันธ์จำกัดเขต และ ทฤษฎีมูลฐานของแคลคูลัส

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง (ระบบไตรภาค)	24 ชั่วโมง	-	96 (ระบบไตรภาค)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยการประกาศเวลาให้คำปรึกษาทางระบบ e-learning และติดประกาศที่บอร์ดของสาขาวิชา ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือโดยระบบผู้ช่วยสอนของสาขาวิชาผ่านระบบออนไลน์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับรายวิชา (CLOs)

นักศึกษาที่ผ่านรายวิชานี้มีความสามารถต่อไปนี้

1. คำนวณหาลิมิตของฟังก์ชันโดยใช้นิยามของลิมิต กฎของลิมิต หรือกฎของโลปีตาล
2. ตรวจสอบฟังก์ชันที่กำหนดให้ได้ว่าเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องหรือไม่
3. คำนวณหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ อาทิเช่น ฟังก์ชันเลขชี้กำลัง ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันตรีโกณมิติ โดยใช้นิยามของอนุพันธ์หรือกฎของอนุพันธ์
4. ประยุกต์อนุพันธ์มาใช้ในการร่างกราฟของฟังก์ชัน
5. ประยุกต์ใช้การประมาณค่าเชิงเส้นและวิธีนิวตันในการประมาณค่ารากของสมการ
6. คำนวณปริพันธ์จำกัดเขตของเอกนามดีกรีต่ำโดยใช้นิยามผลรวมรีมันท์
7. คำนวณปริพันธ์ไม่จำกัดเขตและปริพันธ์จำกัดเขตของฟังก์ชันพื้นฐาน โดยใช้เทคนิคการหาปริพันธ์โดยการแทนค่า
8. แสดงความมีคุณธรรม จริยธรรมในการเรียน
9. สื่อสารแนวคิดทางวิชาการทั้งทางการพูดและการเขียนได้
10. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. ปลูกฝังทรรศนะระหว่างการสอนให้นักศึกษารู้คุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม โดยเน้นความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการทำงานและการดำรงชีวิต **(ส่งเสริม CLO8)**
2. ปลูกฝังทรรศนะเรื่องหน้าที่และความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น มีน้ำใจช่วยเหลือเพื่อนในสิ่งที่ถูกต้อง และสร้างแนวปฏิบัติให้นักศึกษามีวินัย เช่น การมาเรียนอย่างสม่ำเสมอ การเข้าเรียนตรงเวลา **(ส่งเสริม CLO8)**
3. เน้นการเรียนการสอนที่ให้หลักการและแนวคิดวิธีการทางคณิตศาสตร์ **(ส่งเสริม CLO1-7)**
4. ให้โจทย์ตัวอย่างและให้หลักการในการคิดวิเคราะห์ และแสดงวิธีการคำนวณ **(ส่งเสริม CLO1-7)**
5. ให้นักศึกษาฝึกทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน เพื่อความเข้าใจในเนื้อหาของการสอนแต่ละครั้ง **(ส่งเสริม CLO1-7)**
6. ปลูกฝังความสำคัญของหน้าที่และความรับผิดชอบ **(ส่งเสริม CLO8 & CLO10)**
7. ส่งเสริมการอภิปราย/นำเสนอหน้าชั้นเรียน และการร่วมกันแก้ไขโจทย์ปัญหาในชั้นเรียน **(ส่งเสริม CLO9)**

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการประเมินผลผู้เรียนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. ประเมินการรู้หน้าที่จากความสม่ำเสมอในการเข้าเรียน และการมีวินัยจากการตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน **(ส่งเสริม CLO8)**
2. ประเมินความรับผิดชอบและความซื่อสัตย์จากพฤติกรรมในการเรียนและการสอบ **(ส่งเสริม CLO8)**
3. ประเมินจากการอภิปราย การถาม-ตอบ **(ส่งเสริม CLO9)**
4. ประเมินผลในชั้นเรียน เช่น การถาม-ตอบ การทำแบบฝึกหัด **(ส่งเสริม CLO1-7)**
5. ประเมินโดยการสอบกลางภาค และประจำภาคตามระบบของมหาวิทยาลัย **(ส่งเสริม CLO1-7)**
6. สังเกตจากพฤติกรรมในการทำงานเป็นกลุ่มของผู้เรียนแต่ละคน **(ส่งเสริม CLO10)**

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนวคิดของลิมิต ลิมิตข้างเดียว การคำนวณลิมิต และ ลิมิตของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- ทบทวน และ โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับ เส้นตรง และ ฟังก์ชันตรีโกณมิติ	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
2	ความต่อเนื่อง ลิมิตอนันต์ และ เส้นกำกับ	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับลิมิต	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
3	แนวคิดของอนุพันธ์ สูตรการหาอนุพันธ์ และ อนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับอนุพันธ์	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
4	อนุพันธ์อันดับสูง กฎลูกโซ่ การหารอนุพันธ์โดยปริยาย และ อัตราสัมพันธ์	1 3	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับหาอนุพันธ์ และ กฎลูกโซ่	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
5	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด ฟังก์ชันเพิ่ม ฟังก์ชันลด	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับค่าสูงสุด-ต่ำสุด	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
6	ความเว้า การเขียนกราฟ	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับการเขียนกราฟ	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
7	ฟังก์ชันผกผัน ฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผันและอนุพันธ์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผัน ฟังก์ชันชี้กำลัง	3 1	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันผกผัน และ ฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผัน	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
8	ฟังก์ชันลอการิทึม อนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม และ ฟังก์ชันชี้กำลัง	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับอนุพันธ์ของฟังก์ชันลอการิทึม และ ฟังก์ชันชี้กำลัง	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
9	ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก กฎของโลปิตาล	1.5 2.5	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก และ กฎของโลปิตาล	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
10	ปฏิยานุพันธ์ การหาปริพันธ์โดยการแทนค่า	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับการหาปริพันธ์	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
11	พื้นที่ และ บทนิยามปริพันธ์จำกัดเขต ทฤษฎีบทมูลฐานของแคลคูลัสส่วนที่๑	2.5 1.5	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์จำกัดเขต และ ทฤษฎีบทมูลฐานของแคลคูลัส	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
12	การใช้ทฤษฎีบทมูลฐานของแคลคูลัส ส่วนที่ ๒ การหาปริพันธ์จำกัดเขตโดยการแทนค่า การหาพื้นที่ระหว่างกราฟ	2 1 1	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับการหาปริพันธ์จำกัดเขต	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2 และ 3	การบ้าน	1-6, 8-12	10%
	การสอบย่อยเก็บคะแนน (quiz)	1-6, 8-12	10%
	การสอบกลางภาค	7	40%
	การสอบประจำภาค	13	40%
1, 4 และ 5	การเข้าห้องเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	0%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เบญจวรรณ โรจนดิษฐ์, เอกสารประมวลสาระรายวิชา 103101 แคลคูลัส 1, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2557
- Workbook Calculus 1 โดย Asst. Prof. Eckart Schulz

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- G.B. Thomas, R.L. Finney, M.D. Weir and F.R. Giordano, Calculus and Analytic Geometry: Early transcendentals, 12th edition, Addison-Wesley, 2009.
- H. Anton, I. Bivens and S. Davis, Calculus, 8th edition, John Wiley Sons, 2005.
- R. Larson, R. Hostetler, and B. Edwards, Essential Calculus: Early Transcendental Functions, 1st edition, Brooks Cole, 2007..
- J. Stewart, Calculus: Early transcendentals, 7th edition, Brooks Cole, 2010

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- เว็บไซต์ e-learning ของมหาวิทยาลัย
- เว็บไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Youtube

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การให้ข้อเสนอแนะของนักศึกษาผ่านระบบ e-learning ของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลการทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน และผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนโดยพิจารณาจากข้อมูลในข้อ 2.
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา หรือความคิดเห็นจากที่ประชุมเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

ทวนสอบมาตรฐานโดยการสอบถามนักศึกษา หรือการตรวจแบบฝึกหัด และข้อสอบที่นักศึกษาทำ

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากการประเมินการสอนของนักศึกษา การรายงานโดยอาจารย์ผู้สอน มีการทบทวนเนื้อหา วิธีการสอน เพื่อปรับปรุง และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชา การประชุมหลักสูตรของสาขาวิชาเพื่อพิจารณาหาข้อสรุปและเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา SCI03 1002 แคลคูลัส 2 (Calculus 2)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 4 หน่วยกิต (4-0-8)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลายหลักสูตร
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisites) (ถ้ามี) SCI03 1001 แคลคูลัส 1 (Calculus 1)
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน การเรียนการสอนแบบออนไลน์ และ/หรือ อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการหาปริพันธ์ และการประยุกต์ใช้แคลคูลัสบนฟังก์ชันหลายตัวแปร ซึ่งเป็นเนื้อหาต่อเนื่องจากแคลคูลัสพื้นฐานในวิชาแคลคูลัส 1
2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐานที่มั่นคงในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา โดยเนื้อหามีความสอดคล้องกับการพัฒนาทางด้านคน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน และเพื่อพัฒนาวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

เทคนิคการหาปริพันธ์ (ฟังก์ชันตัวแปรเดียว) การหาปริพันธ์เชิงตัวเลข ลำดับและอนุกรม เวกเตอร์และเรขาคณิต ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ ฟังก์ชันหลายตัวแปร

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง (ระบบไตรภาค)	24 ชั่วโมง	-	96 (ระบบไตรภาค)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 4 - 10 ชั่วโมง/สัปดาห์ (ขึ้นอยู่กับจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนวิชาเรียน ในภาคการศึกษานั้น ๆ) โดยผู้ช่วยสอนสาขาวิชาคณิตศาสตร์ และนักศึกษาสามารถเข้าพบอาจารย์ประจำวิชา ในชั่วโมงนอกเหนือจากการเรียนการสอนได้ในเวลาที่เหมาะสมผ่านระบบออนไลน์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับรายวิชา (CLOs)

นักศึกษาที่ผ่านรายวิชานี้มีความสามารถต่อไปนี้

1. คำนวณหาปริพันธ์โดยเทคนิคการหาปริพันธ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ เทคนิคการหาปริพันธ์โดยการแยกส่วน การหาปริพันธ์โดยใช้เศษส่วนย่อย การแทนค่าด้วยฟังก์ชันตรีโกณมิติ และการแทนค่าอื่น ๆ
2. เรียนรู้และคำนวณปริพันธ์ไม่ตรงแบบ
3. คำนวณหาลิมิตของลำดับและอนุกรมโดยใช้บทนิยามของลิมิตหรือกฎของลิมิต
4. คำนวณพหุนามเทย์เลอร์และอนุกรมเทย์เลอร์
5. คำนวณการดำเนินการของเวกเตอร์บนปริภูมิสามมิติ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา
6. สร้างสมการเส้นตรงและสมการระนาบบนปริภูมิสามมิติ
7. หาอนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันค่าเวกเตอร์บนปริภูมิสามมิติ และคำนวณหาความยาวของเส้นโค้ง
8. อธิบายได้ว่าฟังก์ชันหลายตัวแปรที่กำหนดให้เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องหรือไม่
9. คำนวณอนุพันธ์ย่อย อนุพันธ์ระบุทิศทาง และเกรเดียนต์
10. หาค่าสุดขีดเฉพาะที่ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร
11. แสดงความมีคุณธรรม จริยธรรมในการเรียน
12. สื่อสารแนวคิดทางวิชาการทั้งทางการพูดและการเขียนได้
13. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

8. ปลูกฝังทรรศนะระหว่างการสอนให้นักศึกษารู้คุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม โดยเน้นความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการทำงานและการดำรงชีวิต **(ส่งเสริม CLO11)**
9. ปลูกฝังทรรศนะเรื่องหน้าที่และความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น มีน้ำใจช่วยเหลือเพื่อนในสิ่งที่ถูกต้อง และสร้างแนวปฏิบัติให้นักศึกษามีวินัย เช่น การมาเรียนอย่างสม่ำเสมอ การเข้าเรียนตรงเวลา **(ส่งเสริม CLO11)**
10. เน้นการเรียนการสอนที่ให้หลักการและแนวคิดวิธีการทางคณิตศาสตร์ **(ส่งเสริม CLO1-10)**
11. ให้โจทย์ตัวอย่างและให้หลักการในการคิดวิเคราะห์ และแสดงวิธีการคำนวณ **(ส่งเสริม CLO1-10)**
12. ให้นักศึกษาฝึกทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน เพื่อความเข้าใจในเนื้อหาของการสอนแต่ละครั้ง **(ส่งเสริม CLO1-10)**
13. ปลูกฝังความสำคัญของหน้าที่และความรับผิดชอบ **(ส่งเสริม CLO11 & CLO13)**
14. ส่งเสริมการอภิปราย/นำเสนอหน้าชั้นเรียน และการร่วมกันแก้ไขโจทย์ปัญหาในชั้นเรียน **(ส่งเสริม CLO12)**

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการประเมินผลผู้เรียนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

7. ประเมินการรู้หน้าที่จากความสม่ำเสมอในการเข้าเรียน และการมีวินัยจากการตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน **(ส่งเสริม CLO11)**
8. ประเมินความรับผิดชอบและความซื่อสัตย์จากพฤติกรรมในการเรียนและการสอบ **(ส่งเสริม CLO11)**
9. ประเมินจากการอภิปราย การถาม-ตอบ **(ส่งเสริม CLO12)**
10. ประเมินผลในชั้นเรียน เช่น การถาม-ตอบ การทำแบบฝึกหัด **(ส่งเสริม CLO1-10)**
11. ประเมินโดยการสอบกลางภาค และประจำภาคตามระบบของมหาวิทยาลัย **(ส่งเสริม CLO1-10)**
12. สังเกตจากพฤติกรรมในการทำงานเป็นกลุ่มของผู้เรียนแต่ละคน **(ส่งเสริม CLO13)**

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	-ทบทวนการหาค่าปริพันธ์ไม่จำกัดเขต การหาปริพันธ์โดยการแทนค่า -การหาปริพันธ์โดยการแยกส่วน **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
2	-เศษส่วนย่อยและการหาปริพันธ์โดย การแยกเศษส่วนย่อย **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	4 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
3	-การหาปริพันธ์ฟังก์ชันตรีโกณมิติ และ การหาปริพันธ์ด้วยการแทนค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติ -การหาปริพันธ์ไม่ตรงแบบ **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	3 1 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
4	-ลำดับ การลู่เข้า การลู่ออก -อนุกรมอนันต์ การลู่เข้า การลู่ออก **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
5	-การทดสอบการลู่เข้าของอนุกรม อนันต์ -พหุนามเทย์เลอร์ และอนุกรมเทย์เลอร์ **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
6	-การลู่เข้าของอนุกรมเทย์เลอร์ -การหาปริพันธ์เชิงตัวเลข **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
7	-ปริภูมิสามมิติ สมการวงกลม เวกเตอร์ในระนาบและปริภูมิสามมิติ -ผลคูณเชิงสเกลาร์ ผลคูณเชิงเวกเตอร์ **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
8	-เส้นตรงในปริภูมิสามมิติ -ระนาบในปริภูมิสามมิติ	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
	ชั่วโมงฝึกทักษะ	2	ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	
9	-ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ -เส้นโค้งในปริภูมิสามมิติ -ความเร็ว อัตราเร็ว ความเร่ง อัตราเร่ง **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	1 1 2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
10	-ฟังก์ชันหลายตัวแปร ลิมิตและความต่อเนื่องบนฟังก์ชันหลายตัวแปร -อนุพันธ์ย่อย อนุพันธ์ย่อยอันดับสูง **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	1 3 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
11	- กฎลูกโซ่ การหาอนุพันธ์สำหรับฟังก์ชันโดยปริยาย -อนุพันธ์ระบุทิศทาง เกรเดียนต์ -ระนาบสัมผัสผิวโค้ง **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	2 1 1	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
12	-ค่าสูงสุด-ต่ำสุด จุดสูงสุด-ต่ำสุด จุดอานม้า ของฟังก์ชันสองตัวแปร **ชั่วโมงฝึกทักษะ**	4 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2 และ 3	การสอบ การสอบกลางภาค การสอบประจำภาค	1-12 7 13	12% 36% 52%
1, 4 และ 5	การเข้าห้องเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	0%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- แคลคูลัส 2 โดย ผศ. ดร.เบญจวรรณ โรจนดิษฐ์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- โทมัส จอร์จ, แคลคูลัส, แปลและเรียบเรียง เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต และ คณะ, พิมพ์ครั้งที่ 1, Pearson Education, 2005
- G. B. Thomas, R. L. Finney, M. D. Weir and F. R. Giordano, Calculus and Analytic Geometry, 10th ed., Addison-Wesley Publishing Company., USA., 1996
- H. Anton, I. Bivens and S. Davis, Calculus, 7th ed., John Willey & Sons, Inc., USA., 2002
- J. Stewart, Calculus Early Transcendentals, 6th ed., Bob Pirtle, USA., 2008

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ http://elearning2.sut.ac.th

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การให้ข้อเสนอแนะของนักศึกษาผ่านระบบ e-learning ของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลการทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน และผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนโดยพิจารณาจากข้อมูลในข้อ 2.
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา หรือความคิดเห็นจากที่ประชุมเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

ทวนสอบมาตรฐานโดยการสอบถามนักศึกษา หรือการตรวจแบบฝึกหัด และข้อสอบที่นักศึกษาทำ

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากการประเมินการสอนของนักศึกษา การรายงานโดยอาจารย์ผู้สอน มีการทบทวนเนื้อหา วิธีการสอน เพื่อปรับปรุง และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชา การประชุมหลักสูตรของสาขาวิชาเพื่อพิจารณาหาข้อสรุปและเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

SCI03 1005 แคลคูลัส 3 (Calculus III)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

4 หน่วยกิต (4-0-8)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisites) (ถ้ามี)

SCI03 1002 แคลคูลัส 2 (Calculus 2)

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

การเรียนการสอนแบบออนไลน์ และ/หรือ อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของปริพันธ์หลายชั้น และ สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ สามารถแก้โจทย์ที่เกี่ยวข้องกับการหาปริพันธ์สองชั้นและสามชั้น และสมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่งและอันดับสองได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐานที่มั่นคงและสอดคล้องตามสาขาวิชาชีพ และเพื่อพัฒนาวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การการหาปริพันธ์หลายชั้น เวกเตอร์แคลคูลัส สมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับสองประเภทเชิงเส้น วิธีการใช้อนุกรมกำลัง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง (ระบบไตรภาค)	24 ชั่วโมง	-	96 ชั่วโมง (ระบบไตรภาค)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยการประกาศเวลาให้คำปรึกษาทางระบบ e-learning, แฟนเพจของสาขาวิชา และติดประกาศที่บอร์ดของสาขาวิชา ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือโดยผู้ช่วยสอนของสาขาวิชาผ่านระบบออนไลน์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับรายวิชา (CLOs)

นักศึกษาที่ผ่านรายวิชานี้มีความสามารถต่อไปนี้

1. วาดกราฟในพิกัดเชิงขั้ว พื้นผิวควอดริกในสามมิติ
2. หาปริพันธ์สองชั้นและสามชั้น โดยสามารถวาดกราฟของอาณาบริเวณที่เกี่ยวข้อง ในพิกัดเชิงฉาก เชิงขั้ว ทรงกระบอก และทรงกลม
3. หาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่งได้
4. หาผลเฉลยของปัญหาค่าตั้งต้นสมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่งได้
5. หาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นสามัญอันดับสองได้
6. หาผลเฉลยของปัญหาค่าตั้งต้นสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นสามัญอันดับสองได้
7. ใช้วิธีการอนุกรมกำลังหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญได้
8. เชื่อมโยงการประยุกต์ใช้สมการเชิงอนุพันธ์กับปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และปัญหาอื่นในชีวิตประจำวันได้
9. แสดงความมีคุณธรรม จริยธรรมในการเรียน
10. สื่อสารแนวคิดทางวิชาการทั้งทางการพูดและการเขียนได้
11. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

15. ปลูกฝังทรรศนะระหว่างการสอนให้นักศึกษารู้คุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม โดยเน้นความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการทำงานและการดำรงชีวิต **(ส่งเสริม CLO9)**
16. ปลูกฝังทรรศนะเรื่องหน้าที่และความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น มีน้ำใจช่วยเหลือเพื่อนในสิ่งที่ถูกต้อง และสร้างแนวปฏิบัติให้นักศึกษามีวินัย เช่น การมาเรียนอย่างสม่ำเสมอ การเข้าเรียนตรงเวลา **(ส่งเสริม CLO9)**
17. เน้นการเรียนการสอนที่ให้หลักการและแนวคิดวิธีการทางคณิตศาสตร์ **(ส่งเสริม CLO1-8)**
18. ให้โจทย์ตัวอย่างและให้หลักการในการคิดวิเคราะห์ และแสดงวิธีการคำนวณ **(ส่งเสริม CLO1-8)**
19. ให้นักศึกษาฝึกทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน เพื่อความเข้าใจในเนื้อหาของการสอนแต่ละครั้ง **(ส่งเสริม CLO1-8)**
20. ปลูกฝังความสำคัญของหน้าที่และความรับผิดชอบ **(ส่งเสริม CLO9 & CLO11)**
21. ส่งเสริมการอภิปราย/นำเสนอหน้าชั้นเรียน และการร่วมกันแก้ไขโจทย์ปัญหาในชั้นเรียน **(ส่งเสริม CLO10)**

รูปแบบวิธีที่ใช้ในการประเมินผลผู้เรียนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

13. ประเมินการรู้หน้าที่จากความสม่ำเสมอในการเข้าเรียน และการมีวินัยจากการตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน **(ส่งเสริม CLO9)**
14. ประเมินความรับผิดชอบและความซื่อสัตย์จากพฤติกรรมในการเรียนและการสอบ **(ส่งเสริม CLO9)**
15. ประเมินจากการอภิปราย การถาม-ตอบ **(ส่งเสริม CLO10)**
16. ประเมินผลในชั้นเรียน เช่น การถาม-ตอบ การทำแบบฝึกหัด **(ส่งเสริม CLO1-8)**
17. ประเมินโดยการสอบกลางภาค และประจำภาคตามระบบของมหาวิทยาลัย **(ส่งเสริม CLO1-8)**
18. สังเกตจากพฤติกรรมในการทำงานเป็นกลุ่มของผู้เรียนแต่ละคน **(ส่งเสริม CLO11)**

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ระบบพิกัดเชิงขั้ว แนวคิดของปริพันธ์สองชั้น ปริพันธ์สองชั้นบนสี่เหลี่ยมผืนผ้า ปริพันธ์ซ้ำ	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับระบบพิกัดเชิงขั้ว และผิวกำลังสอง	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
2	ปริพันธ์สองชั้นบนบริเวณทั่วไป การประยุกต์ของปริพันธ์สองชั้น	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์สองชั้น	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
3	ปริพันธ์สองชั้นในระบบพิกัดเชิงขั้ว แนวคิดของปริพันธ์สามชั้น	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์สองชั้น	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
4	การหาค่าปริพันธ์สามชั้น และ การประยุกต์ของปริพันธ์สามชั้น ระบบพิกัดทรงกระบอก	3 1	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์สามชั้น	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
5	ปริพันธ์สามชั้นในระบบพิกัดทรงกระบอก ระบบพิกัดทรงกลม	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์สามชั้นและระบบพิกัดทรงกระบอก	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์
6	ปริพันธ์สามชั้นในระบบพิกัดทรงกลม สนามเวกเตอร์ ไดเวอเจนซ์ และเคิร์ล	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์ สาขาวิชา คณิตศาสตร์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปริพันธ์สามชั้นในระบบพิกัดทรงกลม	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
7	แนวคิดของสมการเชิงอนุพันธ์ การหาผลเฉลยโดยการแยกตัวแปร	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับสนามเวกเตอร์	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
8	สมการเชิงเส้น สมการแม่นตรง การแทนค่าการประยุกต์ของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
9	แนวคิดของสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น สมการอันดับสอง ประเภทเอกพันธุ์	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง และ สมการอันดับสองประเภทเอกพันธุ์	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
10	วิธีการเทียบสัมประสิทธิ์ วิธีการแปรพารามิเตอร์	2 2	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับสมการอันดับสองประเภทไม่เอกพันธุ์	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
11	ผลเฉลยในรูปอนุกรมของสมการอันดับหนึ่ง	4	บรรยาย ยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับผลเฉลยในรูปอนุกรมของสมการอันดับหนึ่ง	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
12	ผลเฉลยในรูปอนุกรมของสมการอันดับสอง	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาแนวทางแก้ไข	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์
	ชั่วโมงฝึกทักษะ -- โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับผลเฉลยในรูปอนุกรมของสมการอันดับสอง	2	โจทย์ปัญหา	คณาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**
2 และ 3	การสอบกลางภาค การสอบประจำภาค	7 13	40% 60%
1, 4 และ 5	การเข้าห้องเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	0%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- แคลคูลัส 2 โดย รศ. ดร. ประภาศรี อัศวกุล สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 103 105 โดย ผศ.ดร.เจษฎา ตัณฑนุช
- Workbook Calculus 3 โดย Asst. Prof. Eckart Schulz

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- G.B. Thomas, R.L. Finney, M.D. Weir and F.R. Giordano, Calculus and Analytic Geometry: Early transcendentals, 12th edition, Addison-Wesley, 2009.
- H. Anton, I. Bivens and S. Davis, Calculus, 8th edition, John Wiley Sons, 2005.
- R. Larson, R. Hostetler and B. Edwards, Essential Calculus: Early Transcendental Functions, 1st edition, Brooks Cole, 2007.
- J. Stewart, Calculus: Early transcendentals, 7th edition, Brooks Cole, 2010
- E. Kreyszig, Advanced Engineering Mathematics, 10th edition, John Wiley Sons, 2010.
- D.G. Zill, A First Course in Differential Equations, 9th edition, Brooks Cole 2008.
- W.E. Boyce and R.C. DiPrima, Elementary Differential Equations, 9th edition, John Wiley Sons, 2008.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- เว็บไซต์ http://math.sut.ac.th/~jessada
- เว็บไซต์ e-learning ของมหาวิทยาลัย
- เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Youtube

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การให้ข้อเสนอแนะของนักศึกษาผ่านระบบ e-learning ของมหาวิทยาลัย
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - การประเมินจากการอภิปราย การถาม-ตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน - การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การประเมินผลการทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน และผลการสอบของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน - ปรับปรุงการสอนโดยพิจารณาจากข้อมูลในข้อ 2. - ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา หรือความคิดเห็นจากที่ประชุมเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการสอน
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา ทวนสอบมาตรฐานโดยการสอบถามนักศึกษา หรือการตรวจแบบฝึกหัด และข้อสอบที่นักศึกษาทำ
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากการประเมินการสอนของนักศึกษา การรายงานโดยอาจารย์ผู้สอน มีการทบทวนเนื้อหา วิธีการสอน เพื่อปรับปรุง และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชา การประชุมหลักสูตรของสาขาวิชาเพื่อพิจารณาหาข้อสรุปและเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาฟิสิกส์

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1

Physics I

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

4 หน่วยกิต (4-0-8)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลายหลักสูตร วิชาศึกษาทั่วไป

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผู้รับผิดชอบรายวิชา อาจารย์ ดร.มนต์ชัย จิตรวิเศษ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แสนรังค์

อาจารย์ผู้สอน อาจารย์ ดร.มนต์ชัย จิตรวิเศษ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แสนรังค์,
รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อายุทธ ลิ้มพิรัตน์,
อาจารย์ ดร.อิทธิพล ฟองแก้ว, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ทุกชั้นปี

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1 หรือเรียนควบคู่กับฟิสิกส์ 1 หรือโดยความเห็นชอบของสาขาวิชา

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2563

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติในหัวข้อเรื่อง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่สองมิติและสามมิติ แรงและกฎของนิวตัน งานและพลังงาน ระบบอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัดแบบฮาร์มอนิก การแกว่งกวัดแบบหน่วงและแบบบังคับ คุณสมบัติทั่วไปของคลื่น เสียง กลศาสตร์ของของไหล อุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐาน เป็นการเตรียมความพร้อม ความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาฟิสิกส์ เพื่อเป็นพื้นฐานการเรียนในวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ได้ปรับตัวอย่าง สื่อการสอนให้ทันยุคสมัย เข้าใจง่ายมากขึ้น เสริมเนื้อหาให้สอดคล้องกับวิชาในระดับสูง และเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสอน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่สองมิติและสามมิติ แรงและกฎของนิวตัน งานและพลังงาน ระบบอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัดแบบฮาร์มอนิก การแกว่งกวัดแบบหน่วงและแบบบังคับ คุณสมบัติทั่วไปของคลื่น เสียง กลศาสตร์ของของไหล อุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 60 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษา	ไม่มีการฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม	การศึกษาด้วยตนเอง 8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านเว็บไซต์สาขาวิชาหรือแจ้งข้อมูลในชั้นเรียน
- อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อ 1 คาบการสอนบรรยาย และไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1. คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ เคารพในสิทธิของข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้

- เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ

1.2. วิธีการสอน

- ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของเรื่องการตรงต่อเวลา มีคะแนนการเข้าห้องเรียน ไม่มีการเช็คชื่อให้สำหรับผู้ที่เข้าเรียนสาย ไม่ให้คะแนนการบ้านสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง
- สอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรมเข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัย จรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ในกลุ่ม ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน การเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ
- การทำรายงานหรืออภิปรายกลุ่ม

1.3. วิธีการประเมินผล

- พฤติกรรมการเข้าเรียน และส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามขอบเขตที่ให้และตรงเวลา
- พฤติกรรมในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย
- มีการอ้างอิงเอกสารที่ได้นำมาทำรายงาน อย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยนักศึกษาอื่น ๆ ในรายวิชาประเมินผลการนำเสนอรายงานผลที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่สองมิติและสามมิติ แรงและกฎของนิวตัน งานและพลังงาน ระบบอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัดแบบฮาร์มอนิก การแกว่งกวัดแบบหน่วงและแบบบังคับ คุณสมบัติทั่วไปของคลื่น เสียง กลศาสตร์ของของไหล อุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส สามารถนำเอาความรู้ทางด้านฟิสิกส์พื้นฐานไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาที่ตนถนัดเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสังคม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยาย ใช้แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้แบบฝึกหัด แก้ปัญหาโจทย์ การบ้าน การทำงานเป็นกลุ่มและส่งเสริมให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต
- มีการสอนเสริมสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการ

2.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดหลักการ ทฤษฎีและเหตุการณ์จำลอง
- นำเสนอสรุปการอ่านจากการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาโจทย์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักศึกษาจะมีทักษะทางปัญญาที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหลักสูตร ดังนี้

- มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านฟิสิกส์ได้อย่างมีระบบ
- มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเหมาะสมในการพัฒนา นวัตกรรม หรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
- สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

การทำโจทย์ในห้องเรียน การทำเป็นงานเป็นกลุ่มเพื่อให้วิเคราะห์โจทย์และแก้ไขปัญหาร่วมกัน การให้การบ้าน ให้งานในลักษณะที่นักศึกษาต้องค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อประกอบในการแก้ไขปัญหาโจทย์

3.3 วิธีการประเมินผล

ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- รู้จักบทบาท หน้าที่ เชื่อมั่นในตัวเองและมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม
- วางตัวและร่วมแสดงความคิดเห็นในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ยอมรับเหตุผลและความคิดเห็นกับผู้อื่น
- สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมงาน
- มีความสามารถค้นคว้าข้อมูล และใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานให้ทำงานทั้งงานรายบุคคลและงานเป็นกลุ่ม และมีการเปลี่ยนกลุ่มทำงานตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้นักศึกษาทำงานได้กับผู้อื่น โดยไม่ยึดติดเฉพาะเพื่อนสนิท
- กำหนดความรับผิดชอบของนักศึกษาแต่ละคนในการทำงานกลุ่มอย่างชัดเจน
- พยายามยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา
- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่าง ๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่าง ๆ

4.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งประเมินตนเอง และเพื่อนร่วมงาน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- นักศึกษามีทักษะในการคิดคำนวณเชิงตัวเลข ทักษะในการแปลและตีความหมายของโจทย์
- มีความสามารถในการสืบค้น ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางด้านฟิสิกส์ พร้อมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในศาสตร์ของตนเองหรือที่เกี่ยวข้องได้
- สามารถประยุกต์ใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสมและทันสมัย เช่น การส่งงานหรือข้อซักถามทางอีเมลล์
- มีความสามารถในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
- สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางฟิสิกส์เพื่อประกอบวิชาชีพในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้

5.2 วิธีการสอน

- นำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ใช้สื่อการสอน PowerPoint แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวที่น่าสนใจ ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ประกอบการสอน
- การสอนโดยมีการนำเสนอข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากอินเทอร์เน็ต สื่อการสอน e-learning การทำงานหรือการบ้าน โดยมีโจทย์ที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ การส่งการบ้านทางอีเมลล์
- นำเสนอโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินทักษะการใช้สื่อและการใช้ภาษาพูดจากการนำเสนองานหน้าห้องเรียน
- ประเมินทักษะการใช้ภาษาเขียนจากเอกสารรายงาน
- ประเมินรายงานการสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
1	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่สองมิติและสามมิติ	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
2	แรงและกฎของนิวตัน	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
3	งานและพลังงาน	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
4	ระบบอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
5	การเคลื่อนที่แบบหมุน	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
6	การแกว่งกวัดแบบฮาร์มอนิก การแกว่งกวัดแบบหน่วงและแบบบังคับ	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
7	คุณสมบัติทั่วไปของคลื่น	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
8	เสียง	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
9	กลศาสตร์ของของไหล	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
10	อุณหพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางการทำการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้				
กิจกรรมที่	**ผลการเรียนรู้**	**วิธีการประเมิน**	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมินผล**
1	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1, 3.2, 5.3	- สอบย่อย - สอบกลางภาค (บทที่ 1-5) - สอบปลายภาค (บทที่ 6-10)	1, 3, 5, 6, 8, 10 5 10	5% 40% 40%
2	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1-3.3, 4.1-4.2, 5.1-5.3	- การเข้าห้องเรียน - การส่งงานตามที่ได้รับมอบหมาย รายบุคคล - รายงานกลุ่ม	ตลอดภาคการศึกษา	5% 5% 5%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารและตำราหลัก

ประมวลสาระวิชา ฟิสิกส์ 1 คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ *(แนะนำให้อ่านประกอบ)*

R. A. Serway, J. S. Faughn, C. Vuille, College Physics, 8th Edition, Brooks Cole, 2008

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชาที่จัดทำโดยนักศึกษา ทำได้โดย

- แบบประเมินเนื้อหาวิชาและประเมินผู้สอน ที่แจกให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชาในชั่วโมงสุดท้ายของการเรียนการสอนหรือให้นักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ทำได้โดย

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยภาควิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน ดังนี้ ปรับปรุงสื่อการสอน ยกตัวอย่างโจทย์ให้เหมาะสมเพื่อให้นักศึกษามีการฝึกฝนในการแก้ปัญหาโจทย์ได้มากขึ้น การทำงานกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจเรียนมีการเพิ่มชั่วโมงติวสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการหรือมีผลการเรียนที่อ่อน นอกจากนี้อาจมี การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชาทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตร ร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาฟิสิกส์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

SCI05 1002 ฟิสิกส์ 2

Physics II

2. จำนวนหน่วยกิต

4 หน่วยกิต (4-0-8)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ หมวดวิชาบังคับ

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อาจารย์ ดร.สรวิศ แสงทวีสิน

อาจารย์ผู้สอน อาจารย์ ดร.สรวิศ แสงทวีสิน, รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ,
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรวุฒิ วรกิจพูนผล, อาจารย์ ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์,
อาจารย์ ดร.อิทธิพล ฟองแก้ว

5. ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / ทุกชั้นปี

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2563

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในวิชาฟิสิกส์เชิงทฤษฎี ในหัวข้อเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็ก คลื่น แสง โครงสร้างอะตอม และอนุภาคต่างๆ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

ปรับสื่อการสอนให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น และเสริมเนื้อหาให้สอดคล้องกับวิชาในระดับสูงขึ้นมากขึ้น และมีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ช่วยในการสอน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

สนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า กระแสและความต้านทาน สนามแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำ สภาพนำยิ่งยวด คลื่นแสง ท่อนำคลื่นไมโครเวฟ เส้นใยนำแสงและการใช้การสื่อสาร อะตอม โมเลกุล นิวเคลียส ควาร์ก เลปตอน และบิกแบง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
60 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเป็นกลุ่มและเฉพาะราย	-	120 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อ 1 คาบการสอนบรรยาย แต่ต้องไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยการประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านเว็ปไซต์ของสาขาวิชา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ เคารพในสิทธิของข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้

- เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
- เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพฟิสิกส์ในแต่ละสาขา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

- ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของเรื่องการตรงต่อเวลา เช่น มีคะแนนการเข้าห้องเรียน ไม่มีการเช็คชื่อให้สำหรับผู้ที่เข้าเรียนสาย ไม่ให้คะแนนการบ้านสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง เป็นต้น
- สอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม เข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ในกลุ่ม ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน การเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ
- การทำรายงานหรืออภิปรายกลุ่ม

1.3 วิธีการประเมินผล

- พฤติกรรมการเข้าเรียน และส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามขอบเขตที่ให้และตรงเวลา
- พฤติกรรมในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย เช่น การบ้าน มีการลอกกันมาส่งมากน้อยขนาดไหน
- มีการอ้างอิงเอกสารที่ได้นำมาทำรายงาน อย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยนักศึกษาอื่นๆ ในรายวิชาประเมินผลการนำเสนอรายงานผลที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

- ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับ สนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า กระแสและความต้านทาน สนามแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำ สภาพนำยิ่งยวด คลื่นแสง ท่อนำคลื่นไมโครเวฟ เส้นใยนำแสงและการใช้การสื่อสาร อะตอม โมเลกุล นิวเคลียส ควาร์ก เลปตอน และบิกแบง สามารถนำเอาความรู้ทางด้านฟิสิกส์พื้นฐานไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาที่ตนถนัด เพื่อเกิดประโยชน์ต่อสังคม

2.2 วิธีการสอน

- การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้แบบฝึกหัด แก้ปัญหาโจทย์ การบ้าน การทำงานเป็นกลุ่มและส่งเสริมให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต
- มีการสอนเสริมสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการ

2.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
- นำเสนอสรุปการอ่านจากการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาโจทย์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักศึกษาจะมีทักษะทางปัญญาที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหลักสูตร ดังนี้

- มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านฟิสิกส์ได้อย่างมีระบบ
- มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
- สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

การทำโจทย์ในห้องเรียน การทำเป็นงานเป็นกลุ่มเพื่อให้วิเคราะห์โจทย์และแก้ไขปัญหาร่วมกัน การให้การบ้าน ให้งานในลักษณะที่นักศึกษาต้องค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อประกอบในการแก้ไขปัญหาโจทย์

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องการพัฒนา

- รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม
- วางตัวและร่วมแสดงความคิดเห็นในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม

- สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
- มีความสามารถค้นคว้าข้อมูล และใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานให้ทำงานทั้งงานรายบุคคลและงานเป็นกลุ่ม และมีการเปลี่ยนกลุ่มทำงานตามกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้นักศึกษาทำงานได้กับผู้อื่น โดยไม่ยึดติดกับเฉพาะเพื่อนสนิท
- กำหนดความรับผิดชอบของนักศึกษาแต่ละคนในการทำงานกลุ่ม อย่างชัดเจน
- พยายามยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา
- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่างๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่างๆ

4.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งประเมินตนเอง และเพื่อนร่วมงาน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- นักศึกษามีทักษะในการคิดคำนวณเชิงตัวเลข ทักษะในการแปลและตีความหมายของโจทย์
- มีความสามารถในการสืบค้น ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางด้านฟิสิกส์ได้ พร้อมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในศาสตร์ของตนเองหรือที่เกี่ยวข้องได้
- สามารถประยุกต์ใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสมและทันสมัย เช่น การส่งงานหรือข้อซักถามทางอีเมลล์
- มีความสามารถในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
- สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางฟิสิกส์เพื่อประกอบวิชาชีพในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้

5.2 วิธีการสอน

- นำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ใช้สื่อการสอน power point ที่น่าสนใจ ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ประกอบการสอน
- การสอนโดยมีการนำเสนอข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากอินเทอร์เน็ต สื่อการสอน e-learning การทำงานหรือการบ้านส่ง โดยมีโจทย์ที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ต มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลที่น่าเชื่อถือ การส่งการบ้านทางอีเมลล์

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินทักษะการใช้สื่อและการใช้ภาษาพูดจากการนำเสนองานหน้าห้องเรียน
-ประเมินทักษะการใช้ภาษาเขียนจากเอกสารรายงาน
-ประเมินรายงานการสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	สนามสเกลาร์และสนามเวกเตอร์/สนามไฟฟ้าสถิต/กฎของเกาส์	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
2	ศักย์ไฟฟ้า/ตัวเก็บประจุ	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
3	วงจรไฟฟ้ากระแสตรง/สภาพนำยิ่งยวด	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
4	สนามแม่เหล็กสถิต/การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน การประยุกต์ใช้งาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
5	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
6	ทัศนศาสตร์เชิงกายภาพ/การประยุกต์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน การประยุกต์ใช้งาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
7	แสงและฟิสิกส์ควอนตัม	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน การประยุกต์ใช้งาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
8	ธรรมชาติเชิงคลื่นของสสาร/โครงสร้างของไฮโดรเจนอะตอม	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
9	ฟิสิกส์นิวเคลียร์/พลังงานจากนิวเคลียส	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน การประยุกต์ใช้งาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
10	ควาร์ก เลปตอน และบิกแบง	6	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา แนวทางแก้ไขการบ้าน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการ

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน* (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
				ประเมิน
2,3	สอบย่อย (บทที่ 1, 3, 5, 6, 8, 10) สอบกลางภาค (บทที่ 1-5) สอบปลายภาค (บทที่ 6-10)		1, 3, 5, 6, 8, 10 5 10	5% 40% 40%
1,2,4,5	- การเข้าห้องเรียน - การส่งงานตามที่ได้รับมอบหมายรายบุคคล - รายงานกลุ่ม		ตลอดภาคการศึกษา	5% 5% 5%

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)

****** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

ประมวลสาระวิชา ฟิสิกส์ 2 โดย รศ. ดร. พวงรัตน์ ไพเราะ และ คณะ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

R. A. Serway, J. S. Faughn, C. Vuille, College Physics, 8th Edition, Brooks Cole, 2008

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชาที่จัดทำโดยนักศึกษา ทำได้โดย

- แบบประเมินเนื้อหาวิชาและประเมินผู้สอน ที่แจกให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชาในชั่วโมงสุดท้ายของการเรียนการสอนหรือให้นักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ทำได้โดย

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยภาควิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน เช่น ยกตัวอย่างโจทย์ให้มากขึ้นเพื่อให้นักศึกษามีการฝึกฝนในการแก้ปัญหาโจทย์ได้มากขึ้น การทำงานกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจเรียนมีการเพิ่มชั่วโมงติวสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการหรือมีผลการเรียนที่อ่อน นอกจากนี้อาจมี การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เป็นต้น

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของภาควิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตร ร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาฟิสิกส์

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

SCI05 1191 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1

Physics Laboratory I

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

1 หน่วยกิต (0-3-0)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลายหลักสูตร วิชาศึกษาทั่วไป

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1

8. สถานที่เรียน

อาคารเครื่องมือ 10 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ การใช้เครื่องมือ โดยการทดลองปฏิบัติในหัวข้อเรื่อง การวัด การเคลื่อนที่เชิงเส้น การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัด คลื่นนิ่ง และการเกิดเรโซแนนซ์ในเส้นลวด ความหนืด เรโซแนนซ์ของคลื่นเสียง ลูกตุ้มนาฬิกา

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐาน การใช้เครื่องมือ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล เป็นการเตรียมความพร้อม ความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาฟิสิกส์ เพื่อเป็นพื้นฐานการเรียนในวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ได้ปรับตัวอย่างสื่อการสอนให้ทันยุคสมัย เข้าใจง่ายมากขึ้น เสริมเนื้อหาให้สอดคล้องกับวิชาในระดับสูง และเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสอน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การทดลองต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่สนับสนุนเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ 1 และเพิ่มประสบการณ์ด้านการทดลอง ดังนี้ การวัด การเคลื่อนที่เชิงเส้น การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัด คลื่นนิ่ง และการเกิดเรโซแนนซ์ในเส้นลวด ความหนืด เรโซแนนซ์ของคลื่นเสียง ลูกตุ้มนาฬิกา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มีการบรรยาย	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษา	ฝึกปฏิบัติ 24 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	การศึกษาด้วยตนเอง 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านเว็บไซต์สาขาวิชาหรือแจ้งข้อมูลในชั้นเรียน
- อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

2. คุณธรรม จริยธรรม

2.1. คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ เคารพในสิทธิของข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้

- เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ

1.2. วิธีการสอน

- ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของเรื่องการตรงต่อเวลา ไม่ให้ทำทดสอบย่อยถ้าเข้าเรียนสาย ไม่ให้ทำปฏิบัติการและไม่เช็คชื่อให้สำหรับผู้ที่เข้าเรียนสาย ไม่ให้คะแนนรายงานสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง
- สอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรมเข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัย จรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ในกลุ่ม ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน การเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ
- การทำรายงานหรืออภิปรายกลุ่ม

1.3. วิธีการประเมินผล

- พฤติกรรมการเข้าเรียน การมีส่วนร่วมในการทำปฏิบัติการ และส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามขอบเขตที่ให้และตรงเวลา
- พฤติกรรมในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย
- มีการเก็บข้อมูล บันทึกผลการทดลองในรายงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยนักศึกษาอื่น ๆ ในรายวิชาประเมินผลการนำเสนอรายงานผลที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง ในเรื่อง การวัด การเคลื่อนที่เชิงเส้น การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัด คลื่นนิ่ง และการเกิดเรโซแนนซ์ในเส้นลวด ความหนืด เรโซแนนซ์ของคลื่นเสียง ลูกตุ้มนาฬิกา สามารถนำเอาความรู้ทางด้านฟิสิกส์พื้นฐานไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาที่ตนถนัดเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสังคม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยาย สาธิตและให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้แบบฝึกหัด คำถามท้ายการทดลอง การทำงานเป็นกลุ่มและส่งเสริมให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- มีการให้คำปรึกษาแนะแนวสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการ

2.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดหลักการ ทฤษฎีและเหตุการณ์จำลอง
- นำเสนอสรุปผลการทดลอง รายงานการทดลอง การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดีนอกจากนี้นักศึกษาจะมีทักษะทางปัญญาที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหลักสูตร ดังนี้

- มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- สามารถคิด วิเคราะห์ และเก็บข้อมูลอย่างมีระบบ
- มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
- สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยาย สาธิต การทำเป็นงานเป็นกลุ่มเพื่อให้วิเคราะห์โจทย์และแก้ไขปัญหาร่วมกัน การให้นักศึกษาทำการทดลองเพื่อค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อประกอบในการวิเคราะห์การทดลอง

3.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดหลักการ ทฤษฎีและเหตุการณ์จำลอง
- นำเสนอสรุปผลการทดลอง รายงานการทดลอง การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- รู้จักบทบาท หน้าที่ เชื่อมั่นในตัวเองและมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม
- วางตัวและร่วมแสดงความคิดเห็นในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ยอมรับเหตุผลและความคิดเห็นกับผู้อื่น
- สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมงาน
- มีความสามารถค้นคว้าข้อมูล และใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานให้ทำทั้งรายบุคคลและงานกลุ่ม และมีการกำหนดกลุ่มทดลองตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้นักศึกษาทำงานได้กับผู้อื่น โดยไม่ยึดติดเฉพาะเพื่อนสนิท
- กำหนดความรับผิดชอบของนักศึกษาแต่ละคนในการทำงานกลุ่มอย่างชัดเจน
- พยายามสาธิตการใช้เครื่องมือ
- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่าง ๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่าง ๆ

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งประเมินตนเอง และเพื่อนร่วมงาน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- นักศึกษามีทักษะในการคิดคำนวณเชิงตัวเลข ทักษะในการแปลและตีความหมายของข้อมูลการทดลอง
- มีความสามารถในการสืบค้น ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางด้านฟิสิกส์ พร้อมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในศาสตร์ของตนเองหรือที่เกี่ยวข้องได้
- สามารถประยุกต์ใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสมและทันสมัย เช่น การส่งงานหรือข้อซักถามทางอีเมลล์
- มีความสามารถในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
- สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางฟิสิกส์เพื่อประกอบวิชาชีพในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้

5.2 วิธีการสอน

- นำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ใช้สื่อการสอน PowerPoint แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหวที่น่าสนใจ ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ประกอบการสอน
- การสอนโดยมีการนำเสนอข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล
- นำเสนอโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินทักษะการใช้สื่อและการใช้ภาษาพูดจากการนำสอบถามระหว่างทำปฏิบัติการ
-ประเมินทักษะการใช้ภาษาเขียนจากเอกสารรายงานการทดลอง
-ประเมินรายงานการสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ปฐมนิเทศ บทนำ	3	บรรยาย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
2	การเขียนกราฟเชิงเส้น และกราฟกึ่งลอการิทึม	3	ทดสอบย่อย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
3	การวัด	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
4	การเคลื่อนที่เชิงเส้น	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
5	การเคลื่อนที่แบบหมุน	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
6	การแกว่งกวัด	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
7	คลื่นนิ่ง และการเกิดเรโซแนนซ์ในเส้นลวด	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
8	ความหนืด	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
9	เรโซแนนซ์ของคลื่นเสียง	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
10	ลูกตุ้มนาฬิกา	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้				
กิจกรรมที่	**ผลการเรียนรู้**	**วิธีการประเมิน**	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมินผล**
1	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1-3.3, 5.3	- สอบย่อย - สอบเขียนกราฟ - สอบปลายภาค	ทุกสัปดาห์ 1 10	10% 5% 40%
2	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1-3.3, 4.1-4.2, 5.1-5.3	- การส่งรายงานการทดลองรายบุคคล	ตลอดภาคการศึกษา	45%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารและตำราหลัก

คู่มือปฏิบัติการ ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ *(แนะนำให้อ่านประกอบ)*

ประมวลสาระวิชา ฟิสิกส์ 1 คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับหัวข้อในคู่มือปฏิบัติการ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชาที่จัดทำโดยนักศึกษา ทำได้โดย

- แบบประเมินเนื้อหาวิชาและประเมินผู้สอน ที่แจกให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชาในชั่วโมงสุดท้ายของการเรียนการสอนหรือให้นักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ทำได้โดย

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยภาควิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน ดังนี้ ปรับปรุงอุปกรณ์ สื่อการสอน หัวข้อการทดลองให้เหมาะสมเพื่อให้นักศึกษามีการฝึกฝนในการทดลองมากขึ้น การทำงานกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจเรียน นอกจากนี้อาจมีการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชาทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตร ร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาฟิสิกส์

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

SCI05 1192 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

Physics Laboratory II

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

1 หน่วยกิต (0-3-0)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลายหลักสูตร วิชาศึกษาทั่วไป

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

รองศาสตราจารย์ ดร.พวงรัตน์ ไพเราะ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

SCI05 1191 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 (Physics Laboratory I)

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

SCI05 1002 ฟิสิกส์ 2 (Physics II)

8. สถานที่เรียน

อาคารเครื่องมือ 10 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ การใช้เครื่องมือ โดยการทดลองปฏิบัติในหัวข้อเรื่อง สนามและศักย์ไฟฟ้า กฎของเคอร์ชอร์ฟ วงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้า RLC การเลี้ยวเบน การแทรกสอด โพลาไรเซชัน ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้พื้นฐาน การใช้เครื่องมือ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล เป็นการเตรียมความพร้อม ความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาฟิสิกส์ เพื่อเป็นพื้นฐานการเรียนในวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ได้ปรับตัวอย่าง สื่อการสอนให้ทันยุคสมัย เข้าใจง่ายมากขึ้น เสริมเนื้อหาให้สอดคล้องกับวิชาในระดับสูง และเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสอน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การทดลองต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่สนับสนุนเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ 1 และเพิ่มประสบการณ์ด้านการทดลอง ดังนี้ สนามและศักย์ไฟฟ้า กฎของเคอร์ชอร์ฟ วงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้า RLC การเลี้ยวเบน การแทรกสอด โพลาไรเซชัน ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มีการบรรยาย	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษา	ฝึกปฏิบัติ 24 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	การศึกษาด้วยตนเอง 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านเว็บไซต์สาขาวิชาหรือแจ้งข้อมูลในชั้นเรียน
- อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1. คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ เคารพในสิทธิของข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้

- เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ

1.2. วิธีการสอน

- ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของเรื่องการตรงต่อเวลา ไม่ให้ทำทดสอบย่อยถ้าเข้าเรียนสาย ไม่ให้ทำปฏิบัติการและไม่เช็คชื่อให้สำหรับผู้ที่เข้าเรียนสาย ไม่ให้คะแนนรายงานสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง
- สอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรมเข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัย จรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ในกลุ่ม ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน การเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ
- การทำรายงานหรืออภิปรายกลุ่ม

1.3. วิธีการประเมินผล

- พฤติกรรมการเข้าเรียน การมีส่วนร่วมในการทำปฏิบัติการ และส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามขอบเขตที่ให้และตรงเวลา
- พฤติกรรมในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย
- มีการเก็บข้อมูล บันทึกผลการทดลองในรายงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยนักศึกษาอื่น ๆ ในรายวิชาประเมินผลการนำเสนอรายงานผลที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง ในเรื่องการวัด การเคลื่อนที่เชิงเส้น การเคลื่อนที่แบบหมุน การแกว่งกวัด คลื่นนิ่ง และการเกิดเรโซแนนซ์ในเส้นลวด ความหนืด เรโซแนนซ์ของคลื่นเสียง ลูกตุ้มนาฬิกา สามารถนำเอาความรู้ทางด้านฟิสิกส์พื้นฐานไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาที่ตนถนัดเพื่อเกิดประโยชน์ต่อสังคม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยาย สาธิตและให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้แบบฝึกหัด คำถามท้ายการทดลอง การทำงานเป็นกลุ่มและส่งเสริมให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- มีการให้คำปรึกษาแนะแนวสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการ

2.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดหลักการ ทฤษฎีและเหตุการณ์จำลอง
- นำเสนอสรุปผลการทดลอง รายงานการทดลอง การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักศึกษาจะมีทักษะทางปัญญาที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหลักสูตร ดังนี้

- มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- สามารถคิด วิเคราะห์ และเก็บข้อมูลอย่างมีระบบ
- มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
- สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยาย สาธิต การทำเป็นงานเป็นกลุ่มเพื่อให้วิเคราะห์โจทย์และแก้ไขปัญหาร่วมกัน การให้นักศึกษาทำการทดลองเพื่อค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อประกอบในการวิเคราะห์การทดลอง

3.3 วิธีการประเมินผล

- ทดสอบย่อย สอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดหลักการ ทฤษฎีและเหตุการณ์จำลอง
- นำเสนอสรุปผลการทดลอง รายงานการทดลอง การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- รู้จักบทบาท หน้าที่ เชื่อมั่นในตัวเองและมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม
- วางตัวและร่วมแสดงความคิดเห็นในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ยอมรับเหตุผลและความคิดเห็นกับผู้อื่น
- สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมงาน
- มีความสามารถค้นคว้าข้อมูล และใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานให้ทำทั้งรายบุคคลและงานกลุ่ม และมีการกำหนดกลุ่มทดลองตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้นักศึกษาทำงานได้กับผู้อื่น โดยไม่ยึดติดเฉพาะเพื่อนสนิท
- กำหนดความรับผิดชอบของนักศึกษาแต่ละคนในการทำงานกลุ่มอย่างชัดเจน
- พยายามสาธิตการใช้เครื่องมือ
- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่าง ๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่าง ๆ

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งประเมินตนเอง และเพื่อนร่วมงาน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- นักศึกษามีทักษะในการคิดคำนวณเชิงตัวเลข ทักษะในการแปลและตีความหมายของข้อมูลการทดลอง
- มีความสามารถในการสืบค้น ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการแก้ไขโจทย์ปัญหาทางด้านฟิสิกส์ พร้อมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในศาสตร์ของตนเองหรือที่เกี่ยวข้องได้
- สามารถประยุกต์ใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสมและทันสมัย เช่น การส่งงานหรือข้อซักถามทางอีเมลล์
- มีความสามารถในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
- สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางฟิสิกส์เพื่อประกอบวิชาชีพในหัวข้อที่เกี่ยวข้องได้

5.2 วิธีการสอน

- นำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ใช้สื่อการสอน PowerPoint แบบจำลอง และภาพเคลื่อนไหวที่น่าสนใจ ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ประกอบการสอน
- การสอนโดยมีการนำเสนอข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล
- นำเสนอโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินทักษะการใช้สื่อและการใช้ภาษาพูดจากการนำสอบถามระหว่างทำปฏิบัติการ
-ประเมินทักษะการใช้ภาษาเขียนจากเอกสารรายงานการทดลอง
-ประเมินรายงานการสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ปฐมนิเทศ บทนำ	3	บรรยาย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
2	การเขียนกราฟเชิงเส้น และกราฟกึ่งลอการิทึม	3	ทดสอบย่อย	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
3	สนามและศักย์ไฟฟ้า	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
4	กฎของเคอร์ชอร์ฟ	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
5	วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
6	วงจรไฟฟ้า RLC	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
7	การเลี้ยวเบน	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
8	การแทรกสอด	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
9	โพลาไรเซชัน	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
10	ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก	3	ปฏิบัติการ สาธิต	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรมที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1-3.3, 5.3	- สอบย่อย - สอบปลายภาค	ทุกสัปดาห์ 10	10% 45%
2	1.1, 1.3, 2.1-2.3, 3.1-3.3, 4.1-4.2, 5.1-5.3	- การส่งรายงานการทดลองรายบุคคล	ตลอดภาคการศึกษา	45%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารและตำราหลัก

คู่มือปฏิบัติการ ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ *(แนะนำให้อ่านประกอบ)*

ประมวลสาระวิชา ฟิสิกส์ 2 คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชาที่จัดทำโดยนักศึกษา ทำได้โดย

- แบบประเมินเนื้อหาวิชาและประเมินผู้สอน ที่แจกให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชาในชั่วโมงสุดท้ายของการเรียนการสอนหรือให้นักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ทำได้โดย

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยภาควิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน ดังนี้ ปรับปรุงอุปกรณ์ สื่อการสอน หัวข้อการทดลองให้เหมาะสมเพื่อให้นักศึกษามีการฝึกฝนในการทดลองมากขึ้น การทำงานกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจเรียน นอกจากนี้อาจมีการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชาทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตร ร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์/สาขาวิชาเคมี

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
   SCI02 1111 เคมีพื้นฐาน 1 (Fundamental Chemistry I)
2. จำนวนหน่วยกิต
   4 หน่วยกิต (4-0-8)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
   3.1 หลักสูตร
   วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
   3.2 ประเภทของรายวิชา
   กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
   ผู้รับผิดชอบรายวิชา คือ ผศ.ดร. ธีรนันท์ ศิริตานนท์
   ผู้สอน ได้แก่ ผศ.ดร. ธีรนันท์ ศิริตานนท์, ศ.ดร. กฤษณะ สาคริก, รศ.ดร.ระพี โกศัลวิตร, ผศ.ดร. พัชรินทร์ ชัยสุวรรณ และ ผศ.ดร.ปิยะนุช ปิ่นอยู่
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน
   ภาคการศึกษาที่ 1/ชั้นปีที่ 1
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
   ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
   ไม่มี
8. สถานที่เรียน
   ออนไลน์ ผ่านระบบซูม
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
   4 สิงหาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา
   เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเคมี สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป
2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา
   เพื่อให้สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักศึกษาในปัจจุบันและรายวิชามีเนื้อหาที่ทันสมัย

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา
   โครงสร้างของอะตอมและไอออน สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ พันธะเคมี ปริมาณสัมพันธ์ แก๊ส ของเหลว ของแข็ง สมดุลเคมี สมบัติทั่วไปของกรดและเบส และจลนพลศาสตร์เคมี
2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	-	–	96 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล ไม่จำกัดจำนวนชั่วโมงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของนักศึกษา โดยให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาทั้งโดยตรงและผ่านกระดานเสวนาบนเว็บไซต์ของรายวิชา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม
   1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา
   – มีความตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
   – มีวินัย ตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
   – มีความเคารพและปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรของสังคม
   - มีความเคารพในสิทธิและความคิดเห็นของผู้อื่น

   1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้
   - สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม กฎ ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ระหว่างการสอน โดยเน้นเรื่องความเสียสละ ความซื่อสัตย์สุจริต ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย เช่น ยกตัวอย่างกรณีนักศึกษาทำผิดระเบียบการสอบครั้งที่ผ่านๆ มา ไม่ให้คะแนนการบ้านสำหรับผู้ถ่ายสำเนาการบ้านของผู้อื่นมาส่ง ไม่ให้คะแนนการบ้านผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนด กล่าวชมเชยและให้กำลังใจผู้ที่เข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอและผู้ที่ทำการบ้านด้วยตนเอง แนะนำให้ทบทวนบทเรียนเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียน เป็นต้น
   – ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของการตรงต่อเวลา โดยอาจารย์ปฏิบัติตนเป็นตัวอย่างที่ดี

1.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจาก

–พฤติกรรมการเข้าและออกจากห้องเรียน(ห้องซูม)

- คะแนนการบ้าน (ส่งหรือไม่ส่ง ทำครบทุกข้อหรือไม่ เขียนด้วยตนเองหรือไม่)
- ผลการประเมินผู้เรียนซึ่งนักศึกษากรอกตามแบบประเมินผู้เรียนของมหาวิทยาลัย
- จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนาและจำนวนผู้เข้าเว็บไซต์ของรายวิชา

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

นักศึกษาจะต้องมีความรู้ในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- โครงสร้างของอะตอมและไอออน โดยรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานของอะตอม โครงสร้างของอะตอมตามทัศนะต่างๆ การคำนวณเกี่ยวกับการดูดกลืนและการคายพลังงานของอิเล็กตรอน เลขควอนตัมชนิดต่างๆ โครงแบบอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออน จำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอน และสมบัติแม่เหล็ก
- สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยรู้เกี่ยวกับตำแหน่งต่างๆ ในตารางธาตุ การแบ่งธาตุออกเป็นกลุ่มต่างๆ และแนวโน้มสมบัติต่างๆ ของธาตุตามการจัดตัวในตารางธาตุ
- พันธะเคมี โดยรู้เกี่ยวกับลักษณะของพันธะไอออนิกและพันธะโคเวเลนต์ โครงสร้างลิวอิส การคำนวณประจุฟอร์แมล รูปทรงเรขาคณิตของโมเลกุลและไอออน สมบัติต่างๆ เกี่ยวกับพันธะของสารประกอบโคเวเลนต์ และสภาพขั้วของโมเลกุล
- –ปริมาณสัมพันธ์ โดยรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล โมล และจำนวนอนุภาคของสาร มวลร้อยละของธาตุในสารประกอบ การหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล สมการเคมีและการดุลสมการ ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี การคำนวณโดยวิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์และวิธีวิเคราะห์หน่วย สารกำหนดปริมาณ และหน่วยความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลาย
- แก๊ส โดยรู้เกี่ยวกับความดันบรรยากาศและการวัด แมนอมิเตอร์ชนิดต่างๆ กฎต่างๆ ของแก๊สอุดมคติ การประยุกต์กฎของแก๊สอุดมคติ กฎความดันย่อยของดาลตัน ความดันย่อยและเศษส่วนโมล การแพร่และการแพร่ผ่าน ตลอดจนพฤติกรรมของแก๊สจริงและสมการแวนเดอร์วาลส์
- ของเหลว โดยรู้เกี่ยวกับแรงระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ สมบัติต่างๆ ของของเหลว โครงสร้างและสมบัติของน้ำ การเปลี่ยนสถานะของสารและพลังงานที่เกี่ยวข้อง สมการของ Clausius-Clapeyron กราฟของการให้ความร้อนและกราฟของการเย็นตัว แผนภาพวัฏภาค และสมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย
- ของแข็ง โดยรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติของของแข็งอสัณฐานและของแข็งที่เป็นผลึก ระบบผลึกชนิดต่างๆ การจัดเรียงอนุภาค การหาเลขโคออร์ดิเนชัน และการนับจำนวนอนุภาคในโครงสร้างหน่วยเซลล์แบบ simple cubic, body-centered cubic, face-centered cubic และ hexagonal close-pakced ช่องว่างในการบรรจุแบบชิดที่สุดและการหาสูตรเอมพิริคัล ประสิทธิภาพการบรรจุ ผลึกของแข็งไอออนิกชนิดต่างๆ และการคำนวณเกี่ยวกับผลึก
- สมดุลเคมี โดยรู้เกี่ยวกับลักษณะของสมดุลเคมี ค่าคงที่สมดุลและ reaction quotient ในรูปของความเข้มข้นและความดัน ความสัมพันธ์ระหว่างสมการเคมีและค่าคงที่สมดุล การคำนวณต่างๆ เกี่ยวกับสมดุลเคมี หลักของเลอชาเตอลิเยร์ ปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุลและตำแหน่งของสมดุล ตลอดจนสมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย

- สมบัติทั่วไปของกรดและเบส โดยรู้เกี่ยวกับนิยามต่างๆ ของกรดและเบส สารที่เป็นคู่กรด-เบส สมดุลไอออนของน้ำ pH และ pOH ของสารละลายในน้ำ การแตกตัวและค่าคงที่การแตกตัวของสารละลายในน้ำของกรดและเบส ตลอดจนการคำนวณเกี่ยวกับสารละลายกรดโมโนโปรติกและเบส
- จลนพลศาสตร์เคมี โดยรู้เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา การคำนวณอัตราเฉลี่ยและอัตราที่ขณะใดขณะหนึ่ง อัตราเริ่มต้น กฎอัตราดิฟเฟอเรนเชียลและกฎอัตราอินทิ-เกรต การหากฎอัตราโดยวิธีวัดอัตราเริ่มต้น ครึ่งชีวิตและกราฟต่างๆ เกี่ยวกับปฏิกิริยาอันดับศูนย์และอันดับหนึ่ง สมการของอาร์เรเนียส และตัวเร่งปฏิกิริยา

2.2 วิธีการสอน

บรรยายในห้องเรียนออนไลน์ผ่านระบบซูมโดยใช้สื่อการสอนแบบต่างๆ เช่น การเขียนอธิบายบน ipad หรืออุปกรณ์อื่น ๆ การใช้สื่อในรูปสไลด์ PowerPoint เป็นต้น

2.3 วิธีการประเมินผล

สอบข้อเขียนแบบปรนัยจำนวน 2 ครั้ง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

–มีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

- มีความสามารถในการศึกษาวิเคราะห์ปัญหา เสนอแนวทางแก้ไข และประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง
- มีความสามารถในการค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองและทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่อองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

- ให้ตัวอย่างโจทย์และสอนวิธีทำอย่างละเอียด
- ถาม-ตอบในระหว่างเรียน
- ให้การบ้านบทละ 1 ครั้ง และเฉลยการบ้านผ่านทาง e-learning ของรายวิชา
- แนะนำให้ศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมในหนังสือตำราเคมีเล่มต่างๆ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

สอบข้อเขียนแบบปรนัยจำนวน 2 ครั้ง

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความสามารถวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้และการพัฒนาตนเอง
- รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย และร่วมแสดงความคิดเห็นได้อย่างเหมาะสม

4.2 วิธีการสอน

- ให้การบ้านบทละ 1 ครั้ง
- ให้ลองทำข้อสอบตัวอย่างด้วยตนเอง
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนซูมและผ่านกระดานเสวนาบน e-learning ของรายวิชา
- แนะนำให้เรียนเป็นกลุ่มโดยแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบทบทวนในแต่ละบท
- แนะนำให้ศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมในหนังสือตำราเคมีเล่มต่างๆ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย

4.3 วิธีการประเมิน

ประเมินจาก

- คะแนนการบ้าน (ส่งหรือไม่ส่ง)
- การซักถามหรือแสดงความคิดเห็นในห้องเรียน
- ผลการประเมินผู้เรียนซึ่งนักศึกษากรอกตามแบบประเมินผู้เรียนของมหาวิทยาลัย
- จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนา

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา สามารถเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม มีทักษะ ความเชื่อมั่น และความรอบคอบในการคิดวิเคราะห์ และคำนวณเชิงตัวเลข ตลอดจนการแปลและตีความหมายของผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง

5.2 วิธีการสอน

- ให้ตัวอย่างโจทย์คำนวณ โดยสอนวิธีทำ การแปล และตีความหมายอย่างละเอียด
- ถาม-ตอบในห้องเรียนเพื่อทดสอบความเชื่อมั่นและความรอบคอบในการคิด
- ให้การบ้านที่มีโจทย์คำนวณเพื่อฝึกการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข การแปล และตีความหมายผลลัพธ์ที่ได้

5.3 วิธีการประเมิน

ประเมินจาก

- การบ้าน (ทำได้หรือไม่ได้ มีขั้นตอนการคำนวณอย่างไร และสรุปคำตอบอย่างไร)
- การตอบคำถามในห้องเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมิน

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	<u>โครงสร้างของอะตอมและไอออน</u> - องค์ประกอบของอะตอม - ขนาดของอะตอมและนิวเคลียส - สัญลักษณ์ไอโซโทปหรือสัญลักษณ์นิวเคลียร์ - ประวัติโครงสร้างของอะตอม - การคำนวณพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนโดยใช้สมการ $E_n = -R_H/n^2$ - การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับสมการ $E = h\upsilon = hc/\lambda$ - การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการดูดกลืนและการคายพลังงานในรูปของแสงโดยใช้สมการ $\Delta E = h\upsilon$ และ $\Delta E = R_H(1/n_i^2 - 1/n_f^2)$ - การคำนวณที่เกี่ยวข้องสมการ $\lambda = h/p$ - แบบจำลองกลศาสตร์ควอนตัม - แผนภาพระดับพลังงานของออร์บิทัล - หลักความไม่แน่นอนของ Heisenberg - ภาพของออร์บิทัลชนิดต่างๆ - การใช้ชุดของเลขควอนตัมทั้งสี่แทนอิเล็กตรอนในอะตอม	4	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูม	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
2	<u>โครงสร้างของอะตอมและไอออน</u> (ต่อ) - โครงแบบอิเล็กตรอนของอะตอมและไอออน - หลักของ Aufbau, หลักการกีดกัน Pauli และหลักเกณฑ์ Hund) - สมบัติแม่เหล็กของสาร	1	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 1	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ</u> - ข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญเกี่ยวกับตารางธาตุ - ปัจจัยที่ทำให้สมบัติทางเคมีของธาตุต่างกัน - ความหมายและแนวโน้มของสมบัติต่างๆ ของอะตอมของธาตุในหมู่ A - แนวโน้มของสมบัติต่างๆ ของอะตอมของธาตุในหมู่ B และสมบัติทั่วไป	3		

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
3	<u>พันธะเคมี</u> - Lewis dot symbols ของธาตุหมู่ A – กฎออกเตท - ลักษณะและการเกิดพันธะไอออนิก รวมถึงการเกิดไอออนบวกของโลหะและไอออนลบของอโลหะ การเรียกชื่อไอออน ตลอดจนการเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก - ลักษณะและการเกิดพันธะโคเวเลนต์ รวมถึงการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ - สภาพขั้วของพันธะโคเวเลนต์ - การเขียนโครงสร้างลิวอิส	4	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 2	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
4	<u>พันธะเคมี</u> (ต่อ) - รูปทรงเรขาคณิตของโมเลกุลและไอออน (เส้นตรง, สามเหลี่ยมแบนราบ, มุมงอ, ทรงสี่หน้า, ปิระมิดฐานสามเหลี่ยม, ปิระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม, กระดานหก, ตัวที, ทรงแปดหน้า. ปิระมิดฐานสี่เหลี่ยม และ สี่เหลี่ยมจัตุรัส) - สมบัติต่างๆ เกี่ยวกับพันธะในสารประกอบโคเว-เลนต์ (อันดับพันธะ, ความยาวพันธะ, มุมพันธะ และพลังงานพันธะ) - สภาพขั้วของโมเลกุล	2	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 3	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>ปริมาณสัมพันธ์</u> - ความหมายของมวลอะตอม สูตรเอมพิริคัล สูตรโมเลกุล น้ำหนักฟอร์มูลา และน้ำหนักโมเลกุล - ความสัมพันธ์ระหว่างมวล โมล และจำนวนอนุภาค - การคำนวณมวลร้อยละของธาตุในสารประกอบ - การหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล และกฎสัดส่วนคงที่	2		

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
5	- สมการเคมี กฎทรงมวล และการดุลสมการ - ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี – ผลได้จริง ผลได้ตามทฤษฎี และร้อยละผลได้ของปฏิกิริยา - สารกำหนดปริมาณ - หน่วยความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลาย (ร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละของน้ำหนักโดยปริมาตร โมลาริตี เศษส่วนโมลโมแลลิตี ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน - การเจือจางสารละลาย	3	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 4	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>แก๊ส</u> - สมบัติทั่วไปของแก๊ส - ความหมายและหน่วยต่างๆ ของความดัน - ความดันบรรยากาศและความดันบรรยากาศมาตรฐานและการวัดด้วยบารอมิเตอร์ - การคำนวณความดันบรรยากาศ	1		
6	<u>แก๊ส</u> (ต่อ) - แมนอมิเตอร์ชนิดต่างๆ - กฎต่างๆ ของแก๊สอุดมคติ กราฟ - การประยุกต์กฎของแก๊สอุดมคติสำหรับการคำนวณความหนาแน่น มวลโมเลกุลของแก๊สและปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา - กฎความดันย่อยของดาลตัน - ความดันย่อยและเศษส่วนโมล - การเก็บแก๊สโดยวิธีแทนที่น้ำ - การแพร่ การแพร่ผ่าน กฎการแพร่ผ่านของแกรห์ม - แก๊สจริงและสมการแวนเดอร์วาลส์	4	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 5	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
7	<u>ของเหลว</u> - การจำแนกสถานะของสาร - ความหมายและความแตกต่างของแรงระหว่างโมเลกุลและแรงภายในโมเลกุล - การเกิดแรงระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ - ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของแรงการกระจายและมวลโมเลกุลของสาร - แนวโน้มความแข็งแรงของแรงระหว่างโมเลกุลชนิดต่างๆ – สมบัติของของเหลว -การซึมตามรูเล็ก (capillary action) - การเปลี่ยนสถานะ	4	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 6	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
8	- แผนภาพวัฏภาค (phase diagram) - สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย	1	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยใช้สไลด์ Power Point และเขียนแสดงวิธีทำประกอบบน ipad ผ่านระบบซูมและให้การบ้านครั้งที่ 7	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>ของแข็ง</u> - ของแข็งอสัณฐานและของแข็งที่เป็นผลึก - ความหมายของผลึก, จุดแลตทิซ, แลตทิซผลึกและหน่วยเซลล์ - ระบบผลึกแบบต่างๆ ได้แก่ - การจัดเรียงทรงกลมในโครงสร้าง - ช่อง tetrahedral และ octahedral ในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด - สูตรเอมพิริคัลกับช่อง tetrahedral และช่อง octahedral - การนับจำนวนอะตอมหรือไอออนในหน่วยเซลล์ - ประสิทธิภาพการบรรจุของหน่วยเซลล์ - โครงสร้างผลึกของแข็งไอออนิกแบบต่างๆ ได้แก่ - อัตราส่วนรัศมีไอออนที่เหมาะสมในโครงสร้าง 1 - การคำนวณเกี่ยวกับผลึกโดยวิธีวิเคราะห์หน่วย	3		

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
9	<u>สมดุลเคมี</u> - กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา - ลักษณะของสมดุลเคมี - ตำแหน่งของสมดุลและปัจจัยที่มีผล - ค่าคงที่สมดุลในรูปของความเข้มข้น (K_c) และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง - Reaction quotient ในรูปของความเข้มข้น (Q_c) - ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่สมดุลและสมการเคมีที่ดุลแล้ว - ค่าคงที่สมดุลและ Reaction quotient ในรูปของความดัน (K_p และ Q_p) - ความสัมพันธ์ระหว่าง K_c และ K_p - หลักของเลอชาเตอลิเยร์ - ผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา	4	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยเขียนอธิบายบนกระดาษผ่าน presenter เป็นหลัก และใช้สไลด์ Power Point ประกอบเล็กน้อย และให้การบ้านครั้งที่ 8	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
10	<u>สมดุลเคมี</u> (ต่อ) - ค่าคงที่ผลคูณการละลาย (K_{sp}), molar solubility, solubility, reaction quotient ผลของไอออนร่วม และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง	2	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยเขียนอธิบายบนกระดาษผ่าน presenter เป็นหลัก และใช้สไลด์ Power Point ประกอบเล็กน้อย และให้การบ้านครั้งที่ 8	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>สมบัติทั่วไปของกรดและเบส</u> - กรดและเบสตามนิยามต่าง ๆ - คู่กรด-เบสตามนิยามของเบรินสเตด-ลาวรี - สมดุลไอออนของน้ำ - การคำนวณ pH และ pOH - การแตกตัวของกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน - ค่าคงที่การแตกตัวของกรดและเบส (K_a และ K_b) - องค์ประกอบที่สำคัญในสารละลาย	2		

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
11	- ความแรงของคู่กรด-เบสและความสัมพันธ์ของค่า K_a และ K_b ของสารที่เป็นคู่กรด-เบสกัน - การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับสารละลายกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อน ได้แก่ การคำนวณ pH, ความเข้มข้นที่สมดุลขององค์ประกอบต่างๆ ในสารละลาย, เปอร์เซ็นต์การแตกตัว, ความเข้มข้นเริ่มต้นเมื่อทราบค่าคงที่การแตกตัวและ pH หรือเปอร์เซ็นต์การแตกตัว และค่าคงที่การแตกตัวเมื่อทราบ pH หรือเปอร์เซ็นต์การแตกตัว	2.5	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์โดยเขียนอธิบายบนกระดาษผ่าน presenter เป็นหลัก และใช้สไลด์ Power Point ประกอบเล็กน้อย และให้การบ้านครั้งที่ 10	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>จลนพลศาสตร์เคมี</u> - อัตราการเกิดปฏิกิริยา : ความหมายและการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการสูญเสียสารตั้งต้นและอัตราการเกิดสารผลิตภัณฑ์แต่ละตัว - กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา - การคำนวณอัตราเฉลี่ยของปฏิกิริยาและอัตราของปฏิกิริยาที่ขณะใดขณะหนึ่ง - ความหมายของอัตราเริ่มต้น - กฎอัตรา : ความหมาย, การหาอันดับของปฏิกิริยาโดยวิธีวัดอัตราเริ่มต้น, การหาค่าคงที่อัตรา และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากกฎอัตรา - กฎอัตราอินทิเกรตของปฏิกิริยาที่มีสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียวสำหรับปฏิกิริยาอันดับศูนย์และปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง และครึ่งชีวิตของปฏิกิริยา	1.5		

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
12	<u>จลนพลศาสตร์เคมี</u> - กราฟต่างๆ เกี่ยวกับปฏิกิริยาอันดับศูนย์และปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง - การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับกฎอัตราอินทิเกรต - ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา - สมการของอาร์เรเนียสและการคำนวณค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา - ตัวเร่งปฏิกิริยา : ลักษณะ, การทำงาน, แผนภาพพลังงานศักย์ของปฏิกิริยาเมื่อมีและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และผลที่มีต่อค่า ΔH, ตำแหน่งของสมดุลและค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา	2	บรรยาย ถาม-ตอบ ยกตัว อย่างโจทย์และแนวทางแก้โจทย์ โดยเขียนอธิบายบนกระดาษผ่าน presenter เป็นหลัก และใช้สไลด์ Power Point ประกอบเล็กน้อย	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
	<u>ทบทวนบทเรียน</u>	2		
13	<u>สอบปลายภาค</u>	2	เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
ข้อ 1, 4 และ 5	- การเข้าห้องเรียน - การส่งการบ้าน - การให้ผู้เรียนกรอกแบบประเมินผู้เรียนออนไลน์ผ่านระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาเพื่อดูภาพรวมเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน การตระหนักในคุณค่าและเห็นความสำคัญของการเรียนรายวิชา การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนในห้องเรียนและกระตือรือร้นในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมนอกห้องเรียนจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ - จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนา - จำนวนผู้เข้าเว็บไซต์ของรายวิชา	ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา	- 10% – – –
ข้อ 2 และ 3	การสอบกลางภาค การสอบประจำภาค	7 13	45% 45%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก
   - 1.1 สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. เคมีพื้นฐาน 1.
   - 1.2 ทบวงมหาวิทยาลัย. (2533). เคมีเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: อักษรเจริญทัศน์.
   - 1.3 Raymond Chang. (1998). Chemistry. 6th ed. New York: WCB/McGraw-Hill.
   - 1.4 James E. Brady and John R. Holum. (1996). Chemistry. The Study of Matter and its Changes. 2nd ed. New York: John Willey & Sons.
2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ
   ไม่มี
3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ
   โจทย์แบบฝึกหัดต่างๆ ในหนังสือตำราเคมีต่างๆ ในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
   เว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชาที่สามารถสืบค้นได้ทางอินเทอร์เน็ต

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา
   1.1 ให้นักศึกษาประเมินตนเองเกี่ยวกับรายวิชา ตามแบบประเมินผู้เรียนออนไลน์ผ่านทางระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน การตระหนักในคุณค่าและเห็นความสำคัญของการเรียนรายวิชา การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนในห้องเรียน กระตือรือร้นในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมนอกห้องเรียนจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้
   เชื่อมโยงสัมพันธ์กันในหัวเรื่องในวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับที่เรียนมาแล้ว และกำลังเรียน และในชีวิตประจำวัน
   1.2 พิจารณาจากคะแนนสอบของนักศึกษาทั้ง 2 ครั้งว่ามีผลการเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับใด

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน
   ให้นักศึกษาประเมินการสอนตามแบบประเมินการสอนออนไลน์ผ่านทางระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งประกอบด้วยการให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับรายวิชา ความครบถ้วนของเนื้อหา คุณภาพของความรู้ที่ได้รับ ประสิทธิภาพการสอน การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื้อหาในเอกสารและสื่อประกอบการสอน คุณภาพและปริมาณของงานที่ผู้สอนมอบหมาย การให้ข้อมูลย้อนกลับจากการวัดผลระหว่างเรียน การวัดและประเมินผล ตลอดจนความเป็นครูและการเป็นแบบอย่าง

3. การปรับปรุงการสอน
   มีการรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษาทั้งจากการสนทนาโดยตรง จากการสนทนาผ่านกระดานเสวนา และจากผลการประเมินการสอน เพื่อนำมาปรับปรุงการสอนให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา
   มีการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาจากผลการสอบของนักศึกษาในทางสถิติเปรียบเทียบกับรายวิชาเดียวกันที่สอนในภาคการศึกษาอื่นที่ผ่านๆ มา มีการพิจารณาข้อสอบร่วมกันโดยผู้สอนในแต่ละกลุ่มผู้เรียนเพื่อให้มีเนื้อหาครอบคลุมและสอดคล้องกับบทเรียนอย่างทั่วถึง ไม่มีโจทย์และตัวเลือกที่กำกวม และหลังจากใช้สอบแล้ว มีการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อนำมาปรับปรุงให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ มีอำนาจในการแจกแจงสูง ไม่ง่าย และ ไม่ยากจนเกินไป และมีการประชุมในระดับสาขาวิชาและสำนักวิชาเพื่อประเมินผลการเรียนของนักศึกษาเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกภาคการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา
   มหาวิทยาลัยได้จัดให้มีการประชุมประเมินการเรียนการสอนทุกภาคการศึกษาเพื่อพิจารณาประสิทธิผลของรายวิชาต่างๆ ในภาพรวม เพื่อนำมาปรับปรุงวิธีการสอนและหาแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนร่วมกัน

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์/สาขาวิชาเคมี

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
   SCI02 1112 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1 (Fundamental Chemistry Laboratory I)
2. จำนวนหน่วยกิต
   1 หน่วยกิต (0-3-0)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
   3.1 หลักสูตร
   วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
   3.2 ประเภทของรายวิชา
   กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
   ผู้รับผิดชอบรายวิชา คือ ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน
   ภาคการศึกษาที่ 1/ชั้นปีที่ 1
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
   SCI02 1111 เคมีพื้นฐาน 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
   SCI02 1111 เคมีพื้นฐาน 1
8. สถานที่เรียน
   ออนไลน์ ผ่านระบบซูม
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
   6 สิงหาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา
   เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับการทำปฏิบัติการเคมี สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป
2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา
   เพื่อให้สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักศึกษาในปัจจุบันและมีเทคนิคการทำปฏิบัติการที่ทันสมัย

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

เทคนิคพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี การหาปริมาณ molar volume ของแก๊สออกซิเจน สมบัติคอลลิเกทีฟ แบบจำลองโลหะและการจัดตัวแบบบรรจุชิดที่สุด การหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในยาลดกรด สมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย การหาอันดับของปฏิกิริยา และการจำแนกประเภทของปฏิกิริยา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
–	–	36 ชั่วโมง	–

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ไม่จำกัดจำนวนชั่วโมงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของนักศึกษา โดยให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาทั้งโดยตรงและผ่านกระดานเสวนาบนเว็บไซต์ของรายวิชา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

–มีความซื่อสัตย์สุจริต

–มีระเบียบวินัย ตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

–มีความเคารพในสิทธิและความคิดเห็นของผู้อื่น

- มีจิตสาธารณะ

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

- สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม กฎ ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ระหว่างการทำปฏิบัติการ โดยเน้นเรื่องความซื่อสัตย์สุจริตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ความมีระเบียบวินัย ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย เช่น มีการศึกษาปฏิบัติการที่จะทำมาล่วงหน้า และการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

–ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของการตรงต่อเวลา โดยอาจารย์ปฏิบัติตนเป็นตัวอย่างที่ดี

1.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจาก

- คะแนนสอบย่อยก่อนการทำปฏิบัติการในแต่ละคาบ
- พฤติกรรมการเรียน
- การส่งรายงานปฏิบัติการ
- การลาปฏิบัติการและการทำปฏิบัติการชดเชย
- ผลการประเมินผู้เรียนซึ่งนักศึกษากรอกตามแบบประเมินผู้เรียนของมหาวิทยาลัย
- จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนา
- จำนวนผู้เข้าเว็บไซต์ของรายวิชา

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

นักศึกษาจะต้องมีความรู้ในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- เทคนิคพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี โดยรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเคมี และการใช้งานที่ถูกต้อง หน่วย SI เลขนัยสำคัญ เทคนิคการตัดหลอดแก้วและการทำหลอดหยด เทคนิคการใช้ตะเกียงบุนเส็น เครื่องชั่งไฟฟ้า เครื่องชั่งสามคาน กระบอกตวง และบิวเรต การหาความหนาแน่นของน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างความละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้กับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่วัดได้
- การหาปริมาณ molar volume ของแก๊สออกซิเจน โดยรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ใช้ในการเตรียมแก๊สออกซิเจน การเก็บแก๊สออกซิเจนโดยวิธีแทนที่น้ำ การอ่านบารอมิเตอร์ การคำนวณจำนวนโมลของแก๊สออกซิเจนที่เตรียมได้ การใช้กฎความดันย่อยของดาลตันคำนวณความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนที่เก็บได้ การใช้กฎแก๊สรวมคำนวณปริมาตรของแก๊สออกซิเจนที่สภาวะ STP และการคำนวณ molar volume ของแก๊สออกซิเจนที่สภาวะ STP
- สมบัติคอลลิเกทีฟ โดยรู้เกี่ยวกับการทดลองเพื่อสร้างกราฟของการเย็นตัว (cooling curve) ของตัวทำละลายบริสุทธิ์และของสารละลาย การหาจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์และของสารละลายจากกราฟที่ได้ และการใช้สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลายเกี่ยวกับการลดต่ำลงของจุดเยือกแข็งในการหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลายที่ไม่แตกตัว
- โครงสร้างของของแข็ง โดยรู้เกี่ยวกับการจัดตัวของลูกปิงปองที่ทำให้เกิดโครงสร้างหน่วยเซลล์แบบ simple cubic, body-centered cubic, face-centered cubic และ hexagonal close-packed การเกิดช่อง tetrahedral และ octahedral ในการจัดตัวแบบบรรจุชิดที่สุด และการหาเลขโคออร์ดิเนชัน, atom site และประสิทธิภาพการบรรจุ
- การหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในยาลดกรด โดยรู้เกี่ยวกับเทคนิคการปิเปตและการไทเทรตแบบย้อนกลับ ความหมายของสารละลายมาตรฐาน, สารละลายไทแทรนต์ และสารละลายไทแทรนด์ ความหมายของจุดสมมูลและจุดยุติของการไทเทรต และการคำนวณเพื่อหาปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ยาลดกรดสามารถกำจัดได้
- สมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย โดยรู้เกี่ยวกับการเตรียมสารละลายอิ่มตัวของเกลือที่ละลายในน้ำได้น้อย ความหมายของ molar solubility, solubility และ K_{sp} วิธีไอโอโดเมทรี เทคนิคการไทเทรตหาปริมาณของ I_2 ในสารละลายในน้ำ การคำนวณเพื่อหาค่า K_{sp} และการทดลองเพื่อศึกษาผลของไอออนร่วมที่มีต่อการละลายของเกลือที่ละลายในน้ำได้น้อย
- การหาอันดับของปฏิกิริยา โดยรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา การเขียนกฎอัตราของปฏิกิริยา การใช้วิธีวัดอัตราเริ่มต้นในการหาอันดับของปฏิกิริยา การทดลองเพื่อสร้างกราฟที่ใช้ในการหาอันดับของปฏิกิริยา และการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย
- การจำแนกประเภทของปฏิกิริยา โดยรู้เกี่ยวกับลักษณะของปฏิกิริยาการตกตะกอน ปฏิกิริยากรด-เบส ปฏิกิริยาการเกิดสารเชิงซ้อน และปฏิกิริยารีดอกซ์ การเขียนสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการตกตะกอนและปฏิกิริยากรด-เบส กรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส ความแตกต่างของกรดแก่ กรดอ่อน เบสแก่ และเบสอ่อนในแง่ของการแตกตัวและ pH ของสารละลาย ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ และกรดอ่อนและเบสแก่ และหลักฐานต่างๆ ที่แสดงให้เห็นว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้น

2.2 วิธีการสอน

ใช้วีดีทัศน์ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิบัติการที่จะทำในแต่ละคาบทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเป็นสื่อในการสอนร่วมกับการบรรยายสรุปเกี่ยวกับทฤษฎี ขั้นตอนการทดลอง และอันตรายที่อาจเกิดขึ้นก่อนลงมือปฏิบัติ ผู้สอนสาธิตการทำการทดลองอย่างละเอียดถ่ายทอดสดผ่านระบบซูม เพื่อให้นักศึกษาจดบันทึกผลการทดลองตามจริง จากนั้นอธิบายการคำนวณโดยสุ่มเลือกข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณ มีการสรุปผลการทดลองร่วมกัน และตอบข้อซักถามของนักศึกษา

2.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจาก

- คะแนนรายงานปฏิบัติการ
- คะแนนสอบข้อเขียนแบบปรนัยจำนวน 1 ครั้ง

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

–มีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ

- มีความสามารถในการศึกษาวิเคราะห์ปัญหา เสนอแนวทางแก้ไข และประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง
- มีความสามารถในการค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองและทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่อองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

- ถาม-ตอบระหว่างการเรียนการสอน
- มอบหมายงานให้ค้นคว้าเพิ่มเติมหากไม่สามารถตอบข้อซักถามภายในชั่วโมงปฏิบัติการได้

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

ประเมินจาก

- คะแนนรายงานปฏิบัติการ
- คะแนนสอบข้อเขียนแบบปรนัยจำนวน 1 ครั้ง

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความสามารถวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้และการพัฒนาตนเอง
- รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย และร่วมแสดงความคิดเห็นได้อย่างเหมาะสม

4.2 วิธีการสอน

- ให้ศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิบัติการที่โพสต์ในเว็บไซต์ของรายวิชาและที่อยู่ในคู่มือปฏิบัติการมาล่วงหน้า
- เปิดโอกาสให้ซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในระหว่างเรียนและผ่านกระดานเสวนาบนเว็บไซต์ของรายวิชา

4.3 วิธีการประเมิน

ประเมินจาก

- คะแนนสอบย่อยก่อนการทำปฏิบัติการในแต่ละคาบ
- การส่งรายงานให้ทันภายในคาบเรียนหรือตามที่กำหนด
- การซักถามหรือแสดงความคิดเห็นในห้องปฏิบัติการ
- ผลการประเมินผู้เรียนซึ่งนักศึกษากรอกตามแบบประเมินผู้เรียนของมหาวิทยาลัย
- จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนา
- จำนวนผู้เข้าเว็บไซต์ของรายวิชา

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา สามารถเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม มีทักษะ ความเชื่อมั่น และความรอบคอบในการคิดวิเคราะห์ และคำนวณเชิงตัวเลข ตลอดจนการแปลและตีความหมายของผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง

5.2 วิธีการสอน

- ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่ง
- ถาม-ตอบระหว่างการเรียนเพื่อทดสอบความเชื่อมั่นและความรอบคอบในการคิด
- ให้อภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลองและความคลาดเคลื่อนของการทดลองร่วมกัน
- ให้ตอบคำถามท้ายปฏิบัติการร่วมกัน

5.3 วิธีการประเมิน

ประเมินจาก

- คะแนนรายงานปฏิบัติการ
- การตอบคำถามและการแสดงความคิดเห็นในชั่วโมงเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมิน

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1 หรือ 2	<u>ปฐมนิเทศ</u> - ข้อตกลงในการเรียน - แนวปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ - อุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการเคมี - หน่วย SI - หลักเกณฑ์ในการหาจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ การบวก ลบ คูณ หารเลขนัยสำคัญ และการปัดเศษ - การเขียนเลขยกกำลัง	3	- บรรยายและถาม-ตอบผ่านระบบซูม	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
2 หรือ 3	<u>เทคนิคพื้นฐานในการทำปฏิบัติการเคมี</u> - เทคนิคการตัดหลอดแก้ว การขยายปลายหลอดแก้ว และการยืดหลอดแก้วเพื่อทำหลอดหยด - เทคนิคการจุดตะเกียงบุนเส็น - อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง - เทคนิคการใช้เครื่องชั่งสามคาน เครื่องชั่งไฟฟ้า กระบอกตวง และบิวเรต - การทดลองหาความหนาแน่นของน้ำ เปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องชั่งสามคานและกระบอกตวงกับการใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่งและบิวเรต - การคำนวณความหนาแน่นของน้ำ - การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความหนาแน่นของน้ำที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับค่า 1.0000 g/cm^3 - การคำนวณตามหลักของเลขนัยสำคัญ	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีและขั้นตอนการทดลอง - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ

3 หรือ 4	<u>การหาปริมาณ molar volume ของแก๊สออกซิเจน</u> - การเตรียมแก๊สออกซิเจนจากปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของ $KClO_4$ โดยมี Fe_2O_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา - อันตรายที่อาจเกิดขึ้น - การเก็บแก๊สออกซิเจนที่เตรียมได้โดยวิธีแทนที่น้ำ - การอ่านค่าความดันบรรยากาศจากบารอมิเตอร์ - การอ่านค่าความดันไอของน้ำจากกราฟ - การหาความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนที่เตรียมได้โดยใช้กฎความดันย่อยของดาลตัน - การหาปริมาตรของแก๊สออกซิเจนที่เตรียมได้จากปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ - การคำนวณตามหลักของเลขนัยสำคัญ - การคำนวณจำนวนโมลของแก๊สออกซิเจน - การคำนวณปริมาตรของแก๊สออกซิเจนที่สภาวะ STP โดยใช้กฎแก๊สรวม - การคำนวณ molar volume ของการแก๊สออกซิเจนที่สภาวะ STP	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีและขั้นตอนการทดลอง - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
4 หรือ 5	<u>สมบัติคอลลิเกทีฟ</u> - ความหมายและประเภทของสมบัติคอลลิเกทีฟ - กราฟของการให้ความร้อน (heating curve) และกราฟของการเย็นตัว (cooling curve) - แผนภาพวัฏภาค (phase diagram) ของสารละลายเปรียบเทียบกับของน้ำบริสุทธิ์ - ปรากฏการณ์ supercooling - การใช้การลดต่ำลงของจุดเยือกแข็งในการหามวลโมเลกุลของตัวถูกละลาย unknown - การทดลองเพื่อสร้างกราฟของการเย็นตัวของน้ำและของสารละลายในน้ำของของแข็ง - การอ่านอุณหภูมิของของเหลว - การเขียนกราฟโดยใช้สเกลที่เหมาะสม	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ

5 หรือ 6	<u>โครงสร้างของของแข็ง</u> - ความหมายของหน่วยเซลล์ - การจัดตัวทรงกลมแบบชิดที่สุดและไม่ชิดที่สุด - การจัดตัวของทรงกลมที่ทำให้เกิดโครงสร้างหน่วยเซลล์แบบ simple cubic, body-centered cubic, face-centered cubic หรือ cubic close-packed และ hexagonal close-packed – การหาเลขโคออร์ดิเนชันและ atom site - ช่องว่างในโครงสร้างการบรรจุชิดที่สุด -โครงสร้างหน่วยเซลล์ของของแข็งไอออนิกแบบ rock salt และ zinc blende การหาเลขโค-ออร์ดิเนชันของแคตไอออนและแอนไอออนและการหาสูตรเอมพิริคัล - การคำนวณประสิทธิภาพการบรรจุของหน่วยเซลล์จากแบบจำลองลูกปิงปอง	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
6 หรือ 8	<u>การหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในยาลดกรด</u> - เทคนิคการไทเทรตกรด-เบสโดยทั่วไปและการไทเทรตแบบย้อนกลับ - ความหมายของสารละลายไทแทรนต์ (titrant) สารละลายมาตรฐาน และสารละลายไทแทรนด์ (titrand) - ปฏิกิริยาระหว่างสารออกฤทธิ์ในยาลดกรดกับกรด HCl และปฏิกิริยาที่ใช้ในการไทเทรตแบบย้อยกลับ - การทดลองเพื่อหาจำนวนโมลของกรด HCl ที่ยาลดกรดจำนวน 1 ซองสามารถกำจัดได้ - เทคนิคการใช้ปิเปต การใช้บิวเรต และการไทเทรต	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
8 หรือ 9	<u>สมดุลการละลายของสารที่ละลายในน้ำได้น้อย</u> - ความหมายและความสัมพันธ์ของ K_{sp}, molar solubility และsolubility - ผลของไอออนร่วมที่มีต่อการละลายของเกลือที่ละลายในน้ำได้น้อย - การทดลองเพื่อหาค่า K_{sp} ของเกลือ KIO_4 ในน้ำและในสารละลายในน้ำของ KNO_3 เข้มข้น 0.200 M และเพื่อศึกษาผลของไอออนร่วม - เทคนิคไอโอโดเมทรี ปฏิกิริยาที่ใช้ในการเปลี่ยนไอออน IO_4^- เป็น I_2 และปฏิกิริยาที่ใช้ในการไทเทรตหาปริมาณของ I_2	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ

	- เทคนิคการใช้ปิเปต การใช้บิวเรต และการไทเทรต - การคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของไอออน IO_4^- และ K^+ ในสารละลายอิ่มตัวของเกลือ KIO_4 ในน้ำและในสารละลาย KNO_3 เข้มข้น 0.200 M		- ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	
9 หรือ 10	<u>การหาอันดับของปฏิกิริยา</u> - ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยา อัตราการสูญเสียสารตั้งต้น และอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ - ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา - กฎอัตรา อันดับของปฏิกิริยา และหน่วยของค่าคงที่อัตรา - การหาอันดับของปฏิกิริยาโดยวิธีวัดอัตราเริ่มต้น -การทดลองเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยาระหว่าง KIO_3 และ $NaHSO_3$ จากการเขียนกราฟระหว่าง $\log[KIO_3]_0$ กับ $\log(1/t)$ และ $\log[NaHSO_3]_0$ กับ $\log(1/t)$ - การคำนวณความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
10 หรือ 11	<u>การจำแนกประเภทของปฏิกิริยา</u> - ความหมายของปฏิกิริยาการตกตะกอน ปฏิกิริยากรด-เบส ปฏิกิริยาการเกิดสารเชิงซ้อน และปฏิกิริยารีดอกซ์ - ตัวอย่างของปฏิกิริยาแต่ละประเภท - การเขียนปฏิกิริยาการตกตะกอนและปฏิกิริยากรด-เบส - ทฤษฎีกรด-เบส - การแตกตัวของกรดแก่, กรดอ่อน, เบสแก่ และเบสอ่อน และการคำนวณ pH ของสารละลาย - ปฏิกิริยาสะเทิน - การทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาทั้ง 4 ประเภท - หลักฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้น	3	- สอบย่อยก่อนทำปฏิบัติการ - บรรยายสรุป - สาธิตเทคนิคต่างๆ ให้ดู - อธิบายการคำนวณ - สรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน - ให้เขียนรายงานปฏิบัติการส่งในชั่วโมง	ผศ.ดร.ธีรนันท์ ศิริตานนท์และคณะ
13	สอบประจำภาคครอบคลุมเนื้อหาปฏิบัติการทั้งหมด	1	เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 64 ข้อ	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
ข้อ 1, 4 และ 5	- การเข้าเรียน - การส่งรายงาน - การให้ผู้เรียนกรอกแบบประเมินผู้เรียนออนไลน์ผ่านระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาเพื่อดูภาพรวมเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน ความรับผิดชอบ การตรงต่อเวลา การเข้าเรียน การตระหนักในคุณค่าและเห็นความสำคัญของการเรียนรายวิชา การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้เชื่อมโยงสัมพันธ์กันในหัวเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับที่เรียนมาแล้วและกำลังเรียน และในชีวิตประจำวัน - จำนวนและลักษณะคำถามที่โพสต์ในกระดานเสวนา - จำนวนผู้เข้าเว็บไซต์ของรายวิชา	ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา	หากนักศึกษาเข้าเรียนตรงเวลาจะได้สอบย่อย และหากส่งรายงานจะได้คะแนนรายงานในปฏิบัติการนั้นอย่างน้อย 5 คะแนนจาก 10 คะแนน
ข้อ 2 และ 3	การสอบย่อย การเขียนรายงานปฏิบัติการ การสอบกลางภาค การสอบประจำภาค	ตลอดภาคการศึกษา ตลอดภาคการศึกษา 7 13	10% 50% 20% 20%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน 1.
2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ ไม่มี
3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ PowerPoint อธิบายเกี่ยวกับปฏิบัติการต่างๆ ในรายละเอียดซึ่งโพสต์ไว้ใน e-learning ของรายวิชา เว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในแต่ละปฏิบัติการที่สืบค้นได้ทางอินเทอร์เน็ต

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา
   1.1 ให้นักศึกษาประเมินตนเองเกี่ยวกับรายวิชา ตามแบบประเมินผู้เรียนออนไลน์ผ่านทางระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน ความรับผิดชอบ การตรงต่อเวลา การเข้าเรียน การตระหนักในคุณค่าและเห็นความสำคัญของการเรียนรายวิชา การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน การกระตือรือร้นในการฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้เชื่อมโยงสัมพันธ์กันในหัวเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับที่เรียนมาแล้วและกำลังเรียน และในชีวิตประจำวัน
   1.2 พิจารณาจากคะแนนสอบย่อย คะแนนรายงานปฏิบัติการ และคะแนนสอบประจำภาคของนักศึกษาว่ามีผลการเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับใด

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน
   ให้นักศึกษาประเมินการสอนตามแบบประเมินการสอนออนไลน์ผ่านทางระบบลงทะเบียนของศูนย์บริการการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งประกอบด้วยการให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับรายวิชา ความครบถ้วนของเนื้อหา คุณภาพของความรู้ที่ได้รับ ประสิทธิภาพการสอน การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื้อหาในเอกสารและสื่อประกอบการสอน คุณภาพและปริมาณของงานที่ผู้สอนมอบหมาย การให้ข้อมูลย้อนกลับจากการวัดผลระหว่างเรียน การวัดและประเมินผล ตลอดจนความเป็นครูและการเป็นแบบอย่าง

3. การปรับปรุงการสอน
   มีการรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษาทั้งจากการสนทนาโดยตรง จากการสนทนาผ่านกระดานเสวนา และจากผลการประเมินการสอน เพื่อนำมาปรับปรุงการสอนให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา
   มีการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาจากผลการสอบของนักศึกษาในทางสถิติเปรียบเทียบกับรายวิชาเดียวกันที่สอนในภาคการศึกษาอื่นที่ผ่านๆ มา มีการพิจารณาข้อสอบร่วมกันโดยผู้สอนในแต่ละกลุ่มผู้เรียนเพื่อให้มีเนื้อหาครอบคลุมและสอดคล้องกับบทเรียนอย่างทั่วถึง ไม่มีโจทย์และตัวเลือกที่กำกวม และหลังจากใช้สอบแล้ว มีการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อนำมาปรับปรุงให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ มีอำนาจในการแจกแจงสูง ไม่ง่าย และ ไม่ยากจนเกินไป และมีการประชุมในระดับสาขาวิชาและสำนักวิชาเพื่อประเมินผลการเรียนของนักศึกษาเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกภาคการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา
   มหาวิทยาลัยได้จัดให้มีการประชุมประเมินการเรียนการสอนทุกภาคการศึกษาเพื่อพิจารณาประสิทธิผลของรายวิชาต่างๆ ในภาพรวม เพื่อนำมาปรับปรุงวิธีการสอนและหาแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนร่วมกัน

2. องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 1010 การเขียนแบบวิศวกรรม 1 (Engineering Graphic I)
2. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต (1-3-5)
3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา **3.1 หลักสูตร** วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564) **3.2 ประเภทของรายวิชา** กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โศรฎา แข็งการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีณา ฟั่นเพ็ง อาจารย์ ดร.พัชรวัฒน์ เจริญอมรกิตติ์ อาจารย์ ดร.นิติศักดิ์ หนูมาน้อย อาจารย์ กนต์ธร ธรรมกุล อาจารย์ ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง
5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1-3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) วิชาบังคับก่อน : ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1, อาคารเรียนรวม 2
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ เมื่อผ่านรายวิชานี้นักศึกษาต้องสามารถ

1.1 เขียนตัวอักษรตามมาตรฐาน สัญนิยม และเขียนภาพร่างด้วยมือเปล่า

1.2 อ่านและเขียนภาพออโธกราฟฟิกส์ ไอโซเมตริก เรขาคณิตพรรณนา และภาพตัด

1.3 กำหนดมิติและความเผื่อในงานเขียนแบบเทคนิคเบื้องต้น

1.4 เขียนแบบประกอบ และแบบเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัยและเหมาะสมกับผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร

2.2 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การเขียนตัวอักษร เส้นและระนาบ เรขาคณิตประยุกต์ การอ่านและเขียนภาพออโธ กราฟฟิกส์ การกำหนดมิติและการเผื่อในงานเขียนแบบเทคนิคเบื้องต้น ภาพตัด มาตรฐานและสัญนิยม การเขียนภาพ ร่างด้วยมือเปล่า

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
1	-	3	4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

จะจัดให้นักศึกษาพบเพื่อขอคำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยจะแจ้งวันและเวลาให้นักศึกษาทราบภายหลัง

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- ความซื่อสัตย์
- การมีจิตสำนึกในการรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.2 วิธีการสอน

- การลงชื่อเข้าเรียนของนักศึกษา
- การทำแบบทดสอบย่อยก่อนและหลังคาบเรียน
- มอบหมายการบ้าน

1.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากข้อมูลการเข้าเรียน การทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ประเมินจากการสอบ

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- ใช้คอมพิวเตอร์เขียนแบบงานระบบไฟฟ้า ระบบงานโครงสร้าง
- ใช้คอมพิวเตอร์เขียนแบบเรขาบรรยายและวิวช่วย ภาพคลี่ รอยเชื่อม การยึดต่อด้วยสลักเกลียว
- ใช้คอมพิวเตอร์เขียนแบบรายละเอียดของชิ้นงาน แบบงานภาพประกอบ

2.2 วิธีการสอน

- เรียนภาคทฤษฎี และมีการฝึกปฏิบัติการในคาบเรียน
- ให้การบ้านและศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ประเมินจากการทำการบ้าน และปฏิบัติการในคาบเรียน
- การสอบกลางภาคและปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- สามารถสร้างความเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้เรียนในหัวข้อต่างๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาทางด้านวิศวกรรมอื่นๆ ได้
- สามารถคิดวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ทักษะทางด้านการเขียนแบบทางวิศวกรรมได้
- สามารถเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาโดยผ่านการประมวลความรู้ที่ได้จากรายวิชา

3.2 วิธีการสอน

- ให้ทำแบบทดสอบย่อยก่อนและหลังคาบเรียน
- มอบหมายแบบฝึกหัดในคาบเรียนและการบ้าน

3.3 วิธีการประเมินผล

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ประเมินจากการทำการบ้าน
- คะแนนจากการสอบปลายภาค

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- ความสามารถในการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและการแสดงความคิดเห็นของตนเอง
- การรับผิดชอบในงานของตนเองที่ได้รับมอบหมาย

4.2 วิธีการสอน

- มีการถกปัญหาและแสดงความคิดเห็นในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในชั้นเรียน
- การมอบหมายงานที่ต้องรับผิดชอบเป็นรายบุคคล

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถวิเคราะห์ปัญหาและเขียนแบบในเชิงวิศวกรรมด้วยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางโปรแกรมเขียนแบบได้อย่างมีระบบ

- สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มี ในการเก็บรวบรวม สืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะนำมาประกอบในการแก้ไขปัญหาและเขียนแบบทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานในคาบปฏิบัติการให้ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยโปรแกรม Autocad และ Solidworks พร้อมทั้งมีแบบทดสอบและการบ้านเพื่อตรวจสอบว่านักศึกษามีความสามารถในการประยุกต์ใช้โปรแกรมทั้งสองเพื่อการเขียนแบบทางวิศวกรรม

5.3 วิธีการประเมินผล

- ตรวจงานที่มอบหมายว่า นักศึกษาสามารถใช้คำสั่งต่างๆ ในโปรแกรมทั้งสองในการขึ้นรูปชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายผ่านการทดสอบประจำสัปดาห์ตลอดจนทำการบ้านและแบบฝึกหัดเพื่อประเมิณความสามารถในการประยุกต์ใช้โปรแกรมเขียนแบบทางวิศวกรรม และการทดสอบประจำภาคในหัวข้อต่างๆ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Introduction - Engineering drawing - Drawing sheet - Scale - Lettering - Line types	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Free Hand Feedback ในห้องโดย TA	ผศ. ดร. วีณา และคณะผู้สอนช่วย
2	Using drawing tools and applied geometry - Preparation of tools - Using of tools - Applied Geometry (or geometrical constructions) - Problem solving steps	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point เครื่องมือ (หาซื้อเอง) ใช้ไม้บรรทัดฟุต วงเวียน ฉาก แผ่นกันลบ + ยางลบ Template วงกลม/วงรี ดินสอ HB 2B Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ดร. พัชรวัฒน์ วิดีโอ + Rubic Quiz และคณะผู้สอนช่วย
3	Orthographic Projection - Projection theory - Multi-view drawing - Line convention	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ดร. นิติศักดิ์ วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอนช่วย
4	Orthographic writing - Orthographic writing - Additional examples on a view selection - Alignment of views (Projection systems)	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ดร. นิติศักดิ์ วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอนช่วย
5	Section View - Introduction - Basic components - Kind of sections - Section view representation of rib, web, spoke and lug - Aligned section	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	อ. กนต์ธร ธรรมกุล วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
	- Conventional break			
6	Auxiliary views - Primary Auxiliary View - Secondary Auxiliary view	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ดร. พัชรวัฒน์ วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน
7	ไม่มีสอบกลางภาค			
8	Orthographic reading - Visualization techniques - Higher level of visualization problem: A missing view problem	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	อ. ธนศักดิ์ วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน
9	Pictorial sketching - Freehand sketching techniques - Pictorial projections (Axonometric and Oblique) - Isometric projection vs isometric sketch - Isometric sketch of an object - Oblique sketch	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	อ. ธนศักดิ์ วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน ช่วย
10	Dimensioning, Tolerance and Fit - Dimensioning components & their recommended practices - Dimensioning the object' s features - Placement of dimensions - Problem solving steps	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ผศ. ดร. โศรฎา วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน ช่วย
11	Threaded fastener - Thread terminology - Thread drawing and dimensioning - Threaded fastener	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	ผศ. ดร. โศรฎา วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน ช่วย

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
12	Working drawing - Detail drawing - Assembly drawing - Assembly section - Dimensioning	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point Pre-test ต้นคาบ และพาทำแบบฝึกหัด ทดสอบย่อย 0.5 ชั่วโมง	อ. กนต์ธร ธรรมกุล วิดีโอ + Rubic และคณะผู้สอน
13	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลนักศึกษา	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1.2, 1.3, 1.4	- การบ้าน	ทุกสัปดาห์	10%
1.1, 1.2, 1.3, 1.4	- การทดสอบย่อย	ทุกสัปดาห์	15%
1.1, 1.2, 1.3, 1.4	- แบบฝึกหัด	ทุกสัปดาห์	25%
1.1, 1.2, 1.3, 1.4	- การสอบปลายภาค	13	30%
1.2, 1.3, 1.4	- โครงงาน	14	20%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ และเอกสารประกอบการสอนหลัก

1. แบบฝึกหัดและเอกสารการบรรยายในห้องเรียน
2. Frederick E. et., Al., “Modern Graphics communication”

2. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญ

3. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่แนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของศูนย์บริการการศึกษา ในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

อาจารย์ทุกท่านต้องถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อยว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

3. การปรับปรุงการสอน

ผู้สอนรายวิชาต้องดำเนินการทั้งข้อ 1 และ 2 แล้วนำข้อมูลข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอน หรือปรับปรุงสื่อเพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้จากผลการทดสอบย่อย หรือการสอบกลางภาคเรียน ก็สามารถสะท้อนถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนว่าสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจหรือไม่ โดยสรุปคือมีการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

มีการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาที่สอน รวมถึงความสามารถในการประเมินนักศึกษาของข้อสอบ คณาจารย์สาขาวิชาชีววิทยาที่ร่วมสอนร่วมกันพิจารณาระดับคะแนนที่ใช้ในการตัดเกรด

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชามีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5) อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอน และกลยุทธ์การสอนที่ใช้ มีการประชุมกลุ่มผู้สอนในขั้นตอนก่อนการสอนในแต่ละภาคการศึกษาเพื่อเตรียมงานและตกลงในกติกาว่าด้วยการเรียนการสอนให้อาจารย์ทุกท่านแจ้งให้นักศึกษาเข้าใจตรงกัน และประชุมหลังการสอนเพื่อบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2070 การเขียนแบบทางกล (Mechanical Drawing)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาบังคับ

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ดร. ธีทัต ดลวิชัยและคณะ ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 1010 การเขียนแบบวิศวกรรม 1 (Engineering graphics I)

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

29 ก.ค. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

การเขียนตัวอักษร เรขาคณิตพรรณนา การอ่านและเขียนภาพฉายตั้งฉากและภาพฉายสามมิติมาตรฐาน การกำหนดมิติและความเผื่อในงานเขียนแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น ภาพตัด ภาพช่วย การเขียนภาพร่างด้วยมือเปล่า แบบรายละเอียดและแบบภาพประกอบ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความหลากหลายและทันสมัย

2.2 เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การเขียนตัวอักษร เรขาคณิตพรรณนา การอ่านและเขียนภาพฉายตั้งฉากและภาพฉายสามมิติมาตรฐาน การกำหนดมิติและความเผื่อในงานเขียนแบบทางวิศวกรรมเบื้องต้น ภาพตัด ภาพช่วย การเขียนภาพร่างด้วยมือเปล่า แบบรายละเอียดและแบบภาพประกอบ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
12/36	-	-	60

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถต่อผู้สอนเพื่อขอคำปรึกษาหรือแนะนำได้ในช่วงเวลาทำงาน ด้วยตนเองหรือโดยวิธีสื่อสารที่สะดวก ดังนี้

สถานที่ติดต่อผู้สอน: ห้องพักอาจารย์ ME14 ชั้น 2 อาคารวิชาการ 1

โทร. 044-22-4231 โทรสาร 044-22-4613 และ E-mail : prapun@sut.ac.th

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

ให้สัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1. เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
3. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
4. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
5. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
6. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
7. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
8. เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

พร้อมทั้งปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความมีน้ำใจ เช่น นักศึกษารู้หน้าที่ (เข้าเรียนตรงเวลา และครบถ้วนตามเกณฑ์) รู้กาละเทศะ (แต่งกายตามระเบียบมหาวิทยาลัย เข้าห้องเรียนตรงเวลา แจ้ง และส่งใบลาหากมีกิจธุระจำเป็น หรือเจ็บป่วย รักษามรรยาทในสังคม เคารพสิทธิผู้อื่น) เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (เตรียมพร้อมก่อนเรียน ทราบหัวข้อที่จะเรียน และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ตอบคำถาม อภิปราย) สามารถนำผลการเรียนรู้ไปประกอบวิชาชีพ หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนและผู้อื่น มีสำนึกไทย สำนึก และภาคภูมิใจในวิชาชีพ รู้จริยธรรมในวิชาชีพ ฯลฯ

1.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะรู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

1. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน (แต่งกาย ตรงต่อเวลา มรรยาทในสังคม)
2. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน(การอภิปรายผล การตอบคำถาม)
3. ประเมินจากพฤติกรรมการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย(การเตรียมตัว ทักษะในการสื่อสาร)

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถคำนวณและวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในลักษณะต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาของวิชาที่ศึกษา
3. ประยุกต์องค์ความรู้ร่วมกับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
4. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5. สามารถใช้ความรู้และทักษะในรายวิชาเพื่อการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริง

2.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

2.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

1. มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาทั้งเหตุและผล
2. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
3. สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ
4. มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
5. สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค

2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย

3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

1. สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
3. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
4. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์
5. สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
6. รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทางานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
7. มีจิตสานึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัย

4.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่างๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะรู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
2. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
3. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
4. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม
5. มีความสามารถและความมั่นใจในการสรุปผลการศึกษา
6. มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยรูปภาพ
7. สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยในงานทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

5.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย ทดสอบก่อนเรียน ทดสอบหลังเรียน สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย ในรูปโครงงาน
3. ทักษะการนำเสนอ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	การเขียนแบบทางกล 2 มิติ ด้วยโปรแกรม AutoCAD - การตั้งค่า Work space สำหรับการทางาน - การตั้งค่า Layer สำหรับการเขียนแบบทางวิศวกรรม - การสร้าง Layout/Title block สำหรับการวางแบบทางวิศวกรรม - การวาดแบบทางวิศวกรรมด้วยชุดคำสั่ง Draw (Line, Rectangular, Polygon, Circle, Arc, Ellipse, etc.) - การวาดแบบทางวิศวกรรมด้วยชุดคำสั่ง Modify (Copy, Mirror, Offset, Array, Move, Rotate, Scale, Chamfer, Fillet, Trim, Extend, etc.)	4	บรรยาย/ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
2	การเขียนแบบภาพฉายหลายมุมมองด้วยโปรแกรม AutoCAD - การเขียนแบบภาพฉายหลายมุมมองด้วยชุดคำสั่ง Draw และชุดคำสั่ง Draw (ต่อจากสัปดาห์ที่ 2) การเขียนแบบไอโซเมตริกด้วยโปรแกรม AutoCAD - การเขียนแบบไอโซเมตริกด้วยชุดคำสั่ง Draw และชุดคาสั่ง Draw (ต่อจากสัปดาห์ที่ 2) - การให้ขนาดของแบบทางวิศวกรรมในลักษณะแบบ 3 มิติ	4	บรรยาย/ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
3	แนะนาการใช้โปรแกรม SolidWorks เขียนแบบ 2 มิติ - การใช้ชุดคำสั่ง Sketch, Editing a sketch, dimension และRelative	4	บรรยาย/ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ

4	การใช้โปรแกรม SolidWorks เขียนแบบ 3 มิติ - การใช้ชุดคำสั่ง Sketch, Editing a sketch, และ Features (Extrusions, Fillet, Chamfer, Revolves, Sweeps, Lofts, Patten)	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
5	การใช้โปรแกรม SolidWorks เขียนแบบ 3 มิติ - การใช้ชุดคำสั่ง Sketch, Editing a sketch, และ Features (Shell, Rib, Mirror, Spiral)	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
6	การขึ้นรูปด้วย Sheet Metal ด้วยคำสั่ง Base flange/tab, Edge flange, Miter flange, Hem, Fold, Unfold และ Flatten	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
7	การสร้างชิ้นงานประกอบ (Assembly) และการเขียนแบบการยึดต่อด้วยรอยเชื่อม และสลักเกลียวด้วยคำสั่ง Edit/Insert component, Mate Fasteners, Exploded View และ Welding (Membrane structure)	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
8	การวางแบบทางวิศวกรรม (Engineering Drawing) ด้วยคำสั่ง Standard 3 view, Model view, Section view, Detail view, Auxiliary, Exploded View, Weld symbol, และ Bill of material รวมถึงการสร้าง Title block สำหรับการวางแบบทางวิศวกรรม	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
9	การวางแบบทางวิศวกรรม ด้วยชุดคาสั่ง GD&T และพิกัดงานสวม	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
10	สอบนำเสนอโครงงานประจำรายวิชา	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
11	สอบโครงงานครั้งที่ 3	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
12	สอบโครงงานครั้งที่ 3	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ
13	สอบประจำภาค	4	บรรยาย/ ฝึกปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต และคณะ

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*
2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
สัปดาห์ที่ 1 - 10	ทำแบบฝึกหัดในชั้นเรียน + การบ้าน	ทุกสัปดาห์	10%
สัปดาห์ที่ 1 - 10	ทดสอบย่อยในชั้นเรียนก่อนเรียน-หลังเรียน	ทุกสัปดาห์	5%
สัปดาห์ 1-2	สอบย่อย (AutoCAD) ผ่าน SUT E-Learning	สัปดาห์ 4	
สัปดาห์ 3-5	สอบกลางภาค ผ่าน SUT E-Learning	สัปดาห์ 5	15%
สัปดาห์ 6-9	ผ่าน SUT E-Learning สอบประจำภาคผ่าน SUT E-Learning	สัปดาห์ 13	35%
สัปดาห์ 4-12	ผ่าน SUT E-Learning สอบนำเสนอโครงงาน	สัปดาห์ 10-12	15%

โครงงานการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเขียนแบบงานโครงงาน ประกอบด้วย Parts, Detail drawing, Part assembly พร้อมแจง BOM ทำ VDO นำเสนองานโครงงาน พร้อมทำภาพเคลื่อนไหวงานประกอบและถอดประกอบ โดยมีสัดส่วนงานดังนี้ 1) Parts and assembly (5%) 2) Detail drawing (5%) 3) VDO นำเสนอโครงงาน (5%)

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

แบบฝึกหัดและเอกสารประกอบการสอนในชั้นเรียน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

Thomas E. French, et. Al., "Mechanical Drawing CAD-CAM Communications", 12th Edition, McGraw-Hill, 1997.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือกับอาจารย์ที่สอนร่วมในวิชาเดียวกัน และคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สาขาวิชา/สำนักวิชา สถานนวัตกรรมวิศวศึกษา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG20 1010 แนะนำวิชาชีพวิศวกร (Introduction to Engineering Profession)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 1 หน่วยกิต 1(0-3-3)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (รายวิชากลาง รับผิดชอบโดยสถานนวัตกรรมวิศวศึกษา) ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน ผศ.ดร.ชิตพงศ์ เวชไธสงค์, อ.ดร. สมศักดิ์ ศิวดำรงค์พงศ์
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 3/2563

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 อธิบายจรรยาบรรณวิศวกรได้

1.2 อธิบายความสำคัญของความปลอดภัยในงานวิศวกรรมได้

1.3 เข้าใจวิชาชีพด้านวิศวกรรมศาสตร์ของสาขาวิชาต่างๆ

1.4 ระบุสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ที่นักศึกษาสนใจเลือกศึกษาต่อในอนาคตได้

3. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 มีใช้วิธีการสอนแบบสัมนาวิธีสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือพิจารณาหัวข้อที่กลุ่มมีความสนใจร่วมกัน เพื่อพัฒนากระบวนการคิด ทักษะการตัดสินใจ

2.2 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัยทันต่อเทคโนโลยีและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

2.3 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.4 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

4. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

CLOs	TQF1	TQF2	TQF3	TQF 4	TQF 5	TQF 6
1.1 อธิบายจรรยาบรรณวิศวกรได้		I				
1.2 อธิบายความสำคัญของความปลอดภัยในงานวิศวกรรมได้	I		R			
1.3 เข้าใจวิชาชีพด้านวิศวกรรมศาสตร์ของสาขาวิชาต่างๆ		I				
1.4 ระบุสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ที่นักศึกษาสนใจเลือกศึกษาต่อในอนาคตได้		A				
Remark: **I – Intro, R – Reinforce, A - Assess**						

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของวิศวกรรมศาสตร์ องค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง จรรยาบรรณวิศวกร ความปลอดภัยในงานวิศวกรรม แนะนำวิชาชีพทางด้านวิศวกรรมจากหลักสูตรต่าง ๆ โดยนักศึกษาต้องเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการของหลักสูตรต่าง ๆ ที่เปิดสอนในสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ให้ได้อย่างน้อย 8 ครั้ง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สัมมนา	การฝึกปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้นเรียน	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	การฝึกงาน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
-	27	-	9	-	-

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศ

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

5. Micro-Credential

Specific Outcome	Evident	Assessment Criteria	Learning Unit
Engineering Ethics	Examination	MCQ	-Perform services only in areas of their competence. Issue public statements only in an objective and truthful manner. -Act for each employer or client as faithful agents or trustees. -Avoid deceptive acts. -Conduct themselves honorably, responsibly, ethically, and lawfully so as to enhance the honor, reputation, and usefulness of the profession.
Engineering Safety	Examination	MCQ	-Hold paramount the safety, health, and welfare of the public.
Engineering Profession	Examination	MCQ, Assignment, Survey form	วิศวกรรมไฟฟ้า,วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์,วิศวกรรมเกษตรและอาหาร,วิศวกรรมโยธา,

			วิศวกรรมเคมี,วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม,วิศวกรรมเครื่องกล, วิศวกรรมยานยนต์,วิศวกรรมอากาศยาน,วิศวกรรมโลหการ, วิศวกรรมคอมพิวเตอร์,วิศวกรรมโทรคมนาคม,วิศวกรรมพอลิเมอร์, วิศวกรรมอุตสาหการ,วิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติและหุ่นยนต์, วิศวกรรมเซรามิก,วิศวกรรมปิโตรเลียมและเทคโนโลยีธรณี, วิศวกรรมธรณี,วิศวกรรมขนส่งและโลจิสติกส์, หลักสูตรนอกเวลา
Majoring Selection	Evaluation	Assignment, Survey form	ตำแหน่งงานด้านวิศวกรรมในตลาดแรงงานไทย, การเลือกเข้าหลักสูตรวิศวกรรม

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.3 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) ปฏิบัติตนอย่างมีวินัย มีความซื่อสัตย์

(2) สามารถควบคุมตนเอง รู้จักแบ่งเวลาและทำงานเต็มกำลังความสามารถ

(3) มีความรับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.4 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) กำหนดให้นักศึกษามีระเบียบวินัยในการเรียน เช่น การทำงาน การส่งงานตรงเวลา การไม่ลอกงาน เป็นต้น ทั้งในขณะเรียนและในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

(2) มอบหมายให้ทำงานกลุ่ม เพื่อดูการให้ความร่วมมือกันเป็นกลุ่ม ความทุ่มเทในการทำงาน และการแบ่งเวลาในการทำงาน

(3) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปราย เสนอความคิดเห็น สรุปผลการทำงาน

1.5 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) สังเกตพฤติกรรมการเข้าห้องเรียน การตรงต่อเวลา ความใส่ใจอย่างต่อเนื่อง

(2) การสร้างคำถามโดยผู้สอนและผู้เรียนระหว่างทำการเรียนการสอน

(3) การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection) และการพูดคุย การอภิปรายแบบกลุ่มและรายบุคคล

2. ความรู้

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์

(2) สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมในการประกอบวิชาชีพ และการศึกษาต่อในระดับสูง

(3) ตามทันการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมไทยและสังคมโลก มีความรู้ในการสร้างนวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ และประเทศไทย 4.0

2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ใช้การสอนในรูปแบบโมดูล โดยเน้นหลักการทางทฤษฎี และประยุกต์ใช้ทางปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้น

(2) จัดการเรียนการสอนแบบ CDIO เพื่อฝึกทักษะการคิด วิเคราะห์ การประยุกต์ทฤษฎี เพื่อการประกอบวิชาชีพได้

(3) ใช้การเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ศึกษาจากตัวอย่างกรณีศึกษา

(4) จัดกิจกรรมตั้งคำถาม ตอบปัญหา โดยให้นักศึกษาอ่านเตรียมก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อนำข้อมูลมาอภิปราย และแสดงความคิดเห็นแบ่งปันกับเพื่อนนักศึกษาและผู้สอน (นโยบายการพัฒนาและผลกระทบของการพัฒนาตนเอง การสร้างความรู้นวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการ) และให้เห็นความรู้และความคิดที่แตกต่างกัน (รู้จักตนเองและสังคม)

(5) เชิญวิทยากรที่มีความเชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้องมาแบ่งปันประสบการณ์ตรงให้กับนักศึกษา

2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากรายงานการศึกษาค้นคว้า

(2) การใช้ข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัยเพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอน

(3) การวัดผลแบบไม่จำกัดคำตอบ (Extended Response Question)

(4) ประเมินจากสัมมนา รายงาน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมายที่นักศึกษาจัดทำ การนำเสนอผลงานค้นคว้าหน้าชั้นเรียน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) สามารถค้นหาข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจ วิเคราะห์และประเมินข้อมูลจากหลักฐานและนำข้อสรุปมาใช้ได้

(2) สามารถศึกษาวิเคราะห์ความรู้ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขและตัดสินใจด้วยหลักทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบและเหมาะสม

(3) สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) ใช้วิธีการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เพื่อให้นักศึกษาฝึกคิดเชิงวิพากษ์ กระตุ้นให้เกิดความคิด วิเคราะห์ วิจารณ์จากกรณีศึกษา

(2) การนำนักศึกษาไปศึกษาดูงานในโรงงานอุคสาหกรรม และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อศึกษากรณีศึกษาจากสถานการณ์จริง

(3) กิจกรรมอภิปรายโดยเน้นการอภิปรายกลุ่ม เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาและการแก้ไขปัญหา

(4) แบบฝึกหัดในและนอกชั้นเรียน ตอบปัญหา อภิปราย

3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากการเขียนรายงานของนักศึกษา

(2) ประเมินจากการใช้ข้อสอบหรือแบบฝึกหัดที่ให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ปัญหา

(3) ประเมินจาการที่นักศึกษาจะต้องตั้งคำถามและให้คำตอบได้ด้วยตนเอง

(4) ประเมินจากการวิเคราะห์กรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) บัณฑิตมีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการบริหารจัดการและทำงานเป็นหมู่คณะ รู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ และรับผิดชอบต่อสังคม

(2) รู้จักความหลากหลายทางวัฒนธรรมเพื่อการปรับตัวในการทำงานและอยู่ร่วมกับผู้อื่น

4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสื่อสารความคิดระหว่างบุคคล

(2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการอภิปรายกลุ่ม

(3) จัดการเรียนการสอนด้วยการให้ทำรายงานกลุ่ม และนำเสนอในชั้นเรียน

4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาขณะทำกิจกรรม

(2) สังเกตจากการให้ความร่วมมือในการอภิปราย

(3) ประเมินจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมกลุ่มทำงานและจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) สามารถสรุปประเด็น และมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร เลือกใช้รูปแบบการสื่อสารที่ถูกต้อง เหมาะสม ทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ

(2) ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อค้นคืน รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินสารสนเทศเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า

(3) มีทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ข้อมูลทางสถิติและตรรกศาสตร์ที่จำเป็นต่อการทำงาน

5.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) ส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนการสอนที่นักศึกษาได้มีกิจกรรมสื่อสารและใช้ภาษาอย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาต่างประเทศ

(2) ให้นักศึกษานำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม และกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล

(3) มอบหมายงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์อย่างถูกต้องตามระเบียบวิธี

5.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) ประเมินทักษะการใช้ภาษาสื่อสาร ทั้งจากการเรียนในห้องเรียนและจากการนำเสนองาน

(2) กำหนดให้นักศึกษาต้องมีคะแนนภาษาอังกฤษมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ก่อนจบการศึกษา

(3) ประเมินจากความถูกต้องในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาและสืบค้นข้อมูล รวมทั้งวิธีการที่ถูกต้องในการจัดทำเอกสารทางวิชาการ

(4) ประเมินจากการทำข้อสอบและงานเขียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

6. ทักษะพิสัย

6.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินงาน

(3) สามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานทางวิศวกรรมด้วยกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานหรือขั้นสูงได้

6.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) จัดการสอนให้นักศึกษาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) การจัดการเรียนการสอนแบบ CDIO และนำนักศึกษาไปศึกษาดูงานในโรงงานอุตสาหกรรม และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อหาหัวข้อโครงงานจากอุตสาหกรรม

(3) ทดสอบฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และสามารถนำความรู้ทางทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) ประเมินจากความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทาง วิศวกรรมศาสตร์และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) ประเมินจากการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และประเมินงานที่ได้จากภาคปฏิบัติว่ามีประสิทธิภาพอย่างไร

หมวดที่ 5 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. แผนการสอน

Week	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมงการเรียนการสอน				ผู้รับชอบ	CLOs	วิธีการประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
		Lecture	Seminar	Workshop	Lab	TA/อาจารย์			-
1	ชี้แจงการเลือกสาขา/แนะนำรายวิชา	-	3	-	-	//	1	Attendance	20%
2	แนะนำรายวิชา เกณฑ์การประเมินผล บรรยายเรื่อง องค์กรทีเกี่ยวข้องกับวิชาชีพวิศวกร จรรยาบรรณวิศวกร และความปลอดภัยในการทำงาน	-	3	-	-	//	1	Attendance, MCQ	9%
3	วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมเกษตรและอาหาร	-	3	-	-	//	1	Attendance, MCQ	9%
4	วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	-	3	-	-	//	2	Attendance, MCQ	12%
5	วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมยานยนต์ วิศวกรรมอากาศยาน วิศวกรรมโลหการ	-	3	-	-	//			
6	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมพอลิเมอร์	-	3	-	-			Attendance, MCQ	9%

Week	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมงการเรียนการสอน				ผู้รับชอบ	CLOs	วิธีการประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
		Lecture	Seminar	Workshop	Lab	TA/อาจารย์			-
7	หยุดเรียนเนื่องจากสอบกลางภาค	-	-	-	-	//	-	-	-
8	วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติและหุ่นยนต์ วิศวกรรมเซรามิก	-	3	-	-	//	3	Attendance, MCQ	9%
9	วิศวกรรมปิโตรเลียมและเทคโนโลยีธรณี วิศวกรรมธรณี วิศวกรรมขนส่งและโลจิสติกส์ หลักสูตรนอกเวลา	-	3	-	-	//	3	Attendance, MCQ	12%
10	- ตอบแบบสอบถามเกณฑ์การเลือกสาขา - เข้าร่วมกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการวิศวกรรม	-	-	3	-	//	3	Attendance, Rubric	5%
11	- เข้าร่วมกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการวิศวกรรม	-	-	3	-	//	2,3	Attendance, Rubric	5%
12	- เข้าร่วมกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการวิศวกรรม	-	-	3	-	//	3	Attendance, Rubric	5%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

Design Thinking Handbook By Eli Woolery

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Design Thinking for Strategic Innovation : What They Can't Teach You at Business or Design School, WILEY

Design Thinking for Beginners; SkillUp, https://www.simplilearn.com/learn-design-thinking-basics-free-course-skillup

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการเรียนของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชา
- การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบโดยการประเมินข้อสอบที่นักศึกษาทำและงานที่ได้รับมอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ การประเมินการสอน และข้อเสนอแนะจากของนักศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแผนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
   ENG25 2060 คณิตศาสตร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล
   (Applied Mathematics for Mechanical Engineering)

2. จำนวนหน่วยกิต
   2(2-0-4)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
   กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4.อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
   คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

5.ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
   ภาคการศึกษาที่ 2 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6.รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
   SCI03 1005 แคลคูลัส 3

7.รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
   -

8. สถานที่เรียน
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
   ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ผู้เรียนสามารถหาค่าของสมการและระบบสมการพีชคณิตเชิงเส้น แก้ปัญหาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์ แก้ปัญหาปัญหาอนุพันธ์และปริพันธ์เชิงตัวเลข แก้สมการและระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้นด้วยวิธีการแปลงลาปลาส เข้าใจและสามารถแก้ปัญหาแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์ได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เป็นรายวิชาเปิดใหม่ในหลักสูตร

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ค่ารากของสมการ พีชคณิตเชิงเส้น ปัญหาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์อนุกรมเทย์เลอร์และการ ประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาอนุพันธ์และปริพันธ์เชิงตัวเลข ทบทวนสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ การแปลงลาปลาส แบบจำลองระบบทางกล ระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเชิงเส้น แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์ เกรเดียนต์ ไดเวอร์เจนซ์ และเคิร์ล

2.จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
24	-	-	48

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

การพัฒนาผลการเรียนรู้ในมาตรฐานผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวัง ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตร โดยมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้าน ให้แสดงข้อมูลต่อไปนี้

1 สรุปสั้นๆ เกี่ยวกับความรู้ หรือทักษะที่รายวิชามุ่งหวังที่จะพัฒนานักศึกษา

2 คำอธิบายเกี่ยวกับวิธีการสอนที่จะใช้ในรายวิชาเพื่อพัฒนาความรู้ หรือทักษะในข้อ 1

3 วิธีการที่จะใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในรายวิชานี้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง

1.คุณธรรม จริยธรรม 1.1คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ
1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้ สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา
1.3 วิธีการประเมินผล ประเมินจากความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง
2.ความรู้ 2.1 ความรู้ที่จะได้รับ สามารถประยุกต์ใช้กรรมวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกลได้ ได้แก่ การหาค่าราก ปัญหาค่าไปเกน ปัญหาปริพันธ์และอนุพันธ์สามัญ และแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์
2.2 วิธีการสอน บรรยาย พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน
2.3 วิธีการประเมินผล ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ตามวิธีการมาตรฐาน และคะแนนจากงานที่ได้รับมอบหมาย
3.ทักษะทางปัญญา 3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และเลือกใช้กรรมวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
3.2 วิธีการสอน บรรยาย พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน
3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ ตามวิธีการมาตรฐาน
4.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องการพัฒนา เปิดให้มีการซักถามและให้ในห้องเรียนมีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด
4.2วิธีการสอน สอนในห้องเรียนปกติ พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน
4.3วิธีการประเมิน ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น และความรับผิดชอบจากงานที่ได้รับมอบหมาย
5..ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 5.1ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานช่วยในการคำนวณ ใช้อินเตอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูล
5.2วิธีการสอน พาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานช่วยในการคำนวณ และมอบหมายการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม
5.3วิธีการประเมิน ตรวจการบ้านและงานที่มอบหมาย
6.ทักษะพิสัย 6.1ทักษะพิสัย ทักษะในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พื้นฐานช่วยในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง
6.2วิธีการสอน พาทำแบบฝึกหัด
6.3วิธีการประเมิน ตรวจการบ้านและงานที่มอบหมาย

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	**การหาค่ารากของสมการเชิงตัวเลข #1** - อนุกรมเทย์เลอร์ - หาค่ารากของสมการตัวแปรเดียว - หาค่ารากของระบบสมการด้วยกรรมวิธีเชิงตัวเลข	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
2	**การหาค่ารากของสมการเชิงตัวเลข #2** - หาค่ารากของระบบสมการด้วยกรรมวิธีเชิงตัวเลข	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
3	**ปัญหาค่าไอเกน** - หาค่าไอเกนและไอเกนเวกเตอร์	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
4	**แก้ปัญหาอนุพันธ์ด้วยกรรมวิธีเชิงตัวเลข** - แก้ปัญหาอนุพันธ์เชิงตัวเลข	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
5	**แก้ปัญหาปริพันธ์ด้วยกรรมวิธีเชิงตัวเลข #1** - แก้ปัญหาปริพันธ์เชิงตัวเลข ครั้งที่1	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
6	**แก้ปัญหาปริพันธ์ด้วยกรรมวิธีเชิงตัวเลข #2** - แก้ปัญหาปริพันธ์เชิงตัวเลข ครั้งที่2	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
7	ไม่มี	-	-	-
8	**แก้ปัญหาอนุพันธ์แบบแม่นตรง** - วิธีการแปลงลาปลาส	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
9	**แก้ปัญหาระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญแบบแม่นตรง** - วิธีการแปลงลาปลาส	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
10	**แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์** #1	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
11	**แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ของเวกเตอร์** #2	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล

12	**ทบทวนเนื้อหา**	2	บรรยาย ทำแบบฝึกหัด /visualizer	อาจารย์-เครื่องกล
** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*				

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	การบ้าน	ทุกสัปดาห์	10
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	ทดสอบย่อยในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	40
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	การสอบ	สัปดาห์ที่ 7 และ 13	50

** ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)*

*** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ*

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

-Numerical Methods for Engineers, S C Chapra and R P Canale

-Advanced Engineering Mathematics, E Kreyszig

2.เอกสารและข้อมูลสำคัญ

เอกสารประกอบการสอนเพิ่มเติม ที่ผู้สอนจัดเตรียมให้

3.เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม / ปราโมทย์ เดชะอำไพ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1.กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินการสอน ที่จัดทำในระดับมหาวิทยาลัย

2.กลยุทธ์การประเมินการสอน

ผลการเรียนนักศึกษา และผลการประเมินโดยนักศึกษา

3.การปรับปรุงการสอน

การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมกลุ่มผู้สอนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4.การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5.การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

Course specifications

Name of University	Suranaree University of Technology
School/Institute	School of Civil Engineering Institute of Engineering

Section 1 General Information

1. Course Code and Title

ENG30 2001 Engineering Statics

2. Number of Credits (Trimester system)

4 Credits 4 (4-0-8)

3. Academic Program and Type of Course

Bachelor of Engineering Program in Civil Engineering (Revised Program, 2019)

Basic Engineering Courses

4. Responsible Faculty/ Coordinator/ Lecturer

Assoc.Prof.Dr.Sittichai Seangatith	Coordinator/ Lecturer Section 1
Assist.Prof.Dr.Chow Hirunteeyakul	Lecturer Section 2
Assist.Prof.Dr.Preeyaphorn Kosa	Lecturer Section 3
Assist.Prof.Dr.Theerawat Sinsiri	Lecturer Section 4
Lecturer Dr.Rattanaporn Kasemsri	Lecturer Section 5
Prof.Dr.Suksun Horpibooksuk	Lecturer Section 6

5. Academic Term/ Academic Year / Student Level

1st Trimester/ 2021 Academic year (Trimester 1/2564) / 2nd year student

6. Pre-requisite

SCI05 1001 Physics I

7. Co-requisites

None

8. Place of Study

Online teaching and learning by using various channels, depending on the Lecturers such as Google classroom, Facebook, Line, Google Meet.

Room B2101, B2103 and B2104 in Classroom Building I and room B5101 in Classroom Building II, Suranaree University of Technology

9. Latest Update

July 28, 2021

10. Course Description or Course syllabus

Force systems, resultant forces and moments, equilibrium, structural analysis, internal forces, friction, center of gravity and centroid, moment of inertia, Virtual Work and Stability

11. Number of Hours per Trimester

Lecture 44 hours.

Self-study for 8 hours per week.

Section 2 Program Learning Outcomes (PLO) and Course Learning Outcomes (CLO)

530201 Engineering Statics		
PLO 1 an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics. 1.2 Solution procedures and methods are defined.		
Course Learning Outcomes	**Teaching/ Learning strategy, and Action**	**Assessment Tools and methods**
CLO 1 Ability to apply knowledge of mathematics, science and fundamental engineering in Engineering Statics problems.	1. Lecturing on related mathematics, science and fundamental engineering necessary for Engineering Statics problems and discussion. 2. Assigning students to solve problems independently or in-group.	Homework, Quiz and Examinations. Homework
CLO 2 Understanding and ability to apply the concept free-body diagram and the equations of equilibrium and mathematics in Engineering Statics problems.	1. Lecturing on the concept free-body diagram and equations of equilibrium used to analyze of 2D and 3D in Engineering Statics problems with various type of structures and structural members such as cable system, machine, truss, beam and frame and discussion. 2. Assigning students to solve the problems independently or in-group.	Homework, Quiz and Examinations. Homework

Section 3 Lecture Plan and Evaluation Plan

12. Lecture Plan

Week	Topics/ details	Hours	Teaching and Learning Activities and Medias	Evaluation
1	Chapter 1 Introduction Chapter 2 Force Vector	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
2	Chapter 2 Force Vector	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
3	Chapter 3 Equilibrium of Particle	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video	Quiz and Homework

			clips in the YouTube playlist.	
4	Chapter 4 Force System	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
5	Chapter 5 Equilibrium of Rigid Body	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
6	Chapter 6 Structure Analysis - Frame and Machine	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
		1.5		Midterm Examination I

7	Chapter 6 Structure Analysis - Truss	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
		2		Midterm Examination II
8	Chapter 7 Internal Forces	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
9	Chapter 7 Internal Forces (ต่อ) Chapter 8 Frictions	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
10	Chapter 8 Frictions (ต่อ)	4	- Assigning reading in Facebook group.	Quiz and Homework

	Chapter 9 Center of Gravity and Centroid		- Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	
11	Chapter 9 Center of Gravity and Centroid (ต่อ) Chapter 10 Moment of Inertia	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
12	Chapter 11 Virtual Work and Stability	4	- Assigning reading in Facebook group. - Assigning self-learning from video clips in the YouTube playlist. - Lecturing in class. - Assigning self-learning from the class-recorded video clips in the YouTube playlist.	Quiz and Homework
		1.5		Midterm Examination III
13		3		Final Examination

13. Learning Evaluation Plan

No.	Evaluation Activity	Week	Weight
1	Quiz and Homework	1-12	10%
2	Midterm Examination I	6	16%
3	Midterm Examination II	7	24%
4	Midterm Examination III	12	20%
5	Final Examination	13	30%

Section 4 Teaching and Learning Resources

14. Textbook and Lecture Note

Lecture Note Engineering Statics, Sittichai Seangatith, SUT, 2016.

15. References and Important Information

1. Engineering Mechanics: Statics, 14th Edition, R.C. Hibbeler, Pearson, 2016, ISBN 9780134056388.

2. Engineering Mechanics: Statics, 12th SI Edition, R.C. Hibbeler, Prentice Hall, 2010.

3. Vector Mechanics for Engineers: Statics, 8th Edition in SI Units, F.P. Beer, E.R. Johnson, Jr., and E.R. Eisenberg, McGraw Hill, 2007.

4. Engineering Mechanics: Statics, 5th Edition, J.L. Merium and L.G. Kraige, John Wiley & Sons, 2002.

Section 5 Attainment Level to Achieve Program Learning Outcomes (PLO)

PLO/ Performance Indicators	Assessment Tools	Criteria	Standard
PLO 1 an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics. 1.2 Solution procedures and methods are defined.	Written Exam: Draw FBD of the structural members and structures and apply the equations of equilibrium and mathematics to analyze of 2D and 3D in Engineering Statics problems correctly.	5: score 80-100% 4: score 65-79% 3: score 50-64% 2: score 35-49% 1: score 0-34%	50% of students attain criteria 3 or more.

Note: (Preliminary)

ข้อ 1 ในการสอบกลางภาค จะใช้ข้อสอบต่อไปนี้ในการวิเคราะห์การประเมินผลโดยตรงฯ

ตัวบ่งชี้: 1.2 ระบุขั้นตอนและวิธีการหาผลลัพธ์

- ใช้ข้อสอบข้อที่ 1 ของการสอบกลางภาค – สมดุลของอนุภาคใน 2 มิติ

ข้อมูลจากการสอบกลางภาคจะสรุป เพื่อใช้พัฒนาการสอนในช่วงก่อนปลายภาค โดยในการสอบปลายภาคจะใช้ข้อสอบต่อไปนี้ในการวิเคราะห์การประเมินผลโดยตรงฯ และเทียบเคียงกับผลในการสอบกลางภาค

ตัวบ่งชี้: 1.2 ระบุขั้นตอนและวิธีการหาผลลัพธ์

- ข้อสอบข้อที่ 4 ของการสอบปลายภาค – Truss

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล (Engineering Dynamics and Mechanical Vibration)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

4 หน่วยกิต 6(6-0-12)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์พรพรม บุญพรม ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG30 2001 สถิตยศาสตร์วิศวกรรม

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคาร เรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

9 กันยายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จลนศาสตร์ของอนุภาค สมการการเคลื่อนที่และกฎข้อที่สองของนิวตัน งานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม จลนศาสตร์และพลศาสตร์ของวัตถุเกร็งในการเคลื่อนที่ในระนาบ สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนของอนุภาคและวัตถุเกร็ง เรียนรู้ถึงการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ประโยชน์และโทษของการสั่นสะเทือน สามารถอธิบายปัญหาการสั่นสะเทือนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ชนิดของการสั่นสะเทือน แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือน การสั่นชนิดหนึ่งลำดับขึ้นอิสระ และหลายลำดับขั้นอิสระ การหาผลเฉลยของสมการการสั่น เรียนรู้วิธีการป้องกันการสั่นสะเทือน การแก้ปัญหาการสั่นสะเทือนในอุตสาหกรรม

6. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.4 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
72 / 0	-	-	144

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.2 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.3 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา
- ถามตอบในชั้นเรียนและอธิปรายถึงสาเหตุและวิธีการดำเนินการที่ถูกต้องในกรณีศึกษานั้นๆ

1.4 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

มีความรู้ความเข้าใจหลักพื้นฐานของพลศาสตร์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จลนศาสตร์ของอนุภาค สมการการเคลื่อนที่และกฎข้อที่สองของนิวตัน งานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม จลนศาสตร์และพลศาสตร์ของวัตถุเกร็งในการเคลื่อนที่ในระนาบ พื้นฐานการสั่นสะเทือน การแบ่งชนิดของการสั่นสะเทือน มวล สปริง และ ตัวหน่วง การสั่นอิสระ การสั่นบังคับ การสั่นพ้อง ระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การหาผลเฉลยของการสั่นสะเทือนด้วยวิธีต่างๆ วิธีการลดและควบคุมการสั่นแบบต่าง ๆ

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาและพานักศึกษาอภิปรายร่วมกัน

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การทำรายงาน
- การบ้าน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ด้วยหลักการทางวิศวกรรมที่ถูกต้อง
- สามารถสืบค้นความรู้และนวัตกรรมใหม่ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาในบทคเรียนได้ด้วยนตนเอง
- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในชีวิตประจำวัน และที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม

3.2 วิธีการสอน

- บรรยายและแสดงวิดิทัศน์ตัวอย่างเนื้อหาในบทความกับการนำมาใช้งานจริง
- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- การมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น
- ความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม
- เปิดให้มีการซักถามในห้องเรียน กระตุ้นให้มีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด
- กำหนดระยะการส่งงานที่ได้รับมอบหมายให้ชัดเจน และรายงานผลการส่งงานและผลงานที่ได้ดำเนินการ เพื่อกระตุ้นให้มีความรับผิดชอบและทราบผลลัพธ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- การตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น และความรับผิดชอบจากงานที่ได้รับมอบหมาย
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และการนำเสนอ

6. ทักษะพิสัย

6.1 ทักษะพิสัย

- **มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย**
- มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ

6.2 วิธีการสอน

- บรรยายและแสดงภาพ/วีดีทัศน์ตัวอย่างปัญหาการทำงานและการแก้ปัญหา
- ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ พร้อมอภิปรายถึงวิธีการแก้ไขปัญหานั้นๆ

6.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำรายวิชา: ความสำคัญ ตำราที่ใช้ วัตถุประสงค์ เค้าโครงการสอน การประเมินผล คิเนเมติกส์ของอนุภาค สำหรับการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและเส้นโค้งในระนาบ โดยการวิเคราะห์ด้วยระบบพิกัดฉาก พิกัดตั้งฉากและสัมผัส และพิกัดเชิงขั้ว	6	บรรยาย จดบันทึก ชมสื่อ VDO พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
2	คิเนเมติกส์ของอนุภาค (ต่อ) การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ในระนาบ การเคลื่อนที่แบบมีเงื่อนไขของอนุภาคที่เชื่อมต่อกัน คิเนติกส์ของอนุภาค การสร้างสมการการเคลื่อนที่และหาผลเฉลยของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง และเส้นโค้งในระนาบ โดยให้กฎข้อที่สองของนิวตัน	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
3	คิเนติกส์ของอนุภาค (ต่อ) การแก้ปัญหาการเคลื่อนที่ของอนุภาคโดยวิธีงานพลังงาน และอิมพัลส์และโมเมนตัม การเคลื่อนที่ของระบบอนุภาค	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
4	คิเนเมติกส์ของวัตถุแข็งเกร็งในระนาบ การเลื่อนที่ การหมุน การเคลื่นที่แบบสัมบูรณ์ ความเร็วสัมพัทธ์ การหาความเร็วสัมพัทธ์แบบจุดหมุนชั่วขณะ ความเร่งสัมพัทธ์ การตั้งแกนอ้างอิงแบบหมุน	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม

5	คิเนติกส์ของวัตถุแข็งเกร็งในระนาบ การวิเคราะห์การเคลื่อนที่โดยวิธีกฎข้อที่สองของนิวตัน สำหรับการเลื่อนที่ การหมุนรอบจุดยึด และการเคลื่อนที่ในระนาบทั่วไป	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
6	คิเนติกส์ของวัตถุแข็งเกร็งในระนาบ การวิเคราะห์การเคลื่อนที่โดยวิธี งาน พลังงาน และวิธีการ อิมพัลส์ โมเมนตัม	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
7	ประวัติการสั่นและการประยุกต์ ชนิดของการสั่น มวล-สปริง-ตัวหน่วง สมการการเคลื่อนที่ ของระบบเชิงเส้นและเชิงมุม การวิเคราะห์การสั่นของระบบที่มีความอิสระอันดับ 1 แบบไม่มีการหน่วง และมีการหน่วง	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
8	การสั่นแบบบังคับภายใต้แรงฮาร์โมนิค -สมการการเคลื่อนที่ -การหาผลเฉลยการสั่นบังคับ ทั้งชนิดอิสระและมีตัวหน่วงต่างๆ	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
9	การวิเคราะห์ระบบที่มีองศาอิสระเท่ากับสอง -สมการการเคลื่อนที่ -การวิเคราะห์ระบบที่เป็นอิสระและบังคับ -วิธี Modal Analysis	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
10	ระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ -การจำลองระบบ -ปัญหาค่า Eigenvalue และการหาผลเฉลย การวิเคราะห์ระบบต่อเนื่อง	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
11	การควบคุมการสั่น -การ balance เพลา -Vibration Isolation -Vibration Absorber	6	บรรยาย จดบันทึก พาทำแบบฝึกหัด	พรพรม
12	ทบทวนรายวิชา วิเคราะห์กรณีศึกษาต่างๆ	6	บรรยาย จดบันทึก **PowerPoint** ชมสื่อวีดีโอ	พรพรม

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*
2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1-11	การทดสอบย่อย	1-11	10 **%**
1-6	การสอบระหว่างภาค	7	30 **%**
9-10	การสอบย่อยโดยใช้คอมพิวเตอร์	10	25 **%**
1-12	การสอบประจำภาค	13	35 **%**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

J. L. Meriam and L. G Kraige, Engineering Mechanics: Dynamics

S S RAO, Mechanical Vibration, Addison-Wesley

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

เอกสารประกอบการสอน เขียนโดยผู้สอนจัดเตรียมให้

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
   ENG33 6001 กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้น (Introduction to Manufacturing Processes)

2. จำนวนหน่วยกิต(ระบบไตรภาค)
   บรรยาย-ปฏิบัติ-ศึกษาด้วยตนเอง : **2 หน่วยกิต 2(2-0-4)**

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
   หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2557
   ประเภทรายวิชากลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
   ผศ.ดร.ปภากร พิทยชวาล ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
   ผศ.ดร.จงกล ศรีธร อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
   ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
   ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
   ไม่มี

8. สถานที่เรียน
   ห้อง XXXX อาคาร XXX มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
   10 ตุลาคม 2553

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจในความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิต โดยเฉพาะ การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักร การเชื่อมโลหะ การหล่อโลหะและการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยกรรมวิธีทางความร้อน
2. ให้นักศึกษาสามารถนำเอาความรู้ และความเข้าใจในกระบวนการผลิตเพื่อประยุกต์ใช้ในงานทางวิศวกรรม

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

1. เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการ ของหลักสูตรและเกณฑ์ของสภาวิศวกร
2. เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม
3. เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาวิศวกรรมศาสตร์ของประเทศไทยและนานาชาติ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต เช่น การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักร การเชื่อมโลหะ การหล่อโลหะและการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยกรรมวิธีทางความร้อน กรรมวิธีการผลิตที่ใช้กับวัสดุประเภทต่าง ๆ หลักการเบื้องต้นของต้นทุนกระบวนการผลิต การใช้เครื่องมือกลเบื้องต้น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่อง CNC EDM Wire cut การวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
24	-	-	96

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1. อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถนัดหมายล่วงหน้าผ่านระบบสารสนเทศ (จดหมายอิเล็กทรอนิกส์)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

การพัฒนาการเรียนรู้ในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวัง ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตร โดยมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้าน ให้แสดงข้อมูลต่อไปนี้

1. สรุปสั้นๆ เกี่ยวกับความรู้ หรือทักษะที่รายวิชามุ่งหวังที่จะพัฒนานักศึกษา
2. คำอธิบายเกี่ยวกับการสอนที่จะใช้ในรายวิชาเพื่อพัฒนาความรู้หรือทักาะในข้อที่ 1
3. วิธีการที่จะใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในรายวิชานี้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการเข้าห้องเรียน การนัดหมาย และการส่งการบ้าน
- พัฒนาผู้เรียนให้มีความใฝ่รู้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมโดยการทดสอบย่อยท้ายบทเรียน

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการตรวจสอบรายชื่อนักศึกษาที่เข้าเรียนและส่งการบ้านตรงเวลา รวมถึงการแต่งกายของนักศึกษาทั้งในขณะที่เข้าเรียน การเข้าพบ และการส่งการบ้าน
- ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักศึกษา

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

นักศึกษาได้ความรู้/ความเข้าใจทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต เช่น การแปรรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักร การเชื่อมโลหะ การหล่อโลหะและการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยกรรมวิธีทางความร้อน กรรมวิธีการผลิตที่ใช้กับวัสดุประเภทต่าง ๆ หลักการเบื้องต้นของต้นทุนกระบวนการผลิต การใช้เครื่องมือกลเบื้องต้น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ เช่น เครื่อง **CNC EDM Wire cut** การวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชา
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาด้วยตนเอง และส่งการบ้าน
- ประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียนโดยการสอบ **pretest** และ **post-test**

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบ **pretest** และ **post-test** ในแต่ละบทเรียน รวมถึงการสอบกลางภาคและปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- ตระหนักรู้ในศักยภาพและข้อควรพัฒนาของตน เพื่อกำหนดความต้องการในการเรียนรู้และพัฒนาของตนเองได้อย่างครอบคลุมทุกด้านที่จำเป็น
- คิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยใช้องค์ความรู้ทางวิชาชีพและด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง
- สามารถแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ฝึกทักษะ รวมทั้งพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

3.2 วิธีการสอน

- ยกตัวอย่างและแสดงวิธีการคำนวณตัวอย่าง เพื่อฝึกให้นักศึกษาเข้าใจ วิเคราะห์ เพื่อแก้ปัญหาในสายวิชาชีพได้จริง

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องการพัฒนา

- มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย
- ปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่น
- วางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาท หน้าที่ ความรับผิดชอบ
- สามารถวางแผนและรับผิดชอบการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

4.2 วิธีการสอน

มอบหมายงานให้ทำและมีการนำเสนอผลงานที่ทำ โดยให้เพื่อนรวมชั้นทำหน้าที่ซักถามร่วมด้วย

4.3 วิธีการประเมิน

ประเมินจากงานและการนำเสนอที่ได้รับมอบหมาย พร้อมทั้งให้เพื่อนในชั้นเรียนประเมินร่วมด้วย

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา
- สรุปประเด็นและสื่อสารทั้งการเขียน การพูด รู้จักเลือกและใช้รูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
- สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการข้อมูลได้อย่างเหมาะสม
- สามารถใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้ถูกต้องทั้งการพูดและการเขียน

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และแก้ปัญหาโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นและสถิติในงานวิศวกรรม ซึ่งนักศึกษาต้องมีการอธิบายผลลัพธ์ที่ออกมาจากตัวเลขไปสู่ความเข้าใจในเชิงวิศวกรรม
- ให้ค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมิน

จัดทำการบ้าน และนำเสนอด้วยสื่อเทคโนโลยี

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่/วันที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1-3	Metal Casting Process	6	บรรยายและยกตัวอย่าง	ผศ.ดร. ปภากร
4-6	Heat-treatment of Metals	6	บรรยายและโจทย์คำถาม	ผศ.ดร. ปภากร
7-9	Metal Machining Processes	6	บรรยายและโจทย์คำถาม	ผศ.ดร.จงกล
10-12	Welding Process	6	บรรยายและโจทย์คำถาม	ผศ.ดร.จงกล
13	สอบประจำภาค	3	ข้อสอบปรนัยและอัตนัย	ผศ.ดร. ปภากร/ ผศ.ดร.จงกล

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 3.5, 5.4, 5.5	สอบกลางภาค	6	40%
2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 3.5, 5.4, 5.5	สอบประจำภาค	13	45%
4.3, 5.1, 5.2	การบ้านและนำเสนอในชั้นเรียน	3, 5, 9, 10, 11	15%

** ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)*

*** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ*

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- ยงยุทธ์ เสริมสุธีอนุวัฒน์, เอกสารประกอบคำสอนรายวิชา 433101 Manufacturing Process
- Degarmo E P., Black J T., and Kohser R A, Materials and Processes in Manufacturing, 8th Ed., Prentice-Hall, 1997

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- - Schey A. John, Introduction to Manufacturing Processes, 3rd Ed., McGraw-Hill, 2000

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

นักศึกษาสามารถใช้ตำราหนังสืออื่น ๆ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการกรรมวิธีการผลิตทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษซึ่งมีเนื้อหาตามที่กำหนด

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน
- การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน
- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนโดยพิจารณาจากข้อมูลในข้อ หมวดที่ 7 2
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา หรือความคิดเห็นจากที่ประชุมเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทบสอบโดยการประเมินรายงานที่กำหนดหัวข้อให้นักศึกษาทำ
- กำหนดหัวข้อรายงานให้มีเนื้อหาคลอบคลุมตามสาขาวิชาชีพและข้อกำหนดของสภาวิศวกร

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากการประเมินการสอนของนักศึกษา การรายงานโดยอาจารย์ผู้สอน มีการทบทวนเนื้อหา วิธีการสอน เพื่อปรับปรุง และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาการประชุมหลักสูตรของสาขาวิชาเพื่อพิจารณาหาข้อสรุปและเป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนต่อไป
- ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปี หรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4
- เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2130 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม

(Internet of Things for Engineering Application)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

3 ส.ค. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

3. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. สามารถอธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ตามโครงสร้างของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถวิเคราะห์ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่มีอยู่ในระบบการผลิต และแสดงให้เห็นประโยชน์ของการนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้าไปใช้ได้อย่างเหมาะสม
3. สามารถนำความรู้ไปใช้เพื่อออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรมของระบบการผลิตได้ครบถ้วนตามความต้องการของปัญหา
4. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้ Micro-controller ควบคุมให้ Sensor และ Actuator ประเภทต่าง ๆ ทำงานร่วมกันได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด
5. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้ Micro-controller ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปยังอุปกรณ์อื่นได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด
6. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้มีการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลการสื่อสารที่มีความซับซ้อนสำหรับการใช้งานบนเครื่องแม่ข่ายได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

7. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความหลากหลายและทันสมัย

2.5 เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูล การสื่อสารเพื่อส่งข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ศึกษาภาคปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลต่าง ๆ ระหว่างอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขนาดเล็ก สู่ระบบขนาดใหญ่ผ่านระบบเครือข่ายประเภทต่าง ๆ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
12 / 36	-	-	60

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถต่อผู้สอนเพื่อขอคำปรึกษาหรือแนะนำได้ในช่วงเวลาทำงาน ด้วยตนเองหรือโดยวิธีสื่อสารที่สะดวก ดังนี้ สถานที่ติดต่อผู้สอน: ห้องพักอาจารย์ ชั้น 2 อาคารวิชาการ 1

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.5 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

ให้สัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

9. เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต
10. มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
11. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
12. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
13. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
14. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
15. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
16. เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

พร้อมทั้งปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความมีน้ำใจ เช่น นักศึกษารู้หน้าที่ (เข้าเรียนตรงเวลา และครบถ้วนตามเกณฑ์) รู้กาละเทศะ (แต่งกายตามระเบียบมหาวิทยาลัย เข้าห้องเรียนตรงเวลา แจ้ง และส่งใบลาหากมีกิจธุระจำเป็น หรือเจ็บป่วย รักษามรรยาทในสังคม เคารพสิทธิผู้อื่น) เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (เตรียมพร้อมก่อนเรียน ทราบหัวข้อที่จะเรียน และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ตอบคำถาม อภิปราย) สามารถนำผลการเรียนรู้ไปประกอบวิชาชีพ หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนและผู้อื่น มีสำนึกไทย สำนึก และภาคภูมิใจในวิชาชีพ รู้จริยธรรมในวิชาชีพ ฯลฯ

1.6 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะรู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

7. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
8. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
9. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
10. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
11. อภิปรายกลุ่ม
12. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

4. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน (แต่งกาย ตรงต่อเวลา มรรยาทในสังคม)

5. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน(การอภิปรายผล การตอบคำถาม)
6. ประเมินจากพฤติกรรมการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย(การเตรียมตัว ทักษะในการสื่อสาร)

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

6. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถคำนวณและวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในลักษณะต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
7. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาของวิชาที่ศึกษา
8. ประยุกต์องค์ความรู้ร่วมกับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
9. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
10. สามารถใช้ความรู้และทักษะในรายวิชาเพื่อการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริง

2.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

8. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
9. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
10. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
11. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
12. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
13. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
14. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

2.3 วิธีการประเมินผล

4. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
5. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
6. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

6. มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาทั้งเหตุและผล
7. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
8. สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ
9. มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
10. สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

8. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
9. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
10. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
11. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
12. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
13. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
14. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

4. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
5. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
6. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

8. สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
9. สามารถให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
10. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
11. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์
12. สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
13. รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทางานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
14. มีจิตสานึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัย

4.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

7. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา

8. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
9. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
10. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
11. อภิปรายกลุ่ม
12. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

4. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
5. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
6. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

8. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
9. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
10. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
11. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม
12. มีความสามารถและความมั่นใจในการสรุปผลการศึกษา
13. มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยรูปภาพ
14. สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยในงานทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

7. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
8. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
9. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
10. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
11. อภิปรายกลุ่ม
12. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

5.3 วิธีการประเมินผล

4. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
5. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย โครงงาน 1 ,2, และ 3
6. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Programming Recap	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
2	Microcontroller Basics	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
3	Microcontroller with Library	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
4	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
5	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
6	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
7	Midterm Exam	2	เนื้อหาสัปดาห์ที่ 1-6	คณาจารย์ในสาขาวิชา
8	Introduction to R-Pi	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
9	Interfacing with Raspberry Pi	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
10	Logging Values on R-Pi, R-Pi Communications with controllers	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
11	IoT System Architecture	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ทำโครงงาน	คณาจารย์ในสาขาวิชา
12	IoT System Design	1+3	นำเสนอโครงงาน	คณาจารย์ในสาขาวิชา
13	สอบประจำภาค	3	เนื้อหาสัปดาห์ที่ 8-10	คณาจารย์ในสาขาวิชา

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้				
ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**	**ผลการเรียนรู้***
1 – 4 5 – 6 1 – 6	ทดสอบกลางภาค ทดสอบปลายภาค นำเสนอโครงงาน	1-6 8-12 1-6,8-12	30% 30% 30%	1 – 4 5 – 6 1 – 6
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1-6,8-10	ทดสอบย่อย/ให้การบ้าน สังเกตพฤติกรรมการเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การตอบคำถามในห้องเรียน	ทุกสัปดาห์	10%	เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1-6,8-10

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

แบบฝึกหัดและเอกสารการบรรยายในห้องเรียน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 “Getting started with Internet of Things” by Cuno Pfister

2.2 “Learning Internet of Things” by Peter Waher

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน - การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน - การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน - ปรับปรุงการสอนจากการหารือกับอาจารย์ที่สอนร่วมในวิชาเดียวกัน และคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา - ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา - พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3040 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (FUNDAMENTAL OF COMPUTER AIDED ENGINEERING)
2. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต 2(1-3-5)
3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา **3.1 หลักสูตร** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล **3.2 ประเภทของรายวิชา** วิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อ.ดร. วัชรพงษ์ ปะตังทะโล และ อาจารย์ ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ
5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1, ENG25 2080 กลศาสตร์ของไหล 1, ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล, ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน และ ENG30 2002 กลศาสตร์วัสดุ 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน ไม่มี
8. สถานที่เรียน เรียนออนไลน์ ผ่านแอพลิเคชัน Zoom และอาคารเรียนรวม 1
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด ภาคเรียนที่ 1 / 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ภายหลังการเรียนการสอน

นักศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพที่สอดคล้องกับปัญหาทางวิศวกรรม นักศึกษาสามารถระบุได้ถึงความผิดพลาดที่จะเกิดในการจำลอง นักศึกษาสามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.3 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัย

2.4 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลอง ปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกล และ ปัญหาประยุกต์ ที่เกี่ยวข้อง การกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
11	-	33	5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

จัดให้นักศึกษาพบเพื่อขอคำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.4 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความซื่อสัตย์
- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- ความรับผิดชอบทั้งต่อตนเองและสังคม
- การมีจิตสำนึกในการนำความรู้ด้านการออกแบบชิ้นงานวิศวกรรมบนพื้นฐานคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการประกอบวิชาชีพอย่างมีคุณธรรมและจริยธรรม

1.5 วิธีการสอน

- การลงชื่อเข้าเรียนของนักศึกษา
- ปลูกฝังเรื่องการตรงต่อเวลา การแต่งการเรียบร้อย
- กำหนดข้อปฏิบัติในห้องเรียน
- ปลูกฝังหลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่ถูกต้องและมีคุณธรรมผ่านการบรรยาย การทำแบบฝึกหัดและการบ้าน
- มอบหมายการบ้าน และมอบงานทบทวนบทเรียนและค้นคว้าเพิ่มเติมจากห้องสมุด

1.6 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการเข้าห้องเรียน การเข้าห้องเรียนตรงเวลา และการแต่งกายเรียบร้อย
- ประเมินจากพฤติกรรมในห้องเรียน ตั้งใจเรียน และไม่รบกวนนักศึกษาคนอื่น
- ประเมินจากการส่งการบ้านและแบบฝึกหัดในชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล
- การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกล
- การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาประยุกต์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
- การกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น
- การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายภาคทฤษฎี พร้อมถาม-ตอบในห้องเรียน 1 ชั่วโมง/สัปดาห์
- ฝึกทำตัวอย่างและแบบฝึกหัด พร้อมถาม-ตอบในห้องเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์
- ให้การบ้านและศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบหลังเรียน 1 ครั้ง/สัปดาห์
- ประเมินจากการทำการบ้านและแบบฝึกหัดในห้องเรียน
- ประเมินจากการสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษา

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- คิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบร่วมกับการใช้องค์ความรู้พื้นฐาน องค์ความรู้ทางวิชาชีพ และองค์ความรู้ด้านอื่นๆ อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ
- มีความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
- มีความสนใจใฝ่รู้ ค้นหาความรู้เพิ่มเติมในองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

- ให้ทำแบบทดสอบย่อยหลังการสอนบรรยาย 1 ครั้ง/สัปดาห์
- มอบหมายการบ้าน และมอบงานทบทวนบทเรียนและค้นคว้าเพิ่มเติมจากห้องสมุด
- เรียนในภาคทฤษฎีแบบฟังการบรรยาย ยกตัวอย่างเพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา
- เรียนในภาคปฏิบัติ เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาด้วยการทำแบบฝึกหัด
- มอบหมายให้ทำโครงงานเพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

3.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบหลังเรียน 1 ครั้ง/สัปดาห์
- ประเมินจากการทำการบ้านและแบบฝึกหัดในชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย
- ประเมินจากคะแนนสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษา
- ประเมินจากรายงานโครงงาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- การสอนบรรยาย พร้อมถาม-ตอบ และร่วมกันอภิปรายตัวอย่างในชั้นเรียน
- การสอนปฏิบัติการ พร้อมถาม-ตอบ และร่วมกันอภิปรายแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
- มอบหมายให้ทำโครงงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายตัวอย่างและแบบฝึกหัด การถกปัญหาและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน
- ประเมินจากจากการร่วมกันทำโครงงานในชั้นเรียน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถใช้อินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มีในการหาข้อมูลที่ต้องการเพื่อทบทวนบทเรียนได้

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานทบทวนบทเรียนให้มีการค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ และให้การบ้านไปวิเคราะห์แก้ปัญหา
- มอบหมายให้ทำโครงงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการบ้านที่มอบหมายว่า นักศึกษาสามารถค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อนำไปประกอบการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา
- ประเมินจากจากการร่วมกันทำโครงงานในชั้นเรียน
- ประเมินจากรายงานโครงงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Intro to CAE, Numerical Method Review MATLAB®	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ.ดร. วิทูรย์
2	ODE with Finite Different Method (FDM) - Taylor series, initial value problem, boundary value problem (BVP) ODE programming - 1st order ODE, System of ODE, 2nd order ODE, ODE with FDM (BVP)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ.ดร. วิทูรย์
3	PDE with FDM - Classification, Elliptic, Parabolic, Hyperbolic Boundary condition, Dirichlet Boundary, Neumann Boundary PDE programming (Elliptic) 2D heat conduction with Dirichlet and Neumann, Potential Flow problem	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ.ดร. วิทูรย์
4	Parabolic FDM Explicit, Implicit, Crank-Nicolson, Stability and CFL number PDE programming (Parabolic)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint	อ. ดร.วิทูรย์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
	transient heat conduction, conduction-convection problem		- เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	
5	Hyperbolic FDM PDE programming (Hyperbolic) Vibration of continuous mass	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ.ดร. วิทูรย์
6	FEM 1D-element (rod element) - Direct method Transformation matrix 1D-element FEM Programming 1D problem Ex. Structure, Steady state conduction heat transfer	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร.วัชรพงษ์
7	FEM 1D-element (rod element) cont. Variation method 1D-element FEM Programming 2D problem Ex. Truss structure	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร.วัชรพงษ์
8	FEM 2D-element (Plane stress/plane strain) - Variation method Weighted residual method	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง	อ. ดร.วัชรพงษ์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
			สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	
9	FEM 2D-element (Plane stress analysis) Gauss elimination method 2D-element FEM Programming - Plate in traction Beam in bending	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม MATLAB - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร.วัชรพงษ์
10	Intro to Computational Fluid Dynamics Navier-Stoke Equation with software Internal flow, External flow	4	ใช้โปรแกรม ANSYS	อ.ดร. วิทูรย์
11	Intro to Computational Mechanics Finite element with commercial software Static general case	4	ใช้โปรแกรม ANSYS	อ.ดร. วัชรพงษ์
12	Group project	4	- ให้นักศึกษาทำโครงงานร่วมกันในชั้นเรียน - อภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการ	อ.ดร. วิทูรย์ อ.ดร. วัชรพงษ์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
			ออกแบบและการวิเคราะห์ร่วมกัน	
13	สอบประจำภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้	**วิธีการประเมินผลนักศึกษา**	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมินผล**
1, 2.1, 3.1, 5.1	- การทดสอบย่อย การบ้าน แบบฝึกหัด	ทุกสัปดาห์	10%
1, 2.1, 3.1, 5.1	- การทำโครงงาน และรายงานโครงงาน	11, 12	20%
1, 2.1, 3.1	- การสอบกลางภาค	7	35%
1, 2.1, 3.1	- การสอบปลายภาค	13	35%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ อ้างอิงที่สำคัญ

[1] Jaan Kiusalaas (2005), Numerical Methods in Engineering with MATLAB®, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK

[2] Daryl L. Logan (2012), A First Course in the Finite Element Method, 5th Edition, Course Technology/ Cengage Learning India

[3] ปราโมทย์ เดชะอำไพ (2560), ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

และเอกสารประกอบการเรียนที่จัดเตรียมไว้ให้

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของมหาวิทยาลัยในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ และประเมินจากผลการเรียนประจำรายวิชาเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียน ว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้าใจเนื้อหารายวิชามากน้อยเพียงใด

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

อาจารย์ผู้สอนถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อย การบ้าน การสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษาว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

3. การปรับปรุงการสอน

ผู้สอนรายวิชานำข้อมูลการประเมินการสอนในข้อ 1 และ2 รวมทั้งข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอน หรือปรับปรุงสื่อเพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินผลการทดสอบย่อย การบ้าน และการสอบกลางภาคเรียน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาที่สอน ขอบเขตของข้อสอบที่ต้องครอบคลุมเนื้อหาที่สอนในทุกสัปดาห์ และความถูกต้องและชัดเจนของข้อสอบ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลร่วมกันพิจารณาระดับคะแนนที่ใช้ในการตัดเกรดและอภิปรายผมสัมฤทธิ์ของรายวิชา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนอย่างต่อเนื่อง และวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5)

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	**สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์**

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1 (Computer Programming I)

2. จำนวนหน่วยกิต (บรรยาย-ปฏิบัติ-ศึกษาด้วยตนเอง)
2 (1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์

5. ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
ภาคการศึกษาที่ 2/2563 ชั้นปีที่ 1 เป็นต้นไป

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
ไม่มี

8. สถานที่เรียน
อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา
เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจถึงหลักการในการทำงานขององค์ประกอบต่างๆ ระบบ และการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ รวมไปถึงการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้โจทย์ปัญหาเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา
มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับหลักสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

หลักการของระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ การทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ หลักการประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระเบียบวิธีพัฒนาและออกแบบโปรแกรม การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน นิพจน์ ประโยคควบคุม การฝึกปฏิบัติการโปรแกรม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
12	-	36	60

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมง / สัปดาห์ โดยแจ้งรายละเอียด (วัน-เวลา) ในเอกสารตารางเรียน บอร์ดหน้าห้องพักอาจารย์และที่เว็บไซต์ e-Learning ของมหาวิทยาลัย

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

การพัฒนาผลการเรียนรู้ในมาตรฐานผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวัง ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตร โดยมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้าน ให้แสดงข้อมูลต่อไปนี้

1 สรุปสั้นๆ เกี่ยวกับความรู้ หรือทักษะที่รายวิชามุ่งหวังที่จะพัฒนานักศึกษา

2 คำอธิบายเกี่ยวกับวิธีการสอนที่จะใช้ในรายวิชาเพื่อพัฒนาความรู้ หรือทักษะในข้อ 1

3 วิธีการที่จะใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในรายวิชานี้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ซึ่งมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติของหลักสูตร คือ

- มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

ปลูกฝังให้เห็นถึงความสำคัญของเรื่องการตรงต่อเวลา เช่น การเข้าเรียนห้องปฏิบัติการ ผู้ที่เข้าเรียนหลัง 30 นาทีจะถูกบันทึกว่าสาย สาย 2 ครั้งถือว่าขาด 1 ครั้ง ขาดเกิน 3 ครั้ง (เข้าเรียนไม่ถึง 80%) จะหมดสิทธิ์สอบประจำภาคและติด F โดยอัตโนมัติ โดยสอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม เข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัย จรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน รวมไปถึงการเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์

1.3 วิธีการประเมินผล

พฤติกรรมการเข้าเรียนที่ตรงเวลา เช่น การลงลายมือชื่อในการเข้าเรียน เป็นต้น

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

นักศึกษาจะต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบและวิธีการประมวลผล การใช้ผังงานแทนความคิดในการออกแบบและแก้ปัญหา การกำหนดชนิดข้อมูลให้กับตัวแปร การใช้ตัวดำเนิการและการวนลูปทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไขโจทย์ปัญหาในเบื้องต้นได้

2.2 วิธีการสอน

การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการให้แบบฝึกหัดแก้โจทย์ปัญหาในห้องปฏิบัติการ การบ้าน 2-3 ข้อ ในช่วงการดูวิดีโอสอนบรรยาย การแสดงความคิดเห็นและถาม/ตอบ ปัญหาผ่านระบบ eLearning พร้อมกับพัฒนาสื่อวิดีโอที่นักศึกษาสามารถดาวน์โหลด ศึกษา และทำปฏิบัติการย่อย ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาสามารถทำโจทย์ปฏิบัติการในสมุดปฏิบัติการได้

2.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากการคะแนนการสอบกลางภาคและการสอบประจำภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นขั้นตอนและมีระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขโจทย์ปัญหาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักศึกษาจะมีทักษะทางปัญญาที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหลักสูตร คือ

- สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 วิธีการสอน

สัปดาห์ที่ 1 เรียนทฤษฎีในห้องเรียนปกติ

สัปดาห์ที่ 2-12 เรียนทฤษฎีในห้องปฏิบัติการก่อนเวลาเรียนปฏิบัติการจริง 1 ชั่วโมง โดยอาจารย์ผู้สอนบรรยายได้แบ่งบทเรียนแต่ละบทออกเป็น 2-3 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะถูกบันทึกการสอนเป็นไฟล์วิดีโอพร้อมกับมีโจทย์ปฏิบัติการให้นักศึกษาได้ทำเมื่อดูวิดีโอจบในแต่ละส่วน ซึ่งอาจารย์ผู้สอนปฏิบัติการในแต่ละห้องปฏิบัติการจะเป็นผู้ควบคุมการเปิดไฟล์วิดีโอและเวลาในการทำโจทย์ปฏิบัติการ ไฟล์วิดีโอเหล่านี้ได้อัพโหลดไว้ที่เว็บไซต์ elearning2.sut.ac.th เพื่อให้นักศึกษาสามารถดาวน์โหลดแล้วศึกษาล่วงหน้าได้ตามต้องการ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

ประเมินจากคะแนนสอบปฏิบัติการ

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องการพัฒนา

สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

4.2 วิธีการสอน

กำหนดให้ผู้เรียนที่มีความรู้ความสามารถเป็นผู้ให้คำปรึกษาเพื่อนๆ ที่มีข้อสงสัยถึงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

4.3 วิธีการประเมิน

สังเกตการให้คำปรึกษาและการเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนและเพื่อนร่วมชั้น

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- นักศึกษามีทักษะในการคิดคำนวณเชิงตัวเลข ทักษะในการแปลและตีความหมายของโจทย์ปัญหา

- นักศึกษามีความสามารถในการประยุกต์ใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสมและทันสมัย เช่น มีทักษะในการใช้ตัวแปลภาษาในการแปลภาษาและประมวลผล เป็นต้น

5.2 วิธีการสอน

- นำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น ใช้สื่อการสอน PowerPoint เป็นต้น

- นำเสนอข้อมูลจากการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล

- อัพโหลดวิดีโอที่บันทึกการสอน ไว้ที่ระบบ eLearning ที่ผู้เรียนสามารถดาวน์โหลดและศึกษาด้วยตนเอง

5.3 วิธีการประเมิน

ประเมินทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศโดยการสังเกตและสอบถามผู้เรียนในห้องปฏิบัติการถึงวิธีการสร้าง และรันโปรแกรม/โปรเจ็ค

6. ทักษะพิสัย

6.1 ทักษะพิสัย

6.2 วิธีการสอน

6.3 วิธีการประเมิน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำการบริหารจัดการเกี่ยวกับรายวิชาระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์	1	นำเสนอ PowerPoint	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
2	การประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์	1	นำเสนอ Video (5 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
3	ระเบียบวิธีพัฒนาและออกแบบโปรแกรม : ผังงาน	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
4	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไพธอน	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
5	การรับข้อมูลและการแสดงผล	1	นำเสนอ Video (4 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
6	ชนิดข้อมูล	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
7	ทบทวนการสอบกลางภาค	1	นำเสนอ PowerPoint และการใช้ตัวแปลภาษา	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
8	ตัวดำเนินการ	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
9	การควบคุมแบบทางแยก	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
10	ทบทวนเพื่อสอบปฏิบัติการ	1	นำเสนอ PowerPoint และการใช้ตัวแปลภาษา	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
11	การควบคุมแบบวนลูป	1	นำเสนอ Video (2 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์
12	คำสั่งพิเศษในการควบคุม	1	นำเสนอ Video (3 วิดีโอ)	ผศ.ดร.คะชา ชาญศิลป์

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
รู้และเข้าใจระบบและส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ การประมวลผลข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไพธอน การรับข้อมูลและการแสดงผล และ ชนิดข้อมูล	สอบกลางภาค (ปรนัย 30 ข้อๆ ละ 5 ตัวเลือก เวลา 60 นาที - คะแนน - 30%)	7	30%
สามารถใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาได้	สอบปฏิบัติการ โดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อแก้โจทย์ปัญหา (เวลา 45 นาที - คะแนน	10	25%

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน* (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
	25%) โดยแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 2 ข้อ โดยข้อที่ 1 มี 2 ส่วน: ส่วนที่ 1: 4%, ส่วนที่ 2: 8% และข้อที่ 2 มี 2 ส่วน: ส่วนที่ 1: 5%, ส่วนที่ 2: 8%			
	รู้และเข้าใจการใช้ตัวดำเนินการและการวนลูปโดยใช้ลูป for ลูป while และ คำสั่งพิเศษในการควบคุม	สอบประจำภาค (ปรนัย 40 ข้อๆ ละ 5 ตัวเลือก เวลา 90 นาที - คะแนน - 40%)	13	40%
	การมีวินัย ตรงต่อเวลา และมีความพร้อมในการฝึกปฏิบัติการ	ตรวจให้คะแนนความพร้อม (ทำโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้จำนวน 2-4 ข้อ)	ทุกสัปดาห์ในช่วงต้นชั่วโมงของปฏิบัติการ	5% *** ถ้าทำครบทุกครั้งๆ ละ 2 ข้อจะได้ 5% เต็ม แต่ถ้าไม่ได้ทำข้อใดข้อหนึ่ง จะถูกติดลบ 0.5% ทันที

** ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)*

*** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ*

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- หนังสือคู่มือการเรียน เอกสารการนำเสน และไฟล์วิดีโอ แต่ละหัวข้อของแต่ละสัปดาห์ ดาวน์โหลดได้ที่ http://elearning2.sut.ac.th/

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

นักศึกษาประเมินอาจารย์ผู้สอนโดยผ่านระบบการประเมินของศูนย์บริการการศึกษา มทส.

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยสาขาวิชา การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น ผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน เช่น ยกตัวอย่างโจทย์และแนวทางการเขียนซอร์สโค๊ดเพื่อแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาได้เห็นถึงแนวทางและฝึกฝนการเขียนซอร์สโค๊ดได้มากขึ้น อาจมีการเพิ่มชั่วโมงการสอนเพิ่มเติมเพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาที่มีอุปสรรคในการเรียนรู้ได้พัฒนาการเรียนรู้เพิ่มเติม นอกจากนี้อาจมีการวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เป็นต้น

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ หรือการสุ่มตรวจสมุดปฏิบัติการของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตร ร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1 (Thermodynamics I)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 3 (3-0-6)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) ประเภทรายวิชา: หมวดวิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีณา ฟั่นเพ็ง
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน ระบบเรียนรู้ทางไกลโดยอิเล็กทรอนิกส์ เป็นสื่อ (E-learning) หรืออาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานการเรื่องพลังงานกับความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ตารางและแผนภูมิของคุณสมบัติงาน ความร้อนกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ หลักของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ การไม่สามารถย้อนกลับได้และเอ็นโทรปี หลักการถ่ายเทความร้อนเบื้องต้นการวิเคราะห์วัฏจักรอย่างง่ายของเทอร์โมไดนามิกส์

1.2 เพื่อให้นักศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องพลังงานและความร้อน ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่นๆ หรือในศาสตร์อื่นๆ ทางวิศวกรรม

1.3 เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษากระบวนการถ่ายเทความร้อน วัฏจักรต้นกำลังทางวิศวกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัยสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของหลักสูตร และความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

2.2 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้แบบกลุ่มควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ได้

2.3 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

3. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการเบื้องต้นทางเทอร์โมไดนามิกส์
2. ระบุคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ที่สภาวะต่าง ๆ โดยใช้ตารางสมบัติของสาร
3. คำนวณพลังงานในระบบปิดและระบบเปิดบนพื้นฐานกฎข้อที่หนึ่งทางเทอร์โมไดนามิกส์
4. คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องจักรความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบความร้อน บนพื้นฐานกฎข้อที่สองของทางเทอร์โมไดนามิกส์ และวัฏจักรคาร์โน
5. คำนวณการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในระหว่างเกิดกระบวนการต่าง ๆ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

นิยามและสังกัป คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ตารางและแผนภูมิของคุณสมบัติงาน ความร้อน กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ การไม่สามารถย้อนกลับได้และเอ็นโทรปี หลักการถ่ายเทความร้อนเบื้องต้น การวิเคราะห์วัฏจักรอย่างง่ายของเทอร์โมไดนามิกส์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สัมมนา	การฝึกปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้นเรียน	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	การฝึกงาน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
36	-	-	-	-	72

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook และ SUT E-learning

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) ปฏิบัติตนอย่างมีวินัย มีความซื่อสัตย์

(2) สามารถควบคุมตนเอง รู้จักแบ่งเวลาและทำงานเต็มกำลังความสามารถ

(3) มีความรับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) กำหนดให้นักศึกษามีระเบียบวินัยในการเรียน เช่น การทำงาน การส่งงานตรงเวลา การไม่ลอกงาน เป็นต้น ทั้งในขณะเรียนและในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

(2) มอบหมายให้ทำงานกลุ่ม เพื่อดูการให้ความร่วมมือกันเป็นกลุ่ม ความทุ่มเทในการทำงาน และการแบ่งเวลาในการทำงาน

(3) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปราย เสนอความคิดเห็น สรุปผลการทำงาน

1.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) สังเกตพฤติกรรมการเข้าห้องเรียน การตรงต่อเวลา ความใส่ใจอย่างต่อเนื่อง

(2) การสร้างคำถามโดยผู้สอนและผู้เรียนระหว่างทำการเรียนการสอน

(3) การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection) และการพูดคุย การอภิปรายแบบกลุ่มและรายบุคคล

2. ความรู้

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์

(2) สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมในการประกอบวิชาชีพ และการศึกษาต่อในระดับสูง

(3) ตามทันการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมไทยและสังคมโลก มีความรู้ในการสร้างนวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ และประเทศไทย 4.0

2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

(1)ใช้การสอนในรูปแบบโมดูล โดยเน้นหลักการทางทฤษฎี และประยุกต์ใช้ทางปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้น

(2)จัดการเรียนการสอนแบบ CDIO เพื่อฝึกทักษะการคิด วิเคราะห์ การประยุกต์ทฤษฎี เพื่อการประกอบวิชาชีพได้

(3)ใช้การเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ศึกษาจากตัวอย่างกรณีศึกษา

(4)จัดกิจกรรมตั้งคำถาม ตอบปัญหา โดยให้นักศึกษาอ่านเตรียมก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อนำข้อมูลมาอภิปรายและแสดงความคิดเห็นแบ่งปันกับเพื่อนนักศึกษาและผู้สอน (นโยบายการพัฒนาและผลกระทบของการพัฒนาตนเอง การสร้างความรู้นวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการ) และให้เห็นความรู้และความคิดที่แตกต่างกัน (รู้จักตนเองและสังคม)

2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากรายงานการศึกษาค้นคว้า

(2) การใช้ข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัยเพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอน

(3) การวัดผลแบบไม่จำกัดคำตอบ (Extended Response Question)

(4) ประเมินจากสัมมนา รายงาน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมายที่นักศึกษาจัดทำ การนำเสนอผลงานค้นคว้าหน้าชั้นเรียน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) สามารถค้นหาข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจ วิเคราะห์และประเมินข้อมูลจากหลักฐานและนำข้อสรุปมาใช้ได้

(2) สามารถศึกษาวิเคราะห์ความรู้ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขและตัดสินใจด้วยหลักทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบและเหมาะสม

(3) สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) ใช้วิธีการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เพื่อให้นักศึกษาฝึกคิดเชิงวิพากษ์ กระตุ้นให้เกิดความคิด วิเคราะห์ วิจารณ์จากกรณีศึกษา

(2) ศึกษาดูงานในสื่ออินเตอร์เน็ต หรือดูงานในภาคอุตสาหกรรม และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อศึกษากรณีศึกษาจากสถานการณ์จริง

(3) กิจกรรมอภิปรายโดยเน้นการอภิปรายกลุ่ม เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาและการแก้ไขปัญหา

(4) แบบฝึกหัดในและนอกชั้นเรียน ตอบปัญหา อภิปราย

3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากการเขียนรายงานของนักศึกษา

(2) ประเมินจากการใช้ข้อสอบหรือแบบฝึกหัดที่ให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ปัญหา

(3) ประเมินจากการที่นักศึกษาจะต้องตั้งคำถามและให้คำตอบได้ด้วยตนเอง

(4) ประเมินจากการวิเคราะห์กรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) บัณฑิตมีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการบริหารจัดการและทำงานเป็นหมู่คณะ รู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ และรับผิดชอบต่อสังคม

(2) รู้จักความหลากหลายทางวัฒนธรรมเพื่อการปรับตัวในการทำงานและอยู่ร่วมกับผู้อื่น

4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสื่อสารความคิดระหว่างบุคคล

(2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการอภิปรายกลุ่ม

(3) จัดการเรียนการสอนด้วยการให้ทำรายงานกลุ่ม และนำเสนอในชั้นเรียน

4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาขณะทำกิจกรรม

(2) สังเกตจากการให้ความร่วมมือในการอภิปราย

(3) ประเมินจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมกลุ่มทำงานและจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) สามารถสรุปประเด็น และมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร เลือกใช้รูปแบบการสื่อสารที่ถูกต้อง เหมาะสม ทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ

(2) ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อค้นคืน รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินสารสนเทศเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า

(3) มีทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ข้อมูลทางสถิติและตรรกศาสตร์ที่จำเป็นต่อการทำงาน

5.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) ส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนการสอนที่นักศึกษาได้มีกิจกรรมสื่อสารและใช้ภาษาอย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาต่างประเทศ

(2) ให้นักศึกษานำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม และกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล

(3) มอบหมายงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์อย่างถูกต้องตามระเบียบวิธี

5.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(5) ประเมินทักษะการใช้ภาษาสื่อสาร ทั้งจากการเรียนในห้องเรียนและจากการนำเสนองาน

(6) กำหนดให้นักศึกษาต้องมีคะแนนภาษาอังกฤษมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ก่อนจบการศึกษา

(7) ประเมินจากความถูกต้องในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาและสืบค้นข้อมูล รวมทั้งวิธีการที่ถูกต้องในการจัดทำเอกสารทางวิชาการ

(8) ประเมินจากการทำข้อสอบและงานเขียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

6. ทักษะพิสัย

6.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินงาน

(3) มีทักษะในการออกแบบ วิเคราะห์ และสามารถนำความรู้ในภาคทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) จัดการสอนให้นักศึกษาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) การจัดการเรียนการสอนแบบ CDIO และนำนักศึกษาไปศึกษาดูงานในโรงงานอุตสาหกรรม และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อหาหัวข้อโครงงานจากอุตสาหกรรม

(3) ทดสอบฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และสามารถนำความรู้ทางทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) ประเมินจากความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทาง วิศวกรรมศาสตร์และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) ประเมินจากการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และประเมินงานที่ได้จากภาคปฏิบัติว่ามีประสิทธิภาพอย่างไร

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมและสื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์ - การศึกษาเกี่ยวเทอร์โมไดนามิกส์ - กฎทางเทอร์ไดนามิกส์ - มิติและหน่วย - อุณหภูมิ - ความดัน	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
2	บทที่ 2 พลังงาน รูปแบบของพลังงาน และการถ่ายเทพลังงาน - ความสำคัญของกฎข้อที่หนึ่งเทอร์โมไดนามิกส์ - การถ่ายเทพลังงานในรูปของความร้อน - การถ่ายเทพลังงานในรูปของงาน - แจงงานรูปแบบต่างๆ - ประสิทธิการเปลี่ยนรูปพลังงาน	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
3	บทที่3 คุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ - อธิบายลักษณะของสารบริสุทธิ์ที่ใช้ในวิชาเทอร์โมไดนามิกส์ - อธิบายการเปลี่ยนสถานะของสาร และแผนภาพ P-v, T-v - อธิบายและสอนเทคนิควิธีการเปิดตารางเทอร์โมไดนามิกส์ - สมการสภาวะของ แก๊สในอุดมคติ	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
4	บทที่ 4 กฎข้อที่หนึ่งของระบบปิด - สมการกฎข้อที่หนึ่งของระบบเปิด - งานเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดของระบบ - การหาพลังงานภายในของแก๊สในอุดมคติ - การหาเอ็นทัลปีของแก๊สในอุดมคติ - งานเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดของระบบ	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมและสื่อที่ใช้
5	บทที่5 กฎข้อที่หนึ่งของระบบเปิด (1) - กฎทรงมล - สมการกฎข้อที่หนึ่งของระบบเปิด - การไหลที่คงตัว - อธิบายอุปกรณ์การเปลี่ยนรูปพลังงาน - อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานจากการไหลมาอยู่ในรูปพลังงานจลน์ Nozzle and Diffuser - อุปกรณ์เปลี่ยนรูปพลังงานจากการไหลมาอยู่ในรูปของพลังงานกล Turbine and Compressor	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
6	บทที่5 กฎข้อที่หนึ่งของระบบเปิด (2) - อุปกรณ์ลดความดัน (Throttling valves) - อุปกรณ์รวมการไหล (Mixing chamber) - อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) - อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการไหลในท่อ - ทบทวนเนื้อหาทั้งหมดของส่วนที่ 1 - แนะแนวทางของข้อสอบกลางภาค	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
7	สอบระหว่างภาค		
8	บทที่ 6 กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ - ความสำคัญของกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ - แหล่งพลังงานความร้อน - เครื่องจักรความร้อน - เครื่องทำความเย็นและเครื่องทำความร้อน - กระบวนการที่สามารถย้อนกลับได้และที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ - วัฏจักรคาร์โน และหลักการคาร์โน - มาตรวัดอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์ - เครื่องจักรความร้อนคาร์โน - เครื่องทำความเย็นและเครื่องทำความร้อนคาร์โน	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมและสื่อที่ใช้
9	บทที่ 7 เอนโทรปี (1) - เอนโทรปี และการเพิ่มขึ้นของเอนโทปี - การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของสสารบริสุทธิ์ - กระบวนการไอเซนโทรปิก - ไดอะแกรมคุณสมบัติของเอนโทรปี - เอนโทปีคืออะไร? - ความสัมพันธ์ T-dS - การเปลี่ยนแปลงเอนโทปีของของไหลของแข็ง และก๊าซอุดมคติ	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
10	บทที่ 7 เอนโทรปี (2) - งานของการไหลแบบคงตัวของกระบวนการที่สามารถย้อนกลับได้ - ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิก - สมดุลเอนโทรปี บทที่ 9 วัฏจักรก๊าซต้นกำลัง (1) - วัฏจักรออตโต - วัฏจักรดีเซล - วัฏจักรเบรตัน	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
11	บทที่ 9 วัฏจักรก๊าซต้นกำลัง (2) - วัฏจักรเบรตัน บทที่ 10&11 วัฏจักรไอต้นกำลังและทำความเย็น (1) - วัฏจักรไอต้นกำลังของคาร์โน - วัฏจักรแรงคิน	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
12	บทที่ 10&11 วัฏจักรไอต้นกำลังและทำความเย็น (2) - วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ทบทวนบทที่ 6-11	4	- บรรยายประกอบ PowerPoint - VDO ประกอบการสอนผ่านระบบ E-learning - นักศึกษาจดบันทึก - พาทำแบบฝึกหัด
13	สอบประจำภาค		

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เอกสารประมวลสาระรายวิชาเทอร์โมไดนามิกส์ เรียบเรียงโดย ผศ.ดร.วีณา ฟั่นเฟ็ง สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Yunus A Cengel and Micheal A Boles, "Thermodynamics An Engineering Approach", 8th edition, McGraw-Hill 2017

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- เอกสารประมวลสาระรายวิชาเทอร์โมไดนามิกส์, เขียนโดย อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- เอกสารประมวลสาระรายวิชาเทอร์โมไดนามิกส์, เขียนโดย รศ.ร.อ.ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินการสอนผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผลจากผลการเรียนของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชา
- คณาจารย์เข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับด้านการเรียนการสอนและการประเมินผลที่สาขาฯ หรือมหาวิทยาลัยจัดให้
- ปรับปรุงเนื้อหาและสื่อการเรียนการสอนให้ทันต่อยุคสมัยโดยใช้วารสารที่ทันสมัยในทุกหัวข้ออย่างสม่ำเสมอ

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ การประเมินการสอนและข้อเสนอแนะจากของนักศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแผนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2080 กลศาสตร์ของไหล 1 (Fluid Mechanics I)

2. จำนวนหน่วยกิต

3 หน่วยกิต 3(3-0-6)

3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา

3.1 หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล

3.2 ประเภทของรายวิชา

กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

อ.ดร. วิทูรย์ เห็มสุวรรณ

5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite)

SCI05 1001 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

ห้อง B3101 อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ภายหลังการเรียนการสอน

1.1 นักศึกษาเข้าใจนิยามและคุณสมบัติของของไหล

1.2 นักศึกษาเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ของไหลสถิตย์ ได้แก่ แรงดันของไหลสถิตย์ บาโรมิเตอร์ มาโนมิเตอร์ แรงกระทำต่อแผ่นราบและแผ่นโค้งที่จมอยู่ในของไหล จุดศูนย์กลางความดัน แรงลอยตัวและเสถียรภาพของการลอยตัว

1.3 นักศึกษาเข้าใจและสามารถสร้างสมการควบคุมแบบปริพันธ์สำหรับระบบการไหลในปริมาตรควบคุม ได้แก่ กฎอนุรักษ์มวล กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม กฎอนุรักษ์พลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ และสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

1.4 นักศึกษาเข้าใจและสามารถวิเคราะห์มิติและความเสมือนในการทดลอง โดยใช้วิธีมิติบริสุทธิ์และทฤษฎีไพร์บัคคิงแฮม

1.5 นักศึกษาเข้าใจและสามารถวิเคราะห์การสูญเสียการไหลในท่อ การสูญเสียย่อย การวัดความเร็วของการไหล อุปกรณ์วัดอัตราการไหล และการสูญเสียในระบบท่อ

1.6 นักศึกษาเข้าใจและสามารถวิเคราะห์การไหลในช่องทางเปิด หาหน้าตัดการไหลประหยัด และการวัดการไหลด้วยทำนบ

1.7 นักศึกษาเข้าใจและสามารถวิเคราะห์เครื่องจักรกลหมุน ได้แก่ เครื่องสูบอัดและกังหัน พร้อมทั้งสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับภาระงานได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.5 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัย

2.6 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้การเรียนการแบบเน้นการใช้งานได้จริง

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

นิยามและคุณสมบัติของของไหล ของไหลสถิตย์ แรงลอยตัว เสถียรภาพของการลอยตัว สมการควบคุมแบบปริพันธ์ กฎอนุรักษ์มวล กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม กฎอนุรักษ์พลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ การวิเคราะห์มิติ วิธีมิติบริสุทธิ์ ทฤษฎีไพร์บัคคิงแฮม การไหลในท่อ การสูญเสียของการไหลในท่อ การสูญเสียการไหลในระบบท่อ การไหลในรางเปิด เครื่องจักรกลหมุน เครื่องสูบ กังหัน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48	-	-	8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

4. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.7 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความซื่อสัตย์
- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- ความรับผิดชอบทั้งต่อตนเองและสังคม
- การมีจิตสำนึกในการใช้ประโยชน์และคุณค่าของพลังงานในรูปแบบต่างๆ

1.8 วิธีการสอน

- การลงชื่อเข้าเรียนของนักศึกษา
- ปลูกฝังเรื่องการตรงต่อเวลา การแต่งการเรียบร้อย
- กำหนดข้อปฏิบัติในห้องเรียน
- มอบหมายการบ้าน มอบงานทบทวนบทเรียน และค้นคว้าเพิ่มเติม

1.9 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการส่งงานที่มอบหมาย ได้แก่ การสรุปบทเรียนรายสัปดาห์ และการบ้าน
- ประเมินจากการการทดสอบย่อย
- ประเมินจากการการสอบประจำภาค

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- เข้าใจนิยามและคุณสมบัติของของไหลเบื้องต้น

○ เข้าใจและสามารถวิเคราะห์ของไหลสถิตย์ได้ ได้แก่ แรงดันของไหลสถิตย์ บาโรมิเตอร์ มาโนมิเตอร์ แรงกระทำต่อแผ่นราบและแผ่นโค้งที่จมอยู่ในของไหล จุดศูนย์กลางความดัน แรงลอยตัวและเสถียรภาพของการลอยตัว

○ วิเคราะห์ปัญหาการไหลเบื้องต้นได้ โดยใช้สมการควบคุมแบบปริพันธ์ ได้แก่ กฎอนุรักษ์มวล กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น กฎอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม กฎอนุรักษ์พลังงาน สมการเบอร์นูลลี่

○ วิเคราะห์มิติและความเสมือนในการทดลอง โดยใช้วิธีมิติบริสุทธิ์ และทฤษฎีไพร์บัคคิงแฮม

○ วิเคราะห์การสูญเสียการไหลในท่อ และอุปกรณ์วัดอัตราการไหลได้

○ วิเคราะห์การไหลในช่องทางเปิด หาหน้าตัดการไหลประหยัด และการวัดการไหลด้วยทำนบ

○ สามารถเลือกปั๊มสูบน้ำได้

2.2 วิธีการสอน

- เรียนภาคทฤษฎี พร้อมถาม-ตอบในห้องเรียน
- มอบหมายงานให้การบ้าน ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน
- ประเมินจากการทำการบ้าน และการส่งสรุปบทเรียนรายสัปดาห์
- ประเมินจากการสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษา

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- คิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบร่วมกับการใช้องค์ความรู้พื้นฐาน องค์ความรู้ทางวิชาชีพ และองค์ความรู้ด้านอื่นๆ อย่างเป็นระบบ
- มีความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
- มีความสนใจใฝ่รู้ ค้นหาความรู้เพิ่มเติมในองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง
-

3.2 วิธีการสอน

- บรรยายและให้วิเคราะห์โจทย์การยกตัวอย่างในห้องเรียน และฝึกให้มีกระบวนการให้คิดอย่างเป็นระบบ

3.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน
- ประเมินจากการทำการบ้าน
- ประเมินจากการสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- การสอนบรรยาย พร้อมถาม-ตอบและร่วมกันอภิปรายปัญหาในชั้นเรียน

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายปัญหา การถกปัญหาและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถใช้อินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มีในการหาข้อมูลที่ต้องการเพื่อทบทวนบทเรียนได้

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานทบทวนบทเรียนให้มีการค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ และให้การบ้านไปวิเคราะห์แก้ปัญหา

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการบ้านที่มอบหมายว่า นักศึกษาสามารถค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อนำไปประกอบการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	- Introduction and basic concepts - Properties of fluids	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
2	**Fluid statics: (1)** *- Pressure* *- Pressure measurement devices*	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
3	**Fluid statics: (2)** *- Hydrostatics force on submerged body* *- Buoyance and stability)*	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
4	**Fluid Dynamic:** *- Governing equations (1):* > Conservation of mass	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
5	**Fluid Dynamic:** *- Governing equations (2):* > Conservation of energy	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
6	**Fluid Dynamic:** *- Governing equations (3):* > Conservation of momentum	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
7	**Dimensional Analysis and Modeling** - Principle of Dimensional Homogeneity - The Pi Theorem	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
8	**Viscous Flow in Pipe (1)** - Head loss-Friction Factor - Laminar & Turbulence flow - Minor loss	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
9	**Viscous Flow in Pipe (2)** - Flow meters	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
10	**Open channel flow** - Chezy formular - Efficient Uniform-flow channels - Hydraulic Jump - Flow Measurement by Weirs	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
11	**Turbomachinery (Pump and Turbine) (1)** - Turbomachinery Classification - Centrifugal pump and Performance Curves	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
12	**Turbomachinery (Pump and Turbine) (2)** - Pump Selection	4	สอนบรรยาย พาทำ/วิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทดสอบย่อย ให้การบ้าน	อ.ดร. วิทูรย์
	สอบประจำภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้	**วิธีการประเมินผลนักศึกษา**	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมินผล**
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 12	สอบประภาค	13	40
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 12	ส่งสรุปบทเรียน ให้การบ้าน และทดสอบย่อย	ทุกสัปดาห์	60

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำรา

- Fluid Mechanics; Frank M. White; McGraw-Hill
- กลศาสตร์ของไหล; ทวิช จิตรสมบูรณ์; McGraw-Hill

2. หนังสือ อ้างอิงที่สำคัญ

- Fluid Mechanics Fundamentals and Applications; Yunus A. Cengel and John M. Cimbala; McGraw-Hill
- Fundamental of Fluid Mechanics; Munson, Okiishi, Huebsch, and Rothmayer; John Wiley & Sons
- Introduction to Fluid Mechanics; Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Philip J. Pritchard; John Wiley & Sons

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของมหาวิทยาลัยในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ และประเมินจากผลการเรียนประจำรายวิชาเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียน ว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้าใจเนื้อหารายวิชามากน้อยเพียงใด

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

อาจารย์ผู้สอนถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อย การบ้าน การสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษาว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

3. การปรับปรุงการสอน

ผู้สอนรายวิชานำข้อมูลการประเมินการสอนในข้อ 1 และ2 รวมทั้งข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอน หรือปรับปรุงสื่อเพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินผลการทดสอบย่อย การบ้าน และ การสอบกลางภาคเรียน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาที่สอน ขอบเขตของข้อสอบที่ต้องครอบคลุมเนื้อหาที่สอนในทุกสัปดาห์ และความถูกต้องและชัดเจนของข้อสอบ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลร่วมกันพิจารณาระดับคะแนนที่ใช้ในการตัดเกรดและอภิปรายผมสัมฤทธิ์ของรายวิชา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนอย่างต่อเนื่อง และวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5)

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG31 1001 วัสดุวิศวกรรม (Engineering Materials)
2. จำนวนหน่วยกิต 4 หน่วยกิต (4-0-8)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ. ฐิติกร ฉ่ำช่วง และคณะ
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1-3/ชั้นปีที่ 1
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และทางไกล (ออนไลน์)
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด จัดทำรายละเอียดรายวิชา วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

นักศึกษาสามารถจำแนกประเภทของวัสดุวิศวกรรม อธิบายสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ วิธีการทดสอบ วิเคราะห์สมบัติและแปลผลได้ นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาค สมบัติ กระบวนการผลิตขึ้นรูปและการปรับปรุงสมบัติ รวมถึงสามารถเลือกใช้วัสดุในทางวิศวกรรมได้ และสร้างแนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมวัสดุในงานวิศวกรรม

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้ตอบสนองต่อการเรียนรู้ของรายวิชา และปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้ทันสมัยตอบสนองต่อการพัฒนาโลหะเพื่อการใช้งานทางวิศวกรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ประเภทของวัสดุวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง สมบัติ กระบวนการผลิตและการใช้งานของวัสดุวิศวกรรม เช่น โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์ และคอมโพสิท โครงสร้างผลึกของโลหะ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค สมบัติทางกลและวิธีการทดสอบทางกล แผนภูมิสมดุลเฟสและการแปลความหมาย กระบวนการผลิตและขึ้นรูปโลหะ การอบชุบโลหะ การกัดกร่อนในโลหะและการป้องกัน โครงสร้างและสมบัติของวัสดุเซรามิก เซรามิกดั้งเดิมและเซรามิกขั้นสูง กระบวนการผลิต สมบัติทางวิศวกรรมของเซรามิก วัสดุพอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน พอลิเมอร์ผสม พอลิเมอร์คอมโพสิทสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ กระบวนการการสังเคราะห์และสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ การย่อยสลายของพลาสติก การประยุกต์ใช้วัสดุในงานพื้นฐานด้านวิศวกรรม นวัตกรรมวัสดุ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

3. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

พัฒนานักศึกษาให้มีความรับผิดชอบ มีวินัย มีจรรยาบรรณวิชาชีพ เพื่อให้สามารถดำเนินชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมอย่างราบรื่น และเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม โดยมีคุณธรรม จริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้

i. สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคลองค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม

ii. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

1.2. วิธีการสอน

- ปลูกฝังให้นักศึกษามีวิจารณญาณ สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่างๆ จากการใช้ความรู้ทางวัสดุวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
- ปลูกฝังให้นักศึกษาเข้าใจถึงจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ การรับผิดชอบต่อสังคมในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรม และเข้าใจถึงบริบททางสังคมต่อวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขา

1.3. วิธีการประเมินผล

- การถามตอบในชั้นเรียนเกี่ยวกับความรู้ทางวัสดุวิศวกรรมที่มีผลต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม และจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ การรับผิดชอบต่อสังคมในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรม

4. ความรู้

4.1.ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ต้องพัฒนา

นักศึกษาต้องมีความรู้เกี่ยวกับรายวิชานี้ โดยมาตรฐานความรู้ครอบคลุมดังนี้

2.1.1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี

2.1.2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม

2.1.3 สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.2.วิธีการสอน

บรรยาย ตอบคำถาม การวิเคราะห์กรณีศึกษา หรือมอบหมายให้ค้นคว้าหาบทความ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.3.วิธีการประเมินผล

- สอบกลางภาค และสอบปลายภาค ด้วยข้อสอบที่เน้นหลักการและทฤษฎี
- การตอบคำถามในชั้นเรียน
- สอบเก็บคะแนนย่อย (quiz)

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1.ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรม

5.2.วิธีการสอน

บรรยาย ยกตัวอย่าง โดยให้วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น จากการใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรม

5.3.วิธีการประเมินผล

- สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมในการหาคำตอบ
- วัดผลจากการตอบคำถามของนักศึกษาในชั้นเรียนจากโจทย์ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมในการหาคำตอบ

6. ทักษะพิสัย

6.1.ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรม และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องโดยอยู่บนพื้นฐานความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรม

6.2.วิธีการสอน

บรรยายและยกตัวอย่างการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรม และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

6.3.ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยที่ต้องพัฒนา

สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมในการหาคำตอบ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

2. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
1	บทที่ 1 บทนำวัสดุวิศวกรรม - แนะนำรายวิชา ชี้แจง/ข้อตกลงต่างๆของวิชานี้ เช่น การประเมินผล การมอบหมายงาน/การบ้าน ฯลฯ - บทนำวัสดุวิศวกรรม	2	ชี้แจง บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ อภิปราย ซักถาม	อ.ทนงศักดิ์
	บทที่ 2 สมบัติเชิงกลของวัสดุและวิธีการทดสอบ - ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียด สมบัติแรงดึง สมบัติความแข็ง	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง	อ.ทนงศักดิ์
2	บทที่ 2 สมบัติเชิงกลของวัสดุและวิธีการทดสอบ - สมบัติการทนต่อแรงกระแทก ความล้า ความคืบ	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง การบ้าน	อ.ทนงศักดิ์
	บทที่ 3 แผนภูมิสมดุลเฟส - โลหะผสม Gibbs phase rule และการคำนวนปริมาณของเฟส (Lever arm's rule)	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง	อ.ทนงศักดิ์
3	บทที่ 3 แผนภูมสมดุลเฟส - ปฏิกิริยายูเทคติก ปฏิกิริยายูเทคตอย ปฏิกิริยาเพอริเทคติก ปฏิกิริยาเพอริเทคตอย ปฏิกิริยาโมโนเทคติก ตัวอย่างแผนภูมิสมดุลเฟสของโลหะผสม - แผนภูมิสมดุลของเหล็ก-คาร์บอน โครงสร้างจุลภาคของเหล็ก-คาร์บอน	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง การบ้าน	อ.ทนงศักดิ์
	บทที่ 4 กระบวนการผลิตและแปรรูปโลหะ - กระบวนการถลุงโลหะ กระบวนการหลอมโลหะ การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า การขึ้นรูปด้วยแรงทางกล การหล่อขึ้นรูป การเชื่อม	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง ทดสอบหลังเรียน	อ.ฐิติกร
4	บทที่ 5 กระบวนการทางความร้อนของโลหะในกลุ่มเหล็กและอะลูมิเนียม	2	บรรยาย ยกตัวอย่าง ทดสอบหลังเรียน	อ.ฐิติกร

	บทที่ 6 ประเภทของโลหะในกลุ่มเหล็ก - เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ-สูง เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กกล้าเครื่องมือ เหล็กหล่อเทา เหล็กหล่อขาว เหล็กหล่อแกรไฟต์กลม เหล็กหล่อแกรไฟต์ตัวหนอน	2	บรรยาย อภิปราย ยกตัวอย่าง ทดสอบหลังเรียน	อ.ฐิติกร
5	บทที่ 7 โลหะผสมนอกกลุ่มเหล็ก - โลหะผสมอะลูมิเนียม ทองแดง ไททาเนียม สังกะสี แมกนีเซียม นิเกิล	2	บรรยาย อภิปราย ยกตัวอย่าง ทดสอบหลังเรียน	อ.ฐิติกร
	บทที่ 8 การกัดกร่อนในโลหะ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะในอุตสาหกรรม	2	บรรยาย อภิปราย ยกตัวอย่าง ทดสอบหลังเรียน	อ.ฐิติกร
6	บทที่ 9 บทนำวัสดุเซรามิก - ประวัติและธรรมชาติของเซรามิก - ประเภทของวัสดุเซรามิก, เซรามิกดั้งเดิม, เซรามิก สมัยใหม่ - วัสดุเซรามิกเชิงประกอบ วัสดุนาโนเซรามิก	6		ผศ.ดร.อนุรัตน์
7	สอบกลางภาค	2		
8-9	บทที่ 10 การใช้งานวัสดุเซรามิกด้านต่างๆ - กระบวนการขึ้นรูปวัสดุเซรามิก - โครงสร้างผลึกของเซรามิก, สมบัติเชิงกลพื้นฐานของเซรามิก	12		ผศ.ดร.อนุรัตน์
10	บทที่ 11 วัสดุพอลิเมอร์ - วัสดุพอลิเมอร์ที่พบในชีวิตประจำวัน ความหมายของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ การหาน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ การใช้งานวัสดุเซรามิกด้านต่างๆ - กระบวนการการสังเคราะห์พอลิเมอร์	6		ผศ. ดร. ปราณี
11	บทที่ 12 - สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ - กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์	6		ผศ.ดร.ปราณี และ ผศ.ดร.จันทิมา
12	บทที่ 13 - กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ - พอลิเมอร์ผสม พอลิเมอร์คอมโพสิท และการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม	6		ผศ.ดร.จันทิมา
13	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรมที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	2.1.1-2.1.3, 3.1.1 4.1.1	สอบเก็บคะแนนและสอบกลางภาค	7	50%
	2.1.1-2.1.3, 3.1.1 4.1.1	สอบเก็บคะแนนและสอบปลายภาค	13	50%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

4. เอกสารและตำราหลัก

- W.D. Callister, Jr., Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Son, Inc., New York, 1997.
- W.F. Smith, Foundations of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill, New York, 1990.
- James, R. H. Doremus, Ceramic and Glass Materials: Structure, Properties and Processing, Springer, New York, 2008.
- P. Boch, Philippe. J.C. Niepce, Ceramic Materials: Processes, Properties and Applications, Newport Beach, CA: ISTE USA, 2006.
- L. Camusso, S. Lorenzo, Ceramics of the World: from 4000 B.C. to the present, New York: H.N. Abrams, Inc., 1992.

5. เอกสารและข้อมูลสำคัญ (จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมหรือไม่ ถ้าจำเป็นให้ใส่ด้วยคำอธิบายตัวสีแดงเขียนด้วยลายมือ)

6. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น คำอธิบายศัพท์ ข่าวเทคโนโลยีการใช้งานโลหะ เซรามิก และพอลิเมอร์ทางวิศวกรรมในปัจจุบัน

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชานี้ ที่จัดทำโดยนักศึกษา ได้จัดกิจกรรมในการนำแนวคิดและความเห็นจากนักศึกษาได้ดังนี้

- การสนทนากลุ่มระหว่างอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษา
- แบบประเมินอาจารย์ผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา
- ข้อเสนอแนะผ่านเฟซบุ๊คเพจที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารให้กับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ได้มีกลยุทธ์ ดังนี้

- ผลการเรียนของนักศึกษา
- ผลการประเมินอาจารย์ผู้สอน

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอน โดยการจัดกิจกรรมในการระดมสมองและสรรหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอนดังนี้

- ปรับปรุงเอกสารประกอบการสอนที่อยู่ในระบบของ e-learning
- ถ่ายทำวิดีโอการสอนเพื่อจัดทำ Massive Online Open Course (MOOC)

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อ ตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในรายวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังการออกผลการเรียนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์โดยรวมในวิชาได้ดังนี้

- การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร
- มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงาน วิธีการให้คะแนนสอบ และการให้คะแนนพฤติกรรม

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน และทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา ได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอนและรายละเอียดวิชา เพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น ดังนี้

- ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปี หรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4
- เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่ได้มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

Course specifications

Name of University	Suranaree University of Technology
School/Institute	School of Civil Engineering Institute of Engineering

Section 1 General Information

1. **Course Code and Title**
   ENG30 2002 Mechanics of Materials

2. **Number of Credits (Trimester system)**
   4 Credits 4 (4-0-8)

3. **3. Academic Program and Type of Course**
   Bachelor of Engineering Program in Civil Engineering (Revised Program, 2019)
   Basic Engineering Courses

4. **4. Responsible Faculty/ Coordinator/ Lecturer**
   Prof. Dr. Avirut Chinkulkitniwat Lecturer for Section 1
   Assoc. Prof. Dr. Sittichai Seangatith Coordinator/ Lecturer for Section 2
   Assist. Prof. Dr. Akawut Siriruk Lecturer for Section 3

5. **Academic Term/ Academic Year / Student Level**
   2nd Trimester/ 2020 Academic year (Trimester 2/2563) / 2nd year students

6. **Pre-requisite**
   ENG30 2001 Engineering Statics

7. **Co-requisites**
   None

8. **Place of Study**
   Nov 23, 2020 to Jan 10, 2021.
   Room B3103 Classroom Building I, Suranaree University of Technology
   Section 1 : Tu Th 08.00-10.00
   Section 2 : M W 08.00-10.00
   Section 3 : Tu Th 10.00-12.00
   Jan 11, 2021 to Feb 28, 2021 (2nd COVID19 pandemic in Thailand)
   Hybrid in-class and online lectures by using Zoom

9. **Latest Update**

January 8, 2021
10. Course Description or Course syllabus Force and stress, stress-strain relations, stresses in beams, shear diagram and moment diagram, deflection of beams, buckling of columns, Mohr's circle and combined stresses, failure criteria.
11. Number of Hours per Trimester Lecture 48 hours (4 hours per week) and Self-study 8 hours per week

Section 2 Program Learning Outcomes (PLO) and Course Learning Outcomes (CLO)

ENG30 2002 Mechanics of Materials		
PLO 1 an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics. 1.2 Solution procedures and methods are defined. 1.3 Problem solution is appropriate and within reasonable constraints.		
Course Learning Outcomes	**Course Learning Outcomes**	**Course Learning Outcomes**
CLO 1 **Solution procedures and methods are defined.** Ability to apply knowledge of mathematics, science and fundamental engineering in analysis and design of structures and structural members in Mechanics of Materials.	Lecturing on mathematics, science and fundamental engineering necessary in analysis and design of structures and structural members for Mechanics of Materials problems and discussions.	Homework, Quiz and Written Examination.
CLO 2 **Problem solution is appropriate and within reasonable constraints.** Understanding and ability to apply the concept free-body diagram and the equations of equilibrium and mathematics within reasonable constraints in Mechanics of Materials problems.	1. Lecturing on the concept free-body diagram and equations of equilibrium used to analyze and design of 2D and 3D within reasonable constraints in Mechanics of Materials problems and discussions. 2. Assigning students to solve problems independently or in-group.	Homework, Quiz and Written Examination. Homework

Section 3 Lecture Plan and Evaluation Plan

12. Lecture Plan

Week	Topics/ details	Hours	Teaching and Learning Activities and Medias	Evaluation
1	Force and stress Factor of safety	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
2	Strain Stress-strain relations	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
3	Mechanical properties of engineering materials I	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
4	Mechanical properties of engineering materials II Axial load : determinate structural members	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
5	Axial load : indeterminate structural members	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
6	Torsion determinate and indeterminate structural members	4	- Assigning reading - Lecturing	Quiz and Homework

			- Self-learning by using video clips.	
7	Bending	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
8	Transverse shear	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
9	Combined loading	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
10		2		Midterm Examination
11	Mohr's circle	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
12	Design of beam and shaft Deflection of beams	4	- Assigning reading - Lecturing - Self-learning by using video clips.	Quiz and Homework
13	Buckling of columns	4	- Assigning reading - Lecturing	Quiz and Homework

			- Self-learning by using video clips.	
14			One-week school break for Final Examination.	
15		3		Final Examination

13. Learning Evaluation Plan

No.	Evaluation Activity	week	weight
1	Quiz and Homework	1-9 and 11-13	10%
2	Midterm Examination	10	40%
3	Final Examination	15	50%

Section 4 Teaching and Learning Resources

1. Textbook and Lecture Note

1. Lecture Note on Mechanics of Materials, Sittichai Seangatith, 2016.
2. Mechanics of Materials; Russell C. Hibbeler, SI Edition (2005 or newer).

2. References and Important Information

1. Mechanics of Materials; Beer, Johnston and Dewolf, SI Edition (2009 or newer).
2. “ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา” คณะกรรมการวิชาการวิศวกรรมโยธา, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2540
3. SUTStructor program.

Section 5 Attainment Level to Achieve Program Learning Outcomes (PLO)

PLO/ Performance Indicators	Assessment Tools	Criteria	Standard
PLO 1 an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics. 1.2. Solution procedures and methods are defined.	Written Exam: Apply concept of Mechanics of	5: score 80-100% 4: score 65-79%	50% of students attain

1.3. Problem solution is appropriate and within reasonable constraints.	Materials to analyze and design of structural members correctly.	3: score 50-64% 2: score 35-49% 1: score 0-34%	criteria 3 or more.

Note:
ข้อ 1 ในการสอบกลางภาค จะใช้ข้อสอบต่อไปนี้ในการวิเคราะห์การประเมินผลโดยตรงฯ
ตัวบ่งชี้: 1.2 ระบุขั้นตอนและวิธีการหาผลลัพธ์
- ใช้ข้อสอบข้อที่ 1 ของการสอบกลางภาค – วิเคราะห์ Truss
ตัวบ่งชี้: 1.3 ผลลัพธ์ของปัญหามีความเหมาะสมภายใต้ข้อจากัดต่าง ๆ อย่างมีเหตุมีผล
- ข้อสอบข้อที่ 1 ของการสอบกลางภาค – ออกแบบหาขนาดชิ้นส่วนของ Truss และจุดเชื่อมต่อด้วย bolt
ข้อมูลจากการสอบกลางภาคจะสรุป เพื่อใช้พัฒนาการสอนในช่วงก่อนปลายภาค โดยในการสอบปลายภาคจะใช้ข้อสอบต่อไปนี้ในการวิเคราะห์การประเมินผลโดยตรงฯ และเทียบเคียงกับผลในการสอบกลางภาค
ตัวบ่งชี้: 1.2 ระบุขั้นตอนและวิธีการหาผลลัพธ์
- ข้อสอบข้อที่ 3 ของการสอบปลายภาค – การเขียน V-diagram และ M-diagram ของคานและการหาค่าสูงสุดของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด
ตัวบ่งชี้: 1.3 ผลลัพธ์ของปัญหามีความเหมาะสมภายใต้ข้อจากัดต่าง ๆ อย่างมีเหตุมีผล
- ข้อสอบข้อที่ 3 ของการสอบปลายภาค – ออกแบบหาขนาดของคานเหล็กด้วยค่าสูงสุดของโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมอากาศยาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3060 วิศวกรรมความปลอดภัย (Safety Engineering)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(2-0-4)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา: กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ และ ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่1 / นักศึกษาชั้นปีที่3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ www.elearning2.sut.ac.th

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

3 กันยายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน
2) กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
3) อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน โรคจากการประกอบอาชีพ และ หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน
4) การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย
5) การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
6) การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ
7) การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน
8) การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น
9) การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน
10) การออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

1) เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการ
2) ของภาคอุตสาหกรรม
3) เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับความต้องการของสภาวิชาชีพ
4) เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นองค์ความรู้

3. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

1) อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
2) อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการป้องกันอันตรายในโรงงาน
3) เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้อย่างเหมาะสม
4) ออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการทำงานด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัย และจิตวิทยาสังคม โรคจากการทำงาน หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานและอาคาร การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สัมมนา	การฝึกปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้นเรียน	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	การฝึกงาน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
24	-	-	-	-	48

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook และ SUT E-learning

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.7 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม

1.8 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัยการแต่งกาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
- ปลูกฝังความตรงต่อเวลา
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.9 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเข้าเรียนตรงเวลา ระเบียบวินัย ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน โรคจากการประกอบอาชีพ และหลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานและอาคาร การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง แล้วนำมานำเสนอเป็นรายกลุ่ม

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การทำรายงาน
- การบ้าน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์เครื่องยนต์ที่มีอยู่จากอดีตถึงปัจจุบัน
- สามารถแสวงหาเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาเครื่องยนต์ได้ด้วยตนเอง

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
-อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

-ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ทั้งตนเอง และ สังคม

4.2วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และการนำเสนอ

หมวดที่ 5แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย	2	บรรยาย จดบันทึก ชมสื่อ VDO	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
2	อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน และโรคจากการทำงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
3	หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
4	การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย	2	บรรยาย จดบันทึก	
5	การตรวจความปลอดภัย และการรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
6	การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย และการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น	2	บรรยาย จดบันทึก	
7	**สอบกลางภาค**	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
8	การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
9	แผนป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติ ศักดิ์ บัตรสูงเนิน
10	ระบบดับเพลิงในโรงงานและอาคาร	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์
11	การออกแบบระบบดับเพลิงแบบสายสูบ	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์
12	การออกแบบระบบดับเพลิงแบบโปรยฝอย	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2-11	การทดสอบย่อย หรือ Quiz ต้นชั่วโมง	2-11	10 %
1-6	การสอบระหว่างภาค	7	40%
1-12	การสอบประจำภาค	13	50 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

1) Frank E.Bird,Jr.,George L.Germain.(1987). **Managemant Guide to Loss Control.Georgia** : Institute Publishing Division of International Loss Control Institute.
2) Schneid, Thomas D.Modern(2000). **safety and resource control management** . New York : A Wiley-Interscience publication.
3) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2545). เอกสารการสอนชุดวิชา **การบริหารงานความปลอดภัย หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15**. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่10.กรุงเทพ: สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
4) ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล. **ความปลอดภัยในการทำงานสำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน เล่ม1.** สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน: พิมพ์ครั้งที่1.
5) วิทยา อยู่สุข. (2549). **อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.** ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย.คณะสาธารณสุขศาสตร์ . มหาวิทยาลัยมหิดล : พิมพ์ครั้งที่3.
6) เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน (2557). **เอกสารประมวลสาระรายวิชา รายวิชา 618 101 อาชีวอนามัยและความปลอดภัยพื้นฐาน (Basic Occupational Health and Safety)**. สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ISBN: 978-974-533-682-7
7) PowerPoint เอกสารประกอบการเรียนการสอน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2542). เอกสารการสอนชุดวิชา **การฝึกปฏิบัติงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์ หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.**สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่4.กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
2) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2545). เอกสารการสอนชุดวิชา **หลักความปลอดภัยในการทำงาน หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . พิมพ์ครั้งที่10.กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

1) Simon and Grimaldi.(1972). **Safety Managemen**t. Richard D. Irwin,Inc.
2) Hale, Andrew R., Baram, Michael S.(1998). **Safety management : the challenge of change.** Kidlington, Oxford, UK : Pergamon.
3) Della-Giustina, Daniel(1996). **Safety and environmental management**. New York : Van Nostrand Reinhold.
4) Jeremy Stranks. Occupational Health and Hygiene, London,Pitman Publishing,1995
5) **คู่มือการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง** สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เข้าถึงข้อมูลได้ที่ http://php.diw.go.th/safety/?page_id=659

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินการสอนผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

4. องค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3070 การออกแบบระบบเครื่องจักรกล (Design of Mechanical design)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 6 หน่วยกิต 6(5-3-13)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564) ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาบังคับ
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ.ดร. ธีทัต ดลวิชัย ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ENG30 2002 กลศาสตร์วัสดุ 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 29 ก.ค. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการออกแบบต้นกำลัง การเลือกใช้ต้นกำลังเครื่องจักรสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป อุตสาหกรรมภาคสนาม และยานภาหนะ ระบบจับยึดชิ้นงาน เช่น สลักเกลียว การเชื่อม เป็นต้น วิเคราะห์ระบบเบรกและการตัดต่อกำลังได้ การวิเคราะห์และสังเคราะห์การเคลื่อนที่ของกลไกที่ประกอบในเครื่องจักรกลภายใต้ภาระกระทำ เช่น แรงดึง แรงกด โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิด อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำโครงงานเป็นกรณีศึกษาของรายวิชาได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความหลากหลายและทันสมัย

2.6 เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การออกแบบต้นกำลังและการเลือกใช้ต้นกำลังในเครื่องจักรสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป อุตสาหกรรมภาคสนาม และยานพาหนะ ระบบจับยึดชิ้นงาน เช่น สลักเกลียว การเชื่อม วิเคราะห์ระบบเบรค และการตัดต่อกำลัง การวิเคราะห์และสังเคราะห์การเคลื่อนที่ของกลไกที่ประกอบในเครื่องจักรกลภายใต้ภาระกระทำคือ แรงดึง แรงกด โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โครงงานและกรณีศึกษาออกแบบ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
56/36	-	-	156

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถต่อผู้สอนเพื่อขอคำปรึกษาหรือแนะนำได้ในช่วงเวลาทำงาน ด้วยตนเองหรือโดยวิธีสื่อสารที่สะดวก ดังนี้

สถานที่ติดต่อผู้สอน: ห้องพักอาจารย์ ME14 ชั้น 2 อาคารวิชาการ 1

โทร. 044-22-4231 โทรสาร 044-22-4613 และ E-mail : prapun@sut.ac.th

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

ให้สัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1. เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
3. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
4. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
5. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
6. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
7. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
8. เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

พร้อมทั้งปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความมีน้ำใจ เช่น นักศึกษารู้หน้าที่ (เข้าเรียนตรงเวลา และครบถ้วนตามเกณฑ์) รู้กาละเทศะ (แต่งกายตามระเบียบมหาวิทยาลัย เข้าห้องเรียนตรงเวลา แจ้ง และส่งใบลาหากมีกิจธุระจำเป็น หรือเจ็บป่วย รักษามรรยาทในสังคม เคารพสิทธิผู้อื่น) เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (เตรียมพร้อมก่อนเรียน ทราบหัวข้อที่จะเรียน และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ตอบคำถาม อภิปราย) สามารถนำผลการเรียนรู้ไปประกอบวิชาชีพ หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตน และผู้อื่น มีสำนึกไทย สำนึก และภาคภูมิใจในวิชาชีพ รู้จริยธรรมในวิชาชีพ ฯลฯ

1.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

1. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน (แต่งกาย ตรงต่อเวลา มรรยาทในสังคม)
2. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน(การอภิปรายผล การตอบคำถาม)
3. ประเมินจากพฤติกรรมการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย(การเตรียมตัว ทักษะในการสื่อสาร)

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถคำนวณและวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในลักษณะต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาของวิชาที่ศึกษา
3. ประยุกต์องค์ความรู้ร่วมกับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
4. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5. สามารถใช้ความรู้และทักษะในรายวิชาเพื่อการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริง

2.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

2.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

1. มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาทั้งเหตุและผล

2. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
3. สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ
4. มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
5. สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

1. สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
3. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
4. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์
5. สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
6. รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทางานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
7. มีจิตสานึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัย

4.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
2. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
3. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
4. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม
5. มีความสามารถและความมั่นใจในการสรุปผลการศึกษา
6. มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยรูปภาพ
7. สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยในงานทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา

4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

5.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย โครงงาน 1 ,2, และ 3
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1/1	- แนะนำรายวิชา หนังสือที่ใช้ วัตถุประสงค์วิชา - แนะนำเค้าโครงการสอน ตลอดภาค - อธิบายวิธีการให้คะแนน และการตัดเกรด - ทบทวนส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางวิศวกรรม	2	- บรรยาย แนะนำรายวิชาด้วย **PPT** **-** แจ้งให้นักศึกษาทราบเกี่ยวกับ การทดสอบก่อนเรียน	อ.ดร.ธีทัต
1/2	ทฤษฎีความเสียหายมาใช้สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
2/1	การคิดต้นกำลังในการการออกแบบเครื่องจักร งานโครงงานครั้งที่ 1	2	งานกลุ่ม เพื่อ ใช้เวลา 2 สัปดาห์	อ.ดร.ธีทัต
2/2	การคิดต้นกำลังในการการออกแบบเครื่องจักร	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
3/1	ระบบส่งกำลังของงานทางวิศวกรรม	2	**-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	
3/2	โหลดที่เกิดขึ้นในงานทางวิศวกรรม Static load Fatigue load	2	-ใช้เวลาทดสอบก่อนเรียน 20 นาที **Online** ผ่านโปรแกรม **SUT E-Learning** -บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
4/1	การออกแบบทางวิศวกรรมภายใต้ภาระทั้ง Static and Fatigue นำเสนอ โครงงานครั้งที่ 1	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต

4/2	โครงงานครั้งที่ 2 นำเสนอ โครงงานครั้งที่ 1 (ต่อ)	2	งานกลุ่ม เพื่อ ใช้เวลา 2 สัปดาห์	อ.ดร.ธีทัต
5/1	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 1	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT Online** ผ่านโปรแกรม **SUT E-Learning** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
5/2	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 2 นำเสนอ โครงงานครั้งที่ 2	2		อ.ดร.ธีทัต
6/1	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 3 นำเสนอ โครงงานครั้งที่ 2 (ต่อ)	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT Online** ผ่านโปรแกรม **SUT E-Learning** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
6/2	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 4 ทบทวน เนื้อหาสอบกลางภาค	2	**-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้องกับเนื้อหาที่จัดสอบกลางภาค **Online** ผ่านโปรแกรม **SUT E-Learning**	อ.ดร.ธีทัต
7	สอบกลางภาค	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **SUT E-Learning**	อ.ดร.ธีทัต
8/1	โครงงานครั้งที่ 3	2	ออกแบบและสร้างชิ้นงาน นำเสนอแนวทางการออกแบบ ภายใต้ภารกิจที่กำหนด ให้เวลา 3 สัปดาห์ **Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต

8/2	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 5	2	-ใช้เวลาทดสอบก่อนเรียน 20 นาที **Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom** และ **SUT E-Learning** -บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
9/1	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 6	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
9/2	Design Elements ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 7	2	-บรรยาย เนื้อหาด้วย **PPT Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom** **-**พาทำแบบฝึกหัดในเนื้อหาที่เกี่ยงข้อง	อ.ดร.ธีทัต
10/1	เตรียมความพร้อม ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงานครั้งที่ 1	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต
10/2	เตรียมความพร้อม ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงานครั้งที่ 2	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต
11/1	สอบโครงงานครั้งที่ 3	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต
11/2	สอบโครงงานครั้งที่ 3	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต
12/1	สอบโครงงานครั้งที่ 3	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต
12/2	สอบโครงงานครั้งที่ 3	2	**Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom**	อ.ดร.ธีทัต

13	สอบประจำภาค	3	เนื้อหาตั้งแต่สัปดาห์ที่ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานที่ทำ รวมถึงการแสดงเห็นผลและแนวคิดจากการทำโครงงานทั้ง 3 ส่วน **Online** ผ่านโปรแกรม **Zoom** และ **SUT E-Learning**	อ.ดร.ธีทัต

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**
สัปดาห์ 4/2-4/2 สัปดาห์ 6/1-6/2 สัปดาห์ 7 สัปดาห์ 11/1-12/2 สัปดาห์ 6/1-12/1	สอบนำเสนอโครงงานที่ 1 สอบนำเสนอโครงงานที่ 2 ทดสอบกลางภาค สอบนำเสนอโครงงานที่ 3 ทดสอบประจำภาค	4/1-2 6/1-2 7 11/1-12/2 13	10% 10% 20% 30% 20%
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1-6	ทดสอบย่อย/ให้การบ้าน สังเกตพฤติกรรมการเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การตอบคำถามในห้องเรียน	ทุกสัปดาห์	10%

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

Machine Design An Integrated Approach ผู้แต่ง Robert L. Norton

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 เอกสารประกอบการสอน เขียนโดยผู้สอนจัดเตรียมให้

2.2 Robert L. Mott, " Machine Elements in Mechanical Design ", Prentice hall International Edition , Prentice-Hall Inc.

2.3 ROBERT C. JUVINALL AND KURT M. MARSHEK, "FUNDAMENTALS OF MACHINE COMPONENT DESIGN ", John Wiley & Sons Inc.

2.4 JOSEPH EDWARD SHIGLEY AND CHARLES R.MISCHKE , " DESIGN " , McGraw-Hill Inc.

2.5 MACHANICAL ENGINEERING Bernard J. Hamrock, " Fundamental of Machine Element, Mac Graw Hill.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือกับอาจารย์ที่สอนร่วมในวิชาเดียวกัน และคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมอากาศยาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3010 เครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน (Piston and Turbine Engines)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

3 หน่วยกิต 3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา: กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.ชโลธร ธรรมแท้ ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่1 / นักศึกษาชั้นปีที่3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ www.elearning2.sut.ac.th

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

3 กันยายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถึงหลักการเปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานกลด้วยเครื่องยนต์ เข้าใจถึงหลักการทำงานของเครื่องยนต์ทั้งแบบลูกสูบและแบบกังหัน เรียนรู้ชิ้นส่วน องค์ประกอบ และ ระบบ ที่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ สามารถประเมินประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ทั้งจากการคำนวณและการวัด ทราบถึงตัวแปรและปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ เรียนรู้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ สามารถเลือกใช้เครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับงาน

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

2.2 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับความต้องการของสภาวิชาชีพ

2.2 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นองค์ความรู้

3. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

3.1 อธิบายหลักการเปลี่ยนพลังงานเป็นงาน

3.2 จำแนกประเภทของเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ

3.3 เข้าใจถึงอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์

3.4 คำนวณสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องยนต์

3.5 เข้าใจระบบของเครื่องยนต์

3.6 เข้าใจเครื่องมือวัดและทดสอบเครื่องยนต์

3.7 เข้าใจวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ประวัติการพัฒนาเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สันดาปภายในและภายนอก การวิเคราะห์วัฏจักรของเครื่องยนต์การประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพ ระบบของเครื่องยนต์ลูกสูบ ระบบของเครื่องยนต์กังหัน การทดสอบเครื่องยนต์ การเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สัมมนา	การฝึกปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้นเรียน	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	การฝึกงาน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
36	-	-	-	-	72

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook และ SUT E-learning

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.2 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม

1.3 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัยการแต่งกาย บุคลิกภาพรู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.4 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเข้าเรียนตรงเวลา ระเบียบวินัย ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ประเภทของเครื่องยนต์สันดาป เครื่องยนต์ลูกสูบ เครื่องยนต์กังหัน ตัวแปรและคำศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้อง ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องและหน้าที่ของแต่ละชิ้น วัฏจักรออตโต วัฏจักรดีเซล วัฏจักรเบรย์ตัน ระบบที่เกี่ยวข้อง การประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ลูกสูบและกังหัน การเพิ่มสมรรถนะเครื่องยนต์ การวัดประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องยนต์

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา

- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง แล้วนำมานำเสนอเป็นรายกลุ่ม

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การทำรายงาน
- การบ้าน
-

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์เครื่องยนต์ที่มีอยู่จากอดีตถึงปัจจุบัน
- สามารถแสวงหาเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาเครื่องยนต์ได้ด้วยตนเอง

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
-อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

-ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ทั้งตนเอง และ สังคม

4.2วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และการนำเสนอ

หมวดที่ 5แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Engine history Review Thermodynamics	3	บรรยาย จดบันทึกชมสื่อ VDO	อ.ดร.ชโลธร
2	Piston Engine Components	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
3	Piston Engine Cycle	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
4	Piston Engine Performance Analysis	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
5	Piston Engine System	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
6	Gas Turbine Cycle	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
7	Gas Turbine Cycle	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
8	Gas Turbine Performance Analysis	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
9	Gas Turbine System 1	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
10	Gas Turbine System 2	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
11	Engine performance monitoring and Testing	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร
12	Power augmentation	3	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ชโลธร

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2-11	การทดสอบย่อย หรือ **Quiz** ต้นชั่วโมง	2-11	**10 %**
1-6	การสอบระหว่างภาค	7	40**%**
1-12	การสอบประจำภาค	13	5**0 %**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

Willard W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines, Prentice Hall

H. Cohen et. Al. Gas Turbine Theory, 4th Eds, T. J. Press

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

John B. Haywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw Hill

Powerplant, JAA ATPL Training, JEPPESEN

The Jet Engine, Rolls Royce

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-1.pdf

- http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-2.pdf

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินการสอนผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชา/สาขาวิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2110 เครื่องจักรกลไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบฝังตัว

(Electrical Machines, Power Electronics and Embedded Systems)

2. จำนวนหน่วยกิต

3 หน่วยกิต (2-3-7)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย และ อ.สยาม ทองนาค

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปี

ภาคการศึกษาที่ 3 ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 อาคารปฏิบัติการเครื่องมือ 11 ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงล่าสุด

ภาคการศึกษาที่ 1/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. นักศึกษาสามารถเข้าใจองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำและความจุไฟฟ้า
2. นักศึกษาสามารถเข้าใจการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง และการตอบสนองในสภาวชั่วครู่
3. นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์เฟสเซอร์และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน และวงจรไฟฟ้าสามเฟส
4. นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนารายวิชา

มุ่งเน้นให้นักศึกษาสามารถบอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าและอธิบายหลักทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ นักศึกษาสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ ได้

หมวดที่ 3 ลักษณะการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำและความจุไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง การตอบสนองในสภาวะชั่วครู่ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์เฟสเซอร์และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน วงจรไฟฟ้าสามเฟส หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย (คาบ)	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน (คาบ)	การศึกษาด้วยตัวเอง (คาบ)
24 ชั่วโมง	ตามความประสงค์ของผู้เรียน	36 ชั่วโมง	7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์ประจำวิชา จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

1) ตระหนักในคุณค่าของ คุณธรรม ความซื่อสัตย์สุจริต ความเสียสละ ความมีวินัย การตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

2) เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม

3) มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

1) ตรวจเช็คราย์ชื่อนักศึกษาเข้าเรียน ไม่เช็คชื่อให้ผู้เรียนที่มาสาย และถ้าผู้เรียนมี เวลาเรียนน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของเวลาเรียนทั้งหมด ผู้เรียนจะไม่มีสิทธิ์สอบปลายภาค

2) กำหนดส่งการบ้านตามเวลาที่ระบุ ไม่รับการบ้านที่ส่งช้ากว่ากำหนด

3) ให้ปฏิบัติตามระเบียบของห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด

1.3 วิธีการประเมินผล

1) สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน การตรงต่อเวลา ความมีวินัย และความรับผิดชอบ

2) จัดทำเอกสารบันทึกการเข้าเรียน การส่งงาน

3) รับฟังคำเสนอแนะและความคิดเห็นของผู้เรียนผ่านเว็ปไซต์ กลุ่มปิด Facebook ระบบประเมินการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของมหาวิทยาลัย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

2) กฎพื้นฐานเกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้า

3) เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

4) ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ค่ากระแสและแรงดันในสภาวะชั่วครู่

5) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

6) วงจรไฟฟ้าสามเฟส

7) หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและไดโอด

8) วงจรทรานซิสเตอร์

9) วงจรออปแอมป์

2.2 วิธีการสอน

บรรยาย อภิปราย ยกตัวอย่างโจทย์คำนวณ และทำปฏิบัติการ

2.3 วิธีการประเมินผล

1) ทดสอบความรู้ ด้วยการทดสอบย่อย กลางภาค และปลายภาค

2) แบบฝึกหัดในห้องปฏิบัติการ

3) ทดสอบความรู้โดยการฝึกปฏิบัติ

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ สรุปประเด็นปัญหา และสามารถประยุกต์ความรู้แก้ปัญหาในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ ได้ และบอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าและอธิบายหลักทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้

3.2 วิธีการสอน

1) สอนบรรยาย
2) ยกตัวอย่างโจทย์คำนวณ
3) ฝึกปฏิบัติ แก้โจทย์ปัญหา จากอุปกรณ์จริง

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

1) สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาด้านสถิตยศาสตร์ในเชิงทฤษฎี
2) สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาด้านสถิตยศาสตร์ในเชิงปฏิบัติ

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

1) พัฒนาทักษะการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาต่ออาจารย์
2) พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4.2 วิธีการสอน

1) ตั้งโจทย์ปัญหา และให้นักศึกษาร่วมกันแก้โจทย์ปัญหา

4.3 วิธีการประเมินผล

1) ประเมินการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา พฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
2) การตอบคำถามที่อาจารย์ตั้งขึ้นของกลุ่มนักศึกษา

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1) มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์
2) สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรม

5.2 วิธีการสอน

การเปรียบเทียบเชิงสัญลักษณ์กับอุปกรณ์ที่ใช้จริงในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ และบอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าและอธิบายหลักทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ พร้อมทั้งศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต และตำราเรียนอื่นในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

5.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินผลการค้นคว้าของนักศึกษา จากแบบฝึกหัดและการบ้านที่มอบหมายในแต่ละหน่วยเนื้อหา

6. ทักษะพิสัย

6.1 ทักษะพิสัยที่ต้องพัฒนา

1) มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับ และอิเล็กทรอนิกส์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

2) มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทาง เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ

3) มีทักษะในการออกแบบและวิเคราะห์ภาพวงจรระบบไฟฟ้า และสามารถนำความรู้ในภาคทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 วิธีการสอน

สามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์การทดลองในการอธิบายและอ้างอิงจากทฤษฎีที่เรียนในส่วนบรรยาย

6.3 วิธีการประเมิน

สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาด้านสถิตยศาสตร์ในเชิงปฏิบัติ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

1.1 แผนการสอน เชิงบรรยาย

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
2	กฎพื้นฐานเกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้า	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
3	เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง 1	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
4	เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง 2	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
5	ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ค่ากระแสและแรงดันในสภาวะชั่วครู่	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
6	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
7	วงจรไฟฟ้าสามเฟส	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
8	หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและไดโอด 1	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
9	หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและไดโอด 2	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
10	วงจรทรานซิสเตอร์	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
11	วงจรออปแอมป์	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
12	ทบทวนเนื้อหาทั้งหมด	2	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
13	สอบปลายภาค			

1.2 แผนการสอน เชิงปฏิบัติ

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำปฏิบัติการ หลักการแนวปฏิบัติ ชี้แจงข้อกำหนด ข้อตกลง	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
2	เครื่องมือวัด และการวัดพื้นฐาน	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
3	กฎของเคอร์ชอฟฟ	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
4	วงจรแบ่งกระแสและแรงดัน	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
5	การถ่ายโอนกาลังไฟฟ้าสูงสุด และทฤษฎีการซ้อนทับ	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
6	คุณสมบัติของขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
7	ตัวประกอบกำลัง และค่าคงที่ทางเวลา	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
8	คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของไดโอด และซีเนอร์ไดโอด	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
9	ไดโอดเรียงกระแส	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
10	ทรานซิสเตอร์	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
11	ออปแอมป์	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
12	ฝึกซ้อมปฏิบัติการ	3	บรรยายและปฏิบัติ	อ.ดร.ทศพล รัตน์นิยมชัย อ.สยาม ทองนาค
13	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	1,4,5,6	การเข้าชั้นเรียน การแต่งกาย พฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน	1-12	5%
2	2,3	สอบกลางภาค	7	20%
3	3,5,6	การบ้าน และงานมอบหมาย	1-12	10%
4	3,5,6	รายงานปฏิบัติการ	1-12	30%
5	3,6	การทดลองแบบฝึกหัดในปฏิบัติการ	1-12	15%
6	2,3	สอบปลายภาค	13	20%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

เอกสารประกอบการเรียนการสอนเขียนโดยผู้สอน

หมวดที่ 7 การประเมินรายวิชาและกระบวนการปรับปรุง

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและนักศึกษา

2) การใช้แบบประเมินผู้สอน ตนเอง และแบบประเมินรายวิชา

3) การใช้ข้อเสนอแนะผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการสอบของนักศึกษา

2) การประเมินโดยผู้สอน

3) การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินข้อสอบ

3. การปรับปรุงการสอน

นำผลการสอบของนักศึกษา และผลประเมินการสอน วิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น โดยการสัมมนาการจัดการเรียนการสอน

4. กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

1) การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

2) การตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบรายงาน วิธีการให้คะแนนสอบ และการให้คะแนนพฤติกรรม

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

1) ปรับปรุงรายวิชาทุกปี ตามข้อเสนอแนะ และผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชา/สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

2. จำนวนหน่วยกิต

3 หน่วยกิต 3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปี

ภาคการศึกษาที่ 3 ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1 และ ENG25 2080 กลศาสตร์ของไหล 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงล่าสุด

29 พฤษภาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.ให้นักศึกษาเข้าใจพื้นฐานเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อน กรณีการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

2.สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการถ่ายเทความร้อนได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนารายวิชา

มุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาด้านการถ่ายเทความร้อน สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และสามารถอธิบายคำตอบที่เกิดขึ้นได้

หมวดที่ 3 ลักษณะการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รูปแบบและกระบวนการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนในวัสดุเนื้อสม่ำเสมอและเนื้อไม่สม่ำเสมอ การพาความร้อนแบบปริพันธ์และแบบอนุพันธ์ การพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ ผลกระทบของความปั่นป่วนต่อการพาความร้อน สหสัมพันธ์ตัวแปรไร้มิติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน การแผ่รังสีความร้อน การประยุกต์ใช้งานด้านการถ่ายเทความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนด้วยการเดือดและการควบแน่น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย (คาบ)	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน (คาบ)	การศึกษาด้วยตัวเอง (คาบ)
48 ชั่วโมง	ตามความประสงค์ของผู้เรียน	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์ประจำวิชา จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม วันศุกร์ เวลา 10.00-11.00 น.

หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

1) ตระหนักในคุณค่าของ คุณธรรม ความซื่อสัตย์สุจริต ความเสียสละ ความมีวินัย การตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

2) เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม

3) มีจรรยาบรรณในการประกอบวิชาชีพ

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

1) บรรยายพร้อมยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องสอดแทรกในเนื้อหา และให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมอภิปราย เสนอความคิดในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

1.3 วิธีการประเมินผล

1) สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน การตรงต่อเวลา ความมีวินัย และความรับผิดชอบ

2) จัดทำเอกสารบันทึกการเข้าเรียน การส่งงาน

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เข้าใจกฎเบื้องต้นที่ใช้อธิบายถึงวิธีการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน อธิบายถึงความสำคัญทางกายภาพของเทอมต่างๆในสมการนำความร้อนและสมการเงื่อนไขขอบเขตเพื่อสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการนำความร้อนเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้สมการการนำความร้อนหนึ่งมิติ สภาวะคงตัวกับปัญหาการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่มีเงื่อนไขของขอบเขตในลักษณะต่างๆกัน เข้าใจวิธีการประยุกต์ใช้สมการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกจากผิวของครีบ เข้าใจการใช้แผนภาพอุณหภูมิเวลาและแผนภาพอุณหภูมิความร้อนเพื่อคาดคะเนการกระจายอุณหภูมิภายในแท่งวัตถุตามเวลา ตำแหน่ง และหาอัตราการถ่ายเทความร้อน เข้าใจถึงปัญหาการนำความร้อนสองมิติที่สภาวะคงที่ เข้าใจวิธีการหาการกระจายความเร็ว และการกระจายอุณหภูมิ รวมถึงวิธีการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนสำหรับการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วนบนแผ่นราบ ทรงกระบอกและทรงกลม

รวมไปถึงการไหลในท่อ เข้าใจการถ่ายเทพลังงาน โดยการพาตามธรรมชาติ ในกรณีที่กระแสการพาเกิดจากแรงลอยตัว และความสำคัญทางกายภาพของตัวประกอบต่างๆ รวมไปถึงวิธีการหาคำตอบสำหรับการพาตามธรรมชาติ เข้าใจการถ่ายเทพลังงานโดยการแผ่รังสีความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในสุญญากาศโดยไม่ต้องมีตัวกลาง เข้าใจการการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเดือดและการควบแน่น และเข้าใจการคำนวณเลือกใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้เหมาะสมกับงาน

2.2 วิธีการสอน

บรรยาย อภิปราย และยกตัวอย่างโจทย์คำนวณ การบ้าน

2.3 วิธีการประเมินผล

1) ทดสอบความรู้ ด้วยการทดสอบย่อย กลางภาค และปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ สรุปประเด็นปัญหา และสามารถประยุกต์ความรู้ออกแบบด้านการถ่ายเทความร้อนได้อย่างเหมาะสม

3.2 วิธีการสอน

1) สอนบรรยาย

2) ยกตัวอย่างโจทย์คำนวณ

3) ทดสอบย่อย

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

1) สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาด้านการถ่ายเทความร้อน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

1) พัฒนาทักษะการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาต่ออาจารย์

2) พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4.2 วิธีการสอน

1) จัดกิจกรรมกลุ่มในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา

4.3 วิธีการประเมินผล

1) ประเมินการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา พฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม

2) การตอบคำถามที่อาจารย์ตั้งขึ้นของกลุ่มนักศึกษา

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1) ทักษะการสื่อสาร พูด ฟัง เขียน

2) ทักษะการนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาแก้ปัญหาโจทย์

3) ทักษะการใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร ค้นหาข้อมูล

5.2 วิธีการสอน

1) มอบหมายงานให้นักศึกษาเรียนรู้ จากเว็บไซด์ อินเตอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมินผล

1) ประเมินผลการค้นคว้าของนักศึกษา

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	**กฎเบื้องต้นการถ่ายเทความร้อน** -บทนำ -การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ -การถ่ายเทความร้อนโดยการพา -การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่ -การถ่ายเทความร้อนโดยการพาร่วมกับการแผ่รังสีความร้อน -การถ่ายเทความร้อนที่มีการเปลี่ยนสถานะ -มิติและหน่วย	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
2	**สมการพื้นฐานการนำความร้อน** -บทนำ -อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ -สมการดิฟเฟอเรนเชียลของการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ -สมการนำความร้อนในพิกัดฉาก -สมการนำความร้อนในพิกัดทรงกระบอก -สมการนำความร้อนในพิกัดทรงกลม	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
3-4	**การนำความร้อนหนึ่งมิติในสภาวะคงที่** -คำนำ -การนำความร้อนที่ไม่มีแหล่งกำเนิดพลังงาน -การนำความร้อนที่มีแหล่งกำเนิดพลังงาน -รัศมีวิกฤตฉนวนหุ้มท่อ -การถ่ายเทความร้อนพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น	8	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
5-6	**การนำความร้อนหนึ่งมิติ สภาวะไม่คงตัวและการนำความร้อนสองมิติที่สภาวะคงที่**	8	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
	-บทนำ -การวิเคราะห์ระบบแบบก้อน -การนำความร้อนแบบไม่คงตัวในแผ่นผนังขนาดใหญ่ กระบอกยาว และลูกทรงกลม -การนำความร้อนแบบไม่คงตัวในของแข็งแบบต่างๆในแบบกึ่งอนันต์ -การนำความร้อนสองมิติที่สภาวะคงที่			
7-8	**การพาความร้อนแบบบังคับ** -กลไกทางกายภาพของการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับ -ชั้นขอบเขตความเร็ว -ชั้นขอบเขตความร้อน -การไหลบนแผ่นราบ -การไหลผ่านทรงกระบอกและทรงกลม -การไหลในท่อ	8	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
9	**การพาความร้อนตามธรรมชาติหรืออิสระ** -กลไกทางฟิสิกส์ของการพาความร้อนตามธรรมชาติ -การพาความร้อนตามธรรมชาติบนผิว -การพาความร้อนตามธรรมชาติในเอนโครเชอร์	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
10	**การถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสีความร้อน** -บทนำ -การแผ่ทางความร้อน -การแผ่คลื่นของวัตถุดำ -คุณสมบัติต่างๆในการแผ่รังสี -การแผ่รังสีของบรรยากาศและดวงอาทิตย์	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์
11	**การเดือดและการควบแน่น**	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
	-การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเดือด -การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการควบแน่น		สอบย่อยในชั้นเรียน	
12	**อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน** -ชนิดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน -สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม -การวิเคราะห์อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน -LMTD -วิธีประสิทธิผล-NTU -การเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	4	สอนบรรยาย ทำแบบฝึกหัด สอบย่อยในชั้นเรียน	ผศ.ดร.การุญ ฟังสุวรรณรักษ์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของ การประเมิน
1	1, 2, 3, 4, 5	การเข้าชั้นเรียน การแต่งกาย พฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน	1-12	5%
2	2	สอบกลางภาค	7	45%
3	2	การทดสอบย่อย	5,8,9	5%
4	2	สอบปลายภาค	13	45%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

1. Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar “Heat and Mass Transfer Fundamentals & Application”, Fifth Edition in SI Units McGraw-Hill, 2015

หมวดที่ 7 การประเมินรายวิชาและกระบวนการปรับปรุง

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและนักศึกษา

2) การใช้แบบประเมินผู้สอน ตนเอง และแบบประเมินรายวิชา

3) การใช้ข้อเสนอแนะผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการสอบของนักศึกษา

2) การประเมินโดยผู้สอน

3) การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินข้อสอบ

3. การปรับปรุงการสอน

นำผลการสอบของนักศึกษา และผลประเมินการสอน วิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น โดยการสัมมนาการจัดการเรียนการสอน

4. กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

1) การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

2) การตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบรายงาน วิธีการให้คะแนนสอบ และการให้คะแนนพฤติกรรม

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

1) ปรับปรุงรายวิชาทุกปี ตามข้อเสนอแนะ และผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. **รหัสและชื่อรายวิชา**
   ENG25 3020 วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง (Power Plant Engineering)
2. **จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)**
   3 หน่วยกิต 3(3-0-6)
3. **หลักสูตรและประเภทของรายวิชา**
   หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
   ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. **อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน**
   อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์
5. **ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน**
   ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3
6. **รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)**
   ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)
7. **รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)**
   ไม่มี
8. **สถานที่เรียน**
   ห้อง B1139 อาคาร เรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. **วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด**
   29 พฤษภาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวคิดด้านศักยภาพพลังงานสูงสุด การวิเคราะห์วัฏจักรพื้นฐานและแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงและการสันดาป การวิเคราะห์เครื่องจักรย่อยของโรงจักรไอน้ำ โรงจักรกังกฆหันก๊าซและโรงจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน โรงจักรความร้อนร่วม โรงจักรพลังงานนิวเคลียร์ โรงจักรพลังไอน้ำ โรงจักรพลังงานลม เครื่องมือและการควบคุม เศรษฐศาสตร์โรงจักร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย มีความเข้าใจง่าย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.7 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวคิดด้านศักยภาพพลังงานสูงสุด การวิเคราะห์วัฏจักรพื้นฐานและแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงและการสันดาป การวิเคราะห์เครื่องจักรย่อยของโรงจักรไอน้ำ โรงจักรกังหันก๊าซและโรงจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน โรงจักรความร้อนร่วม โรงจักรพลังงานนิวเคลียร์ โรงจักรพลังน้ำ โรงจักรพลังงานลม เครื่องมือและการควบคุม เศรษฐศาสตร์โรงจักร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
48 / 0	-	-	96

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.4 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ

1.5 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย และผู้สอนปฏิบัติตนให้เป็นแบบอย่างตลอดภาคการศึกษา
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.6 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาต้องประกอบด้วย หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวคิดด้านศักยภาพพลังงานสูงสุด การวิเคราะห์วัฏจักรพื้นฐานและแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงและการสันดาป การวิเคราะห์เครื่องจักรย่อยของโรงจักรไอน้ำ โรงจักรกังหันก๊าซและโรงจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน โรงจักรความร้อนร่วม โรงจักรพลังงานนิวเคลียร์ โรงจักรพลังน้ำ โรงจักรพลังงานลม เครื่องมือและการควบคุม เศรษฐศาสตร์โรงจักร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- ประเมินความรู้จากผู้เรียนระหว่างคาบเรียนด้วยการแนะนำแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนทำนอกเวลาเรียนและนำมาอภิปรายในห้องเรียน
- ประเมินความรู้ของผู้เรียนด้วยการสอบกลางภาคและการสอบประจำภาค

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบเก็บคะแนน สอบกลางภาค และ สอบประจำภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์ปัญหาจริงที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา
- สามารถแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ฝึกทักษะ รวมทั้งพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียนที่ได้จากประสบการณ์ทำงานจริงของผู้สอน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากการอภิปรายในห้องเรียน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

6. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย และการนำเสนอ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำรายวิชา หลักเกณฑ์การวัดผล ระเบียบในห้องเรียน หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวคิดด้านศักยภาพพลังงานสูงสุด	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
2	การวิเคราะห์วัฏจักรพื้นฐานและแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
3	เชื้อเพลิงและการสันดาป	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
4	การวิเคราะห์เครื่องจักรย่อยของโรงจักรไอน้ำ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
5	โรงจักรกังหันก๊าซ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
6	โรงจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน โรงจักรความร้อนร่วม	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
7	โรงจักรพลังงานนิวเคลียร์	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
8	โรงจักรพลังน้ำ โรงจักรพลังงานลม	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
9	เครื่องมือและการควบคุม	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
10	เครื่องมือและการควบคุม	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
11	เศรษฐศาสตร์โรงจักร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	4	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ
12	ทบทวนบทเรียน	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*				

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1,2,3	การสอบกลางภาค	7	40 %
1,2,3,4,5	การสอบย่อย	10	20%
1,2,3	การสอบประจำภาค	13	40 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- P.K. Nag ,Power Plant Engineering , 2nd edition , 2002

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

-

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน - การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน - การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน - ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา - ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา - ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา - พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. **รหัสและชื่อรายวิชา**
   ENG25 3030 การทำความเย็นและการปรับอากาศ (Refrigeration and Air Conditioning)
2. **จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)**
   4 หน่วยกิต 4 (4-0-8)
3. **หลักสูตรและประเภทของรายวิชา**
   หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
   ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. **อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน**
   อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์
5. **ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน**
   ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3
6. **รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)**
   ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)
7. **รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)**
   ไม่มี
8. **สถานที่เรียน**
   ห้อง B1204 อาคาร เรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. **วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด**
   29 พฤษภาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจประวัติการทำความเย็นและปรับอากาศ หลักการทำความเย็นแบบต่างๆ คือ การทำความเย็นแบบอัดไอ การทำความเย็นแบบดูดซึม การระเหย องค์ประกอบของระบบทำความเย็น สารทำความเย็น การออกแบบท่อส่งสารทำความเย็น การคำนวณภาระการทำความเย็น ไซโครเมตรีและกระบวนการปรับอากาศ เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน การออกแบบระบบระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การออกแบบระบบท่อลมปรับอากาศ การควบคุมระบบทำความเย็น การประยุกต์ระบบทำความเย็นในอุตสาหกรรม และการป้องกันอัคคีภัยในระบบปรับอากาศ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย มีความเข้าใจง่าย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.8 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ประวัติการทำความเย็นและปรับอากาศ หลักการทำความเย็น การทำความเย็นแบบอัดไอ การทำความเย็นแบบดูดซึม การระเหย องค์ประกอบของระบบทำความเย็น สารทำความเย็น การออกแบบท่อส่งสารทำความเย็น การคำนวณภาระการทำความเย็น ไซโครเมตรีและกระบวนการปรับอากาศ เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน การออกแบบระบบระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การออกแบบระบบท่อลมปรับอากาศ การควบคุมระบบทำความเย็น การประยุกต์ระบบทำความเย็นในอุตสาหกรรม การป้องกันอัคคีภัยในระบบปรับอากาศ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
48 / 0	-	-	96

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.7 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ

1.8 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย และผู้สอนปฏิบัติตนให้เป็นแบบอย่างตลอดภาคการศึกษา
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.9 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาต้องประกอบด้วย ประวัติการทำความเย็นและปรับอากาศ หลักการทำความเย็น การทำความเย็นแบบอัดไอ การทำความเย็นแบบดูดซึม การระเหย องค์ประกอบของระบบทำความเย็น สารทำความเย็น การออกแบบท่อส่งสารทำความเย็น การคำนวณภาระการทำความเย็น ไซโครเมตรีและกระบวนการปรับอากาศ เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน การออกแบบระบบระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น การออกแบบระบบท่อลมปรับอากาศ การควบคุมระบบทำความเย็น การประยุกต์ระบบทำความเย็นในอุตสาหกรรม และการป้องกันอัคคีภัยในระบบปรับอากาศ

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- ประเมินความรู้จากผู้เรียนระหว่างคาบเรียนด้วยการแนะนำแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนทำนอกเวลาเรียนและนำมาอภิปรายในห้องเรียน
- ประเมินความรู้ของผู้เรียนด้วยการสอบกลางภาคและการสอบประจำภาค

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบเก็บคะแนน สอบกลางภาค และ สอบประจำภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์ปัญหาจริงที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา
- สามารถแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ฝึกทักษะ รวมทั้งพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียนที่ได้จากประสบการณ์ทำงานจริงของผู้สอน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากการอภิปรายในห้องเรียน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

7. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย และการนำเสนอ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำรายวิชา หลักเกณฑ์การวัดผล ระเบียบในห้องเรียน ประวัติการทำความเย็นและปรับอากาศ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
2	การทำความเย็นแบบอัดไอ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
3	การทำความเย็นแบบดูดซึม	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
4	องค์ประกอบของระบบทำความเย็น สารทำความเย็น	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
5	ไซโครเมตรีและกระบวนการปรับอากาศ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
6	การออกแบบระบบระบายอากาศ เกณฑ์ความสุขสบายเชิงความร้อนและคุณภาพอากาศภายใน	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
7	การออกแบบระบบท่อน้ำเย็น	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
8	การออกแบบระบบท่อลมปรับอากาศ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
9	การควบคุมระบบทำความเย็น	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
10	ภาระการทำความเย็น การสอบย่อย	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ
11	การประยุกต์ระบบทำความเย็นในอุตสาหกรรมและในการปรับอากาศ	4	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ
12	การป้องกันอัคคีภัยในระบบปรับอากาศ	4	บรรยาย จดบันทึก อภิปราย	อ.ดร.ธีระชาติ

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1,2,3	การสอบกลางภาค	7	40 %
1,2,3,4,5	การสอบย่อย	10	20%
1,2,3	การสอบประจำภาค	13	40 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- W.F.Stocker , *Refrigeration and Air conditioning* 2nd edition , 1982

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- ASHRAE Handbook, 2015

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3110 การออกแบบระบบความร้อน (Thermal System Design)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 3 หน่วยกิต 3(3-0-6)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2556) ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาเลือกบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน ผศ.ดร.อาทิตย์ คุณศรีสุข ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 3/2564 นักศึกษาชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 30 ธันวาคม 2561

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา
เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการออกแบบระบบความร้อนในระดับเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการเลือกใช้อุปกรณ์ และหาจุดทำงานที่เหมาะที่สุดของระบบความร้อน

3. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

2.9 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.10มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การออกแบบด้านวิศวกรรม การออกแบบระบบที่ทำงานได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การสร้างสมการแทนข้อมูลเชิงตัวเลข การจำลองอุปกรณ์ความร้อน การจำลองระบบความร้อน การตั้งปัญหาเพื่อการออกแบบระบบให้ดีที่สุดทั้งแบบที่มีและไม่มีเงื่อนไขจำกัด การหาสภาพที่ดีที่สุดด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การค้นหา การใช้วิธีตัวคูณลากรานจ์ การใช้ระบบโปรแกรมเชิงเส้น เป็นต้น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
48 / 0	-	-	96

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล
4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.10 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- ตรงต่อเวลา (เข้าห้องเรียน ส่งการบ้าน)
- รับผิดชอบต่อหน้าที่ (ตั้งใจเรียน ไม่หลับ ไม่คุย)
- เคารพสิทธิผู้อื่น (ไม่คุยในขณะเรียน)
- เคารพกฎระเบียบที่ชอบธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.11 วิธีการสอน

- บรรยายพร้อมยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องสอดแทรกในเนื้อหา และให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมอภิปรายเสนอความคิด
- สอดแทรกการสอนด้านคุณธรรมและจริยธรรม เน้นความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม การตรงเวลา วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ ความมีน้ำใจ การเคารพและเชื่อฟังพ่อแม่ครูอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- วางมาตรการเสริม เช่น ผู้เรียนที่มีเวลาเรียนน้อยกว่าร้อยละ 80 จะไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าสอบ และไม่ให้คะแนนการบ้านสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง เป็นต้น
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ

1.12 วิธีการประเมินผล

- สังเกตพัฒนาการด้านพฤติกรรมของบุคคล และ ชั้นเรียน ในแต่ละช่วงเวลา และปรับวิธีการสอดแทรกให้เหมาะสม
- สังเกตพฤติกรรมในการทำงาน และส่งงานที่ได้รับมอบหมาย ในแต่ละช่วงเวลา

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีและวิเคราะห์ประเด็นที่เกี่ยวกับการออกแบบระบบความร้อน และการหาจุดทำงานที่เหมาะที่สุดของระบบความร้อน

2.2 วิธีการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายที่เน้นการสร้างความเข้าใจในหลักการให้ถ่องแท้และมั่นคง มีการสอดแทรกประเด็นการวิจัยขั้นสูง แสดงตัวอย่างการคำนวณ ให้การบ้าน ให้ค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง ทั้งในตำรา วารสารและอินเตอร์เน็ต

2.3 วิธีการประเมินผล

- การบ้าน เรียกถามในห้อง สอบกลางภาค สอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การคิดอย่างมีตรรกะ และ เป็นระบบ
- วิศวกรญาณ
- การคิดแบบเชื่อมโยง
- จินตนาการ และนวัตกรรม

3.2 วิธีการสอน

การสอนเชิงโสกราติส (ใช้คำถามในการสอน แทนการบรรยายในบางส่วน) การให้โจทย์และข้อสอบเชิงแนวคิด (แทนการคำนวณ) การให้โจทย์การบ้านเชิงวิเคราะห์แทนโจทย์เชิงตัวเลข

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาคโดยมีข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ปัญหาเชิงแนวคิดและเชิงวิเคราะห์ ผสมกับข้อสอบเชิงตัวเลข

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความความรับผิดชอบในการเรียน และการทำงานที่ได้รับมอบหมาย
- กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูก เช่น กล้าถามปัญหาในชั้นเรียน และร่วมแสดงความคิดเห็น ทั้งในและนอกชั้นเรียน
- สามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการบ้านที่ต้องมีการอภิปรายร่วมกับผู้อื่น
- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการเล่าเรื่องต่างๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่างๆ
- พยายามยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ท้าทาย น่าวิจารณ์ เพื่อให้คิดและแสดงออก

4.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการด้านการแสดงออกในและนอกชั้นเรียน
- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

8. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การแปลและตีความหมายของโจทย์
- การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
- การคำนวณเชิงตัวเลขเพื่อแก้ปัญหาที่ได้ตั้งไว้อย่างเป็นระบบแล้ว
- การสืบค้นข้อมูลในห้องสมุด และด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- การสื่อสารด้วยวาจาและการเขียนอย่างชัดเจน กระชับ ครอบคลุม

5.2 วิธีการสอน

- ครูทำตัวเป็นตัวอย่างด้วยการนำเสนอการสอนอย่างชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ใช้ภาษาที่ดี ในการนำเสนอตัวอย่างให้ใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
- มีการใช้สื่อผสมผสาน เช่น ภาพวิดีโอ และ PowerPointที่น่าสนใจ ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจประกอบการสอน
- การสอนโดยมีการเสนอข้อมูลจากวารสารวิชาการ และ อินเตอร์เน็ต
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากวารสาร ตำรา อินเทอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการในการทำโจทย์การบ้าน การสอบ
- ปริมาณการอ้างอิงข้อมูลสารสนเทศในการทำโจทย์การบ้าน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.**แผนการสอน**				
สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	การออกแบบด้านวิศวกรรม	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
2	การออกแบบระบบที่ทำงานได้	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
3	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
4	การสร้างสมการแทนข้อมูลเชิงตัวเลข	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
5	การจำลองอุปกรณ์ความร้อน (1)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
6	การจำลองอุปกรณ์ความร้อน (2)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
7	การจำลองระบบความร้อน (1)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
8	การจำลองระบบความร้อน (2)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
9	การตั้งปัญหาเพื่อการออกแบบระบบให้ดีที่สุดทั้งแบบที่มีและไม่มีเงื่อนไขจำกัด (1)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
10	การตั้งปัญหาเพื่อการออกแบบระบบให้ดีที่สุดทั้งแบบที่มีและไม่มีเงื่อนไขจำกัด (2)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
11	การหาสภาพที่ดีที่สุดด้วยวิธีการต่าง ๆ (1)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์
12	การหาสภาพที่ดีที่สุดด้วยวิธีการต่าง ๆ (2)	4	บรรยาย ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหา การประยุกต์ใช้งานการบ้าน	ผศ.ดร.อาทิตย์

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*			
2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2, 3	สอบกลางภาค (เนื้อหาของสัปดาห์ที่ 1 – 6) สอบปลายภาค (เนื้อหาของสัปดาห์ที่ 7 – 12)	7 12	25 % 35 %
1,2,4,5	การส่งงานตามที่ได้รับมอบหมาย	ตลอดภาคการศึกษา	40 **%**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก
   - Wilbert Stoecker. Design of Thermal Systems. 3rd edition, McGraw-Hill, 1989.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ
   - Yogesh Jaluria. Design and Optimization of Thermal Systems. 3rd edition, CRC Press, 2019.
   - William S. Janna. Design of Fluid Thermal Systems. 4th edition, Cengage Learning, 2014.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia เพื่อค้นคำอธิบายศัพท์ หรือ YouTube เพื่อค้นหาวิดีโอที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา
   - แบบประเมินเนื้อหารายวิชาและประเมินผู้สอนโดยนักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
   - ข้อเสนอแนะผ่านเว็ปบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน
   - การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยสาขาวิชา
   - การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
   - ผลการสอบของนักศึกษา
   - การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังทราบผลประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการสอน เช่น ยกตัวอย่างโจทย์ให้มากขึ้น เพื่อให้นักศึกษามีการฝึกฝนในการแก้ปัญหาโจทย์ให้มากขึ้น การทำงานกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจเรียน มีการเพิ่มชั่วโมงติวสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการหรือมีผลการเรียนที่อ่อน นอกจากนี้อาจมีการวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เป็นต้น

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาจากมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตรร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล (Engineering Dynamics and Mechanical Vibration)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

4 หน่วยกิต 6(6-0-12)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์พรพรม บุญพรม ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG30 2001 สถิตยศาสตร์วิศวกรรม

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคาร เรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

9 กันยายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

4. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จลนศาสตร์ของอนุภาค สมการการเคลื่อนที่และกฎข้อที่สองของนิวตัน งานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม จลนศาสตร์และพลศาสตร์ของวัตถุเกร็งในการเคลื่อนที่ในระนาบ สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนของอนุภาคและวัตถุเกร็ง เรียนรู้ถึงการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ประโยชน์และโทษของการสั่นสะเทือน สามารถอธิบายปัญหาการสั่นสะเทือนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ชนิดของการสั่นสะเทือน แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือน การสั่นชนิดหนึ่งลำดับขึ้นอิสระ และหลายลำดับขั้นอิสระ การหาผลเฉลยของสมการการสั่น เรียนรู้วิธีการป้องกันการสั่นสะเทือน การแก้ปัญหาการสั่นสะเทือนในอุตสาหกรรม

8. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.11 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.12 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

หลักพื้นฐานของพลศาสตร์ จลนศาสตร์และจลศาสตร์ของวัตถุเกร็ง และกลไกพื้นฐานที่เคลื่อนที่ในระนาบ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน วิธีการของงานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม การสั่นสะเทือนของระบบที่มีองศาอิสระอันดับหนึ่ง การสั่นโดยการหมุน การสั่นแบบอิสระ การสั่นแบบบังคับ การสั่นสะเทือนของระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การตอบสนองของระบบแบบต่อเนื่อง การวัดการสั่น วิธีการควบคุมการสั่น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
72 / 0	-	-	144

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.10 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.11 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา
- ถามตอบในชั้นเรียนและอธิปรายถึงสาเหตุและวิธีการดำเนินการที่ถูกต้องในกรณีศึกษานั้นๆ

1.12 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

มีความรู้ความเข้าใจหลักพื้นฐานของพลศาสตร์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จลนศาสตร์ของอนุภาค สมการการเคลื่อนที่และกฎข้อที่สองของนิวตัน งานและพลังงาน อิมพัลส์และโมเมนตัม จลนศาสตร์และพลศาสตร์ของวัตถุเกร็งในการเคลื่อนที่ในระนาบ พื้นฐานการสั่นสะเทือน การแบ่งชนิดของการสั่นสะเทือน มวล สปริง และ ตัวหน่วง การสั่นอิสระ การสั่นบังคับ การสั่นพ้อง ระบบที่มีความอิสระหลายอันดับ การหาผลเฉลยของการสั่นสะเทือนด้วยวิธีต่างๆ วิธีการลดและควบคุมการสั่นแบบต่าง ๆ

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ยกตัวอย่างกรณีศึกษาและพานักศึกษาอภิปรายร่วมกัน

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การทำรายงาน
- การบ้าน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ด้วยหลักการทางวิศวกรรมที่ถูกต้อง
- สามารถสืบค้นความรู้และนวัตกรรมใหม่ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาในบทคเรียนได้ด้วยนตนเอง
- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในชีวิตประจำวัน และที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม

3.2 วิธีการสอน

- บรรยายและแสดงวิดิทัศน์ตัวอย่างเนื้อหาในบทความกับการนำมาใช้งานจริง
- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- การมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น
- ความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม
- เปิดให้มีการซักถามในห้องเรียน กระตุ้นให้มีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด
- กำหนดระยะการส่งงานที่ได้รับมอบหมายให้ชัดเจน และรายงานผลการส่งงานและผลงานที่ได้ดำเนินการ เพื่อกระตุ้นให้มีความรับผิดชอบและทราบผลลัพธ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- การตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น และความรับผิดชอบจากงานที่ได้รับมอบหมาย
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

7. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และการนำเสนอ

8. ทักษะพิสัย

6.1 ทักษะพิสัย

- **มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย**
- มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ

6.2 วิธีการสอน

- บรรยายและแสดงภาพ/วีดีทัศน์ตัวอย่างปัญหาการทำงานและการแก้ปัญหา
- ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ พร้อมอภิปรายถึงวิธีการแก้ไขปัญหานั้นๆ

6.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3080: ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Systems)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

3 หน่วยกิต 3(2-3-7)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชากลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2090: Engineering Dynamics and Mechanical Vibration

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1และ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษา มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแบบต่าง ๆ เช่น ระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบของไหล-ความร้อน ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบนิวแมติกส์ เป็นต้น ส่วนประกอบของระบบควบคุม เสถียรภาพและสมรรถนะของระบบควบคุมแบบป้อนกลับเชิงเส้น การออกแบบและวิเคราห์ระบบควบคุมออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ แบบจำลองปริภูมิสเตท ระบบควบคุมแบบปัจจุบันเบื้องต้น

3. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

2.13 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.14 มีการเพิ่มการใช้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุม การจำลองสถานการณ์

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบความร้อน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบ การตอบสนองทางพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่ออินพุทแบบขั้นบันได แบบแรม แบบดล แบบฮาร์โมนิกส์ เป็นต้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ การวิเคราะห์ความผิดพลาดที่สถานะคงตัว การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงพลวัตของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead โดยวิธีการตอบสนองเชิงความถี่ การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
24/24	-	-	48

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.5 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม

1.6 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัยการแต่งกาย บุคลิกภาพรู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษา วิดีทัศน์ระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.7 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูก

- ระเบียบ ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง ความรับผิดในการใช้ MATLAB/Simulink วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแบบต่าง ๆ เช่น ระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบของไหล-ความมร้อน ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบนิวแมติกส์ เป็นต้น ส่วนประกอบของระบบควบคุม เสถียรภาพและสมรรถนะของระบบควบคุมแบบป้อนกลับเชิงเส้น การออกแบบและวิเคราห์ระบบควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead บนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink แบบจำลองปริภูมิสเตท ระบบควบคุมแบบปัจจุบันเบื้องต้น

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ประยุกต์ใช้ MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบ
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ MATLAB/Simulink
- การบ้าน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ไฟฟ้า และระบบอื่นๆ
- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์การตอบสนองทางพลวัต และเสถียรภาพบนโดเมนเวลาและความถี่ได้
- การนำความรู้ที่ได้ไปออกแบบตัวควบคุมทางอุตสาหกรรม อาทิเช่น Lag, Lead, Lag-Lead, PI, PD, PID

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน ชมวีดีทัศน์
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน
- มอบหมายงานกลุ่ม การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบตัวควบคุม

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

-ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีการออกแบบระบบอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรมช่วย

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ทั้งตนเอง และ สังคม

4.2วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นกลุ่ม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงาน

6. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา และการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ของระบบควบคุมอัตโนมัติ

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และผลการวิเคราะห์ ออกแบบโดยใช้โปรแกรม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน 2 กลุ่มเรียน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ชี้แจงการเรียน กติกาการเข้าเรียน ประวัติ ปรัชญาและวิวัฒนาการของวิศวกรรมระบบควบคุม ประโยชน์และความจำเป็นในการเรียนระบบควบคุมอัตโนมัติ โครงสร้างส่วนประกอบและแผนภาพการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ	4	บรรยาย จดบันทึก ชมสื่อวีดีทัศน์	รศ.ดร.จิระพล
2	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของระบบทางกล ไฟฟ้า	4	บรรยาย จดบันทึก ชมสื่อวีดีทัศน์	รศ.ดร.จิระพล
3	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของ ระบบของไหล-ความร้อน ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบนิวแมติกส์	4	บรรยาย จดบันทึก	รศ.ดร.จิระพล
4	วิเคราะห์การตอบสนองทางพลวัตของฟังก์ชั่นถ่ายโอนแบบอันดับหนึ่ง อันดับสอง อันดับสูงที่มีต่ออินพุทแบบขั้นบันไดแบบแรม บนโดเมนเวลา	4	บรรยาย จดบันทึก	รศ.ดร.จิระพล
5	การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดที่สถานะคงตัว การวิเคราะห์เสถียรภาพและสมของระบบควบคุม	4	บรรยาย จดบันทึก	รศ.ดร.จิระพล
6	การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยในการวิเคราะห์การตอบสนองทางพลวัตของฟังก์ชั่นถ่ายโอนแบบ ทบทวนบทเรียน	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล
7	การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงความถี่ของฟังก์ชั่นถ่ายโอน	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล
8	การวิเคราะห์เสถียรภาพและสมถรรนะของฟังก์ชั่นถ่ายโอน บนโดเมนความถี่โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล

9	การออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Leadบนโดเมนความถี่ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล
10	การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยในวิเคราะห์และการออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล
11	การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยในการออกแบบตัวควบคุมแบบ P, PI, PD, PID, Lag, Lead, Lag-Lead บนโดเมนเวลา และความถี่	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล
12	การสร้างแบบจำลองปริภูมิสเตท ทบทวนรายวิชา	4	บรรยาย จดบันทึก เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	รศ.ดร.จิระพล

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2-11	การทดสอบย่อย หรือ **Quiz** ต้นชั่วโมง	2-11	**15 %**
1-6	การสอบระหว่างภาค ออนไลน์	7	15**%**
1-12	การใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบตัวควบคุม	11-12	35%
1-12	การสอบประจำภาค	13	35 **%**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

Katsushiko OCATA, Modern Control Engineering, Fifth Edition, Pearson, 2010

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

Norman S.Nise, Control Systems Engineering: Fifth Edition, John Wiley & Sons, 2007

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Richard C. DORF and Robert H. BISHOP, Modern Control Systems, 13th Edition, Prentice Hall,2016

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินจากการการใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบควบคุมของนักศึกษา
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ การใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบควบคุมและงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 2030 การวัดและเครื่องมือวัด (Measurement and Instrumentation)
2. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต (1-3-5)
3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา **3.1 หลักสูตร** วิศวกรรมศาตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564) **3.2 ประเภทของรายวิชา** วิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อ.กนต์ธร ธรรมกุล, อ.ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง
5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด 29 พฤษภาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.8 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในเรื่องวิธีการวัดและเครื่องมือวัดประเภทต่าง ๆ คุณสมบัติของเครื่องมือวัด ความผิดพลาดจากการวัดและการปรับเทียบ การใช้สถิติในกระบวนการวัด การปรับสภาพสัญญาณ อุปกรณ์แสดงผล เครื่องมือวัดเชิงกลต่าง ๆ เช่น การกระจัด ความเร่ง แรง ความดัน อัตราการไหลและความเร็ว อุณหภูมิ มีการฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัดด้านต่าง ๆ และศึกษาการเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

1.9 เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในการค้นหาความรู้ เป็นผู้มีความสามารถในการวิเคราะห์ และสังเคราะห์เนื้อหาต่าง ๆ และสามารถแสดงความคิดอย่างมีตรรกะในการเขียนแบบทางวิศวกรรม

1.10 เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงการเรียนรู้ด้วยตัวเองและสามารถจัดการเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.7 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัยและเหมาะสมกับผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร

2.8 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

กระบวนการวัด ประเภทและคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องมือวัด การเก็บข้อมูลจากการวัด การแสดงผล ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด และการสอบเทียบเครื่องมือวัดขั้นพื้นฐาน การดำเนินการทางสถิติของผลที่ได้จากการวัด การใช้งานเครื่องมือวัดประเภทต่างๆ อาทิ เครื่องมือวัดระยะ อุณหภูมิ ความดัน การไหลของของไหล แรง แรงบิดและกำลัง ความเร็วรอบและองศาการหมุน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐาน คุณสมบัติของสัญญาณและการประมวลผลสัญญาณเบื้องต้น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2	-	3	7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

จะจัดให้นักศึกษาพบเพื่อขอคำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยจะแจ้งวันและเวลาให้นักศึกษาทราบภายหลัง

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.10 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- ความซื่อสัตย์
- การมีจิตสำนึกในการรักษาธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.11 วิธีการสอน

- การลงชื่อเข้าเรียนของนักศึกษา
- การทำแบบทดสอบย่อยก่อนและหลังคาบเรียน
- มอบหมายการบ้าน และโครงงาน

1.12 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากข้อมูลการเข้าเรียน การทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ประเมินจากการสอบ

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- 1. . รู้จักและสามารถเลือกใช้เครื่องมือและวิธีวัดได้อย่างเหมาะสมตามสถานการณ์
- 2. ประเมินความคลาดเคลื่อนจากการวัดและประยุกต์ใช้การดำเนินการทางสถิติในกระบวนการวัดได้
- 3. รู้จักประเภทสัญญาณ การประมวลผลสัญญาณจากการวัด
- 4.สามารถสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดได้

2.2 วิธีการสอน

- ศึกษาภาคทฤษฎี และทำการฝึกปฏิบัติการในคาบเรียน
- ให้การบ้าน โครงงานและศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ประเมินจากการทำการบ้าน โครงงาน และปฏิบัติการในคาบเรียน
- การสอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- สามารถสร้างความเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้เรียนในหัวข้อต่างๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาทางด้านวิศวกรรมอื่นๆ ได้
- สามารถคิดวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ทักษะทางด้านการวัดในทางวิศวกรรมได้
- สามารถเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาโดยผ่านการประมวลความรู้ที่ได้จากรายวิชา

3.2 วิธีการสอน

- ให้ทำแบบทดสอบย่อยก่อนและหลังคาบเรียน
- มอบหมายแบบฝึกหัดในคาบเรียนและการบ้าน

3.3 วิธีการประเมินผล

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบก่อนและหลังเรียน

- ประเมินจากการทำการบ้าน
- คะแนนจากการสอบปลายภาค

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- ความสามารถในการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและการแสดงความคิดเห็นของตนเอง
- การรับผิดชอบในงานของตนเองที่ได้รับมอบหมาย

4.2 วิธีการสอน

- มีการถกปัญหาและแสดงความคิดเห็นในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในชั้นเรียน
- การมอบหมายงานที่ต้องรับผิดชอบเป็นรายบุคคล

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถวิเคราะห์ปัญหาด้านการวัดได้อย่างมีระบบ และเลือกใช้กระบวนการ เครื่องมือวัดและกระบวนการทางสถิติได้อย่างเหมาะสม

- สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มี ในการเก็บรวบรวม สืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะนำมาประกอบในการวิเคราะห์ปัญหาในการวัดได้

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการฝึกภาคปฏิบัติการวัดในคาบเรียน พร้อมทั้งทำรายงานฉบับย่อประกอบการวัดและวิเคราะห์ผล

5.3 วิธีการประเมินผล

- ตรวจสอบผลที่ได้จากการวัดในการฝึกภาคปฏิบัติต่างๆ และรายงานฉบับย่อว่านักศึกษาสามารถหาข้อมูล จัดทำการวัดและวิเคราห์ผลที่ได้จากการวัดได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Basic concept of measurements	4	เรียนทฤษฎี 4 ชั่วโมง ผ่าน Power point	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
2	Statistics and Probability, Data Presentation	4	เรียนทฤษฎี 4 ชั่วโมง ผ่าน Power point	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
3	Signal characteristics and uncertainty, Sampling theorem, Signal Processing ปฏิบัติการฝึกทำการดำเนินการทางสัญญาณ เพื่อปรับปรุงคุณภาพสัญญาณและเพิ่มความน่าเชื่อถือ	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
4	Distance Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดระยะ	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
5	Temperature Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและ

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
				คณะผู้ช่วยสอน
6	Pressure Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดความดัน	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
7	Flow Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการไหลของของไหล	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
8	Force, Torque and Power Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดแรง แรงบิดและกำลัง	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
9	Rotation and Angular Speed Measurement ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการหมุน มุม และความเร็วเชิงมุม	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
10	Basic electronics Measurements ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดทางไฟฟ้า	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
11	Accelerometer and Gyroscope ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดการเคลื่อนที่และความเร่ง	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
12	Proximity sensors and Hall Effect sensors	4	เรียนทฤษฎี 1 ชั่วโมง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบ

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
	ปฏิบัติการฝึกใช้อุปกรณ์การวัดตำแหน่ง		ผ่าน Power point และทำการปฏิบัติการพร้อมทั้งวิเคราะห์ผล 3 ชั่วโมง	รายวิชาและคณะผู้ช่วยสอน
13	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลนักศึกษา	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1.1, 2.1, 3.1	- งานประจำชั้นเรียน ผลการปฏิบัติการและการทดสอบย่อย	ตลอดภาคการศึกษา	70%
1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1	- การสอบปลายภาค	13	30%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ และเอกสารประกอบการสอนหลัก

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 525302 Measurement & Instrumentation โดย รศ.รอ.ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์
2. Richard S.Figliola, “Mechanical Measurement”

2. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญ

3. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่แนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของศูนย์บริการการศึกษา ในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

อาจารย์ทุกท่านต้องถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อยว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

3. การปรับปรุงการสอน

ผู้สอนรายวิชาต้องดำเนินการทั้งข้อ 1 และ 2 แล้วนำข้อมูลข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอน หรือปรับปรุงสื่อเพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้จากผลการทดสอบย่อย หรือการสอบกลางภาคเรียน ก็สามารถสะท้อนถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนว่าสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจหรือไม่ โดยสรุปคือมีการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

มีการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาที่สอน รวมถึงความสามารถในการประเมินนักศึกษาของข้อสอบ คณาจารย์สาขาวิชาชีววิทยาที่ร่วมสอนร่วมกันพิจารณาระดับคะแนนที่ใช้ในการตัดเกรด

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชามีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5) อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอน และกลยุทธ์การสอนที่ใช้ มีการประชุมกลุ่มผู้สอนในขั้นตอนก่อนการสอนในแต่ละภาคการศึกษาเพื่อเตรียมงานและตกลงในกติกาว่าด้วยการเรียนการสอนให้อาจารย์ทุกท่านแจ้งให้นักศึกษาเข้าใจตรงกัน และประชุมหลังการสอนเพื่อบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป

รายละเอียดของรายวิชา

สถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชา/สาขาวิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2050 วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน
(Electric Circuit and Basic Electronics)

2. จำนวนหน่วยกิต

3 หน่วยกิต (2-3-7)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์
สำหรับวิศวกรรมสาขาอื่น ๆ ที่มิใช่วิศวกรรมไฟฟ้า

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

ผศ. ดร.อุเทน ลีตน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปี

ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี)

SCI05 1002 ฟิสิกส์ 2

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงล่าสุด

29 กรกฎาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. นักศึกษาสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
2. นักศึกษาเข้าใจหลักการและอุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้า

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนารายวิชา

มุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานโดยทั่ว ๆ ไป ของวิศวกรรมไฟฟ้าดังต่อไปนี้

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน อุปกรณ์ของวงจรไฟฟ้าที่สำคัญ และหน่วยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เช่น หน่วยของแรงดัน หน่วยของกระแส หน่วยค่าความต้านทาน กฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ การแบ่งกระแสและการแบ่งแรงดัน

เพื่อให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วงจรประกอบด้วย การวิเคราะห์แบบโนด การวิเคราะห์แบบเมช การซ้อนทับและวงจรสมมูลเทวินิน

นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเก็บประจุไฟฟ้าและตัวเหนี่ยวนำ เพื่อนำองค์ความรู้ไปวิเคราะห์การตอบสนองในสภาวะชั่วครู่ได้

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์เฟสเซอร์ การแปลงเฟสเซอร์ในรูปแบบต่าง ๆ ชี้ให้เห็นความสำคัญของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยเฟสเซอร์ในรูปของจำนวนเชิงซ้อนของค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ และกำลังงานเชิงซ้อนได้

เพื่อให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์วงจรในสถานะอยู่ตัวไซนูซอยด์ (วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์วงจรดังเช่นการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรสามเฟสสมดุลและสามารถคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่น แรงดัน กระแส กำลังงาน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เปรียบเทียบกับฉนวนและตัวนำไฟฟ้า

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ เป็นต้น รวมทั้งการประยุกต์การใช้งานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเหล่านั้น

หมวดที่ 3 ลักษณะการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำและความจุไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง การตอบสนองในสภาวะชั่วครู่ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การวิเคราะห์เฟสเซอร์และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน วงจรไฟฟ้าสามเฟส หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไดโอดและทรานซิสเตอร์ วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย (คาบ)	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน (คาบ)	การศึกษาด้วยตัวเอง (คาบ)
24 ชั่วโมง	ไม่มี	33	7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนรู้ให้มีความรับผิดชอบ ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ มีจรรยาบรรณในวิชาชีพเคารพในสิทธิของข้อมูลส่วนบุคคล โดยมีคุณธรรมจริยธรรมตามคุณสมบัติหลักสูตร ดังนี้
- เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- มีวินัย ตรงต่อเวลา และรับผิดชอบตนเองและสังคม
- มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
- เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ของความเป็นมนุษย์
- เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
- เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

1) ตรวจเช็คราย ชื่อนักศึกษาเข้าเรียน ไม่เช็คชื่อให้ผู้เรียนที่มาสาย และถ้าผู้เรียนมี เวลาเรียนน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของ เวลาเรียนทั้งหมด ผู้เรียนจะไม่มีสิทธิ์สอบปลายภาค

2) กำหนดส่งการบ้านตามเวลาที่ระบุ ไม่รับการบ้านที่ส่งช้ากว่ากำหนด

3) สอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม เข้าไปในระหว่างการสอน เน้นความรับผิดชอบต่องาน วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ต่อตนเองและต่อหน้าที่ในกลุ่ม ความมีน้ำใจต่อเพื่อนร่วมงาน การเคารพและเชื่อฟังครูบาอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง

4) ยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับประเด็นทางจริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่และการประพฤติที่ผิดจรรยาบรรณในวิชาชีพ

5) มีการร่วมกันอภิปราย หรือการซักถามในระหว่างการเรียน

6) บรรยายด้วยสไลน์ อธิบายในชั้นเรียน ถามตอบ ให้การบ้านและให้โครงานทำเป็นกลุ่ม

1.3 วิธีการประเมินผล

1) สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน การตรงต่อเวลา ความมีวินัย และความรับผิดชอบ

2) จัดทำเอกสารบันทึกการเข้าเรียน การส่งงาน

3) รับฟังคำเสนอแนะและความคิดเห็นของผู้เรียนผ่านเว็ปไซต์ ระบบประเมินการ เรียนการสอนแบบออนไลน์ของมหาวิทยาลัย

4) ประเมินความสามารถในเรียน โดยดูจากการตอบคำถาม และการทำงานตามที่ได้มอบหมาย

5) มีการทดสอบความรู้ที่จำเป็น ในระหว่างการสอน

6) สอบกลางภาค ปลายภาค เข้าเรียน การบ้าน และให้คะแนนโครงงาน

7) มีการซักถามความรู้ความเข้าเกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวกับหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ในระหว่างการสอน

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

กฎพื้นฐานในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เทคนิคการวิเคราะห์วงจร การทำงานของอุปกรณ์พื้นทางทางวิศวกรรมไฟฟ้า

2.2 วิธีการสอน

ประกอบด้วยการบรรยายในห้องเรียนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง และทำปฏิบัติการสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง โดยการเรียนในชั่วโมงเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้นักศึกษามีส่วนร่วม บรรยายโดยการเขียนด้วยลายมือลงในเครื่องฉายโปรเจ็กเตอร์และให้นักศึกษาจดตาม ตามปรัชญาการเรียนที่ดี คือ ตาดู หูฟัง สมองคิด มือขีดมือเขียน ในระหว่างการเรียนการสอนมีการซักถามนักศึกษาและให้ตอบคำถาม อาจจะมีการขานชื่อเพื่อให้นักศึกษาผู้ที่ถูกเรียกชื่อตอบ เป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาสนใจเรียนมากขึ้นและไม่นั่งหลับในระหว่างการเรียน จะมีการอธิบายภาคทฤษฎีก่อน แล้วยกตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ฝึกให้นักศึกษาคิดเป็นขั้นเป็นตอน เกิดความชำนาญวิเคราะห์ปัญหาระหว่างเรียน และท้ายคาบการสอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาที่สนใจหรือมีข้อซักถาม ถาม และให้การบ้านแบบฝึกหัด ให้ทำเพื่อให้นักศึกษามีประสบการณ์และชำนาญเกี่ยวกับระบบป้องกันไฟฟ้ากำลังมากขึ้น ส่วนในปฏิบัติการจะมีการทดสอบย่อยในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องแต่ละปฏิบัติการ 15 นาทีแรก จากนั้นจะมีการอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำปฏิบัติการเบื้องต้น แล้วให้นักศึกษาลงมือทำการทดลอง ตามเอกสารคู่มือปฏิบัติการ บันทึกผลแล้วให้เจ้าหน้าที่ดูแลปฏิบัติการเซนต์ชื่อกำกับผลการทดลอง

2.3 วิธีการประเมินผล

ทดสอบความรู้ ด้วยการฝึกทำแบบฝึกหัด การสอบกลางภาค และการสอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

1) มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี
2) สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
3) สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาอย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4) มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม ในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
5) สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ

3.2 วิธีการสอน

ประกอบด้วยการบรรยายในห้องเรียนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง และทำปฏิบัติการสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง โดยการเรียนในชั่วโมงเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้นักศึกษามีส่วนร่วม บรรยายโดยการเขียนด้วยลายมือลงในเครื่องฉายโปรเจ็กเตอร์และให้นักศึกษาจดตาม ตามปรัชญาการเรียนที่ดี คือ ตาดู หูฟัง สมองคิด มือขีดมือเขียน ในระหว่างการเรียนการสอนมีการซักถามนักศึกษาและให้ตอบคำถาม อาจจะมีการขานชื่อเพื่อให้นักศึกษาผู้ที่ถูกเรียกชื่อตอบ เป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาสนใจเรียนมากขึ้นและไม่นั่งหลับในระหว่างการเรียน จะมีการอธิบายภาคทฤษฎีก่อน แล้วยกตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ฝึกให้นักศึกษาคิดเป็นขั้นเป็นตอน เกิดความชำนาญวิเคราะห์ปัญหาระหว่างเรียน และท้ายคาบการสอนเปิดโอกาสให้นักศึกษาที่สนใจหรือมีข้อซักถาม ถาม และให้การบ้านแบบฝึกหัด ให้ทำเพื่อให้นักศึกษามีประสบการณ์และชำนาญเกี่ยวกับระบบป้องกันไฟฟ้ากำลังมากขึ้น ส่วนในปฏิบัติการจะมีการทดสอบย่อยในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องแต่ละปฏิบัติการ 15 นาทีแรก จากนั้นจะ

มีการอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำปฏิบัติการเบื้องต้น แล้วให้นักศึกษาลงมือทำการทดลอง ตามเอกสารคู่มือปฏิบัติการ บันทึกผลแล้วให้เจ้าหน้าที่ดูแลปฏิบัติการเซนต์ชื่อกำกับผลการทดลอง

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาด้านวงจรไฟฟ้าและความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมไฟฟ้า

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม
- วางตัวและร่วมแสดงความคิดเห็นในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม
- สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
- มีความสามารถค้นคว้าข้อมูล และใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

1) มอบหมายแบบฝึกหัด และหรือ การบ้าน ในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาวงจรไฟฟ้า

4.3 วิธีการประเมินผล

1) ตรวจเช็คแบบฝึกหัด และหรือ การบ้าน
2) การตอบคำถามที่อาจารย์ตั้งขึ้น

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1) มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์
2) สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรม

5.2 วิธีการสอน

การเปรียบเทียบเชิงสัญลักษณ์กับอุปกรณ์ที่ใช้จริงในวงจรไฟฟ้า และเทคนิคการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลขในการแก้โจทย์ปัญหา พร้อมทั้งศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต และตำราเรียนอื่นในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

5.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินผลการค้นคว้าของนักศึกษา จากแบบฝึกหัดและการบ้านที่มอบหมาย

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอนบรรยายรายสัปดาห์

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	กล่าวนำและแนะนำรายวิชา ผลสัมฤทธิ์ อาจารย์ผู้สอน ตารางเรียน วิธีการวัดผลและประเมินผล ระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน แหล่งกำเนิดกำลังงาน ระบบส่งจ่าย และระบบจำหน่ายในภาพรวม	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
2	ความรู้พื้นฐานและองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ต้านทาน กฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ การแบ่งกระแสและการแบ่งแรงดัน	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
3	วิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเทคนิค แบบโนด เมช การซ้อนทับ	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
4	วิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเทคนิควงจรสมมูลเทวินินการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
5	ตัวเก็บประจุไฟฟ้าและตัวเหนี่ยวนำ วงจร RL วงจร RC และวงจร RLC	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
6	วิเคราะห์เฟสเซอร์ วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังงานไฟฟ้าเชิงซ้อน		บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
7	MID TERM TEST			
8	หลักการของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
9	ไดโอดและการประยุกต์การใช้งาน	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
10	ทรานซิสเตอร์และการประยุกต์การใช้งาน	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
11	วงจรขยายสัญญาณและออปแอมป์ การประยุกต์การใช้งาน	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
12	วงจรไฟฟ้าสามเฟส	2	บรรยาย	ผศ.ดร.อุเทน ลีตน
13	สอบปลายภาค			

แผนการสอนปฏิบัติการ

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำปฏิบัติการ หลักการแนวปฏิบัติ ชี้แจงข้อกำหนด ข้อตกลง	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
2	เครื่องมือวัด และการวัดพื้นฐาน	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
3	กฎของเคอร์ชอฟฟ วงจรแบ่งกระแสและแรงดัน	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
4	การถ่ายโอนกาลังไฟฟ้าสูงสุด และทฤษฎีการซ้อนทับ	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
5	คุณสมบัติของขดลวดเหนี่ยวนาและตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
6	ตัวประกอบกาลัง และค่าคงที่ทางเวลา	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
7	สอบกลางภาคบรรยาย			
8	คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของไดโอด และไดโอดเรียงกระแส	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
9	ทรานซิสเตอร์	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
10	ออปแอมป์	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
11	ฝึกซ้อมปฏิบัติการ	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
12	สอบปลายภาคปฏิบัติการ	3	ปฏิบัติการ	อ.ดร.อุเทน ลีตนและคณะ
13	สอบปลายภาคบรรยาย			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของ การประเมิน
1	1, 2, 4, 5	แบบฝึกหัดในบทเรียน	1-12	10%
2	2,3	สอบกลางภาค	7	20%
3	2,3	สอบปลายภาค	13	20%
4	1, 2, 4, 5	ทักษะและแบบทดสอบย่อย	2-10	5%
5	1, 2, 4, 5	รายงานปฏิบัติการ	2-10	30%
6	1, 2, 4, 5	สอบปลายภาคปฏิบัติการ	12	15%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

เอกสารประกอบการเรียนการสอนเขียนโดยผู้สอน

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

เอกสารประกอบการสอน รายวิชา Electrical Engineering I (มทส

หมวดที่ 7 การประเมินรายวิชาและกระบวนการปรับปรุง

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและนักศึกษา

2) การใช้แบบประเมินผู้สอน ตนเอง และแบบประเมินรายวิชา

3) การใช้ข้อเสนอแนะผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการสอบของนักศึกษา

2) การประเมินโดยผู้สอน

3) การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินข้อสอบ

3. การปรับปรุงการสอน

นำผลการสอบของนักศึกษา และผลประเมินการสอน วิเคราะห์หาแนวทางพัฒนาปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น โดยการสัมมนาการจัดการเรียนการสอน

4. กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

1) การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

2) การตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบรายงาน วิธีการให้คะแนนสอบ และการให้คะแนนพฤติกรรม

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

1) ปรับปรุงรายวิชาทุกปี ตามข้อเสนอแนะ และผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชา/สาขาวิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3090 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม Industrial Robots
2. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต 3(2-3-7)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปี ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisite) (ถ้ามี) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisite) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงล่าสุด 23 สิงหาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ประเภทArticulated arms, SCARA Robot และ Cartesian Robot ได้

2.มีความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ด้านจลนศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งของหุ่นยนต์ได้ ทั้งแบบ Direct Kinematic และ Inverse Kinematic

3.มีความสามารถในการควบคุมและกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ (Path Generation) แบบต่าง ๆสามารถออกแบบการเคลื่อนที่ทั้งใน Cartesian space และ Joint Space

4.มีทักษะในการออกแบบอุปกรณ์ส่วนเสริมเพื่อใช้งานประเภทต่าง ๆ ร่วมกับการทำงานของหุ่นยนต์

5.มีทักษะสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงาน และติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์และอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบได้

6.สามารถออกแบบหุ่นยนต์ให้ทำงานเหมาะสมกับความต้องการใช้ในงานทางวิศวกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนารายวิชา

2.4 มีใช้วิธีการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน หรือ Project Based Leaning (PBL) เพื่อพัฒนากระบวนการคิด ทักษะการออกแบบและการทำงานเป็นกลุ่ม

2.5 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัยทันต่อเทคโนโลยีและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

2.6 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.4 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

CLOs	PLO1	PLO2	PLO3	PLO4	PLO5	PLO6
สามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ประเภท Articulated arms, SCARA Robot และ Cartesian Robot ได้	I	A	A			I
มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของ DC Motor ประเภทต่างๆที่ใช้ในหุ่นยนต์ เช่น DC Stepper motor, DC Servo Motor ได้		A	A			I
มีความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ด้านจลศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ สามารถวิเคราะห์ตำแหน่ง ความเร็วของหุ่นยนต์ได้ ทั้งแบบ Direct Kinematic และ Inverse Kinematic	I		A			
มีความสามารถในการควบคุมและกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ (Path Generation) แบบต่างๆสามารถออกแบบการเคลื่อนที่			A	A		

ทั้งใน Cartesian space และ Joint Space						
สามารถเข้าใจการทำงานของ Sensor และ Actuator ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในหุ่นยนต์		I	I			
มีทักษะสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการใช้งานหุ่นยนต์ได้				R		I
สามารถออกแบบหุ่นยนต์ให้ทำงานเหมาะสมกับความต้องการใช้ในงานทางวิศวกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้องได้		I	I	I		
Remark: **I – Intro, R – Reinforce, A - Assess**						

หมวดที่ 3 ลักษณะการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ประเภท โครงสร้าง ระบบควบคุมของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ศึกษาจลน์ศาสตร์ของหุ่นยนต์พื้นฐาน การใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณจลนศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ ศึกษาลักษระการใช้งานหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม การฝึกปฏิบัติในการควบคุมหุ่นยนต์ประเภทต่าง ๆ ประเภทของมือจับและลักษณะการทำงานอื่น ๆ การออกแบบอุปกรณ์ส่วนเสริมเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเป้าหมาย ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และหุ่นยนต์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	ทำปฏิบัติการและฝึกทักษะในชั้นเรียน/การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
24 ชั่วโมง	ไม่มี	36 ชั่วโมง	84 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศ

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

4. Micro-Credential

Specific Outcome	Evident	Assessment Criteria	Learning Unit
Kinematics	Exam	Assignment + Exam + lab report	- function of robots - type of robots - dynamics of robots - forward and inverse kinematics
Motion Control	Exam	Assignment + Exam + lab report	- Motion control - control program an industrial robot - path generation - design motion of cartesian space and joint space
Industrial Robot Programming	Exam	Assignment + Exam + lab report	- practical training for robot teaching - robotic design

หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.13 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) ปฏิบัติตนอย่างมีวินัย มีความซื่อสัตย์

(2) สามารถควบคุมตนเอง รู้จักแบ่งเวลาและทำงานเต็มกำลังความสามารถ

(3) มีความรับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.14 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) กำหนดให้นักศึกษามีระเบียบวินัยในการเรียน เช่น การทำงาน การส่งงานตรงเวลา การไม่ลอกงาน เป็นต้น ทั้งในขณะเรียนและในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

(2) มอบหมายให้ทำงานกลุ่ม เพื่อดูการให้ความร่วมมือกันเป็นกลุ่ม ความทุ่มเทในการทำงาน และการแบ่งเวลาในการทำงาน

(3) ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปราย เสนอความคิดเห็น สรุปผลการทำงาน

1.15 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

(1) สังเกตพฤติกรรมการเข้าห้องเรียน การตรงต่อเวลา ความใส่ใจอย่างต่อเนื่อง

(2) การสร้างคำถามโดยผู้สอนและผู้เรียนระหว่างทำการเรียนการสอน

(3) การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection) และการพูดคุย การอภิปรายแบบกลุ่มและรายบุคคล

2. ความรู้

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์

(2) สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมในการประกอบวิชาชีพ และการศึกษาต่อในระดับสูง

(3) ตามทันการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมไทยและสังคมโลก มีความรู้ในการสร้างนวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ และประเทศไทย 4.0

2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ใช้การสอนในรูปแบบโมดูล โดยเน้นหลักการทางทฤษฎี และประยุกต์ใช้ทางปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้น

(2) จัดการเรียนการสอนแบบ CDIO เพื่อฝึกทักษะการคิด วิเคราะห์ การประยุกต์ทฤษฎี เพื่อการประกอบวิชาชีพได้

(3) ใช้การเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ศึกษาจากตัวอย่างกรณีศึกษา

(4) จัดกิจกรรมตั้งคำถาม ตอบปัญหา โดยให้นักศึกษาอ่านเตรียมก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อนำข้อมูลมาอภิปราย และแสดงความคิดเห็นแบ่งปันกับเพื่อนนักศึกษาและผู้สอน (นโยบายการพัฒนาและผลกระทบของการพัฒนาตนเอง การสร้างความรู้นวัตกรรมและความเป็นผู้ประกอบการ) และให้เห็นความรู้และความคิดที่แตกต่างกัน (รู้จักตนเองและสังคม)

(5) เชิญวิทยากรที่มีความเชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้องมาแบ่งปันประสบการณ์ตรงให้กับนักศึกษา

2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากรายงานการศึกษาค้นคว้า

(2) การใช้ข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัยเพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอน

(3) การวัดผลแบบไม่จำกัดคำตอบ (Extended Response Question)

(4) ประเมินจากสัมมนา รายงาน กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมายที่นักศึกษาจัดทำ การนำเสนอผลงานค้นคว้าหน้าชั้นเรียน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) สามารถค้นหาข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจ วิเคราะห์และประเมินข้อมูลจากหลักฐานและนำข้อสรุปมาใช้ได้

(2) สามารถศึกษาวิเคราะห์ความรู้ปัญหาและเสนอแนวทางแก้ไขและตัดสินใจด้วยหลักทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบและเหมาะสม

(3) สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

(1) ใช้วิธีการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เพื่อให้นักศึกษาฝึกคิดเชิงวิพากษ์ กระตุ้นให้เกิดความคิด วิเคราะห์ วิจารณ์จากกรณีศึกษา

(2) การนำนักศึกษาไปศึกษาดูงานในโรงงานอุคสาหกรรม และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อศึกษากรณีศึกษาจากสถานการณ์จริง

(3) กิจกรรมอภิปรายโดยเน้นการอภิปรายกลุ่ม เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาและการแก้ไขปัญหา

(4) แบบฝึกหัดในและนอกชั้นเรียน ตอบปัญหา อภิปราย

3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

(1) ประเมินจากการเขียนรายงานของนักศึกษา

(2) ประเมินจากการใช้ข้อสอบหรือแบบฝึกหัดที่ให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ปัญหา

(3) ประเมินจาการที่นักศึกษาจะต้องตั้งคำถามและให้คำตอบได้ด้วยตนเอง

(4) ประเมินจากการวิเคราะห์กรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) บัณฑิตมีความสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการบริหารจัดการและทำงานเป็นหมู่คณะ รู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ และรับผิดชอบต่อสังคม

(2) รู้จักความหลากหลายทางวัฒนธรรมเพื่อการปรับตัวในการทำงานและอยู่ร่วมกับผู้อื่น

4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสื่อสารความคิดระหว่างบุคคล

(2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการอภิปรายกลุ่ม

(3) จัดการเรียนการสอนด้วยการให้ทำรายงานกลุ่ม และนำเสนอในชั้นเรียน

4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

(1) ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาขณะทำกิจกรรม

(2) สังเกตจากการให้ความร่วมมือในการอภิปราย

(3) ประเมินจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมกลุ่มทำงานและจากความคิดเห็นของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

9. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) สามารถสรุปประเด็น และมีประสิทธิภาพในการสื่อสาร เลือกใช้รูปแบบการสื่อสารที่ถูกต้องเหมาะสมทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ

(2) ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อค้นคืน รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินสารสนเทศเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า

(3) มีทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ข้อมูลทางสถิติและตรรกศาสตร์ที่จำเป็นต่อการทำงาน

5.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(1) ส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนการสอนที่นักศึกษาได้มีกิจกรรมสื่อสารและใช้ภาษาอย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาต่างประเทศ

(2) ให้นักศึกษานำเสนอข้อมูลโดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีที่เหมาะสม และกระตุ้นให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอและสืบค้นข้อมูล

(3) มอบหมายงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์อย่างถูกต้องตามระเบียบวิธี

5.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

(9) ประเมินทักษะการใช้ภาษาสื่อสาร ทั้งจากการเรียนในห้องเรียนและจากการนำเสนองาน

(10) กำหนดให้นักศึกษาต้องมีคะแนนภาษาอังกฤษมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ก่อนจบการศึกษา

(11) ประเมินจากความถูกต้องในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาและสืบค้นข้อมูล รวมทั้งวิธีการที่ถูกต้องในการจัดทำเอกสารทางวิชาการ

(12) ประเมินจากการทำข้อสอบและงานเขียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

10. ทักษะพิสัย

6.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) มีความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) มีทักษะในการพัฒนาและดัดแปลงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินงาน

(3) สามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานทางวิศวกรรมด้วยกระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานหรือขั้นสูงได้

6.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) จัดการสอนให้นักศึกษาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) ทดสอบฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และสามารถนำความรู้ทางทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย

(1) ประเมินจากความสามารถในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือพื้นฐานทาง วิศวกรรมศาสตร์และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

(2) ประเมินจากการแก้ปัญหาเฉพาะทางเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในงานที่ดำเนินการ และประเมินงานที่ได้จากภาคปฏิบัติว่ามีประสิทธิภาพอย่างไร

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

Week	หัวข้อ/ รายละเอียด	จำนวนชั่วโมงการเรียนการสอน				ผู้รับชอบ	CLOs	วิธีการประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
		Lecture	Seminar	Work shop	Lab	TA/ อาจารย์			
1	- Introduction - Assignment	2	-	-	3	//	2,3	Assignment + Exam + lab report	5 %
2	- Coordinate & Frame Mapping - Transformation Matrix - Assignment	2	-	-	3	//	3,7		10 %
3	- Test (week 2) - Determination of Robot parameters - Assignment	2	-	-	3	//	1,3		10 %
4	- Test (week 3) - Forward Kinematic model Methodology - Assignment	2	-	-	3	//	1,3,7		20 %

Week	หัวข้อ/ รายละเอียด	จำนวนชั่วโมงการเรียนการสอน				ผู้รับชอบ	CLOs	วิธีการประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
		Lecture	Seminar	Work shop	Lab	TA/ อาจารย์			
5	- Test (week 4) - Forward Kinematic model of Industrial Robot - Assignment	2	-	-	3	//	1,3,7		
6	- Test (week 5) - Inverse Kinematic model Methodology - Assignment	2	-	-	3	//	1,3,7		
7	- Test (week 6) - Inverse Kinematic model of Industrial Robot - Assignment	2	-	-	3	//	1,3,7		20 %
8	- Test (week 7)	2	-	-	3	//	1,5,6		7.5 %

Week	หัวข้อ/ รายละเอียด	จำนวนชั่วโมงการเรียนการสอน				ผู้รับชอบ	CLOs	วิธีการประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
		Lecture	Seminar	Work shop	Lab	TA/ อาจารย์			
	- Jacobian Matrix for Robot - Assignment								
9	- Test (week 8) - Path Generation for Industrial Robot - Assignment	2	-	-	3	//	4,5,6	Assignment + Exam + lab report	7.5 %
10	Class Project	2	-	-	3	//	6,7		20 %
11	Class Project	2	-	-	3	//	6,7		
12	Class Project	2	-	-	3	//	6,7		
13	**Final Exam**								

ตารางปฏิบัติการ

Week	Topic
1	Introduction
2	DC Motor Control
3	Motion Control
4	Robot Sensors

Week	Topic
5	Planar Robots
6	Articulated Arms
7	Cartesian Robots
8	SCARA Robot
9	Parallel Robot
10	Workshop
11	Workshop
12	Workshop
13	Final Exam

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

เอกสารประกอบการเรียน แบบฝึกหัดและเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการเรียนของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชา
- การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบโดยการประเมินข้อสอบที่นักศึกษาทำและงานที่ได้รับมอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ การประเมินการสอนและข้อเสนอแนะจากของนักศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแผนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 2130 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับงานวิศวกรรม
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 2 หน่วยกิต 2(1-3-5)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ENG23 1001 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 3 ส.ค. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

3. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

7. สามารถอธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ตามโครงสร้างของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้อย่างถูกต้อง
8. สามารถวิเคราะห์ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่มีอยู่ในระบบการผลิต และแสดงให้เห็นประโยชน์ของการนำระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้าไปใช้ได้อย่างเหมาะสม
9. สามารถนำความรู้ไปใช้เพื่อออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรมของระบบการผลิตได้ครบถ้วนตามความต้องการของปัญหา
10. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้ Micro-controller ควบคุมให้ Sensor และ Actuator ประเภทต่าง ๆ ทำงานร่วมกันได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด
11. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้ Micro-controller ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไปยังุปกรณ์อื่นได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด
12. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อให้มีการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลการสื่อสารที่มีความซับซ้อนสำหรับการใช้งานบนเครื่องแม่ข่ายได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

4. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความหลากหลายและทันสมัย

2.15 เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาภาคทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูล การสื่อสารเพื่อส่งข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ศึกษาภาคปฏิบัติในการควบคุมการทำงานของระบบผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ การส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอลต่าง ๆ ระหว่างอุปกรณ์ในระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ขนาดเล็ก สู่ระบบขนาดใหญ่ผ่านระบบเครือข่ายประเภทต่าง ๆ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
12 / 36	-	-	60

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถต่อผู้สอนเพื่อขอคำปรึกษาหรือแนะนำได้ในช่วงเวลาทำงาน ด้วยตนเองหรือโดยวิธีสื่อสารที่สะดวก ดังนี้ สถานที่ติดต่อผู้สอน: ห้องพักอาจารย์ ชั้น 2 อาคารวิชาการ 1

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.16 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

ให้สัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1. เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
3. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
4. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
5. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
6. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
7. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
8. เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

พร้อมทั้งปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความมีน้ำใจ เช่น นักศึกษารู้หน้าที่ (เข้าเรียนตรงเวลา และครบถ้วนตามเกณฑ์) รู้กาละเทศะ (แต่งกายตามระเบียบมหาวิทยาลัย เข้าห้องเรียนตรงเวลา แจ้ง และส่งใบลาหากมีกิจธุระจำเป็น หรือเจ็บป่วย รักษามรรยาทในสังคม เคารพสิทธิผู้อื่น) เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (เตรียมพร้อมก่อนเรียน ทราบหัวข้อที่จะเรียน และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ตอบคำถาม อภิปราย) สามารถนำผลการเรียนรู้ไปประกอบวิชาชีพ หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนและผู้อื่น มีสำนึกไทย สำนึก และภาคภูมิใจในวิชาชีพ รู้จริยธรรมในวิชาชีพ ฯลฯ

1.17 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะรู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

1. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน (แต่งกาย ตรงต่อเวลา มรรยาทในสังคม)

2. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน(การอภิปรายผล การตอบคำถาม)
3. ประเมินจากพฤติกรรมการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย(การเตรียมตัว ทักษะในการสื่อสาร)

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถคำนวณและวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในลักษณะต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาของวิชาที่ศึกษา
3. ประยุกต์องค์ความรู้ร่วมกับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
4. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5. สามารถใช้ความรู้และทักษะในรายวิชาเพื่อการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริง

2.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

2.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

1. มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาทั้งเหตุและผล
2. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
3. สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ
4. มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
5. สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

1. สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
3. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
4. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์
5. สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
6. รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทางานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
7. มีจิตสานึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัย

4.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา

2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

11. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

1. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
2. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
3. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
4. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม
5. มีความสามารถและความมั่นใจในการสรุปผลการศึกษา
6. มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยรูปภาพ
7. สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยในงานทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

5.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย โครงงาน 1 ,2, และ 3
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Programming Recap	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
2	Microcontroller Basics	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
3	Microcontroller with Library	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
4	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
5	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
6	Microcontroller as a Device	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
7	Midterm Exam	2	เนื้อหาสัปดาห์ที่ 1-6	คณาจารย์ในสาขาวิชา
8	Introduction to R-Pi	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
9	Interfacing with Raspberry Pi	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
10	Logging Values on R-Pi, R-Pi Communications with controllers	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ฝึกปฏิบัติการ	คณาจารย์ในสาขาวิชา
11	IoT System Architecture	1+3	- บรรยายเนื้อหา - ทำโครงงาน	คณาจารย์ในสาขาวิชา
12	IoT System Design	1+3	นำเสนอโครงงาน	คณาจารย์ในสาขาวิชา
13	สอบประจำภาค	3	เนื้อหาสัปดาห์ที่ 8-10	คณาจารย์ในสาขาวิชา

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1 – 4	ทดสอบกลางภาค	1-6	30%
5 – 6	ทดสอบปลายภาค	8-12	30%
1 – 6	นำเสนอโครงงาน	1-6,8-12	30%

เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1-6,8-10	ทดสอบย่อย/ให้การบ้าน สังเกตพฤติกรรมการเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การตอบคำถามในห้องเรียน	ทุกสัปดาห์	10%

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

แบบฝึกหัดและเอกสารการบรรยายในห้องเรียน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 “Getting started with Internet of Things” by Cuno Pfister

2.2 “Learning Internet of Things” by Peter Waher

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือกับอาจารย์ที่สอนร่วมในวิชาเดียวกัน และคณาจารย์ในสาขาวิชา หรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2100 ความรู้เบื้องต้นปัญญาประดิษฐ์ (Introduction to Artificial Intelligence)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 2 หน่วยกิต 2 (1-3-5)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565) ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ.ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์ ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน นักศึกษาชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 1 มีนาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการและแนวคิดพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนกข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบย์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น และการประยุกต์ใช้ในการวิศวกรรม

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

2.16 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.17 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

แนวคิดและหลักการพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนกข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบย์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น และการประยุกต์ใช้ในการวิศวกรรม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
1 / 3	-	-	96

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.18 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ

1.19 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.20 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

แนวคิดและหลักการพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ การแก้ปัญหา การค้นหาและการวางแผน การแทนความรู้และการหาเหตุผล การเรียนรู้ของเครื่องจักร เทคนิคการจำแนกข้อมูล เช่น เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ทฤษฎีเบย์ เพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงที่สุด โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมาน การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่น และการประยุกต์ใช้ในการวิศวกรรม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชาเป็นการเรียนในรูปแบบ online เนื่องจากสถานการณ์ Covid
- มอบหมายการบ้านในทุกๆบทเรียน
- ส่งเสริมให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบประจำภาค
- การทำการบ้านและสอบย่อย
- โครงงานรายวิชา

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- เข้าใจกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและทำการคำนวณในปัญหาที่เกี่ยวข้องปัญญาประดิษฐ์ได้
- สามารถใช้ความรู้ในวิชาปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้เป็นแนวคิดในด้านต่างๆ ได้
- สามารถแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ฝึกทักษะ รวมทั้งพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกแบบฝึกหัดและกรณีศึกษาในชั้นเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่างๆ

-เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่างๆ

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น

12. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย และการนำเสนอ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำภาพรวมเกี่ยวกับรายวิชาและติดตั้งโปรแกรมที่ต้องใช้งานทั้งหมด - แนวโน้มทางด้านการใช้ AI ทั่วโลก - การเรียนรู้ของเครื่อง - การประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ - ภาษาธรรมชาติ	4	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.สุรเดช
2	การค้นหาคำตอบ พร้อมปฏิบัติ - วิธีการค้นหาคำตอบแบบการเคลื่อนลงตามความชัน	4	บรรยายและปฏิบัติ จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
3	การวางแผนแบบฮิวริสติก พร้อมปฏิบัติ - วิธีการค้นหาแบบดีทีสุดก่อน - วิธีการค้นหาแบบ A*	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
4	การแทนความรู้และการหาเหตุผลพร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
5	การเรียนรู้ของเครื่องจักรและกระบวนการแบบ Supervised Learning และ Unsupervised Learning ทฤษฎีการจัดกลุ่มด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ พร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
6	ทฤษฎีการจัดกลุ่มด้วยวิธีทฤษฎีเบยส์พร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
7	การสอบกลางภาค			
8	ทฤษฎีการจัดกลุ่มด้วยวิธี K-Nearest Neighbor (KNN) การใช้งานพร้อมปฏิบัติ พร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช
9	ทฤษฎีการจัดกลุ่มด้วยวิธีสมการทางคณิตศาสตร์โครงข่ายประสาทเทียมการใช้งานพร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.ฐนกร
10	ระบบผู้เชี่ยวชาญและการอนุมานพร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.ฐนกร
11	การสกัดและเลือกคุณลักษณะเด่นพร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก แบบฝึกหัด	อ.ดร.สุรเดช

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
12	ลักษณะการแบ่งกลุ่มข้อมูล พร้อมปฏิบัติ	4	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.สุรเดช
13	สอบปลายภาค			

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1.4-1.5, 2.1-2.5, 5.1-5.2, 5.5 6.1-6.2	การทดสอบย่อยและการบ้าน	2, 3, 5, 8	40 **%**
2.1-2.5, 3.1-3.5	โครงงานรายวิชา	12	**30 %**
2.1-2.5, 3.1-3.5	การสอบประจำภาค	8-12	30 **%**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เอกสารประกอบการสอนในรายวิชา

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

-

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

-

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 4010 การจัดการพลังงานและเศรษฐศาสตร์ (Energy management and Economics)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาเลือกบังคับ

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ดร. ธีทัต ดลวิชัย อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

29 ก.ค. 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อนการวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความหลากหลายและทันสมัย

2.2 เพื่อเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า การวัดทางความร้อน การวัดอัตราการไหล เป็นต้น มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
12/36	-	-	60

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ผู้สอนจัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มและรายบุคคลตามความต้องการ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยนักศึกษาสามารถต่อผู้สอนเพื่อขอคำปรึกษาหรือแนะนำได้ในช่วงเวลาทำงาน ด้วยตนเองหรือโดยวิธีสื่อสารที่สะดวก ดังนี้

สถานที่ติดต่อผู้สอน: ห้องพักอาจารย์ ME14 ชั้น 2 อาคารวิชาการ 1

โทร. 044-22-4231 โทรสาร 044-22-4613 และ E-mail : prapun@sut.ac.th

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

ให้สัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1. เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย ตรงต่อเวลา และ รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
3. มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีม และสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ
4. เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
5. เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
6. สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม
7. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ
8. เข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

พร้อมทั้งปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และความมีน้ำใจ เช่น นักศึกษารู้หน้าที่ (เข้าเรียนตรงเวลา และครบถ้วนตามเกณฑ์) รู้กาละเทศะ (แต่งกายตามระเบียบมหาวิทยาลัย เข้าห้องเรียนตรงเวลา แจ้ง และส่งใบลาหากมีกิจธุระจำเป็น หรือเจ็บป่วย รักษามรรยาทในสังคม เคารพสิทธิผู้อื่น) เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ (เตรียมพร้อมก่อนเรียน ทราบหัวข้อที่จะเรียน และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ตอบคำถาม อภิปราย) สามารถนำผลการเรียนรู้ไปประกอบวิชาชีพ หรือใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตน และผู้อื่น มีสำนึกไทย สำนึก และภาคภูมิใจในวิชาชีพ รู้จริยธรรมในวิชาชีพ ฯลฯ

1.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
5. อภิปรายกลุ่ม
6. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

1.3 วิธีการประเมินผล

1. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน (แต่งกาย ตรงต่อเวลา มรรยาทในสังคม)
2. ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษาในการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน(การอภิปรายผล การตอบคำถาม)
3. ประเมินจากพฤติกรรมการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย(การเตรียมตัว ทักษะในการสื่อสาร)

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินซึ่งประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งสามารถคำนวณและวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในลักษณะต่างๆด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาของวิชาที่ศึกษา
3. ประยุกต์องค์ความรู้ร่วมกับงานทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
4. สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5. สามารถใช้ความรู้และทักษะในรายวิชาเพื่อการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริง

2.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

1. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
2. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
3. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
4. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
5. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
6. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
7. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

2.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
2. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
3. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

11. มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาทั้งเหตุและผล

12. สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
13. สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีระบบ
14. มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือองค์ความรู้ต่อยอดจากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
15. สามารถค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

บรรยายเนื้อหาหลักตามจุดมุ่งหมายของรายวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

15. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
16. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
17. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
18. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอและอภิปรายกลุ่ม
19. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน
20. ศึกษาดูงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเรียน
21. การอบรมให้ความรู้เฉพาะทางจากวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

7. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
8. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
9. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

15. สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
16. สามารถให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำหรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
17. มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบงานในกลุ่ม
18. สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์
19. สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
20. รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทางานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
21. มีจิตสานึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัย

4.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

13. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
14. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
15. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
16. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
17. อภิปรายกลุ่ม
18. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

7. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
8. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย
9. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

7. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

15. มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
16. สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์
17. สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม
18. สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม
19. มีความสามารถและความมั่นใจในการสรุปผลการศึกษา
20. มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยรูปภาพ
21. สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยในงานทางวิศวกรรมได้

5.2 วิธีการสอน

เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบรรยายเนื้อหาหลักของแต่ละวิชา โดยแสดงที่มาของทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆในเชิงวิเคราะห์ และเน้นให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน กระตุ้นให้คิดตามหลักของเหตุและผล พยายามชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และใช้สื่อเชิงวัตถุบรรยายประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเอง มอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ รู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันโดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับ

ผู้อื่น ทักษะการใช้ภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น สอดแทรกเนื้อหา หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมด้านคุณธรรม จริยธรรม ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรมในตนเองและวิชาชีพ โดย

13. กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นวัตถุประสงค์ของรายวิชา
14. แบบทดสอบย่อยในชั่วโมงเรียนหรือการบ้านในแต่ละหัวข้อ
15. ใช้ความสามารถและเทคนิคถ่ายทอด อาทิ เรื่องเล่า ประสบการณ์ กรณีศึกษา
16. ค้นคว้า เนื้อหาที่ได้รับมอบหมายเพื่อการนำเสนอ
17. อภิปรายกลุ่ม
18. บันทึกพฤติกรรมระหว่างการเรียน

5.3 วิธีการประเมินผล

7. ทดสอบย่อย สอบกลางภาค สอบปลายภาค
8. ประเมินคุณภาพงานที่ได้รับมอบหมาย โครงงาน 1 ,2, และ 3
9. ทักษะการนำเสนอ การตอบคำถาม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	- แนะนำรายวิชา หนังสือที่ใช้ วัตถุประสงค์วิชา - แนะนำเค้าโครงการสอน ตลอดภาค - อธิบายวิธีการให้คะแนน และการตัดเกรด - แนะนำการใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า 1	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
2	- การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับ การวัดทางไฟฟ้า 2	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
3	- การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ การวัดทางความร้อน 1	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
4	- การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน ได้แก่ การวัดทางความร้อน 2 มอบหมายโครงงานครั้งที่ 1	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
5	- การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน การวัดอัตราการไหล 1	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
6	- การใช้เครื่องมือวัดค่าพลังงาน การวัดอัตราการไหล 2 มอบหมายโครงงานครั้งที่ 2	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
7	สอบนำเสนอโครงงาน 1	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
8	มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน 1 มอบหมายโครงงานครั้งที่ 3	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
9/1	มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน 2 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 1 สอบโครงงานโครงงานครั้งที่ 2	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ

10/1	ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 2 การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน 1 กรณีศึกษา มอบหมายโครงงานครั้งที่ 3	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
11/1	การเขียนรายงานการจัดการพลังงาน 2 สอบโครงงานครั้งที่ 3	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
12/1	สอบโครงงานครั้งที่ 3	3	- บรรยาย และทำปฏิบัติการ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ
13	สอบประจำภาค	3	สอบ	อ.ดร.ธีทัต อ.ดร.ธีระชาติ และคณะ

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
สัปดาห์ 4/2-4/2 สัปดาห์ 6/1-6/2 สัปดาห์ 7 สัปดาห์ 11/1-12/2 สัปดาห์ 6/1-12/1	สอบนำเสนอโครงงานที่ 1 สอบนำเสนอโครงงานที่ 2 สอบนำเสนอโครงงานที่ 3 ทดสอบประจำภาค	7 9 11-12 13	10% 20% 30% 30%
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 1-12	ทดสอบย่อย/ให้การบ้าน สังเกตพฤติกรรมการเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การตอบคำถามในห้องเรียน	ทุกสัปดาห์	10%

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก เอกสารประกอบการสอน
2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ เอกสารประกอบการสอน
3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน - การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน - การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน - ปรับปรุงการสอนจากการหารือกับอาจารย์ที่สอนร่วมในวิชาเดียวกัน และคณาจารย์ในสาขาวิชา หรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา - ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา - พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมอากาศยาน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3060 วิศวกรรมความปลอดภัย (Safety Engineering)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(2-0-4)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา: กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ และ ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่1 / นักศึกษาชั้นปีที่3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ www.elearning2.sut.ac.th

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

3 กันยายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ

11) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน
12) กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
13) อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน โรคจากการประกอบอาชีพ และ หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน
14) การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย
15) การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
16) การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ
17) การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน
18) การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น
19) การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน
20) การออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

4. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

5) เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสถานการณ์ ตรงกับความต้องการ
6) ของภาคอุตสาหกรรม
7) เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับความต้องการของสภาวิชาชีพ
8) เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นองค์ความรู้

5. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

5) อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
6) อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการป้องกันอันตรายในโรงงาน
7) เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้อย่างเหมาะสม
8) ออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการทำงานด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ ความปลอดภัย และจิตวิทยาสังคม โรคจากการทำงาน หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานและอาคาร การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันระงับอัคคีภัย

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สัมมนา	การฝึกปฏิบัติและฝึกทักษะในชั้นเรียน	การเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ	การฝึกงาน	กิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับมอบหมาย
24	-	-	-	-	48

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook และ SUT E-learning

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.13 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ คุณธรรม และ จริยธรรม

1.14 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัยการแต่งกาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
- ปลูกฝังความตรงต่อเวลา
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.15 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเข้าเรียนตรงเวลา ระเบียบวินัย ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน โรคจากการประกอบอาชีพ และหลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การตรวจความปลอดภัย การรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานและอาคาร การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน การออกแบบระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง แล้วนำมานำเสนอเป็นรายกลุ่ม

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบระหว่างภาค ประจำภาค
- Quiz
- การทำรายงาน
- การบ้าน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์เครื่องยนต์ที่มีอยู่จากอดีตถึงปัจจุบัน
- สามารถแสวงหาเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาเครื่องยนต์ได้ด้วยตนเอง

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
-อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

-ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ทั้งตนเอง และ สังคม

4.2วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- การนำเสนอผลงานร่วมกัน

9. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากรายงาน และการนำเสนอ

หมวดที่ 5แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย	2	บรรยาย จดบันทึก ชมสื่อ VDO	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
2	อันตรายจากการสภาพแวดล้อมในการทำงาน และโรคจากการทำงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
3	หลักการป้องกันควบคุมอันตรายจากการทำงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
4	การป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร ไฟฟ้า และการซ่อมบำรุงอย่างปลอดภัย	2	บรรยาย จดบันทึก	
5	การตรวจความปลอดภัย และการรายงานสอบสวนอุบัติเหตุ	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
6	การวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย และการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น	2	บรรยาย จดบันทึก	
7	**สอบกลางภาค**	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
8	การบริหารงานความปลอดภัยในโรงงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
9	แผนป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน	2	บรรยาย จดบันทึก	ผศ. ดร. เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน
10	ระบบดับเพลิงในโรงงานและอาคาร	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์

11	การออกแบบระบบดับเพลิงแบบสายสูบ	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์
12	การออกแบบระบบดับเพลิงแบบโปรยฝอย	2	บรรยาย จดบันทึก	อ.ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2-11	การทดสอบย่อย หรือ **Quiz** ต้นชั่วโมง	2-11	**10 %**
1-6	การสอบระหว่างภาค	7	40**%**
1-12	การสอบประจำภาค	13	5**0 %**

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

1) Frank E.Bird,Jr.,George L.Germain.(1987). **Managemant Guide to Loss Control.Georgia** : Institute Publishing Division of International Loss Control Institute.
2) Schneid, Thomas D.Modern(2000). **safety and resource control management** . New York : A Wiley-Interscience publication.
3) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2545). เอกสารการสอนชุดวิชา **การบริหารงานความปลอดภัย หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15**. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่10.กรุงเทพ: สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
4) ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล. **ความปลอดภัยในการทำงานสำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน เล่ม1.** สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน: พิมพ์ครั้งที่1.
5) วิทยา อยู่สุข. (2549). **อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.** ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย.คณะสาธารณสุขศาสตร์ . มหาวิทยาลัยมหิดล : พิมพ์ครั้งที่3.
6) เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน (2557). **เอกสารประมวลสาระรายวิชา รายวิชา 618 101 อาชีวอนามัยและความปลอดภัยพื้นฐาน (Basic Occupational Health and Safety)**. สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ISBN: 978-974-533-682-7
7) PowerPoint เอกสารประกอบการเรียนการสอน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2542). เอกสารการสอนชุดวิชา **การฝึกปฏิบัติงานอาชีวอนามัย ความปลอดภัย และเออร์กอนอมิคส์ หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.**สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่4.กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
2) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.(2545). เอกสารการสอนชุดวิชา **หลักความปลอดภัยในการทำงาน หน่วยที่ 1-8 และหน่วยที่ 9-15.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช . พิมพ์ครั้งที่10.กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

1) Simon and Grimaldi.(1972). **Safety Managemen**t. Richard D. Irwin,Inc.
2) Hale, Andrew R., Baram, Michael S.(1998). **Safety management : the challenge of change.** Kidlington, Oxford, UK : Pergamon.
3) Della-Giustina, Daniel(1996). **Safety and environmental management**. New York : Van Nostrand Reinhold.
4) Jeremy Stranks. Occupational Health and Hygiene, London,Pitman Publishing,1995
5) **คู่มือการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง** สำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เข้าถึงข้อมูลได้ที่ http://php.diw.go.th/safety/?page_id=659

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินการสอนผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3050 กลศาสตร์ของแข็งเชิงคำนวณ (Computational Solid Mechanics)
2. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต 2 (1-3-5)
3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา **3.1 หลักสูตร** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564) **3.2 ประเภทของรายวิชา** วิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อ.ดร. วัชรพงษ์ ปะตังทะโล
5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 3 ชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) ENG25 3050 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน ไม่มี
8. สถานที่เรียน ห้อง Labcom 1-4 อาคารเรียนรวม 1
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด ภาคเรียนที่ 1 / 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ภายหลังการเรียนการสอน นักศึกษาเข้าใจชนิดและพฤติกรรมของเอลิเมนต์แต่ละประเภท รวมถึงข้อจำกัด สามารถเลือกใช้เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับรูปแบบของปัญหา สามารถจำลองและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล และสามารถประเมินความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ปัญหา

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.9 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัย

2.10 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การประยุกต์ใช้ซอฟท์แวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์เชิงพาณิชย์วิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล ที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของแข็ง การถ่ายเทความร้อน และการสั่นสะเทือน ของเอลิเมนต์หนึ่งมิติ; ท่อนและโครงหมุน คานและโครงสร้าง เอลิเมนต์สองมิติ; ปัญหาความเค้นระนาบ ความเครียดระนาบ และการสมมาตรรอบแกน แผ่นบางและเปลือก รวมถึงเอลิเมนต์สามมิติ ชิ้นงานเดี่ยว และชิ้นงานประกอบ การวิเคราะห์ความเสียหายและความล้า การวิเคราะห์โครงสร้างและผลตอบสนองทางพลวัต การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำและการพา การหาค่าเหมาะสม และโครงงานวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้อง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
12	-	36	60

5. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

จัดให้นักศึกษาพบเพื่อขอคำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.13 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความซื่อสัตย์
- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- ความรับผิดชอบทั้งต่อตนเองและสังคม
- การมีจิตสำนึกในการนำความรู้ด้านการออกแบบชิ้นงานวิศวกรรมบนซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการประกอบวิชาชีพอย่างมีคุณธรรมและจริยธรรม

1.14 วิธีการสอน

- การลงชื่อเข้าเรียนของนักศึกษา
- ปลูกฝังเรื่องการตรงต่อเวลา การแต่งการเรียบร้อย
- กำหนดข้อปฏิบัติในห้องเรียน
- ปลูกฝังหลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่ถูกต้องและมีคุณธรรมผ่านการบรรยาย การทำแบบฝึกหัดและการบ้าน
- มอบหมายการบ้าน และมอบงานทบทวนบทเรียนและค้นคว้าเพิ่มเติมจากห้องสมุด

1.15 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการเข้าห้องเรียน การเข้าห้องเรียนตรงเวลา และการแต่งกายเรียบร้อย
- ประเมินจากพฤติกรรมในห้องเรียน ตั้งใจเรียน และไม่รบกวนนักศึกษาคนอื่น
- ประเมินจากการส่งการบ้านและแบบฝึกหัดในชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.2 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาวิศวกรรมเครื่องกล
- การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกล
- การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพและการจำลองปัญหาประยุกต์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
- การกำหนดค่าที่ขอบและค่าเริ่มต้น
- การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำลอง

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายภาคทฤษฎี พร้อมถาม-ตอบในห้องเรียน 1 ชั่วโมง/สัปดาห์
- ฝึกทำตัวอย่างและแบบฝึกหัด พร้อมถาม-ตอบในห้องเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์
- ให้การบ้านและศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบหลังเรียน 1 ครั้ง/สัปดาห์
- ประเมินจากการทำการบ้านและแบบฝึกหัดในห้องเรียน
- ประเมินจากการประจำภาคการศึกษา

3. ทักษะทางปัญญา

5.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- คิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบร่วมกับการใช้องค์ความรู้พื้นฐาน องค์ความรู้ทางวิชาชีพ และองค์ความรู้ด้านอื่นๆ อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ
- มีความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
- มีความสนใจใฝ่รู้ ค้นหาความรู้เพิ่มเติมในองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิธีการสอน

- ให้ทำแบบทดสอบย่อยหลังการสอนบรรยาย 1 ครั้ง/สัปดาห์
- มอบหมายการบ้าน และมอบงานทบทวนบทเรียนและค้นคว้าเพิ่มเติมจากห้องสมุด
- เรียนในภาคทฤษฎีแบบฟังการบรรยาย ยกตัวอย่างเพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา
- เรียนในภาคปฏิบัติ เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาด้วยการทำแบบฝึกหัด
- มอบหมายให้ทำโครงงานเพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

3.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำแบบทดสอบย่อย การทดสอบหลังเรียน 1 ครั้ง/สัปดาห์
- ประเมินจากการทำการบ้านและแบบฝึกหัดในชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย
- ประเมินจากคะแนนสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษา
- ประเมินจากรายงานโครงงาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- การสอนบรรยาย พร้อมถาม-ตอบ และร่วมกันอภิปรายตัวอย่างในชั้นเรียน
- การสอนปฏิบัติการ พร้อมถาม-ตอบ และร่วมกันอภิปรายแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
- มอบหมายให้ทำโครงงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายตัวอย่างและแบบฝึกหัด การถกปัญหาและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน
- ประเมินจากจากการร่วมกันทำโครงงานในชั้นเรียน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถใช้อินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มีในการหาข้อมูลที่ต้องการเพื่อทบทวนบทเรียนได้

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานทบทวนบทเรียนให้มีการค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ และให้การบ้านไปวิเคราะห์แก้ปัญหา
- มอบหมายให้ทำโครงงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการบ้านที่มอบหมายว่า นักศึกษาสามารถค้นคว้าหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ฐานข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อนำไปประกอบการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา
- ประเมินจากจากการร่วมกันทำโครงงานในชั้นเรียน
- ประเมินจากรายงานโครงงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
1	- ความรู้เบื้องต้น การใช้โปรแกรม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ - การวิเคราะห์วัสดุท่อน (Rod element)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
2	- การวิเคราะห์คานและโครงสร้าง (Beam element and Structure)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
3	- การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นใน 2 มิติ และการวิเคราะห์แผ่นบาง (2D Shell)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร.วัชรพงษ์
4	- การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นใน 3 มิติ (3D element)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
5	- การวิเคราะห์พลศาสตร์โครงสร้าง (Structure dynamics)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์

6	- การวิเคราะห์ปัญหาทางความร้อน (Thermal analysis)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
7	- การวิเคราะห์การไหล #1 (Flow analysis #1)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
8	- การวิเคราะห์การไหล #1 (Flow analysis #2)	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
9	- Special topic about CAE	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ. ดร. วัชรพงษ์
10	- Special topic about CAE	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys - ทดสอบย่อยท้ายคาบ	อ.ดร. วัชรพงษ์
11	- Special topic about CAE	4	- เรียนทฤษฎี 1ชั่วโมง สอนโดยตำรา และใช้โปรแกรม PowerPoint - เรียนปฏิบัติ 3 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม Ansys	อ.ดร. วัชรพงษ์

			- ทดสอบย่อยท้ายคาบ	
12	- Group project	4	- ให้นักศึกษาทำโครงงานร่วมกันในชั้นเรียน - อภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการออกแบบและการวิเคราะห์ร่วมกัน	อ.ดร. วัชรพงษ์
13	สอบประจำภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลนักศึกษา	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1, 2.1, 3.1, 5.1	- การบ้าน แบบฝึกหัด	ทุกสัปดาห์	10%
1, 2.1, 3.1, 5.1	- การสอบย่อยท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	60%
1, 2.1, 3.1, 5.1	- การทำโครงงาน และรายงานโครงงาน	13	30%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ อ้างอิงที่สำคัญ

[1] PAUL M. KUROWSKI (2018), ENGINEERING ANALYSIS WITH SOLIDWORKS SIMULATION 2018, SDC Publications, Mission, KS.

[2] HUEI-HUANG LEE (2017), FINITE ELEMENT SIMULATIONS WITH ANSYS WORKBENCH 17, SDC Publications, Mission, KS.

[3] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และคณะ (2560), การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโซลิดเวิรกส์ (FINITE ELEMENT ANALYSIS WITH SOLIDWORKS), แคด-ไอที คอนวัลแท้นส์, กรุงเทพฯ

[4] ปราโมทย์ เดชะอำไพ และคณะ (2560), การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโต๊ะช่างแอนซีส (FINITE ELEMENT ANALYSIS WITH ANSYS WORKBENCH), แคด-ไอที คอนวัลแท้นส์, กรุงเทพฯ

[5] และเอกสารประกอบการเรียนที่จัดเตรียมให้

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของมหาวิทยาลัยในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ และประเมินจากผลการเรียนประจำรายวิชาเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียน ว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้าใจเนื้อหารายวิชามากน้อยเพียงใด

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

อาจารย์ผู้สอนถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อย การบ้าน การสอบกลางภาคและประจำภาคการศึกษาว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

3. การปรับปรุงการสอน

ผู้สอนรายวิชานำข้อมูลการประเมินการสอนในข้อ 1 และ2 รวมทั้งข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอน หรือปรับปรุงสื่อเพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินผลการทดสอบย่อย การบ้าน และการสอบกลางภาคเรียน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาที่สอน ขอบเขตของข้อสอบที่ต้องครอบคลุมเนื้อหาที่สอนในทุกสัปดาห์ และความถูกต้องและชัดเจนของข้อสอบ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลร่วมกันพิจารณาระดับคะแนนที่ใช้ในการตัดเกรดและอภิปรายผมสัมฤทธิ์ของรายวิชา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนอย่างต่อเนื่อง และวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5)

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา
ENG25 3100 พื้นฐานพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
(Fundamental of Computational Fluid Dynamics)

2. จำนวนหน่วยกิต
2(1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา
กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4.อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
คณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

5.ภาคการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
ภาคการศึกษาที่ 3 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3

6.รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)
ENG25 2080 กลศาสตร์ของไหล 1, ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน, และ ENG25 3040 พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

7.รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)
-

8. สถานที่เรียน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ผู้เรียนสามารถเข้าใจแนวคิดพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จำลองและวิเคราะห์ปัญหาของการไหลอย่างง่ายด้วยกรรมวิธีปริมาตรจำกัด ประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สำหรับจำลองและวิเคราะห์ปัญหาการไหลพื้นฐาน ได้แก่ การไหลภายใน การไหลภายนอก การไหลและการถ่ายเทความร้อน และสามารถวิเคราะห์ความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลคำนวณได้

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เป็นรายวิชาเปิดใหม่ในหลักสูตร

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

แนวคิดของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สมการควบคุมของพลศาสตร์ของไหล สมการการ นำพาของการไหล วิธีปริมาตรจำกัด การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับการไหล แบบราบเรียบและปั่นป่วนของปัญหาการไหลภายใน การไหลภายนอกผ่านสิ่งกีดขวาง และปัญหาการไหลร่วมกับการถ่ายโอนความร้อน การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของผลคำนวณเชิงตัวเลข

2.จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
12	**-**	**36**	**60**

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

การพัฒนาผลการเรียนรู้ในมาตรฐานผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวัง ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตร โดยมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้าน ให้แสดงข้อมูลต่อไปนี้

1 สรุปสั้นๆ เกี่ยวกับความรู้ หรือทักษะที่รายวิชามุ่งหวังที่จะพัฒนานักศึกษา

2 คำอธิบายเกี่ยวกับวิธีการสอนที่จะใช้ในรายวิชาเพื่อพัฒนาความรู้ หรือทักษะในข้อ 1

3 วิธีการที่จะใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในรายวิชานี้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละด้านที่เกี่ยวข้อง

1.คุณธรรม จริยธรรม
1.1คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ
1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้ สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา
1.3 วิธีการประเมินผล ประเมินจากความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง
2.ความรู้
2.1 ความรู้ที่จะได้รับ เข้าใจแนวคิดพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมคำนวณปัญหาการไหลอย่างง่ายด้วยกรรมวิธีปริมาตรจำกัด และสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจำลองปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล
2.2 วิธีการสอน บรรยาย พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน
2.3 วิธีการประเมินผล ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ตามวิธีการมาตรฐาน และคะแนนจากงานที่ได้รับมอบหมาย
3.ทักษะทางปัญญา
3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา การนำความรู้และทักษะการใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหลสำเร็จรูปไปประยุกต์ใช้กับงานจริง
3.2 วิธีการสอน บรรยาย พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน
3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ ตามวิธีการมาตรฐาน
4.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ
4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องการพัฒนา เปิดให้มีการซักถามและให้ในห้องเรียนมีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด
4.2 วิธีการสอน สอนในห้องเรียนปกติ พาทำแบบฝึกหัด และให้การบ้าน

4.3 วิธีการประเมิน ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็น และความรับผิดชอบจากงานที่ได้รับมอบหมาย
5.ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 5.1ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา ใช้อินเตอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลเพื่อทำโครงงาน/งานที่ได้รับมอบหมาย
5.2วิธีการสอน ใช้สื่อการสอนคอมพิวเตอร์ พาเขียนคำสั่งคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ และพาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการไหลทางวิศวกรรม
5.3วิธีการประเมิน ตรวจการบ้านและงานที่มอบหมาย
6.ทักษะพิสัย 6. 1ทักษะพิสัย ทักษะในการใช้โปรแกรมจำลองการไหลสำเร็จรูปได้อย่างถูกต้อง
6.2 วิธีการสอน พาทำแบบฝึกหัด
6.3 วิธีการประเมิน ตรวจการบ้านและงานที่มอบหมาย

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน				
สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวน* (ชั่วโมง)**	**กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้**	**ผู้สอน**
1	**ทบทวนสมการควบคุมของพลศาสตร์ของไหล** - สมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัม สมการอนุรักษ์พลังงาน - สมการนาเวียร์-สโตกส์ และสมการการนำพาการไหล	4	เขียนบรรยาย /Power point	อาจารย์-เครื่องกล
2	วิธีการไฟไนต์วอลุม (Finite Volume) ใน 1มิติ #1 - ปัญหาการแพร่กระจายความร้อน	4	เขียนบรรยายและพาทำแบบฝึกหัด /Power point	อาจารย์-เครื่องกล
3	วิธีการไฟไนต์วอลุม (Finite Volume) ใน 1มิติ #2- ปัญหาการแพร่และการพากระจายความร้อน	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
4	**วิธีการไฟไนต์วอลุม (Finite Volume) ใน 1มิติ #3** วิธีการอัปวินด์ -	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
5	**การใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหล (CFD) 2 มิติ#1** -การวิเคราะห์ปัญหาการไหลภายใน 2 มิติแบบคงตัว	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
6	**การใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหล (CFD) 2 มิติ#2** -การวิเคราะห์ปัญหาการไหลภายนอก 2 มิติแบบคงตัว และขึ้นต่อเวลา	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
7	ไม่มี	-	-	-
8	**การใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหล (CFD) 3 มิติ#1** -การวิเคราะห์ปัญหาการไหลภายนอก 3 มิติแบบคงตัว	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
9	**การใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหล (CFD) 3 มิติ#2** -การวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายเทความร้อนใน 3 มิติแบบคงตัวและไม่คงตัว	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
10	**การใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหล (CFD) 3 มิติ#3** -การวิเคราะห์ปัญหาการไหลร่วมกับการถ่ายเทความร้อนใน 3 มิติแบบคงตัว	4	บรรยายและพาทำแบบฝึกหัด/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล
11	**โครงงาน: ใช้ CFD วิเคราะห์ปัญหาการไหล/ความร้อนที่สนใจ** - ทำงานกลุ่ม	4	ทำงานกลุ่ม	อาจารย์-เครื่องกล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
12	**<u>นำเสนอโครงงาน</u>** -แต่ละกลุ่มนำเสนอโครงงาน	4	นำเสนอโครงงาน/ Power point	อาจารย์-เครื่องกล

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	การบ้าน	ทุกสัปดาห์	10
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	ทดสอบย่อยในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	30
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	การนำเสนอโครงงานกลุ่ม	สัปดาห์ที่ 12	30
เนื้อหาในสัปดาห์ที่ 2 ถึง 10	การสอบ	สัปดาห์ที่ 7 และ 13	30

** ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)*

*** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ*

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

An Introduction to Computational Fluid Dynamics: THE FINITE VOLUME METHOD, H K Versteeg and W Malalasekera

2.เอกสารและข้อมูลสำคัญ

เอกสารประกอบการสอนเพิ่มเติม ที่ผู้สอนจัดเตรียมให้

3.เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เอกสารประกอบการสอนเพิ่มเติมอื่นๆ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1.กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินการสอน ที่จัดทำในระดับมหาวิทยาลัย

2.กลยุทธ์การประเมินการสอน

ผลการเรียนนักศึกษา และผลการประเมินโดยนักศึกษา

3.การปรับปรุงการสอน

การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมกลุ่มผู้สอนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4.การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5.การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2040 Engineering Statistics

สถิติสำหรับวิศวกร

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

2 หน่วยกิต 2(1-3-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรใหม่ พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ ดร.อัฏฐพล อริยฤทธิ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

6 สิงหาคม 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

4. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

สามารถนำเสนอข้อมูลทางสถิติ

สามารถวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีทางสถิติ

สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ

5. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

5.1 ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และเข้าใจหลักการการนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5.2 ผู้เรียนจะได้เรียนรู้และเข้าใจการแจกแจงความน่าจะเป็นการทดสอบความเชื่อมั่นการทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ความแปรปรวนและสมการถดถอย

5.3 ผู้เรียนจะสามารถทำตามฝึกปฏิบัติการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบช่วง เช่น การแจกแจงแบบไบโนเมียล แบบปัวซอง และการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่องเช่น การแจกแจงแบบปกติ แบบเอซ์โปเนนเชียล ทฤษฎีการชัตตัวอย่างช่วงความเชื่อมั่น การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การฟิตข้อมูลและสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคาะห์ทมางสถิติ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย/ปฏิบัติการ	POL	PBL	การศึกษาด้วยตนเอง
12 / 36	-	-	72

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์ประจำวิชา จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.21 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- พัฒนาผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- ปลูกฝังความมีวินัย ใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบและความมีน้ำใจ

1.22 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชามีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีทักษะสื่อสาร มีความตรงต่อเวลาและรับผิดชอบต่อการนัดหมาย
- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.23 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ ส่งงานตรงตามกำหนด ความสนใจในการเรียน การใฝ่รู้และการทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่จะได้รับ

1) สามารถนำเสนอข้อมูลทางสถิติ
2) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีทางสถิติ
3) สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญของเนื้อหาในรายวิชา
- การใช้สื่อการสอนเพิ่มเติมเช่น วีดีทัศน์ เพื่อให้นักศึกษาได้เห็นภาพการทำงานจริงของแต่ละระบบ
- ส่งเสริมให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การสอบกลางภาคและประจำภาค
- การทำการบ้านและสอบย่อย

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในวิชาไปปรับใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับปัญหาทางวิศวกรรมได้
- สามารถแสวงหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ฝึกทักษะ รวมทั้งพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

3.2 วิธีการสอน

- สอดแทรกแบบฝึกหัดในชั้นเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินความรู้ คิดวิเคราะห์ จากกรณีศึกษา

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- สามารถทำงานเป็นทีมในบทบาทผู้นำและสมาชิกในทีมในบริบทหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน
- มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม และรับผิดชอบในการพัฒนาวิชาชีพ องค์กรและสังคม

4.2 วิธีการสอน

- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการผ่านการเล่าเรื่องต่างๆ

-เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการพูดคุยกับนักศึกษาให้เห็นความจำเป็นของทักษะด้านต่างๆ

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม

13. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้รับมา โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการพิจารณา

5.2 วิธีการสอน

- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย และการนำเสนอ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	แนะนำรายวิชา Data Presentation	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
2	Data Presentation	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
3	Data Presentation	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
4	Random Variable	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
5	Probability Distribution	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
6	Hypothesis Testing: 1-Sample	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
7	Midterm			
8	Hypothesis Testing: 2-Sample	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
9	ANOVA	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
10	ANOVA	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
11	Design of Experiment	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล
12	Linear Regression	4	บรรยายประกอบสื่อนำเสนอ	อ. ดร.อัฏฐพล

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1,2	การทดสอบย่อยและการบ้าน	1-12	15 %
1,2,3,5	การสอบกลางภาค	1-6	35 %
1,4	การเข้าเรียน	1-12	10 %
1,2,3,5	การสอบประจำภาค	8-12	40 %

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- Steven C. Chapra, Numerical Methods for Engineers, McGraw-Hill (6rd Edition)

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการสอบของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- การวิจัยในชั้นเรียน การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชาหรือคณาจารย์ในสาขาวิชาชีพของนักศึกษา
- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันกับภาคอุตสาหกรรมจากการนิเทศนักศึกษาฝึกงาน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- พิจารณาผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ ข้อเสนอของนักศึกษาในการประเมิน มาจัดเตรียมแผนการสอนและรายละเอียดการสอนใหม่

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 3500 เตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering Pre-Project)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 1 หน่วยกิต 1 (0-3-3)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ. ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล เป็นผู้รับผิดชอบรายวิชา
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 3/ นักศึกษาชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ENG25 2410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อผ่านรายวิชานี้นักศึกษาต้องเข้าใจการกำหนดสมมติฐานของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล สามารถระบุขอบเขตปัญหา ค้นคว้าข้อมูลที่เชื่อถือได้ และอ้างอิงแหล่งของข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา สามารถเรียบเรียงข้อเสนอโครงการทางวิศวกรรม การเขียนรายงานผลการศึกษา และสามารถใช้เครื่องมือพื้นฐานในงานวิศวกรรม

6. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.7 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัยทันต่อเทคโนโลยีและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

2.8 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.9 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การกำหนดปัญหาหรือสมมติฐาน การกำหนดขอบเขตการศึกษา การค้นคว้าและเรียบเรียงข้อมูลทางวิศวกรรมเครื่องกล การเขียนโครงร่างของโครงงาน การฝึกปฏิบัติทางเครื่องมือ การออกแบบวิธีการทดสอบหรือทดลอง และการเขียนรายงานการศึกษาทางวิศวกรรมเครื่องกล

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
12	-	-	36

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศ

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.24 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- ปลูกฝังผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ และความรับผิดชอบ
- ปลูกฝังผู้เรียนให้มีวินัย ใฝ่รู้ และความมีน้ำใจ

1.25 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอน มีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย มีความตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ และความรับผิดชอบ
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.26 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การใฝ่รู้ เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ การทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเองและส่งงานตรงตามกำหนด

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

การประยุกต์ความรู้จากศาสตร์ต่างเพื่อการทำโครงงาน สามารถบริหารการทำโครงงาน รู้จักทำงานเป็นกลุ่มและการนำเสนอผลงาน

2.2 วิธีการสอน

- บรรยาย
- ฝึกปฏิบัติจริง
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การทำโครงงาน
- การนำเสนอหน้าชั้นเรียน
- การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน
- การสอบประจำภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหาในเชิงวิศวกรรม

3.2 วิธีการสอน

- บรรยายและให้วิเคราะห์โจทย์ และฝึกให้มีกระบวนการให้คิดอย่างเป็นระบบ
- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ ตามวิธีการมาตรฐาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- เปิดให้มีการซักถามและให้ในห้องเรียนมีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม
- สอดแทรกกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็นมากขึ้น

14. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- ทักษะการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในจัดการข้อมูลที่สืบค้นได้ การทำรายงานและการนำเสนองาน
- ความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูล ทำรายงานและนำเสนอ
- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากผลสัมฤทธิ์ของโครงงานที่ได้รับมอบหมาย รายงานและการนำเสนอ

หมวดที่ 5 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ชี้แจงการทำโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน แบบฟอร์มต่าง ๆ รูปแบบรายงานข้อเสนอโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์
2	อบรมการขอเข้าใช้เครื่องมือในอาคารเครื่องมือ การอบรมความปลอดภัยในการทำงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือ
3	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
4	- อบรมการเตรียมการนำเสนอและการนำเสนอที่ดี - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
5	- อบรมการเขียนบทความข้อเสนอโครงงาน (EP08) - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
6	- ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
7	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
8	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
9	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
10	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
11	- ส่งเอกสารขอสอบหัวข้อโครงงาน - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	1	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

12	สอบหัวข้อโครงงานด้วยการนำเสนอปากเปล่า	1	นำเสนอ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและกรรมการ
13	-			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**
1,2,3,4,5	ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	0
1,4	ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	0
1,2,3	ประเมินจากการถาม-ตอบในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	0
2,3	ประเมินจากการสอบประจำภาค	12	100

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

ไม่มี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

เอกสารประกอบการสอน ที่รวบรวมโดยผู้ประสานงานรายวิชา

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน - การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน - การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย - การประเมินผลจากผลการเรียนของนักศึกษา
3. การปรับปรุงการสอน - ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชา - การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา - ทวนสอบโดยการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงงานที่นักศึกษาทำ รายงานและการนำเสนอ
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา - ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ การประเมินการสอนและข้อเสนอแนะจากของนักศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแผนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาต่อไป

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 4500 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลรวบยอด (Mechanical Engineering Capstone Project)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 3 หน่วยกิต 3 (3-0-6)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ. ดร.วัชรพงษ์ ปะตังทะโล เป็นผู้รับผิดชอบรายวิชา
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1 / 2564 นักศึกษาชั้นปีที่ 4
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) ENG25 3500 เตรียมโครงงาวิศวกรรมเครื่องกล
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน อาคารเรียนรวม 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด ภาคการศึกษาที่ 1/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อผ่านรายวิชานี้นักศึกษาต้องเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบงานทางวิศวกรรมเครื่องกล สามารถวิเคราะห์ผลการออกแบบ การเขียนแบบชิ้นงาน เครื่องจักรกล หรือระบบทางวิศวกรรมเครื่องกลตามที่ได้ออกแบบไว้ สามารถสร้างแบบหรือต้นแบบของโครงงาน และสามารถเขียนสรุปงาน ประเมินงาน และนำเสนองานด้วยวาจาทางวิศวกรรม

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาให้มีความทันสมัยทันต่อเทคโนโลยีและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

2.2 เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียน

2.3 มีการเพิ่มการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การกำหนดกรอบแนวคิด การออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างแบบหรือต้นแบบของระบบทางกล ระบบของไหล และระบบทางความร้อน การเขียนรายงาน การนำเสนอโครงงานและผลสัมฤทธิ์ ภายใต้การกำกับของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
36		-	72

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนได้ในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศ

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- ปลูกฝังผู้เรียนให้มีความตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ และความรับผิดชอบ
- ปลูกฝังผู้เรียนให้มีวินัย ใฝ่รู้ และความมีน้ำใจ

1.2 วิธีการสอน

- ชั่วโมงแรกของการเรียนการสอน มีการปลูกฝังเรื่องระเบียบวินัย การแต่งกาย มีความตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ และความรับผิดชอบ
- สอดแทรกกรณีศึกษาระหว่างการเรียนการสอนในรายวิชา

1.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การใฝ่รู้ เข้าเรียนตรงเวลา แต่งกายถูกระเบียบ การทำงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเองและส่งงานตรงตามกำหนด

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

การประยุกต์ความรู้จากศาสตร์ต่างเพื่อการทำโครงงาน สามารถบริหารการทำโครงงาน รู้จักทำงานเป็นกลุ่มและการนำเสนอผลงาน

2.2 วิธีการสอน

- บรรยาย
- ฝึกปฏิบัติจริง
- ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การทำโครงงาน
- การนำเสนอหน้าชั้นเรียน
- การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน
- การสอบประจำภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การนำความรู้ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหาในเชิงวิศวกรรม

3.2 วิธีการสอน

- บรรยายและให้วิเคราะห์โจทย์ และฝึกให้มีกระบวนการให้คิดอย่างเป็นระบบ
- สอดแทรกกรณีศึกษาในการเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ประเมินจากคะแนนสอบที่ทำได้ ตามวิธีการมาตรฐาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- เปิดให้มีการซักถามและให้ในห้องเรียนมีส่วนร่วมในการตอบและแสดงความคิด

4.2 วิธีการสอน

- มอบหมายการทำงานเป็นทีม
- สอดแทรกกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน

4.3 วิธีการประเมิน

- มีปฏิสัมพันธ์ที่สร้างสรรค์ต่อผู้อื่น
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม
- ประเมินจากการตอบสนองในห้องเรียน การกล้าพูด กล้าแสดงความเห็นมากขึ้น

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- ทักษะการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในจัดการข้อมูลที่สืบค้นได้ การทำรายงานและการนำเสนองาน
- ความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์

5.2 วิธีการสอน

- มอบหมายงานที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูล ทำรายงานและนำเสนอ
- ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิเคราะห์ การนำเสนอ การจัดเก็บข้อมูล

5.3 วิธีการประเมิน

- ประเมินจากผลสัมฤทธิ์ของโครงงานที่ได้รับมอบหมาย รายงานและการนำเสนอ

หมวดที่ 5 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ชี้แจงการทำโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน แบบฟอร์มต่าง ๆ รูปแบบรายงานโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์
2	อบรมการเบิกจ่ายเงินทำโครงงาน อบรมการของเข้าใช้เครื่องมือในอาคารเครื่องมือ	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือ
3	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
4	- อบรมการเตรียมการนำเสนอและการนำเสนอที่ดี - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
5	- อบรมการเขียนบทความสรุปโครงงาน (EP09) - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อ.ดร.วัชรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
6	- ส่งไฟล์นำเสนอความคืบหน้าโครงงานและประเมินความคืบหน้า - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
7	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
8	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
9	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

10	ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
11	- ส่งเอกสารขอสอบประเมินโครงงาน - ดำเนินงานโครงงานตามแผนกิจกรรมพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	3	บรรยาย ฝึกปฏิบัติ ถาม-ตอบ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
12	สอบประเมินผลโครงงานจัดในรูปแบบนิทรรศการ	3	นำเสนอ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและกรรมการ
13	**สอบปลายภาค**			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	**วิธีการประเมิน****	**สัปดาห์ที่ประเมิน**	**สัดส่วนของการประเมิน**
1,2,3,4,5	ประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	0
1,4	ประเมินจากพฤติกรรมในการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	0
1,2,3	ประเมินจากการถาม-ตอบในชั้นเรียน	ทุกสัปดาห์	0
2,3	ประเมินจากการสอบประจำภาค	12	100

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

ไม่มี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

เอกสารประกอบการสอน ที่รวบรวมโดยผู้ประสานงานรายวิชา

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินเนื้อหารายวิชาและผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินจากการถามและการตอบของนักศึกษาในชั้นเรียน
- การประเมินผู้สอนของนักศึกษาผ่านระบบลงทะเบียนของมหาวิทยาลัย
- การประเมินผลจากผลการเรียนของนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

- ปรับปรุงการสอนจากการหารือร่วมกันของคณาจารย์ในสาขาวิชา
- การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

- ทวนสอบโดยการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงงานที่นักศึกษาทำ รายงานและการนำเสนอ

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนของนักศึกษาในแต่ละหัวข้อ การประเมินการสอนและข้อเสนอแนะจากของนักศึกษา เพื่อนำมาปรับปรุงแผนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนารายวิชาต่อไป

6. ปฏิบัติการ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล (Fundamental Skill of Mechanical Engineering)
2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค) 1 หน่วยกิต 1 (0-3-3)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564) ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อ. ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน (มีผู้ช่วยสอนปฏิบัติการร่วม 10 คน)
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษาที่ 1/2564 นักศึกษาชั้นปีที่ 2
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี) - ไม่มี
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี) - ไม่มี
8. สถานที่เรียน ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด 30 มิถุนายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

- เพื่อแนะนำให้นักศึกษามีความเข้าใจภาพรวมของหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล และสายอาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมเครื่องกล
- เพื่อให้นักศึกษามีทักษะพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น การใช้งานเครื่องมือ และอุปกรณ์พื้นฐานในงานเครื่องกล

6. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

- เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา
- เพื่อปรับปรุงให้เนื้อหาของรายวิชาสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีทางวิศวกรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

คุณสมบัติพื้นฐานวิศวกรเครื่องกล ภาพรวมหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล แนะนำสายอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล การฝึกทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
-	-	3	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 ผู้สอนให้คำปรึกษากับนักศึกษาในชั้นเรียน

3.2 จัดให้มีชั่วโมงให้คำปรึกษานอกเวลาเรียนอย่างน้อย สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- การตรงต่อเวลา
- รับผิดชอบต่อหน้าที่ และงานที่ได้รับมอบหมาย
- เคารพสิทธิผู้อื่น เคารพกฎระเบียบที่ชอบธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.2 วิธีการสอน

- บรรยายพื้นฐานความรู้ แนวปฏิบัติ วิธีการคิด และตั้งประเด็นให้มีการถามตอบในระหว่างเรียน
- สอดแทรกการสอนด้านคุณธรรมและจริยธรรม เน้นความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม การตรงเวลา วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ ความมีน้ำใจ การเคารพและเชื่อฟังพ่อแม่ครูอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง

1.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากพัฒนาการด้านพฤติกรรม การปฏิบัติต่อผู้อื่น และการแสดงความคิดเห็น

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- นักศึกษามีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิศวกรรมเครื่องกล และสายอาชีพที่เกี่ยวข้อง
- นักศึกษามีทักษะพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่นการใช้งานเครื่องมือพื้นฐาน องค์ประกอบและกลไกของชิ้นส่วนทางกลเบื้องต้น

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เน้นตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน และสอดแทรกประเด็นคำถามให้เกิด กระบวนการคิดวิเคราะห์ ผู้สอนให้คำแนะนำเพิ่มเติม
- ฝึกทักษะการปฏิบัติด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- การตอบคำถามระหว่างเรียน
- งานที่มอบหมาย
- การสอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- สามารถสร้างความเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้เรียนในหัวข้อต่างๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาทางด้านวิศวกรรมอื่นๆ ได้
- สามารถคิดวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ทักษะทางด้านการเขียนแบบทางวิศวกรรมได้
- สามารถเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาโดยผ่านการประมวลความรู้ที่ได้จากรายวิชา

3.2 วิธีการสอน

- ใช้การสอนแบบเน้นการมีส่วนร่วม ในการเสนอความคิดเห็น ฝึกตั้งคำถาม และคิดวิเคราะห์ ในประเด็นคำถาม

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- แบบทดสอบระหว่างเรียน
- งานที่มอบหมาย
- การสอบปลายภาค

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความความรับผิดชอบในการทำปฏิบัติการ
- กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูก เช่น กล้าถามปัญหา และร่วมแสดงความคิดเห็น ทั้งในและนอกชั้นเรียน
- สามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการเล่าเรื่องต่างๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องปฏิบัติการและหลังจากนั้น
- พยายามยกตัวอย่างเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อปฏิบัติการที่ท้าทาย น่าวิจารณ์ เพื่อให้คิดและแสดงออก

4.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการด้านการแสดงออกในและนอกชั้นเรียน
- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

6. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- สามารถแสดงการคำนวณและวิเคราะห์ปัญหาพื้นฐานในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลได้อย่างเป็นระบบ
- การสืบค้นข้อมูลในห้องสมุด และด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ และช่องทางออนไลน์ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการคิดวิเคราะห์ในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลได้
- การสื่อสารด้วยการอภิปราย และเขียนรายงานได้กระชับ และครอบคลุม

5.2 วิธีการสอน

- ผู้สอนเป็นตัวอย่างด้วยการนำเสนอเนื้อหาอย่างชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากวารสาร ตำรา และอินเทอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการในคำนวณ วิเคราะห์และสรุปผลหลังทำปฏิบัติการ
- การอ้างอิงแหล่งที่มาของความรู้ในรายงาน และในการสื่อสารระหว่างเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

ปฏิบัติการที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Basics measurement tool	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
2	Basic hand tools	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
3	Folding cut	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
4	Spot welding	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
5	Car suspension lift operation	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
6	Car Services	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

7	Assemble a single cylinder or multicylinder engine	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
8	Reassemble a single cylinder or multicylinder engine	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
9	Basics Aircraft	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
10	Basics Joining tool and Safety wire	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
ปฏิบัติการที่ 1 - 10	ทำแบบทดสอบก่อนทำปฏิบัติการ	ทุกสัปดาห์	1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	ทำแบบทดสอบหลังปฏิบัติการ		1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	นำเสนอสรุป		1% ในแต่ละปฏิบัติการ
	รูปเล่มรายงาน		6% ในแต่ละปฏิบัติการ
		รวมปฏิบัติการที่ 1 - 10	70 %
		สอบประจำภาค	30 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)

** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เอกสารประกอบการเรียนในแต่ละปฏิบัติการ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

-

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia เพื่อค้นคำอธิบายศัพท์ หรือ YouTube เพื่อค้นหาวิดีโอที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- แบบประเมินเนื้อหารายวิชาและประเมินผู้สอนโดยนักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็ปบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยสาขาวิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบและคะแนนรายงานของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังทราบผลประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และมาตรการเสริม

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาจากมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตรร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยาเขต/ คณะ/ ภาควิชา

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 2400 Manufacturing Processes laboratory for Mechanical Engineers

ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิตสำหรับวิศวกรเครื่องกล

2. จำนวนหน่วยกิต

1 หน่วยกิต (0-3-3)

3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา

3.1 หลักสูตร

วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

3.2 ประเภทของรายวิชา

วิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

อ.ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง

5. ภาคการศึกษา ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite)

วิชาบังคับก่อน : ENG33 6001 กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้นหรือเรียนควบคู่

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน

ENG33 6001 กรรมวิธีการผลิตเบื้องต้นหรือเรียนควบคู่

8. สถานที่เรียน

ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลพื้นฐาน, อาคารเครื่องมือ 6

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ครั้งล่าสุด

30 มิถุนายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลพื้นฐานทางวิศวกรรม มีทักษะในกระบวนการกลึง การเชื่อม การหล่อ และการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน โดยสามารถประยุกต์ใช้สร้างชิ้นงานเพื่อให้เกิดประโยชน์ได้

1.2 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการวางแผน กำหนดขั้นตอนการสร้างผลิตภัณฑ์ เลือกใช้งานเครื่องมือและเครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตชิ้นงานอย่างเหมาะสม และสามารถวัดละเอียดชิ้นงานด้วยเครื่องวัด 3 มิติ (CMM)

1.3 เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงการเรียนรู้ด้วยตัวเองและสามารถจัดการเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

2.1 เพื่อทบทวนและปรับปรุงสาระการเรียนรู้ให้ทันสมัยและเหมาะสมกับผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร

2.2 เพื่อพัฒนาปรับปรุงรายวิชาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือกลพื้นฐาน การบำรุงรักษา การคำนวณความเร็วตัด อัตราป้อน ในการใช้งานเครื่องมือกล และเรียนรู้กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานด้วยการกลึง การกัด การเชื่อม การเจาะ ตลอดจนงานทำเกลียว สามารถประยุกต์ใช้งานเครื่องมือกลในการขึ้นรูปโลหะตามแบบสั่งงาน และการตรวจสอบวัดละเอียดชิ้นงานด้วยเครื่องวัดขนาดชิ้นงาน 3 มิติ (CMM) ได้

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
-	-	3	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 นักศึกษาสามารถสอบถามอาจารย์ผู้สอนในช่วงเวลาการเรียนการสอน และผ่านระบบสารสนเทศ

3.2 อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.16 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- ความซื่อสัตย์
- การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- ความมีวินัยและตรงต่อเวลา
- มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ
- ความตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม

1.17 วิธีการสอน

- กำหนดข้อปฏิบัติในการเข้าห้องเรียน
- บรรยายความรู้พื้นฐานสอดแทรกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานอธิบายวิธีและกระบวนการปฏิบัติกับเครื่องมือจริง
- สอดแทรกการสอนด้านคุณธรรมและจริยธรรม ระเบียบวินัย การแต่งกาย บุคลิกภาพ รู้กาลเทศะ มีความตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบ การเคารพสิทธิผู้อื่น

1.18 วิธีการประเมินผล

- สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน การเคารพสิทธิของผู้อื่นระหว่างการทำปฏิบัติการร่วมกัน

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- ความรู้ทางทฤษฎี และปฏิบัติกับเครื่องมือกลพื้นฐาน ที่ใช้ในรายวิชา
- มีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการบำรุงรักษาเครื่องมือกล
- ความรู้การวางแผนก่อนการปฏิบัติงาน การกำหนดขึ้นตอนการผลิตโดยใช้เครื่องมือกลขั้นพื้นฐาน
- บูรณาการความรู้ ทักษะ ในการสร้างชิ้นงานตามแบบ และการตรวจวัดละละเอียดชิ้นงาน

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายทฤษฎีและหลักการสำคัญที่เกี่ยวข้อง
- ฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องจักรกล และเครื่องมือพื้นฐาน
- มอบหมายรายงานหลังการปฏิบัติการทุกสัปดาห์
- สร้างชิ้นงานตามแบบที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้นักศึกษา เกิดทักษะในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

- รายงานหลังการทำปฏิบัติการ และปฏิบัติการในคาบเรียน
- การสอบกลางภาค
- ชิ้นงานที่มอบหมาย และรายงานสรุปผลการปฏิบัติงาน

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- สามารถใช้องค์ความรู้จากการทำปฏิบัติการ เพื่อประยุกต์ใช้กับงานทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้

- สามารถคิดวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ทักษะเพื่อการผลิตและตรวจสอบชิ้นงานได้
- สามารถเสนอแนะวิธีแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิต โดยใช้เครื่องมือกลพื้นฐานได้

3.2 วิธีการสอน

- ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ และทรอดแทรกกรณีศึกษาในคาบเรียน
- อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดในคาบเรียน
- มอบหมายชิ้นงานให้นักศึกษาปฏิบัติและส่งงานหลังเรียน

3.3 วิธีการประเมินผล

- คะแนนจากการปฏิบัติงานในคาบเรียน
- ประเมินจากการเขียนรายงาน
- คะแนนจากการสอบกลางภาค
- ประเมินจากชิ้นงานที่ได้มอบหมาย และรายงานสรุปผลจากการทำชิ้นงาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- ประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อใช้ในการสื่อสารทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การรับผิดชอบในงานของตนเองที่ได้รับมอบหมาย
- การรู้จักการจัดสรรเวลาในการทำงาน ศึกษาด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง
- รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
- ตระหนักถึงเรื่องความถูกต้อง เหมาะสมและปลอดภัยในการทำงาน

4.2 วิธีการสอน

- การมอบหมายงานที่ต้องรับผิดชอบเป็นรายกลุ่ม
- การฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดทักษะการทำงานเป็นทีม เพื่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตด้วยเครื่องมือกล
- การยกตัวอย่างปัญหา และสอดแทรกแง่คิดที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

4.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ศึกษาเนื้อหารายวิชาเพิ่มเติมได้อย่างต่อเนื่องจาก SUT e-learning
- สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูลที่มี ในการเก็บรวบรวม สืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่จะนำมาประกอบในการแก้ไขปัญหาในกรบวนการผลิตด้วยเครื่องมือกลได้
- ทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยสัญลักษณ์ของงานในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือกล

5.2 วิธีการสอน

- ให้นักศึกษาปฏิบัติสร้างชิ้นงานจริงตามแบบที่ได้รับมอบหมาย สรุปผล นำเสนอและรายงานผลการปฏิบัติงาน เพื่อให้นักศึกษาฝึกการทักษะการสื่อสาร และการเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างเหมาะสม

5.3 วิธีการประเมินผล

- ประเมินจากการสร้างชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย ความถูกต้องของชิ้นงานเมื่อเทียบกับแบบ การเขียนรายงานผลหลังการทำปฏิบัติการ และการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	เครื่องมือขนาดเล็ก - ชนิดของเครื่องมือขนาดเล็กและ เครื่องมือตรวจวัดขนาดชิ้นงาน - ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องมือขนาดเล็ก - วิธีการใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องมือขนาดเล็ก	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
2	เครื่องกลึง - แนะนำเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องกลึง - หน้าที่และส่วนประกอบสำคัญของเครื่องกลึง - ชนิดของมีดกลึงและการเลือกใช้งาน - การคำนวณความเร็วป้อน (Feed rate) ความเร็วตัด (Cutting speed) - ลักษณะงานกลึง - อุปกรณ์จับงานกลึง	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย

	- การบำรุงรักษาเครื่องกลึง			
3	เครื่องเจาะและงานทำเกลียว - แนะนำความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องเจาะ - ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของเครื่องเจาะ - ดอกเจาะ และการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชิ้นงานเจาะ - การคำนวณความเร็วตัด - ประเภทของงานทำเกลียว และกระบวนการทำเกลียว - การบำรุงรักษาเครื่องเจาะและอุปกรณ์ประกอบงานเจาะ	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
4	เครื่องกัด (Milling Machine) - แนะนำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องกัด - ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของเครื่องกัด - ประเภทของดอกกัด (Cutting Tool) และการเลือกใช้งานให้เหมาะสม - ลักษณะของงานกัด การคำนวณความเร็วการกัด (Cutting speed) - การบำรุงรักษาเครื่องกัด	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	
5	เครื่องเชื่อม (Welding Machine) - แนะนำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องเชื่อม - ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องเชื่อม - ประเภทของงานเชื่อม และการปรับตั้งค่า กระแสไฟเชื่อมให้เหมาะสมกับงาน - การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อม	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย

6	เครื่องวัดชิ้นงาน 3 มิติ (CMM) - ความปลอดภัยในการใช้งานเครื่อง CMM - ประเภทของเครื่อง CMM - ส่วนประกอบที่สำคัญและหลักการทำงานของเครื่อง CMM - การสอบเทียบก่อนการวัดและการเลือกใช้หัววัดให้เหมาะสมกับชิ้นงานวัด - การรายงานผลการวัด - การบำรุงรักษาเครื่อง CMM	3	- เรียนทฤษฎี ด้วยตนเองในระบบ SUT e-learning - ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
7	สอบกลางภาค			
8	ปฏิบัติการประยุกต์ กลึงขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	3	- ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
9	ปฏิบัติการประยุกต์ การเจาะและทำเกลียว ชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	3	- ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
10	ปฏิบัติการประยุกต์ การกัดขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	3	- ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
11	ปฏิบัติการประยุกต์ การเชื่อมขึ้นรูปชิ้นงานโลหะตามแบบสั่งงาน และใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	3	- ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย

12	ปฏิบัติการประยุกต์ งานประกอบ Assembly และการตรวจวัดละเอียดชิ้นงาน ตามแบบสั่งงาน นำเสนอผลการทำชิ้นงานตามแบบสั่งงาน	3	- ฝึกปฏิบัติการกับเครื่องมือกลพื้นฐาน	อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและคณะผู้สอนช่วย
13	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมินผลนักศึกษา	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1.1, 2.1, 3.1	- เข้าเรียน	ทุกสัปดาห์	5%
1.1, 2.1, 3.1	- รายงานหลังทำปฏิบัติการ	ตลอดภาคการศึกษา	15%
1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1	- การสอบกลางภาค	7	30%
1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1	- สร้างชิ้นงานตามแบบสั่งงาน + นำเสนอผล	13	50%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ และเอกสารประกอบการสอนหลัก 1. เอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการ
2. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญ
3. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่แนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินการสอนของศูนย์บริการการศึกษาในด้านปริมาณเนื้อหา ประสิทธิภาพการสอน คุณภาพของความรู้ และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่น ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ
2. กลยุทธ์การประเมินการสอน อาจารย์ทุกท่านต้องถูกประเมินการสอนโดยนักศึกษาผ่านระบบประเมินของมหาวิทยาลัย และนอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อยว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด
3. การปรับปรุงการสอน '- คณาจารย์เข้ารับการฝึกอบรมเกี่ยวกับด้านการเรียนการสอนและการประเมินผลที่คณะฯหรือมหาวิทยาลัยจัดให้ - ปรับปรุงเนื้อหาและสื่อการเรียนการสอนให้ทันต่อยุคสมัยโดยใช้วารสารที่ทันสมัยในทุกหัวข้ออย่างสม่ำเสมอ
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา ทวนสอบจากคะแนนข้อสอบ และงานที่มอบหมาย
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา สาขาวิชามีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชาโดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา และรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ. 5) อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอน และกลยุทธ์การสอนที่ใช้ มีการประชุมกลุ่มผู้สอนในขั้นตอนก่อนการสอนในแต่ละภาคการศึกษาเพื่อเตรียมงานและตกลงในกติกาว่าด้วยการเรียนการสอนให้อาจารย์ทุกท่านแจ้งให้นักศึกษาเข้าใจตรงกัน และประชุมหลังการสอนเพื่อบันทึกปัญหาและอุปสรรคต่อการเรียนการสอน เพื่อวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป

อรายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3400 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 (Mechanical Engineering Laboratory I)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

1 หน่วยกิต 1(0-3-3)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน (มีผู้ช่วยสอนปฏิบัติการร่วม 10 คน)

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / นักศึกษาชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2010 ทักษะพื้นฐานวิศวกรรมเครื่องกล, ENG25 2020 เทอร์โมไดนามิกส์ 1,
ENG25 2080 กลศาสตร์ของไหล 1, ENG25 2120 การถ่ายเทความร้อน และ
ENG30 2002 กลศาสตร์วัสดุ 1

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

30 มิถุนายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีทักษะปฏิบัติเกี่ยวกับปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลพื้นฐาน การทดสอบทางด้านกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง และเขียนรายงานทางวิศวกรรมได้

7. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

การเปลี่ยนแปลงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมในปัจจุบัน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

การทดลองที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์พื้นฐานและการประยุกต์ทางด้านวิศกรรมเครื่องกล เช่นกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์ ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหลการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง การเขียนสรุปรายงานผลการทดลอง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
-	-	3	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- ตรงต่อเวลา (เข้าห้องเรียน ส่งรายงาน)
- รับผิดชอบต่อหน้าที่ (ตั้งใจฟังคำชี้แจงและทำปฏิบัติการ)
- เคารพสิทธิผู้อื่น
- เคารพกฎระเบียบที่ชอบธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ (ไม่ลอกรายงาน)

1.2 วิธีการสอน

- บรรยายพื้นฐานความรู้ แล้วอธิบายวิธีทำการทดลอง พร้อมยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องสอดแทรก และให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมอภิปราย เสนอความคิด
- สอดแทรกการสอนด้านคุณธรรมและจริยธรรม เน้นความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม การตรงเวลา วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ ความมีน้ำใจ การเคารพและเชื่อฟังพ่อแม่ครูอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- วางมาตรการเสริม เช่น กำหนดให้ส่งรายงานก่อนวันเรียน ผู้ที่ลอกรายงานส่งจะได้รับเกรด F และไม่ให้คะแนนรายงานสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง เป็นต้น

1.3 วิธีการประเมินผล

- สังเกตพัฒนาการด้านพฤติกรรมของผู้เรียนและการส่งรายงาน แล้วปรับวิธีการสอดแทรกให้เหมาะสม

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติเกี่ยวกับปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลพื้นฐาน การทดสอบทางด้านกลศาสตร์ของไหล กลศาสตร์วัสดุ และอุณหพลศาสตร์
- ผู้เรียนสามารถประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ทางความร้อนและของไหล การหาสหสัมพันธ์ การออกแบบการทดลอง
- สามารถเขียนรายงานทางวิศวกรรมเพื่อนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจได้

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเพื่อทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนทำปฏิบัติการ จากนั้นให้เวลาในการทำปฏิบัติการ แล้วผู้สอนแสดงตัวอย่างการคำนวณ มอบหมายการเขียนรายงานเป็นรายบุคคล ผู้สอนตรวจให้คะแนน และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักศึกษาเพื่อใช้สามารถปรับปรุงและพัฒนาทักษะการเขียนรายงานทางวิศวกรรม

2.3 วิธีการประเมินผล

- รายงานผลการทำปฏิบัติการ
- แบบทดสอบ และกิจกรรมในคาบเรียน
- การสอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การคิดอย่างมีตรรก และ เป็นระบบ
- วิศวกรญาณ
- การคิดแบบเชื่อมโยง
- จินตนาการ และนวัตกรรม

3.2 วิธีการสอน

การสอนเชิงโสกราติส (ใช้คำถามในการสอน แทนการบรรยายในบางส่วน) การให้ทำรายงานโดยมีบางส่วนต้องวิเคราะห์ อภิปราย และตอบคำถามเชิงแนวคิด (แทนการคำนวณ)

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ถามคำถามในห้องปฏิบัติการ และตรวจจากรายงาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความความรับผิดชอบในการทำปฏิบัติการ
- กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูก เช่น กล้าถามปัญหา และร่วมแสดงความคิดเห็น ทั้งในและนอกชั้นเรียน
- สามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการเล่าเรื่องต่างๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องปฏิบัติการและหลังจากนั้น
- พยายามยกตัวอย่างเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อปฏิบัติการที่ท้าทาย น่าวิจารณ์ เพื่อให้คิดและแสดงออก

4.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการด้านการแสดงออกในและนอกชั้นเรียน
- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

7. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การแปลและตีความหมายของผลการทดลอง
- การคำนวณเชิงตัวเลขเพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองอย่างเป็นระบบ
- การสืบค้นข้อมูลในห้องสมุด และด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- การสื่อสารด้วยการเขียนรายงานอย่างชัดเจน กระชับ ครอบคลุมบคลุม

5.2 วิธีการสอน

- ผู้สอนเป็นตัวอย่างด้วยการนำเสนอเนื้อหาอย่างชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ใช้ภาษาที่ดี
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากวารสาร ตำรา อินเทอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการในคำนวณ วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- ปริมาณการอ้างอิงข้อมูลสารสนเทศในการเขียนรายงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

ปฏิบัติการที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Pipe network & Pressure loos in pipe	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
2	Material testing and Composite	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
3	Refrigeration cycle & Air conditioning system	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
4	Pump system & pump test	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
5	Internal & External Combustion Engine	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
6	HVAC System +Cooling Tower Performance	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
7	Wind Tunnel + Flow visualization	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
8	Heat Exchanger	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

9	Conduction & Convection Heat Transfer	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
10	Water turbine & Gas turbine	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐาน ผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
ปฏิบัติการที่ 1 - 10	ทำแบบทดสอบก่อนทำปฏิบัติการ	ทุกสัปดาห์	1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	ทำแบบทดสอบหลังปฏิบัติการ		1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	นำเสนอสรุป		1% ในแต่ละปฏิบัติการ
	รูปเล่มรายงาน		6% ในแต่ละปฏิบัติการ
		รวมปฏิบัติการที่ 1 - 10	70 %
		สอบประจำภาค	30 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)

** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เอกสารประกอบการเรียนในแต่ล่ะปฏิบัติการ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

-

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia เพื่อค้นคำอธิบายศัพท์ หรือ YouTube เพื่อค้นหาวิดีโอที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- แบบประเมินเนื้อหารายวิชาและประเมินผู้สอนโดยนักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็ปบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยสาขาวิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบและคะแนนรายงานของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังทราบผลประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และมาตรการเสริม

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาจากมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตรร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENG25 3410 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 (Mechanical Engineering Laboratory II)

2. จำนวนหน่วยกิต (ระบบไตรภาค)

1 หน่วยกิต 1 (0-3-3)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564)

ประเภทรายวิชา กลุ่มวิชาชีพบังคับทางวิศวกรรมศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ. ธนศักดิ์ หวังล้อมกลาง ผู้รับผิดชอบรายวิชา/อาจารย์ผู้สอน (มีผู้ช่วยสอนปฏิบัติการร่วม 10 คน)

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3/2564 นักศึกษาชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (pre-requisite) (ถ้ามี)

ENG25 2090 พลศาสตร์วิศวกรรมและการสั่นทางกล และ

ENG25 3080 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

30 มิถุนายน 2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

3. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

- เพื่อให้นักศึกษามีทักษะในการใช้งานเครื่องมือทดสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกล อาทิ เช่น การทดสอบแบบไม่ทำลาย การวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือน
- เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติการใช้งานและควบคุมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานทางระบบเครื่องกล และสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

8. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

การเปลี่ยนแปลงเนื้อหาของรายวิชาให้สอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมในปัจจุบัน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1.คำอธิบายรายวิชา

ฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมเครื่องกลอาทิ เช่น การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย การทดสอบยานยนต์ การทดสอบการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน และการถ่วงสมดุลของเพลา ฝึกปฏิบัติการควบคุมระบบวิศวกรรมเครื่องกล ระบบไฮดรอลิค ระบบนิวเมติกส์ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และ ระบบควบคุมมอเตอร์ ฝึกปฏิบัติใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล เช่น เครื่องสแกน 3มิติ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และ เครื่อง CNC

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
-	-	3	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.4 คุณธรรม จริยาที่ต้องพัฒนา

- ตรงต่อเวลา (เข้าห้องเรียน ส่งรายงาน)
- รับผิดชอบต่อหน้าที่ ตั้งใจฟังคำชี้แจงและทำปฏิบัติการ
- เคารพสิทธิผู้อื่น เคารพกฎระเบียบที่ชอบธรรม
- มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.5 วิธีการสอน

- บรรยายพื้นฐานความรู้ แล้วอธิบายวิธีทำการทดลอง พร้อมยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องสอดแทรก และให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมอภิปราย เสนอความคิด
- สอดแทรกการสอนด้านคุณธรรมและจริยธรรม เน้นความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อสังคม การตรงเวลา วินัยจรรยาบรรณในวิชาชีพ ความซื่อสัตย์ ความมีน้ำใจ การเคารพและเชื่อฟังพ่อแม่ครูอาจารย์ พร้อมทั้งอาจารย์ต้องปฏิบัติตนให้เป็นตัวอย่าง
- วางมาตรการเสริม เช่น กำหนดให้ส่งรายงานก่อนวันเรียน ผู้ที่ลอกรายงานส่งจะได้รับเกรด F และไม่ให้คะแนนรายงานสำหรับผู้ที่ส่งช้ากว่ากำหนดส่ง เป็นต้น

1.6 วิธีการประเมินผล

- สังเกตพัฒนาการด้านพฤติกรรมของผู้เรียนและการส่งรายงาน แล้วปรับวิธีการสอดแทรกให้เหมาะสม

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- ผู้เรียนต้องมีทักษะในการเลือกใช้งานเครื่องมือทดสอบทางวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม
- ผู้เรียนต้องสามารถออกแบบ ควบคุม และประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ต้นกำลังที่เกี่ยวข้องกับระบบทางกลได้
- ผู้เรียนต้องสามารถใช้งานเครื่องจักรช่วยผลิต อาทิเช่น เครื่องพิมพ์ 3 มิติ เครื่องจักรกล CNC มีทักษะในการ วิเคราะห์ และเลือกวิธีในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

2.2 วิธีการสอน

- บรรยายเพื่อทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องและผู้สอนสาธิตขั้นตอนทำปฏิบัติการ จากนั้นให้เวลาในการทำปฏิบัติการ มอบหมายงานหลังการทำปฏิบัติการ ผู้สอนตรวจให้คะแนน และให้ข้อมูลย้อนกลับ แก่ผู้เรียน

2.3 วิธีการประเมินผล

- การตอบคำถามระหว่างเรียน งานที่มอบหมาย และการสอบปลายภาค

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

- การคิดอย่างมีตรรกะ และ เป็นระบบ
- วิศวกรญาณ
- การคิดแบบเชื่อมโยง
- จินตนาการ และนวัตกรรม

3.2 วิธีการสอน

การสอนเชิงโสกราติส (ใช้คำถามในการสอน แทนการบรรยายในบางส่วน) การให้ทำรายงานโดยมีบางส่วนต้องวิเคราะห์ อภิปราย และตอบคำถามเชิงแนวคิด (แทนการคำนวณ)

3.3 วิธีการประเมินผลทักษะทางปัญญาของนักศึกษา

- ถามคำถามในห้องปฏิบัติการ ตรวจจากรายงาน และการสอบปลายภาค

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

- มีความความรับผิดชอบในการทำปฏิบัติการ
- กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูก เช่น กล้าถามปัญหา และร่วมแสดงความคิดเห็น ทั้งในและนอกชั้นเรียน
- สามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 วิธีการสอน

- แทรกประสบการณ์ของอาจารย์ในระหว่างการสอนโดยการเล่าเรื่องต่างๆ
- เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็นทั้งในห้องปฏิบัติการและหลังจากนั้น
- พยายามยกตัวอย่างเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อปฏิบัติการที่ท้าทาย น่าวิจารณ์ เพื่อให้คิดและแสดงออก

4.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการด้านการแสดงออกในและนอกชั้นเรียน
- ประเมินผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้รับมอบหมาย

8. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- การแปลและตีความหมายของผลการทำปฏิบัติการ
- การคำนวณเชิงตัวเลขเพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองอย่างเป็นระบบ
- การสืบค้นข้อมูลในห้องสมุด และด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์
- การสื่อสารด้วยการเขียนรายงานอย่างชัดเจน กระชับ ครอบคลุมบคลุม

5.2 วิธีการสอน

- ผู้สอนเป็นตัวอย่างด้วยการนำเสนอเนื้อหาอย่างชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ ใช้ภาษาที่ดี
- มอบหมายงานที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากวารสาร ตำรา อินเทอร์เน็ต

5.3 วิธีการประเมิน

- พัฒนาการในคำนวณ วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- ปริมาณการอ้างอิงข้อมูลสารสนเทศในการเขียนรายงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1.แผนการสอน

ปฏิบัติการที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน* (ชั่วโมง)	กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	Non-destructive Testing	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
2	Reverse Engineering (3D Scan) & Rapid	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
3	Vibration analysis & Single plane balance	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
4	Motor & Temperature Control	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
5	Injection molding	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
6	Servo system	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

7	Hydraulic & Pneumatic system	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
8	Power transmission & Chassis Dynamometer	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
9	CNC Machining	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน
10	ECU injection and Ignition	3	- บรรยายทฤษฎีพื้นฐานผ่านสื่อวีดีโอ ร่วมกับในห้องเรียน - ทำปฏิบัติการตามหัวข้อเรียน	คณาจารย์และผู้ช่วยสอน

** จำนวนชั่วโมงต้องสอดคล้องกับจำนวนหน่วยกิต*

2.แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้*	วิธีการประเมิน**	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
ปฏิบัติการที่ 1 - 10	ทำแบบทดสอบก่อนทำปฏิบัติการ	ทุกสัปดาห์	1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	ทำแบบทดสอบหลังปฏิบัติการ		1.5% ในแต่ละปฏิบัติการ
	นำเสนอสรุป		1% ในแต่ละปฏิบัติการ
	รูปเล่มรายงาน		6% ในแต่ละปฏิบัติการ
		รวมปฏิบัติการที่ 1 - 10	70 %
		สอบประจำภาค	30 %

* ระบุผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบต่อของรายวิชา (Curriculum Mapping) ของรายละเอียดหลักสูตร (แบบ มคอ.2)

** วิธีการประเมิน เช่น ประเมินจากการเขียนรายงานหรือโครงงานหรือการทดสอบ

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

- เอกสารประกอบการเรียนในแต่ละปฏิบัติการ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

-

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็ปไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia เพื่อค้นคำอธิบายศัพท์ หรือ YouTube เพื่อค้นหาวิดีโอที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- แบบประเมินเนื้อหารายวิชาและประเมินผู้สอนโดยนักศึกษาผ่านระบบคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
- ขอเสนอแนะผ่านเว็ปบอร์ด หรือระบบ e-learning ที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเพื่อเป็นช่องทางในการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยสาขาวิชา
- การสังเกตการณ์สอนโดยอาจารย์ท่านอื่น
- ผลการสอบและคะแนนรายงานของนักศึกษา
- การทวนสอบผลประเมินผลการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังทราบผลประเมินการสอนในข้อ 2 สามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และมาตรการเสริม

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา

กระบวนการที่ใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาจากมาตรฐานผลการเรียนรู้ของรายวิชา ทำได้โดย การทวนสอบจากคะแนนสอบ หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยมีการประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษาและโดยคณะกรรมการประเมินของสาขาวิชา การรายงานรายวิชาของอาจารย์ผู้สอน และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้รับผิดชอบในการทวนเนื้อหาวิชาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนและพัฒนารายละเอียดวิชา เพื่อนำเข้าที่ประชุมอาจารย์ประจำหลักสูตรร่วมพิจารณาให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงรายวิชาสำหรับการใช้รอบปีการศึกษาถัดไป นอกจากนี้ อาจมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆ

ภาคผนวก 3

คู่มือปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอน

Losses in pipes

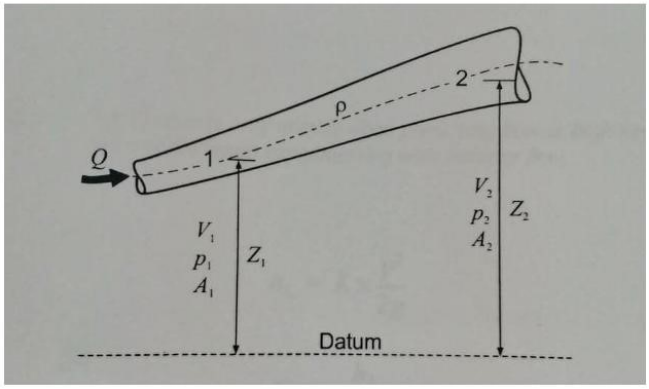
บทนำ

กลศาสตร์ของไหล มีความสำคัญในชีวิตประจำวัน รวมไปถึงด้านอุตสาหกรรมอีกด้วย จะพบว่าเครื่องอำนวยความสะดวก และกระบวนการผลิตนั้น จะประกอบไปด้วยของไหลแทบทั้งสิ้น ในการที่ของไหลกำลังไหลอยู่ในท่อนั้นจะเกิดสูญเสียความดันไปตลอดระยะทางการไหล การเปลี่ยนแปลงความดันนั้นเกิดขึ้นจากหลายกรณี เช่น การเปลี่ยนแปลงความสูงของของไหล การเปลี่ยนแปลงความเร็วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดการไหล แรงเสียดทานเนื่องจากความหนืดของของไหลและการไหลที่แปรปรวน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงการสูญเสียความดันเนื่องจากกรณีต่างๆ ของระบบเสียก่อน จึงจะสามารถออกแบบระบบและเลือกใช้เครื่องสูบที่เหมาะสมได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีของกลศาสตร์ของไหล สามารถที่จะหาค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในการไหลของของไหลในท่อดังแสดงในรูปที่ 1 โดยสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้

1. การไหลเป็นการไหลคงตัว
2. การไหลเป็นการไหลแบบไม่อัดตัว
3. การไหลอยู่ในช่วงการไหลเต็มรูป (fully develop)
4. ไม่มีงานหรือความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องกับระบบ
5. ความดันและพลังงานภายในตลอดพื้นผิวควบคุมมีค่าเป็นเอกรูป (uniform flow)



รูปที่ 1 การไหลของของไหลในท่อ

จากสมมติฐานดังกล่าว สมการพลังงานของการไหลจะสามารถเขียนให้อยู่ในรูป

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{L1-2} \qquad (1)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหล (m/s)

ρ คือ ความหนาแน่น (kg/m^3)

Z คือ ความสูงจากระดับอ้างอิง (m)

h_{L1-2} คือ การสูญเสีย head ทั้งหมดที่เกิดขึ้น (m)

โดยตำแหน่งที่ 1 และ 2 คือขาเข้าและขาออกตามลำดับ

ความหนาแน่นของของไหล (density, ρ) เป็นการวัดมวลต่อหน่วยปริมาตร ความหนาแน่นของสารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน โดยน้ำมีความหนาแน่นอยู่ที่ประมาณ 1,000 kg/m^3 ที่อุณหภูมิเท่ากับ 4 °C

ความหนืดของของไหล (viscosity) เป็นการวัดความต้านทานของ fluid ที่มีต่อการไหล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Dynamic or absolute viscosity (μ) อยู่ในหน่วย Pa s (N s/m^2)
2. Kinematic viscosity (ν) อยู่ในหน่วย (m^2/s) โดย $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

ความเร็วการไหล (flow velocity, V)

$$V = \frac{Q}{A} \qquad (2)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของของไหล (m/s)

Q คือ อัตราการการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดท่อ (m^2)

Reynold's number (Re) เป็นตัวแปรไร้หน่วยถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้บอกลักษณะพฤติกรรมการไหลของของไหลโดย

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V d}{\mu} \text{ หรือ } \mathrm{Re} = \frac{V d}{\nu} \qquad (3)$$

โดยทั่วๆไปแล้ว Reynold's number สามารถนำมาแบ่งลักษณะการไหลได้ดังนี้

Re < 2000 เป็นการไหลแบบราบเรียบ (larminar flow)

Re > 4000 เป็นการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow)

4000 > Re >2000 เป็นการไหลในช่วงเปลี่ยนแปลง (transition flow)

การสูญเสียเฮดของการไหลในท่อ (Head loss)

ค่าการสูญเสีย head โดยรวม (h_{total}) สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ การสูญเสียหลัก (major loss) และการสูญเสียรอง (minor loss)

$$h_{total} = h_{major} + h_{minor} \tag{4}$$

Major loss เป็นการสูญเสียเฮดที่เกิดจากแรงเสียดทานบริเวณผนังท่อ ซึ่งจะเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงความยาวของการไหล

$$h_{major} = f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g} \tag{5}$$

โดย L คือ ความยาวท่อ

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

V คือ ความเร็วของของไหล

G คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

f คือ ตัวประกอบความเสียดทาน (friction factor or resistance coefficient)

ดังนั้น

$$f = \frac{h_{major} \times 2gd}{LV^2} \tag{6}$$

ถ้า Reynold's numbers มีค่าน้อยกว่า 2100 (โดยทั่วไปเป็นการไหลแบบ laminar flow)

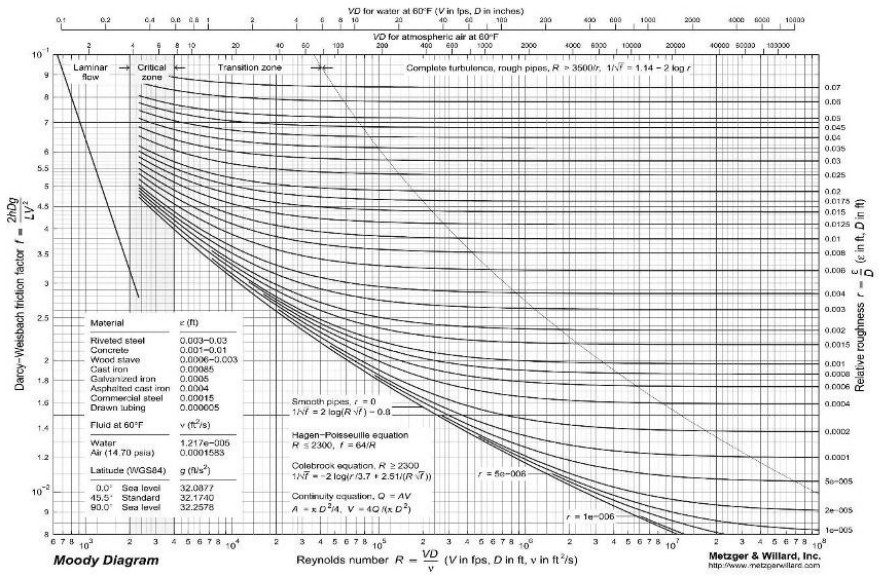
$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}} \tag{7}$$

และนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน (Paul Blasius) ได้สร้างสมการ สำหรับการไหลที่มีค่า Reynold's numbers มากกว่า 4000 (turbulent flow) ในท่อเรียบ (smooth pipes)

$$f = \frac{0.316}{\mathrm{Re}^{0.25}} \tag{8}$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อเป็นการไหลเป็นแบบ turbulent ค่า friction factor เป็นฟังก์ชันที่ไม่ได้ขึ้นกับค่า Re มากนัก ในทางปฏิบัติสามารถใช้เป็นค่าคงที่ได้ แต่ในกรณีการไหลแบบ laminar นั้น friction factor จะแปรผกผันกับค่า Re

สำหรับ friction factor ของท่อที่มีผิวขรุขระและมีค่า Re มากๆ จะสามารถหาได้จากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่าง friction factor และค่า Re (Moody diagram)



รูปที่ 2 Moody diagram

โดยการทดลองของ Moody ความขรุขระของผิวท่อเป็นการสร้างขึ้น จากนั้นได้มีการทดสอบกับท่อที่ใช้ทางวิศวกรรมต่างๆและได้สรุปค่าความขรุขระของท่อแบบต่างๆไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความขรุขระเฉลี่ยของท่ออุตสาหกรรม

Material	ε	
	ft	mm
Riveted steel	0.003-0.03	0.9-9.0
Concrete	0.001-0.01	0.3-3.0
Wood stave	0.0006-0.003	0.18-0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.26
Asphalted cast iron	0.0004	0.15
Commercial steel or wrought iron	0.00015	0.046
Drawn tubing, PVC	0.000005	0.0015
Glass	Smooth	Smooth

Minor loss เป็นการสูญเสียเฮดที่เกิดขึ้นบริเวณที่ความเร็วของของไหลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน (หรือมีการเลี้ยวตัว) ซึ่งการสูญเสียประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นบริเวณจุดเชื่อมต่อ ทางเข้าออก หรือจุดที่มีอุปกรณ์ประกอบต่างๆ (fitting devices) เช่น ข้อต่อ ข้องอ และวาล์ว เป็นต้น

$$h_{minor} = K\frac{V^2}{2g} \tag{9}$$

เมื่อ K คือ ตัวประกอบการสูญเสียรอง (minor loss factor)

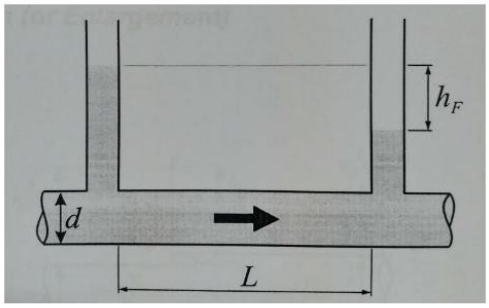
ดังนั้น

$$K = \frac{h_{minor}}{V^2/2g} \tag{10}$$

ภายในปฏิบัติการนี้สามารถแบ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นได้เป็น 2 ประเภทเช่นกัน ประกอบไปด้วย

1. การสูญเสียหลัก (major loss)

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในท่อตรง

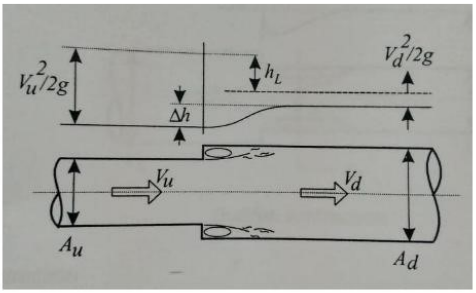


รูปที่ 3 head loss เนื่องจากท่อตรง

สามารถคำนวณหา head loss ได้จากสมการที่ (5)

2. การสูญเสียรอง (minor loss)

2.1 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อ



รูปที่ 4 ท่อขยายขนาดหน้าตัด

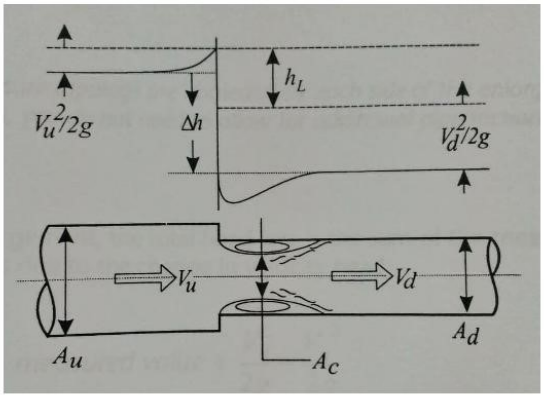
จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเกิดการไหลแบบปั่นป่วนบริเวณที่ทางออกของท่อขนาดเล็กเนื่องจากมีการสูญเสียพลังงาน

$$h_L = \frac{(V_u - V_d)^2}{2g} \qquad (11)$$

ดังนั้น จะสามารถคำนวณค่าทางทฤษฎีของ K_E เนื่องจากท่อขยายขนาดหน้าตัดได้จาก

$$K_E = (1 - \frac{A_u}{A_d})^2 \qquad (12)$$

จากสมการที่ (12) จะเห็นขอบเขตของ K_E จาก 0 เมื่อขนาดหน้าตัดท่อไม่เปลี่ยนแปลง ($A_u = A_d$) จนไปถึง 1 เมื่อท่อที่ขยายพื้นที่หน้าตัดมีขนาดใหญ่มากๆ ($A_d = \infty$)



รูปที่ 5 ท่อลดขนาดหน้าตัด

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าเมื่อของไหล ไหลเข้าสู่ช่วงเปลี่ยนขนาดพื้นที่หน้าตัด ของไหลจะแยกตัวออกจากผนัง ทำให้เกิด turbulent jet (vena contracta) ในระยะทางสั้นๆ

สำหรับการสูญเสียของท่อลดขนาดหน้าตัดจะเป็นไปดังสมการที่ (13)

$$h_L = \frac{(V_c - V_d)^2}{2g} \quad (13)$$

ซึ่งเป็นการยากที่จะทราบค่า head loss เนื่องจากเราจะไม่ทราบความเร็วในบริเวณ vena contracta แต่อย่างไรก็ตามยังสามารถหาค่า K_C ได้จากสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดของท่อ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวประกอบการสูญเสียรองสำหรับท่อขยายและลดพื้นที่หน้าตัด

d_d/d_u	K_C Value	A_d/A_u	K_C Value
1.00	0.00	1.00	0.00
0.80	0.14	0.80	0.06
0.60	0.28	0.60	0.18
0.40	0.38	0.40	0.30
0.20	0.45	0.20	0.41
0.00	0.50	0.00	0.50

สำหรับการขยายหรือลดขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อ head loss รวม คือ ผลรวมทั้งหมดของ head loss ทั่วพื้นที่ที่เกิดการขยายหรือลดพื้นที่หน้าตัดและการสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเฮดความเร็ว

$$h_L = measuredvalue + \frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_u^2}{2g} \quad (14)$$

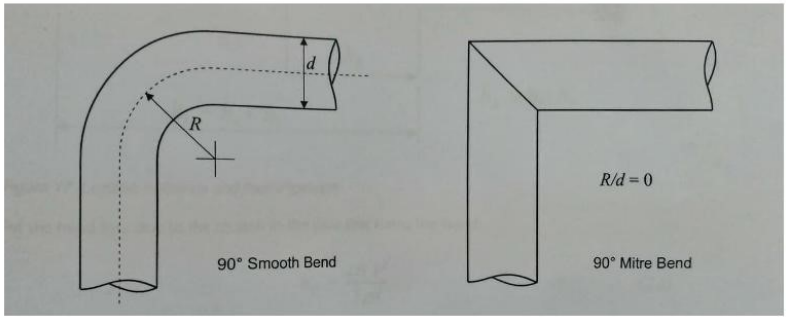
สำหรับท่อเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัด

$$h_L = K_E \frac{V_u^2}{2g} \quad (15)$$

สำหรับท่อลดขนาดพื้นที่หน้าตัด

$$h_L = K_c \frac{V_d^2}{2g} \quad (16)$$

2.2 เนื่องจากเลี้ยวตัวของท่อ

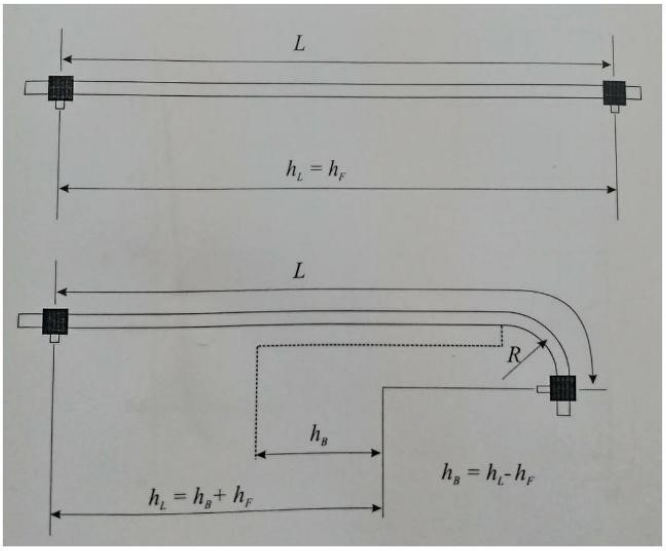


รูปที่ 6 ท่อโค้งในชุดทดลอง

$$h_B = \frac{K_B V^2}{2g} \tag{17}$$

$$K_B = \frac{h_B 2g}{V^2} \tag{18}$$

เนื่องจากว่าท่อโค้งจำเป็นต้องมีการต่อเข้ากับท่อตรงในชุดทดลอง ดังนั้นจึงมีลักษณะตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 ท่อโค้งในชุดทดลอง

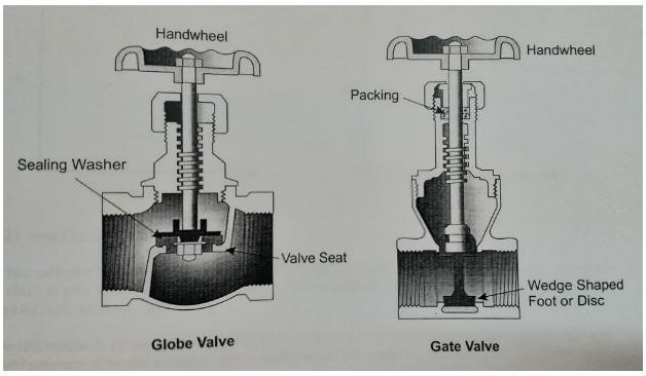
Head loss ของท่อตรงจะสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (19)

$$h_F = f\frac{LV^2}{D2g} \tag{19}$$

ดังนั้น head loss ที่เกิดขึ้นจากท่อโค้งจึงเท่ากับ head loss รวมลบกับ head loss จากท่อตรง จึงได้ดังสมการที่ (20)

$$K_B = h_L - h_F \frac{2g}{V^2} \qquad (20)$$

2.3 เนื่องจากวาล์ว



รูปที่ 8 Globe valve และ gate valve

วาล์ว เป็นอุปกรณ์ที่สามารถปรับอัตราการไหลได้จากการเปิด ปิดซึ่งเป็นการเปลี่ยนขนาดของช่องทางเดินของของไหลภายใน ดังนั้นตัวประกอบการสูญเสียรองจึงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ด้วยลักษณะทางกายภาพของ globe valve และ gate valve ที่แตกต่างกัน ทำให้เป็นการยากที่จะเปรียบเทียบค่าตัวประกอบการสูญเสียรองภายใต้สถาวะเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราการไหลสูงสุดเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง (datum) แล้วหาอัตราการไหลที่ปรับไปเป็นร้อยละ แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ได้ดังสมการที่ (21)

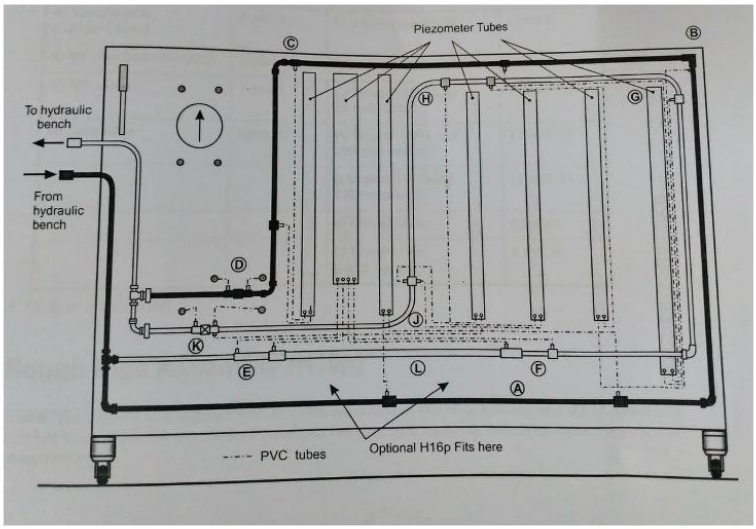
$$\%Flow = \frac{Flow_{actual}}{Flow_{\max imum}} \mathrm{X100} \qquad (21)$$

โดย head loss และตัวประกอบการสูญเสียรองของวาล์ว หาได้จากสมการที่ (22) และ (23)

$$h_L = \frac{K_V V^2}{2g} \qquad (22)$$

$$K_V = \frac{h_L 2g}{V^2} \qquad (23)$$

ชุดทดลองที่ใช้



รูปที่ 9 ชุดทดลองการสูญเสียในท่อ

โดยชุดทดลองมีส่วนประกอบและรายละเอียดดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบในชุดทดลอง

Dark blue circuit	Piezometer tube or gauge	Light blue circuit	Piezometer tube or gauge
A) Straight pipe (standard bore)	3 and 4	E) Sudden expansion	7 and 8
B) 90° Sharp bend (mitre)	5 and 6	F) Sudden contraction	9 and 10
C) 90° elbow	1 and 2	G) Smooth 90° bend 50 mm radius	15 and 16
D) Gate valve	(gauge)	H) Smooth 90° bend 100 mm radius	11 and 12
		J) Smooth 90° bend 150 mm radius	13 and 14
		K) Globe valve	(gauge)
		L) Straight pipe (Large bore)	8 and 9

ตารางที่ 4 รายละเอียดของส่วนประกอบภายในชุดทดลอง

Item	Details
Pipes	Standard-bore straight pipe (nominally 13.6 mm bore copper) Larger-bore straight pipe (nominally 26.2 mm bore copper)
Bends	90° mitre bend (no radius) 13.6 mm inner diameter R/d = 0 Elbow (13.6 mm radius) 13.6 inner diameter R/d = 1 Small radius, smooth 90° bend (50 mm radius) 13.6 mm inner diameter R/d = 3.7 Medium radius, smooth 90° bend (100 mm radius) 13.6 mm inner diameter R/d = 7.35 Large radius, smooth 90° bend (150 mm radius) 13.6 mm inner diameter R/d = 11.03
Expansion and contraction	Sudden expansion (13.6 mm to 26.2 mm) Sudden contraction (26.2 mm to 13.6 mm)
Valves	Gate valve and globe valve on nominal 13.6 mm bore pipe
Tapping distance	Distance L between pressure tappings for pipe and bends 0.914 m

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 5 ผลการทดลองชุด gate valve

Pressure gauge (bar)	Pressure gauge (m water)	Flow rate (L/s)	Volume flow rate (m^3/s)	Dark blue circuit piezometer tube heights (mm water)		
				1-2	3-4	5-6
0.10						
0.15						
0.20						
0.25						
0.30						
0.35						
0.40						
0.45						
0.50						
Water temperature						

ตารางที่ 6 ผลการทดลองชุด globe valve

Pressure gauge (bar)	Pressure gauge (m water)	Flow rate (L/s)	Volume flow rate (m^3/s)	Light blue circuit piezometer tube heights (mm water)					
				7-8	8-9	9-10	11-12	13-14	15-16
0.10									
0.15									
0.20									
0.25									
0.30									
0.35									
0.40									
0.45									
0.50									
Water temperature:									

วิธีการทดลอง

Dark blue circuit and gate valve

1. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ชุดทดลองอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
2. วัดและจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำ
3. เปิด hydraulic bench และปรับให้น้ำไหลเต็มที่ ปิด globe valve และเปิด gate valve เต็มที่
4. ค่อยๆปิด gate valve จนกระทั่งความดันตกคร่อมเหลือ 0.1 bar
5. รอจนกระทั่งระบบอยู่ในสภาวะคงที่
6. จดบันทึกอัตราการไหลโดยใช้ hydraulic bench
7. จนบันทึกความดันสูญเสียตำแหน่งต่างๆด้วย piezometer (หน่วย mm water)
8. ค่อยๆปิด gate valve จนกระทั่งความดันตกคร่อมเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ และทำขั้นตอน 5 – 7 ซ้ำ

Light blue circuit and globe valve

1. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ชุดทดลองอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
2. วัดและจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำ
3. เปิด hydraulic bench และปรับให้น้ำไหลเต็มที่ ปิด gate valve และเปิด globe valve เต็มที่
4. ค่อยๆปิด gate valve จนกระทั่งความดันตกคร่อมเหลือ 0.1 bar
5. รอจนกระทั่งระบบอยู่ในสภาวะคงที่
6. จดบันทึกอัตราการไหลโดยใช้ hydraulic bench
7. จนบันทึกความดันสูญเสียตำแหน่งต่างๆด้วย piezometer (หน่วย mm water)
8. ค่อยๆปิด gate valve จนกระทั่งความดันตกคร่อมเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ และทำขั้นตอน 5 – 7 ซ้ำ

ตารางวิเคราะห์ผล

Straight pipe

pipe detail:					
Pressure gauge (bar)	Piezometer 3-4 or 8-9 (m water) h_{major}	Volume flow rate (m^3/s) Q	Velocity (m/s) V	Reynold's number	Actual f
0.10					
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45	-	-			
0.50	-	-			
Water temperature					

Valve

Valve:					
Pressure gauge (bar)	Pressure gauge (m water) h_L	Volume flow rate (m^3/s) Q	% Flow	Velocity (m/s) V	K
0.10			100		
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
Water temperature:					

Bends

Bend details:								
Pressure gauge (bar)	Piezometer (m water) h_L	Volume flow rate (m^3/s) Q	Velocity (m/s) V	$V^2/2g$	Re	Theory f Blasius	h_F	h_B
0.10								
0.15								
0.20								
0.25								
0.30								
0.35								
0.40								
0.45								
0.50								
Water temperature:						Average K_B:		

Sudden expansion and contraction

Pressure gauge (bar)	Volume flow rate (m^3/s) Q	Standard bore		Larger bore		Expansion		Contraction	
		Flow velocity (m/s) V	Velocity head (m) $V^2/2g$	Flow velocity (m/s) V	Velocity head (m) $V^2/2g$	Measured head loss (m water) 7-8	total head loss (m water)	Measured head loss (m water) 9-10	total head loss (m water)
0.10									
0.15									
0.20									
0.25									
0.30									
0.35									
0.40									
0.45									
0.50									

<u>การทดสอบแรงดึง</u> (Tension test)

เรียบเรียงโดย ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์

การทดสอบวัสดุด้วยการดึงนั้นเป็นการทดสอบวัสดุที่รู้จักกันดีที่สุดก็ว่าได้ การทดสอบนี้สามารถที่จะหาค่าความแข็งแรงภายใต้แรงดึง (Tensile strength) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของวัสดุนอกจากนั้นยังสามารถยืดตัวเมื่อแตกหัก (Elongation at fraction) ของวัสดุได้อีกด้วย โดยความเค้นนี้จะเกิดจากแรงดึกตามแนวแกนซึ่งเป็นแรงภายนอกที่กระทำต่อวัสดุ จากนั้นแรงนั้นก็จะกระจายเฉลี่ยอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ ค่าความเค้นและความเครียดทางวิศวกรรมนั้นจะสามารถหาได้จากแรงกระทำพื้นที่หน้าตัดและการยืดตัว นั่นคือ

ความเค้น (Stress): $$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

ความเครียด (Strain): $$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

เมื่อ F คือแรงกระทำที่กระทำตั้งฉากกับหน้าตัด A และ ΔL คือความยาวที่เปลี่ยนไปจากความยาวเดิม L_0

ในการที่จะหาความแข็งแรงของวัสดุนั้นสามารถกระทำได้โดยค่อย ๆ เพิ่มแรงที่กระทำต่อวัสดุที่ละน้อยจนกระทั้งวัสดุเกิดการแตกหัก แรงกระทำสูงสุด F_M ที่ทำให้วัสดุเกิดการแตกหักเป็นค่าที่นำไปหาความแข็งแรงของวัสดุ โดยค่าความแข็งแรงภายใต้แรงดึง σ_M จะหาได้จาก

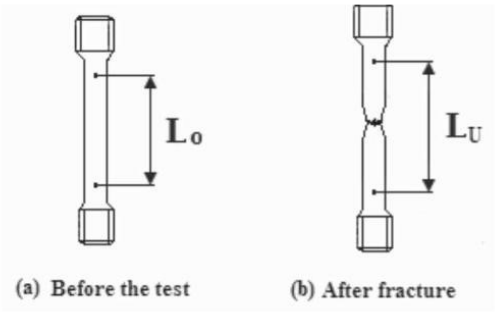
$$\sigma_M = \frac{F_M}{A_0} \quad (3)$$

โดย A_0 เป็นพื้นที่หน้าตัดของวัสดุก่อนเกิดการยืดตัว โดยการพิจารณาความเค้นแบบนี้เป็นการพิจารณาค่าความเค้นแบบวิศวกรรม (engineering stress) คือพิจารณาว่าพื้นที่หน้าตัดที่คงที่ ส่วนค่าความเค้นจริง (true stress) นั้นจะพิจารณาต่อพื้นที่หน้าตัดจริงในขณะนั้น จึงทำให้ค่าของความเค้นจริงมีค่าสูงกว่าเนื่องจากหน้าตัดจะลดลงเมื่อวัสดุยืดตัวออก

สำหรับค่าการยืดตัวเมื่อแตกหักนั้นเป็นค่าความเครียดที่จุดแตกหักนั่นเอง ถ้า L_0 เป็นความยาวเดิมและ L_u เป็นความยาวเมื่อแตกหักจะได้ว่าการยืดตัวเมื่อแตกหัก EL_m เป็น

$$EL_M = \frac{L_u - L_0}{L_0} x100\% \quad (4)$$

สำหรับค่าการวัดความยาวนั้นสามารถทำได้โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ชิ้นทดสอบซึ่งจะเป็นค่า L_0 จากนั้นเมื่อวัสดุแตกหักแล้วนำเอาวัสดุมาต่อกันแล้วจงวัดค่า L_0 ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวัดค่าความยาว (a) ก่อนการทดสอบ (b) หลังจากวัสดุแตกหัก

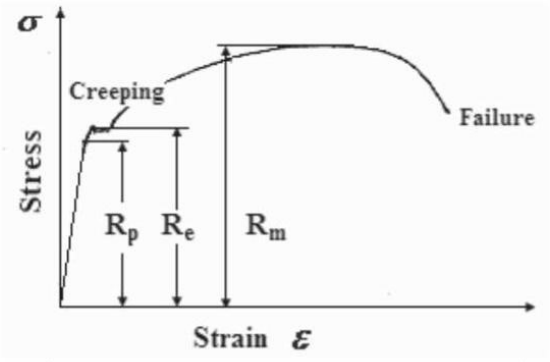
การเขียนกราฟของความเค้น-ความเครียด

กราฟความเค้นและความเครียดของวัสดุนั้นจะเป็นการแสดงคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดอย่างชัดเจน ว่ามีพฤติกรรมเป็นอย่างไร วัสดุต่างชนิดกันก็จะมีรูปแบบของกราฟนี้แตกต่างกันไป ค่าคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุนั้นสามารถอ่านได้จากกราฟนี้ เช่นค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้ ค่าความเค้นที่ทำให้วัสดุอยู่ในสภาวะยืดหยุ่นเป็นต้น ซึ่งถ้าหากว่าวัสดุในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดก็จะเป็นไปตามกฎของ Hooke นั้นคือความเครียดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเค้น หรือ

$$\sigma = E\varepsilon \tag{5}$$

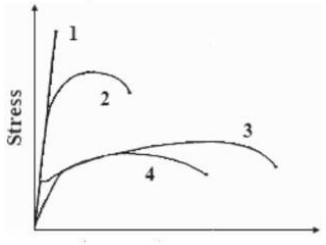
เมื่อ E คือค่า Young's modulus และเมื่อใดก็ตามถ้าหากว่าวัสดุได้รับความเค้นเกินกว่าค่าที่ทำให้วัสดุอยู่ในสภาวะยืดหยุ่นเชิงเส้นแล้ว Hook's Law ตามสมการที่ (5) ก็ไม่สามารถจะใช้ได้อีกต่อไป

คุณสมบัติที่สมบัติที่สำคัญอีกค่าหนึ่งก็คือ yield strength, σ_y คือค่าความเค้นสูงที่สุดที่ทำให้วัสดุยังคงรักษาสภาพยืดหยุ่นหรือวัสดุจะกลับคืนสู่สภาพเดิมเมื่อนำแรงกระทำออกเป็นการเสียรูปแบบ elastically deformation หลังจากความเค้นที่มีค่าเกินกว่า σ_y แล้ววัสดุจะไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมแม้ว่าจะมีการนำแรงกระทำนั้นออกไปและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่อจากนี้ไปจะเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบ plastically deformation ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายของโครงสร้างหรือชิ้นงานในการออกแบบนั้นค่าความเค้นที่เกิดขึ้นไม่ควรจะเกิดกว่าค่า yield stress นี้ รูปที่ 2 แสดงกราฟความสำเค้น-ความเครียดของวัสดุเหนี่ยวทั่ว ๆ ไป



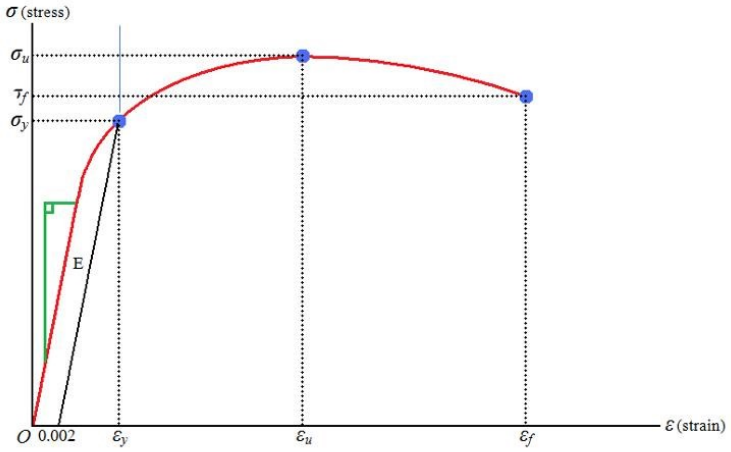
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของวัสดุเหนียวทั่วไป

สำหรับวัสดุที่มีความเหนี่ยวมาก หลังจากที่ได้รับความเค้นเกิดกว่า yield stress แล้วอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปต่อไปในช่วงพลาสติกอย่างที่ได้กล่าวมาแล้วอีกระยะหนึ่งจึงเกิดการแตกหัก แต่สำหรับวัสดุที่มีความแข็งมากนั้นจะเกิดการแตกหักโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลาสติกเลยก็ได้ ในรูปที่ 3 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียดของวัสดุหลายแบบ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดของวัสดุหลายชนิด

ในรูปที่ 3 นั้นเส้นกราฟที่ 1 แสดงถึงวัสดุที่มีความแข็งแรงมากซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่า ultimate strength สูงแต่มีความเปราะคือไม่มีการยืดตัวในย่านพลาสติกวัสดุประเภทนี้ได้แก่ hardened steel เป็นต้น กราฟที่ 2 นั้นจะเป็นกราฟของวัสดุจำพวก tempered steel จะมีความแข็งแรงสูงแต่จะมีการยืดตัวมากพอสมควร กราฟที่ 3 จะเป็นวัสดุจำพวก solf, annealed steel ซึ่งวัสดุพวกนี้จะมีการยืดตัวสูงในย่านยืดหยุ่นสูงแต่จะมีความแข็งแรงต่ำ และกราฟที่ 4 จะเป็นวัสดุจพวก aluminum alloy ซึ่งวัสดุประเภทนี้จะมีการยืดตัวในย่านยืดหยุ่นสูงและมีการยืดตัวในย่านพลาสติดพอสมควร แต่จะมีค่าคมแข็งแรงน้อยกว่าวัสดุจำพวกเหล็ก โดยการหาค่าคุณสมบัติของวัสดุจากการทดสอบแรงดึงนั้นสามารถหาได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดและการหาคุณสมบัติของวัสดุ

Young modulus; E คือ ค่าความต้านทานการเสียรูปของวัสดุ (Pa)

Yield strength; σ_y คือ ค่าความเครียดสูงที่สุดที่ก่อนที่จะเกิดการเสียรูปแบบถาวร (Pa)

Ultimate strength; σ_{ul} คือ ค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุที่สามารถรับได้ (Pa)

Fracture stress; σ_f คือ ค่าความเค้นก่อนที่วัสดุจะขาด (Pa)

หลังจากการทดสอบวัสดุแล้ววัสดุจะเกิดการขาดหรือวิบัติ ซึ่งลักษณะของการวิบัติของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไปดังรูปที่ 5



วัสดุเหนี่ยว วัสดุเปราะ

รูปที่ 5 ลักษณะการวิบัติของวัสดุจากการทดสอบแรงดึง

จากรูปที่ 5 สามารถแบ่งวัสดุที่ได้จากการทดสอบแรงดึงโดยดูจากลักษณะการขาดของวัสดุได้ 2 แบบได้แก่ วัสดุเหนียวและวัสดุเปราะ

นอกจากนี้จากการที่จะเขียนกราฟแสดงความเค้น-ความเครียดแล้ว เรายังสามารถเขียนกราฟแสดงแรงกระทำระยะยืดตัว (load-elongation) ได้ โดยกราฟที่ได้นั้นก็จะมีลักษณะคล้ายกัน แต่การเขียนกราฟแบบหลังนี้ไม่ค่อยนิยมเพราะค่าที่ได้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่ใช้ทดสอบด้วยแต่กราฟแสดงความเค้นและความเครียดนั้นไม่ขึ้นกับขนาดของวัสดุ

<u>การทดสอบแรงบิด</u> (Torsion test)

เรียบเรียงโดย ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์

การทดสอบวัสดุภายใต้แรงบิดนั้นสามารถทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นเฉือนและความเครียดเฉลือน ค่าความแข็งแรงภายใต้แรงเฉือนรวมทั้งหาค่า shear modulus ของวัสดุได้อีกด้วย การทดสอบแรงบิดนั้นแรงที่กระทำต่อชิ้นทดสอบจะเป็นแรงในรูป twisting moment ซึ่งทำให้วัสดุที่ทดสอบนั้นตกอยู่ภายใต้ภาระกรรมแบบ pure shear ในขั้นนี้การทดสอบจะเป็นการทดสอบชิ้นทดสอบที่มีหน้าตัดกลมเท่านั้น เนื่องจากการรับแรงบิดของหน้าตัดที่เป็นวงกลมนั้น จะเป็นไปตามสมมุติฐานที่ว่า *"หน้าตัดจะไม่มีการบิดตัวหรือระนาบของหน้าตัดก่อนที่ได้รับแรงกระทำยังคงอยู่ในระนาบเดิมหลังจากที่มีแรงกระทำ"* ซึ่งสมมุติฐานนี้จะไม่เป็นจริงกับวัสดุที่มีหน้าตัดเหมือนกับที่ได้ทำการทดสอบในที่นี้

การทดสอบแรงบิดนั้นมีความสำคัญต่อวิศวกรมาก โดยเฉพาะในการออกแบบเพลา เพราะลักษณะของแรงที่กระทำบนเพลาส่งกำลังนั้นจะเหมือนกับที่ได้ทำการทดสอบในที่นี้

แรงบิดและความเค้นเฉือน

จากการทดสอบที่เพลากลมตรงรัศมี ๓ รับภาระกรรมอยู่ภายใต้ twisting moment หรือ torque, T ค่า shear stress, τ ที่เกิดขึ้นบนจุดใด ๆ ที่ระยะรัศมี r ของหน้าตัดจะเท่ากัน

$$\tau = \frac{Tr}{J} \tag{6}$$

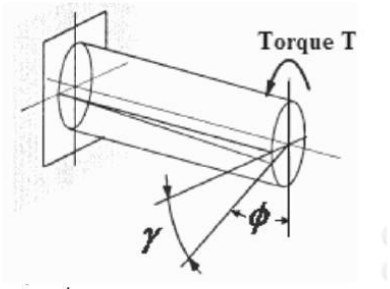
เมื่อ r เป็นระยะตามแนวรัศมี และ J คือ polar moment of inertia รอบจุดศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ $= \frac{\pi R^4}{2}$ ซึ่งสมการ (6) จะพบว่าค่าความเค้นเฉือนจะมากที่สุดที่ผิวของเพลาหรือที่ $r = R$ สำหรับความเครียดซึ่งเป็นการวัดมุมที่บิดไปจากมุมฉากเดิมของวัตถุ จากรูปที่ 6 จะได้ว่า

$$\gamma_{max} = \frac{R\emptyset}{L} \tag{7}$$

เมื่อ $\emptyset$ คือมุมที่บิดไป (ในหน่วยเรเดียน) ที่ระยะ L ของเพลาและจากความสัมพันธ์ของความเค้นและความครียดจะได้ว่า

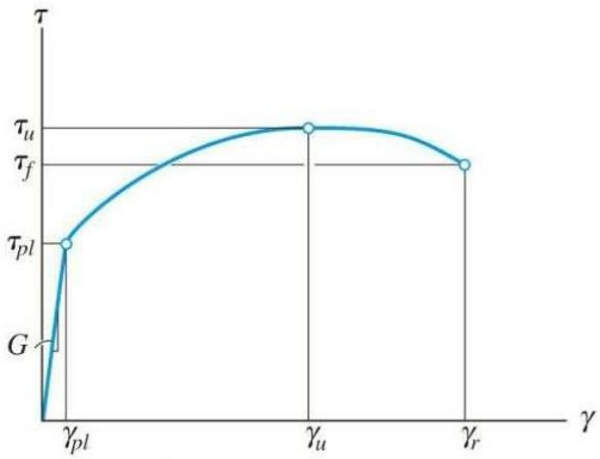
$$\tau = G\gamma \quad (8)$$

เมื่อ G เป็นค่า shear modulus



รูปที่ 6 เพลากลมตรงอยู่ในสภาพรับแรงบิด

โดยเมื่อทำการหาค่าความเค้นเฉือนที่เกิดจากแรงบิดที่วัสดุและความเครียดเฉือนของวัสดุที่เกิดจากแรงบิด สามารถนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาค่าคุณสมบัติของวัสดุที่ทำการทดสอบได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 shear stress-shear strain curve

Shear modulus; G	คือ ค่าความต้านทานการเสียรูปในการบิดของวัสดุ (Pa)
Proportional limit; τ_{pl}	คือ ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่วัสดุที่ค่าความเค้นและความเครียดเพิ่มแบบเส้นตรง (Pa)
Ultimate shear strength; τ_{ul}	คือ ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่วัสดุที่สามารถรับได้ (Pa)
Fracture shear stress; τ_f	คือ ค่าความเค้นเฉือนก่อนที่วัสดุจะขาด (Pa)

จากการทดสอบแรงบิดกับวัสดุเมื่อวัสดุเกิดการวิบัติสามารถจำแนกคุณสมบัติของวัสดุได้โดยวัสดุจะมีลักษณะการวิบัติที่แตกต่างกันออกไปดังรูปที่ 8



วัสดุเหนียว วัสดุเปราะ

รูปที่ 8 ลักษณะการวิบัติของวัสดุจากการทดสอบแรงบิด

<u>อัตราส่วนปัวซอง</u> (Poisson's ratio)

เมื่อวัตถุเปลี่ยนรูปไปโดยแรงดึงในแนวแกนไม่เพียงขยายให้ยาวขึ้น แต่ยังทำให้ด้านข้างหดลงด้วย หรือถ้าถูกแรงอัดจะทำให้ด้านยาวหดสั้นลง แต่ด้านข้างมีขนาดโตขึ้น ดังรูปที่ 9



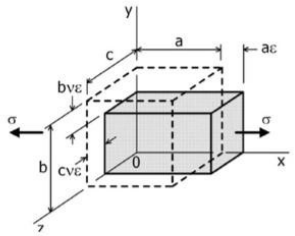
รูปที่ 9 วัตถุเมื่อรับแรง P จะยืดออกในแนวแรงและหดตัวในแนวขวาง

โดยประมาณ ค.ศ. 1800 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ S.D. Poisson ได้กำหนดค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio) มีตัวย่อว่า ν (อ่านว่า nu) คือ อัตราส่วนความเครียดในแนวขวาง ต่อความเครียดในแนวแรงของวัตถุ ตามสมการที่ 9

$$\nu = -\frac{\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{axial}} \qquad (9)$$

เมื่อ $\varepsilon_{lateral}$ คือ ความเครียดในแนวขวางซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับแรงที่มากระทำ และ ε_{axial} คือ ความเครียดในแนวแรง โดยเครื่องหมายลบในสมการหมายถึง หากเกิดการยืดตัวในแนวแกน ก็จะต้องเกิดการหดตัวในแนวด้านข้าง ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้าม จึงมีเครื่องหมายลบเพื่อให้ค่าอัตราส่วนปัวซองมีค่าเป็นบวกเสมอ ทั้งนี้ค่าอัตราส่วนปัวซองของวัสดุที่มีสมบัติเท่ากันยทุกทิศทาง (isotropic materials) โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง $0.2 < \nu < 0.5$

ผลกระทบปัวซอง (Poisson's effect) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (volume change) จากรูปที่ 10 กำหนดให้ V_o และ V_f คือปริมาตรเริ่มต้น (original volume) และปริมาตรสุดท้าย (final volume) ตามลำดับ



รูปที่ 10 เปรียบเทียบปริมาตรของวัตถุก่อนและหลังรับภาระ

โดยปริมาตรเริ่มต้นและปริมาตรสุดท้ายหาค่าได้จากสมการ

$$V_o = abc$$
$$V_f = abc(1+\varepsilon)(1-\nu\varepsilon)(1-\nu\varepsilon) = abc(1+\varepsilon-2\nu\varepsilon)$$

ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไป (Volume change) หาค่าได้จาก

$$\Delta V = V_f - V_0 = abc \cdot \varepsilon(1-2\nu) = V_0 \cdot \varepsilon(1-2\nu)$$

ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่อหนึ่งหน่วย (unit volume change) หาค่าได้จาก

$$e = \frac{\Delta V}{V_o} = \varepsilon(1-2\nu) = \frac{\sigma}{E}(1-2\nu)$$

การหาค่าอัตราส่วนปัวซองสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งจากการทดลองโดยตรง หรือการคำนวณจากสมบัติวัสดุที่ทราบค่า เช่น หากเราทราบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus: E) จากการทดสอบแรงดึง และค่ามอดูลัสเฉือน (Shear modulus: G) จากการทดสอบแรงบิด สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนปัวซองได้จากสมการ

$$E = 2G(1+\nu) \qquad (11)$$

ตารางบันทึกผล: การทดสอบแรงดึง

วัสดุ.....

เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเริ่มต้น: ..... เมตร

ความยาวชิ้นงานเริ่มต้น: ..... เมตร

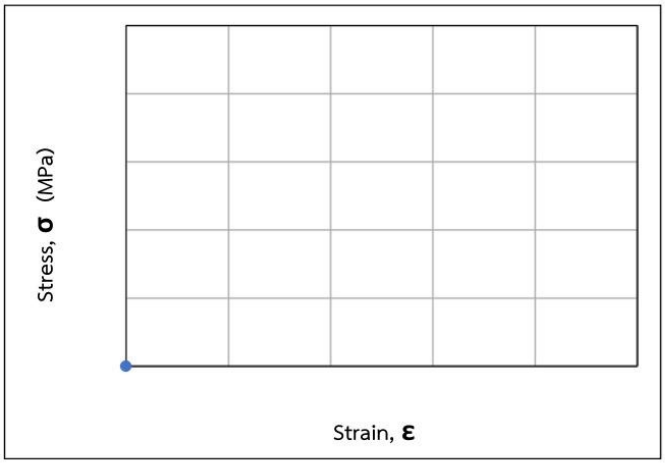
วัสดุ.....

เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเริ่มต้น: ..... เมตร

ความยาวชิ้นงานเริ่มต้น: ..... เมตร

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงดึง

วัสดุ.....				วัสดุ.....			
ระยะที่วัสดุยืดตัวไป	แรงดึงตั้งฉาก	Normal stress	Normal strain	ระยะที่วัสดุยืดตัวไป	แรงดึงตั้งฉาก	Normal stress	Normal strain
(m)	(N)	(MPa)	-	(m)	(N)	(MPa)	-



วัสดุ.....

Young modulus; E = ... GPa
Yield strength; σ_y = ... MPa
Ultimate strength; σ_{ul} = ... MPa
Fracture stress; σ_f = ... MPa

วัสดุ.....

Young modulus; E = ... GPa
Yield strength; σ_y = ... MPa
Ultimate strength; σ_{ul} = ... MPa
Fracture stress; σ_f = ... MPa

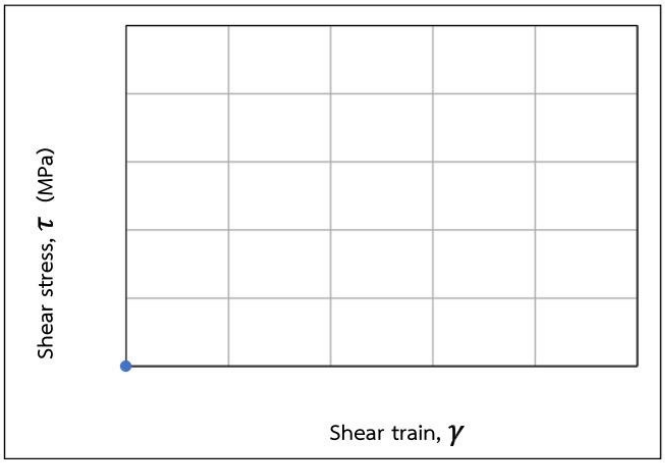
ตารางบันทึกผล: การทดสอบแรงบิด

วัสดุ........................
เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเริ่มต้น: .... เมตร
ความยาวชิ้นงานเริ่มต้น: .... เมตร Polar moment of inertial: .... m^4

วัสดุ........................
เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเริ่มต้น: .... เมตร
ความยาวชิ้นงานเริ่มต้น: .... เมตร Polar moment of inertial: .... m^4

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงบิด

วัสดุ........................				**วัสดุ........................**			
ระยะที่วัสดุบิดตัวไป	**แรงบิด**	Shear stress	Shear strain	**ระยะที่วัสดุบิดตัวไป**	**แรงบิด**	Shear stress	Shear strain
(Rad.)	(Nm)	(MPa)	-	(Rad.)	(Nm)	(MPa)	-



วัสดุ.....

Shear modulus; G = ... GPa

Ultimate shear strength; τ_{ul} = ... MPa

Fracture shear stress; τ_f = ... MPa

วัสดุ.....

Shear modulus; G = ... GPa

Ultimate shear strength; τ_{ul} = ... MPa

Fracture shear stress; τ_f = ... MPa

คำนวณอัตราส่วนปัวซอง

วัสดุ.....

Poisson ratio; ν = ...

วัสดุ.....

Poisson ratio; ν = ...

การทดสอบระบบปรับอากาศ

กล่าวนำ

การปรับสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการทำงานเป็นหน้าที่หนึ่งที่สำคัญของวิศวกรเครื่องกล ดังนั้นวิศวกรเครื่องกลจึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึงขั้นตอนการทำงานและการตรวจสอบระบบปรับอากาศ ซึ่งโดยหลักๆแล้วการปรับอากาศคือการปรับให้อากาศมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการปรับอากาศจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือการทำให้อากาศร้อน (Heating) และการทำให้อากาศเย็นลง (Cooling) อย่างไรก็ตามการที่เราจะปรับให้อากาศ มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงนั้นไม่ใช่จุดสิ้นสุดของกระบวนการปรับอากาศ เพราะโดยทั่วไปแล้วเมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะลดลง ส่วนการทำให้อากาศเย็นนั้นจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้นและความรู้สึกสะดวกสะบายไม่อึดอัดของมนุษย์นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วย

การปรับอากาศ

โดยทั่วไปอากาศที่อยู่รอบๆตัวเราในบรรยากาศนี้จะประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นหลักและมีก๊าซเฉื่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองต่างๆเป็นส่วนประกอบย่อย และยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ไอน้ำรวมอยู่ด้วย อากาศที่มีส่วนประกอบดังกล่าวรวมถึงมีไอน้ำอยู่ด้วยนั้นนิยมเรียกว่า อากาศในสภาพบรรยากาศ (Atmospheric air) ส่วนอากาศที่ไม่มีไอน้ำรวมอยู่ด้วยเลยนั้นจะเรียกว่าอากาศแห้ง (dry air) เนื่องจากอากาศในสภาพความดันบรรยากาศปกติจะมีความดันต่ำดังนั้นจึงสามารถที่จะประมาณว่าอากาศในสภาพปกตินี้เป็นก๊าซอุดมคติได้ และสำหรับระบบการปรับอากาศนี้อุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก ดังนั้นค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ของอากาศแห้งจึงสามารถประมาณได้ว่าคงที่และมีค่าประมาณ 1,005 kJ/kg-K ซึ่งทำให้ได้ว่า

$$\Delta h_{dry\ air} = C_p \Delta T \tag{1}$$

ส่วนความดันบรรยากาศของอากาศปกติ P นั้นจะเป็นความดันของอากาศแห้ง P_a รวมกับความดันของไอน้ำ P_v หรือ

$$P = P_a + P_v \tag{2}$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากไอน้ำในอากาศมีปริมาณอยู่น้อยจึงทำให้ความดันของไอน้ำนั้นต่ำจึงสามารถประมาณได้ว่าไอน้ำในอากาศที่สภาพปกตินั้นสามารถประมาณได้ว่าเป็นก๊าซอุดมคติเช่นกันและเนื่องจากค่าเอนทาลปีของก๊าซอุดมคติจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเท่านั้นจึงทำให้ค่านอนทาลปีของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเพียงอย่างเดียว เมื่อเป็นดังนั้นแล้วค่าเอนทาลปีของไอน้ำในอากาศจะเท่ากับค่าเอนทาลปีของไอน้ำในสภาพไออิ่มตัวที่ อุณหภูมิเดียวกันหรือ

$$h_v(T) = h_g(T) \text{ เมื่อความดันต่ำ} \tag{2a}$$

ความชื้นสัมบูรณ์และความชื้นสัมพัทธ์

ปริมาณไอน้ำในอากาศทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น การกำหนดค่าความชื้นของอากาศกำหนดได้สองแบบ คือการกำหนดค่าความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) โดย

ความชื้นสัมบูรณ์ (ω) หรือ อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) คือ สัดส่วนของมวลไอน้ำที่มีอยู่ต่อมวลของอากาศแห้งในขณะนั้น หรือเรียกอีกอย่างว่า ความชื้นจำเพาะ (specific humidity)

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \tag{3}$$

ซึ่งสามารถที่จะเขียนให้อยู่ในรูปของความกันได้เป็น

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a}$$

หรือ

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P_a} = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \tag{4}$$

และเมื่อมีปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้นค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศจะเพิ่มขึ้นไม่ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไรก็ตามในกรณีที่อุณหภูมิคงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง อากาศจะมีความสามารถรองรับไอน้ำที่ระเหยอยู่ในอากาศปริมาณหนึ่งเท่านั้น นั่นคือจะรับไอน้ำได้จนกระทั่งความดันของไอน้ำเท่ากับความดันของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมินั้นและเมื่ออากาศรับไอน้ำจนกระทั่งไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกต่อไปเราเรียกอากาศขณะนั้นว่าอากาศอิ่มตัว (saturated air) และ อุณหภูมิที่ทำให้อากาศนั้นอิ่มตัวที่ความดันนั้นซึ่งก็คืออุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำที่ความดันของไอน้ำในขณะนั้นจะเรียก ว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point temperature)

ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศบ่งบอกถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้นแต่โดยทั่วไปมนุษย์จะไม่มีความรู้สึกอึดอัดหรือสะดวกสบายกับปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศมากเท่าใดนักแต่กลับมีความรู้สึกกับปริมาณไอน้ำที่อากาศสามารถที่จะรับเพิ่มเข้าไปได้อีกมากน้อยเท่าใดด้วยเหตุที่ว่ามนุษย์จะมีการระบายความร้อนออกมาทางผิวหนังในรูปของเหงื่อและถ้าหากว่าเหงื่อนั้นสามารถระเหยตัวเข้าไปในอากาศได้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้เรารู้สึกสบายกว่าการที่เหงื่อระเหยตัวไม่ได้หรือระเหยตัวได้มากเกินไป ดังนั้นค่าที่บอกถึงความชื้นของอากาศที่เราสนใจในทางการปรับอากาศจึงเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ ϕ ซึ่งเป็นค่าของมวลไอน้ำในอากาศขณะนั้นต่อมวลของไอน้ำสูงสุดที่อากาศ สามารถรองรับได้ที่อุณหภูมิเดียวกัน นั่นคือ

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v T}{P_g V / R_g T} = \frac{P_v}{P_g} \quad \text{เมื่อ } R_v = R_g \tag{5}$$

ซึ่งจากสมการจะพบว่าสามารถที่จะนิยามค่าความชื้นสัมพัทธ์ว่าเท่ากับอัตราส่วนของความดันไอขณะนั้นต่อความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกันได้อีกด้วย จากสมการที่ (4) และ (5) สามารถหาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมบูรณ์และความชื้นสัมพัทธ์ได้เป็น

$$\omega = \frac{0.622 \phi P_g}{P - \phi P_g} \tag{6}$$

ค่าเอนทาลปีของอากาศปกติหาได้จากผลรวมของเอนทาลปีของอากาศแห้งรวมกับเอนทาลปีของอากาศปกติ

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v \tag{7}$$

หรือ

$$h = h_a \frac{m_v}{m_a} h_v \tag{8}$$

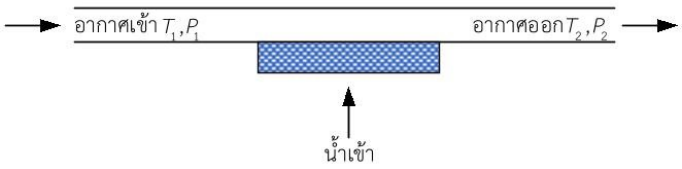
เมื่อ h ในที่นี้จะมีหน่วยเป็นพลังงานต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง (kJ/kg-dry air) ซึ่งสมการที่ (8) ยังสามารถเขียนได้เป็น

$$h = h_a \frac{m_v}{m_a} h_g \tag{9}$$

เนื่องจากเอนทาลปีของไอน้ำในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิเท่านั้นและใช้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2a) และ (3)

อุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติก

วิธีการที่จะหาค่าปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศนั้นมีอยู่หลายวิธีแต่วิธีที่นิยมและถูกต้องที่สุดก็คือการหาจากอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติก โดยอุปกรณ์ที่จะใช้นี้จะเป็นท่อซึ่งมีความยาวที่เหมาะสม ตามรูปที่ 1 โดยจะให้อากาศวิ่งผ่านทางตอนบนของท่อและจะไหลผ่านน้ำที่เติมไว้เต็มทางตอนล่างของท่อ ในขณะที่อากาศนี้ไหลผ่านก็จะมีน้ำส่วน หนึ่งระเหยเข้าไปในอากาศ ส่วนทางด้านล่างของท่อจะเติมน้ำไว้จนเต็มโดยมีน้ำไหลเข้ามาเสริมให้เต็มอยู่ตลอดเวลา โดยน้ำที่ไหลเข้านี้จะมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศที่ทางขาออกและมีการบันทึกปริมาณน้ำที่ไหลเข้าไว้ ส่วนที่ทางขาเข้าและขาออกก็จะมีการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและอัตราการไหลของอากาศไว้ หากว่าความยาวของท่อมีความยาวเพียงพออากาศที่ไหลออกมาทางปลายท่อก็จะดูดกลืนไอน้ำเข้าไปจนอยู่ในสภาพอากาศอิ่มตัว



รูปที่ 1 การหาอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติก

ส่วนขั้นตอนการคำนวณจะเป็นดังนี้ เนื่องจากมวลของอากาศแห้งจะคงที่ดังนั้นมวลของอากาศแห้งที่ไหลเข้า และออกจากท่อจะต้องเท่ากัน นั่นคือ (ให้ 1 แทนตำแหน่งเข้าและ 2 เป็นตำแหน่งออก)

$$\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a \tag{10}$$

ส่วนมวลของไอน้ำในอากาศที่ทางเข้ารวมกับปริมาณน้ำที่เสริมเข้าไปต้องเท่ากับมวลของไอน้ำในอากาศที่ทางออก

หรือ $$\dot{m}_{w1} = \dot{m}_f = \dot{m}_{w2} \tag{11}$$

หรือจากสมการที่ (3) สามารถจัดรูปได้เป็น $$\omega_1 \dot{m}_a + \dot{m}_f = \omega_2 \dot{m}_a \tag{12}$$

ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำจะเป็น $$\dot{m}_f = \dot{m}_a(\omega_2 - \omega_1) \tag{13}$$

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของพลังงานนั้นหาได้จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์เมื่อการถ่ายเทความร้อน และงานไม่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ จะได้

$$\sum m_i h_i = \sum m_e h_e \tag{14}$$

$$\dot{m}_a h_1 + \dot{m}_f h_{f2} = \dot{m}_a h_2 \tag{14a}$$

$$\dot{m}_a h_1 + \dot{m}_a(\omega_2 - \omega_1) h_{f2} = \dot{m}_a h_2 \tag{14b}$$

$$h_1 + (\omega_2 - \omega_1) h_{f2} = h_2 \tag{14c}$$

หรือ $$C_p T_1 + \omega_1 h_{g1} + (\omega_2 - \omega_1) h_{g2} = C_p T_2 \omega_2 h_{g2} \tag{15}$$

และเมื่อที่ทางขาออกอากาศมีสภาพเป็นอากาศอิ่มตัวดังนั้น $P_{v2} = P_{g2}$ ซึ่งเท่ากับความดันอิ่มตัวที่อุณหภูมิ T_1 ดังนั้นจากสมการที่ (4) เราสามารถหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ที่ตำแหน่งทางออกได้เท่ากับ

$$\omega_2 = \frac{0.622 P_{g2}}{P_2 - P_{g2}} \tag{16}$$

และเมื่อทราบค่าความชื้นสัมบูรณ์ที่ทางออกก็จะสามารถแทนค่าเพื่อที่จะหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ที่ทางขาเข้าตามสมการที่ (15) ได้เป็น

$$\omega_1 = \frac{C_p(T_2 - T_1) + \omega_2 h_{fg2}}{h_{g1} - h_{f2}} \tag{17}$$

เมื่อ $h_f = h_g - h_f$ ดังนั้นเมื่อเราทราบค่าอุณหภูมิและความดันที่ทางออกเราจะสามารถหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่ทางเข้าได้และเมื่อทราบค่าความชื้นสัมบูรณ์แล้วเราก็จะสามารถหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามสมการ (6)

การหาค่าความชื้นในอากาศด้วยวิธีนี้แม้ไม่ยุ่งยากในห้องปฏิบัติการ แต่ให้การทำงานจริงและอุปกรณ์การวัดทั่วๆไปอาจไม่เหมาะสมเพราะว่ามีความจำเป็นที่ต้องการให้ท่อมีความยาวที่เพียงพอเพื่อให้อากาศที่ทางออกเป็นอากาศอิ่มตัว ดังนั้นวิธีการที่นิยมอีกวิธีหนึ่งซึ่งอาศัยหลักการเดียวกันก็คือการนำเอาผ้าหรือสำลีชุบน้ำให้เปียกแล้วนำไปวัดค่าอุณหภูมิในอากาศขณะที่อากาศนั้นไหลผ่าน(หรือให้เทอร์โมมิเตอร์นี้วิ่งผ่านไปในอากาศที่หยุดนิ่งก็ได้) เมื่ออากาศวิ่งผ่านน้ำที่ชุบอยู่ในสำลีก็จะเกิดการระเหยตัวของน้ำขึ้นเมื่อน้ำระเหยตัวก็จะมีการดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบด้าน ทำให้อุณหภูมิลดลงและจะเข้าสู่

สมดุลเมื่อปริมาณของความร้อนที่น้ำต้องการเพื่อใช้ในการระเหยตัวเท่ากับปริมาณความร้อนที่อากาศถ่ายเทให้กับน้ำ ซึ่งการเข้าสู่สมดุลนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออากาศที่ผ่านออกไปเป็นอากาศอิ่มตัว ดังนั้นอุณหภูมิที่อ่านได้จึงสามารถประมาณได้ว่าเท่ากับอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติกและอุณหภูมิที่อ่านได้จากสำลีที่ชุบน้ำนี้เรียกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature, T_{wb}) ส่วนค่าอุณหภูมิที่อ่านในสภาพปกตินิยมเรียกอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature, T_{db}) ซึ่งเมื่อได้อุณหภูมิทั้งสองแล้วก็สามารถนำไปหาค่าความชื้นในอากาศในความดันบรรยากาศขณะนั้นได้

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกซึ่งนอกจากจะมีน้ำอยู่ด้วยแล้วยังต้องให้อากาศไหลผ่านกระเปาะในความเร็วที่เหมาะสมอุปกรณ์ที่นิยมใช้คือ sling psychrometer ซึ่งจะประกอบด้วยด้ามจับและมีที่ใส่เทอร์โมมิเตอร์ซึ่งหมุนได้รอบด้ามจับ ในการตรวจวัดจะต้องมีการเหวี่ยงด้ามจับไปรอบๆ เพื่อให้เทอร์มอมิเตอร์นั้นเกิดการหมุนเคลื่อนที่ผ่านอากาศ

Psychrometric Chart

แม้ว่าในการหาค่าความชื้นในอากาศจะสามารถใช้สมการต่างๆ ที่มีอยู่คำนวณหาค่าออกมาได้เมื่อทราบค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งแล้วก็ตามแต่จะเป็นการสะดวกกว่าหากจะใช้ psychrometric chart ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง กระเปาะเปียกกับค่าความชื้นสัมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาตร จำเพาะและเอนทาลปีของอากาศ ซึ่ง psychrometric chart มีลักษณะตามรูปในภาคผนวก อย่างไรก็ตามค่าตัวแปรที่สำคัญในการคำนวณอีกคำหนึ่งก็คือค่าของความดัน ซึ่งจะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงไปถ้าความดันเปลี่ยนไป สำหรับ psychrometric chart ส่วนใหญ่จะทำขึ้นที่ความดันบรรยากาศ ดังนั้นการใช้ chart นี้ที่ความดันต่างจากความดันบรรยากาศไปมากอาจจะทำให้ผลการคำนวณผิดพลาดไปได้มากเช่นกัน อย่างไรก็ตามในยุคนี้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากในงานวิศวกรรมและแท้ที่จริงแล้ว psychrometric chart ก็ได้มาจากสมการการคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น (ไม่ได้มาจากการทดลองเหมือนกราฟอื่นๆทางเทอร์โมไดนามิกส์) จึงเป็นเรื่องง่ายมากที่จะกำหนดค่าอุณหภูมิและความดันที่ได้จากการวัดในสถานที่ทำงานจริงแล้วคำนวณหาค่าความชื้นและค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องของอากาศในขณะนั้น ซึ่งทำให้ได้ค่าที่แม่นยำกว่าและมีความถูกต้องสูงกว่าการใช้ psychrometric char ด้วย

กระบวนการปรับอากาศ

กระบวนการปรับอากาศนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความต้องการของสภาพอากาศและสภาพอากาศรอบๆข้างในขณะนั้นสำหรับกระบวนการปรับอากาศในสภาพการเป็นอยู่ของมนุษย์โดยปกติแล้วนั้นจะประกอบด้วย

- การทำความร้อน
- การทำความเย็น
- การให้ความร้อนและเพิ่มความชื้น
- การทำความเย็นและลดความชื้น
- การรวมอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน

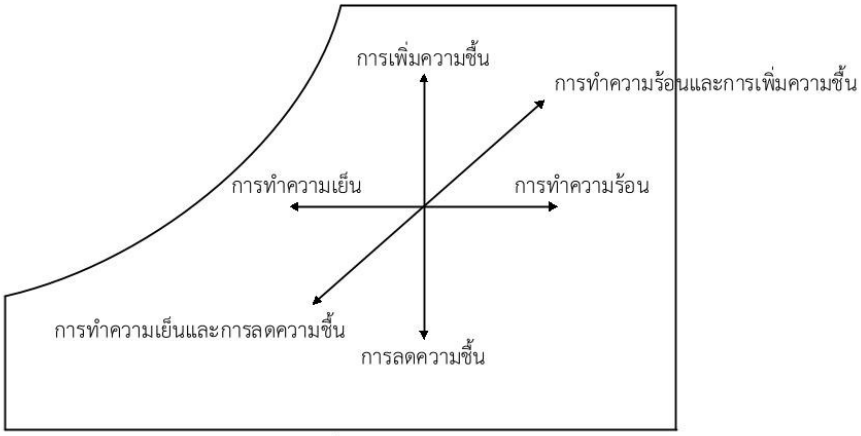
สำหรับสภาพอากาศที่มนุษย์รู้สึกสบายและเหมาะสมกับกิจกรรมที่กำลังทำอยู่มีความหลากหลายและแปรเปลี่ยนไปตามความชอบ อุปนิสัยและท้องถิ่นที่ตั้งอยู่เป็นสำคัญ การที่จะกำหนดแน่นอนลงไปว่ามนุษย์มีความต้องการอุณหภูมิ และความชื้นรอบๆ ตัวเท่าไหร่นั้นจึงเป็นเพียงค่าเฉลี่ยปกติเท่านั้น ซึ่งค่านี้ก็จะเปลี่ยนไปตามท้องถิ่นแต่ละที่ด้วย สำหรับเมืองไทยนั้นเนื่องจากสภาพอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้น ดังนั้นคนไทยส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ไม่เย็นและแห้งมากนัก เพราะร่างกายเคยชินกับการระบายเหงื่อในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก ผิดกับคนที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองหนาว สำหรับประเทศไทยนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณ 24 - 27°c และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 50 - 70% สำหรับกระบวนการปรับอากาศเพื่อการอยู่อาศัยโดยทั่วไปจะมีหลักการคำนวณต่อไปนี้

ผลรวมของมวลของอากาศแห้งต้องคงที่ $$\sum \dot{m}_{a,i} = \sum \dot{m}_{a,e} \qquad (18)$$

ผลรวมของมวลของน้ำต้องคงที่ $$\sum \dot{m}_{w,i} = \sum \dot{m}_{a,e} \text{ หรือ } \sum \dot{m}_{a,i}\omega_i = \sum \dot{m}_{a,e}\omega_e \quad (19)$$

ผลรวมพลังงานต้องคงที่ $$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i \quad (20)$$

สำหรับการปรับอากาศด้วยวิธีต่างๆนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอากาศไปตามแต่กรณี ซึ่งรูปที่ 2 ได้แสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงของอากาศบน psychrometric chart ตามวิธีการปรับอากาศแต่ละแบบ



รูปที่ 2 การปรับอากาศแบบต่างๆ

การทำความเย็น (Simple Cooling)

การทำความเย็นแบบธรรมดานี้เป็นการนำความร้อนออกจากอากาศเท่านั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของไอน้ำในอากาศแต่อย่างใดจึงทำให้ค่าความชื้นสัมบูรณ์คงที่ อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลงความสามารถในการระเหยตัวของไอน้ำในอากาศจะลดลงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นหากไม่มีการปรับแก้ด้วยวิธีอื่นใดการทำความเย็นวิธีนี้จะทำให้อากาศนั้นมีความชื้นสูงทำให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้นรู้สึกอึดอัดแม้ว่าอากาศจะเย็นก็ตาม สำหรับการคำนวณของระบบการทำความเย็นแบบธรรมดานี้จะได้ว่า (ให้ 1 แทนตำแหน่งทางเข้าและ 2 เป็นตำแหน่ง ทางออก)

ความชื้นสัมบูรณ์คงที่ $$\omega_1 = \omega_2 \quad (21)$$

ปริมาณความร้อนที่ออกจากอากาศ $$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \quad (22)$$

การทำความร้อน (Simple Heating)

การทำความร้อนแบบธรรมดานี้ก็คล้ายกับการทำความเย็นแบบธรรมดา คือ เป็นการให้ความร้อนกับอากาศเท่านั้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของไอน้ำในอากาศแต่อย่างใดจึงทำให้ค่าความชื้นสัมบูรณ์คงที่ อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นความสามารถในการระเหยตัวของไอน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้นด้วยทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง ดังนั้นหากไม่มีการปรับแก้ด้วยวิธีอื่นใดการทำความร้อนวิธีนี้จะทำให้อากาศนั้นมีความชื้นลดลงทำให้ผู้ที่อยู่ในบริเวณนั้นรู้สึกว่าผิวจะแห้งหายใจไม่สะดวกแม้ว่าอากาศจะร้อนก็ตาม สำหรับการคำนวณของระบบการทำความร้อนแบบธรรมดานี้จะได้ว่า (ให้ 1 แทนตำแหน่งทางเข้าและ 2 เป็นตำแหน่งทางออก)

ความชื้นสัมบูรณ์คงที่ $$\omega_1 = \omega_2 \quad (23)$$

ปริมาณความร้อนที่ให้กับอากาศ $$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \quad (24)$$

การทำความเย็นและการลดความชื้น

การทำความเย็นและการลดความชื้นเป็นวิธีการปรับอากาศที่ทำให้ปริมาณของไอน้ำในอากาศลดลง หลักการก็คือการทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างในขณะนั้นซึ่งอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการในส่วนปรับอากาศก็ได้

เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างจะทำให้น้ำในอากาศส่วนหนึ่งกลั่นตัวออกมาเป็นหยดน้ำและอากาศที่ออกมาจะอยู่ในสภาพอากาศอิ่มตัว และเมื่ออากาศออกมาจากส่วนลดความชื้น(คือส่วนที่มีการกลั่นตัวของไอ น้ำ) ขณะที่อากาศไหลมาตามท่อจะเกิดการถ่ายเทความร้อนกับบรรยากาศรอบๆทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น และความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง หากมีการคำนวณที่เหมาะสมสำหรับความชื้นที่นำออกไปในช่วงแรกและปริมาณความร้อน ที่ถ่ายเทกับบรรยากาศรอบข้าง เมื่ออากาศเข้าสู่ส่วนปรับอากาศก็จะมีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ วิธีการอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ออกมาจากส่วนทำความเย็นก็คือการนำอากาศเย็นนี้มารวมกับอากาศที่ไม่ผ่านการปรับอากาศและถ้าหากว่าการรวมของอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันอยู่ในอัตราที่เหมาะสมก็จะทำให้อากาศที่ได้ออกมานั้นมีค่าอุณหภูมิและความชื้นตามความต้องการ ซึ่งวิธีการนี้ยังจะช่วยในการเพิ่มอากาศบริสุทธิ์ให้กับส่วนปรับอากาศอีกได้ด้วย สำหรับการคำนวณนั้นก็สามารถหาได้จาก (ให้อากาศเข้าสู่ส่วนทำความเย็นที่ 1 เข้าส่วน ลดความชื้นที่ 2 และออกจากระบบที่ 3)

ปริมาณไอน้ำที่กลั่นตัว $$\dot{m}_f = \dot{m}_a(\omega_3 - \omega_2) \quad (25)$$

ปริมาณความร้อนที่ออกจากอากาศ $$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) + \dot{m}_f h_f \quad (26)$$

ส่วนค่าความชื้นสัมบูรณ์ในส่วนการทำความเย็นจะคงที่ และ h, คือค่าเอนทาลปีของน้ำที่กลั่นตัวออกมาจากระบบซึ่งสามารถประมาณว่าเท่ากับเอนทาลปีของของเหลวอิ่มตัวที่อุณหภูมินั้น

การทำความเย็นและการเพิ่มความชื้น

การทำความเย็นและการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศที่ทำการปรับสภาพอากาศก็เพื่อทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงขึ้นเพื่อให้เรารู้สึกสบายขึ้น หลักการก็คือหลังจากที่มีการทำความร้อนแบบธรรมดาแล้ว เราจะพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะลดลง เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจะมีการฉีดไอน้ำเข้าไปกับอากาศที่ทำความร้อนแล้ว สำหรับปริมาณของไอน้ำที่ฉีดเข้าไปก็ต้องให้มีปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ตามที่ต้องการ สำหรับน้ำที่ใช้ฉีดเข้าไปนั้นก็นิยมที่จะใช้ไอน้ำร้อนเพราะจะได้ไม่ต้องสูญเสียปริมาณความร้อนในอากาศเพื่อการระเหยตัวของไอน้ำซึ่งอาจทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงมากกว่าที่ต้องการสำหรับหลักการที่ใช้คำนวณมีดังนี้

ปริมาณความร้อนที่ให้กับอากาศ $$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \quad (27)$$

ปริมาณน้ำที่เพิ่ม $$\dot{m}_f = \dot{m}_a(\omega_3 - \omega_2) \quad (28)$$

และค่าความชื้นสัมบูรณ์ในส่วนการทำความร้อนจะคงที่

การรวมตัวของอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน

สำหรับอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกันเมื่อมารวมตัวกันแล้วจะทำให้ได้อากาศที่ออกมานั้นมีค่า ความชื้นและอุณหภูมิที่ต่างจากอากาศที่เข้ารวมตัว ถ้าหากว่าอากาศที่ต่างกันเข้าสู่ปริมาตรควบคุมที่ตำแหน่ง 1 และ 2 แล้วออกจากปริมาตรควบคุมที่ตำแหน่ง 3 หากไม่มีงานและการถ่ายเทความร้อนจะได้ว่า

ผลรวมของมวลอากาศแห้งต้องคงที่ $$\dot{m}_{a,3} = \dot{m}_{a,1} + \dot{m}_{a,2} \quad (29)$$

ผลรวมของไอน้ำในอากาศต้องคงที่ $$\dot{m}_{a,3}\omega_3 = \dot{m}_{a,1}\omega_1 + \dot{m}_{a,2}\omega_2 \quad (30)$$

ผลรวมพลังงานต้องคงที่ $$\dot{m}_{a,3}h_{a,3} = \dot{m}_{a,1}h_{a,1} + \dot{m}_{a,2}h_{a,2} \quad (31)$$

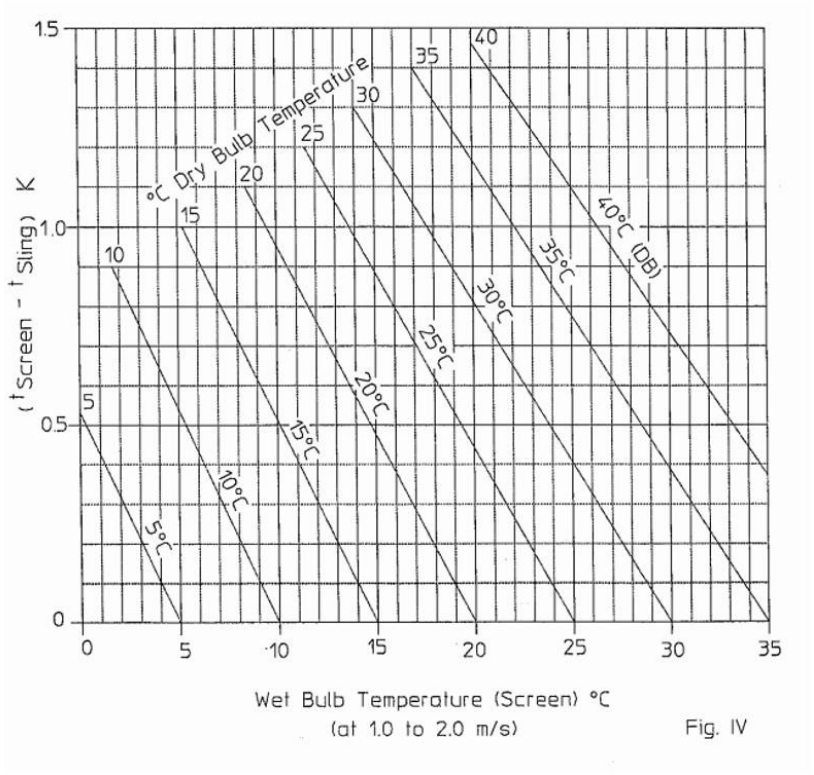
เครื่องมือทดลองการปรับอากาศ

สำหรับเครื่องมือทดลองที่ใช้เป็นเครื่อง Recalculating Air Conditioning Unit ของบริษัท P.A. Hilton รุ่น A771 ส่วนเครื่องมือทดลองและแผงควบคุมนั้นแสดงรูปในภาคผนวก

การวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศของเครื่องมือทดลอง

สำหรับการวัดอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิสองตัว ตัวหนึ่งจะวัดอุณหภูมิปกติของอากาศอีกตัวหนึ่งจะวัดอุณหภูมิของน้ำขณะที่มีการระเหยตัวของน้ำ ซึ่งนิยมเรียกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกตามลำดับ โดยการวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกนั้นจะสามารถบอกถึงค่าอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติกได้และการทราบค่าอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติกนี้จะสามารถนำไปบ่งบอกถึงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ต่อไปโดยการใช้ Psychometric chat

อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่เราใช้อยู่ที่ความเร็วของอากาศที่ผ่านเครื่องมือวัดในกระเปาะเปียกไม่เพียงพอที่จะทำให้เครื่องวัดมีสภาพเป็นค่าอุณหภูมิอิ่มตัวอะเดียบาติกเนื่องจากความเร็วต่ำเกินไป ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบวัดค่าที่วัดได้กับค่าที่ควรจะเป็นเสียก่อนโดยใช้ chart ในรูปที่ 3 สำหรับการใช้ chart นั้นเมื่ออ่านค่า T และ T.ซึ่งค่าที่อ่านได้ที่จะเป็นเพียงอุณหภูมิที่ผ่านม่านกั้น (screen temperature) ไม่ใช่อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) ที่แท้จริง (หรือที่เรียกว่า sling temperature) ดังนั้นหากต้องการหาค่า sling temperature ให้กำหนดจุด dry bulb และ screen temperature จากนั้นอ่านค่าความแตกต่างของ sling และ screen temperature ตามแกนตั้ง ซึ่งจะสามารถนำไปหาค่า sling temperature หรือ wet bulb temperature ที่แท้จริงของอากาศได้



รูปที่ 3 กราฟเพื่อใช้เปรียบวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก

การวัดอัตราการไหลของเครื่องมือทดลอง

เครื่องมือวัดอัตราการไหลที่ใช้เป็น orifice type flow meter ซึ่งจากการเปรียบวัดมาเรียบร้อยแล้วนั้นจะได้ว่าอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ

$$\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{z}{v}} \qquad (32)$$

เมื่อ z คือความแตกต่างของระดับน้ำใน manometer ในหน่วย mm H_2O และ v คือ specific volume ของอากาศในขณะ นั้น (หาจาก Psychometric chart) สำหรับค่าอัตราการไหลของอากาศที่วัดได้นี้เป็นอัตราการไหลของอากาศแห้งเพราะ ค่าปริมาตรจำเพาะที่ใช้มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อหน่วยมวลของอากาศแห้ง (J/kg-dry air)

สำหรับเครื่องมือวัดอัตราการไหลในเครื่อง duct orifice จะมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลแตกต่างออกไป คือ จะ ใช้สัมประสิทธิ์ 0.073 แทนที่จะเป็น 0.0757 ในสมการที่ (32)

การทดลองการปรับอากาศ

การทดลองของเครื่องมือทดลองนี้สามารถทำได้หลายแบบ สำหรับนักศึกษาจะทำเครื่องมือทดลองใดบ้างนั้น ขึ้นอยู่กับการมอบหมายจากผู้ควบคุมการปฏิบัติการ

การเตรียมการทดลอง

1. วัดอุณหภูมิห้องและจดบันทึกค่า
2. ตรวจวัดปริมาณน้ำในกระเปาะเปียกให้อยู่ในสภาพเต็มก่อนเริ่มการทดลอง
3. เปิด main switch และปรับความเร็วพัดลมให้สูงสุด
4. เมื่อ main switch เปิดสิ่งที่ต้องทำงานคือ
   - พัดลม
   - ไฟสัญญาณการทำงานของเครื่อง
   - Voltmeter
   - เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
   - หากกดปุ่มตรวจค่ากระแสไฟฟ้าของพัดลม เข็ม ammeter ต้องทำงาน

สำหรับการทดลองต่อไปนี้ subscript A, B, ... หมายถึงค่าที่จุดต่างๆ ตามที่ปรากฏในรูปของเครื่องมือทดลอง ในภาคผนวกและที่เครื่องมือทดลอง

การทดลองที่ 1 การให้ความร้อนแบบธรรมดา

1. เปิดเครื่องทำความร้อน(การเปิดแต่ละจุดจะให้กำลัง 0.5kw)
2. ทิ้งให้ระบบสมดุลประมาณ 5 นาที
3. บันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าของลวดความร้อน อุณหภูมิที่จุด A, B และ C

การประเมินผล

1. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่จุด A $\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{z}{\nu}}$ หรือ $\rho_A A_A V_{s,A}$
2. กำลังงานความร้อนที่เครื่องจ่ายให้ขดลวดความร้อน $P_{Heater} = I_{Heater} V_{Heater}$
3. ค่าความร้อนที่อากาศได้รับ $\dot{Q} = \dot{m}_a (h_C - h_B)$
4. โดยที่ค่า ρ_a คือความหนาแน่นของอากาศที่จุด A ค่า A_A คือพื้นที่หน้าตัดที่จุด A และ $V_{s,A}$ คือความเร็วลมที่จุด A สำหรับค่า h_B, h_C และ ν หาจาก psychometric chart .

การนำเสนอผล

1. ค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อน ๆ $\eta_{th} = \frac{\dot{Q}}{P_{heater}}$
2. ตรวจสอบว่าค่าความชื้นสมบูรณ์ของอากาศคงที่หรือไม่จากอุณหภูมิที่วัดได้ที่ B และ C
3. แสดงกระบวนการบน psychometric chart

การทดลองที่ 2 การให้ความชื้น

1. เปิดเครื่องทำความร้อนของเครื่องต้มน้ำ(การเปิดแต่ละจุดจะให้กำลัง 0.5kW)
2. ทิ้งให้ระบบสมดุลประมาณ 5 นาที
3. บันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าของลวดความร้อนทั้งสองและอุณหภูมิที่จุด A, B และ C

การประเมินผล

1. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่จุด A $\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{z}{\nu}}$ หรือ $\rho_A A_A V_{s,A}$
2. กำลังงานความร้อนที่เครื่องจ่ายให้หม้อต้มน้ำ $P_{Boiler} = I_{Boiler} V_{Boiler}$
3. ค่าความร้อนที่อากาศได้รับ $\dot{Q} = \dot{m}_a (h_C - h_B)$
4. ค่าปริมาณไอน้ำที่อากาศได้รับ $\dot{m}_f = \dot{m}_a (\omega_C - \omega_B)$
5. ค่าปริมาณไอน้ำที่ออกจากถังตามทฤษฎี $\dot{m}_f = \frac{P_{Bolier}}{h_g - h_f}$

6. โดยที่ค่า ρ_a คือความหนาแน่นของอากาศที่จุด A ค่า A_A คือพื้นที่หน้าตัดที่จุด A และ $V_{s,A}$ คือความเร็วลมที่จุด A สำหรับค่า h_B, h_C และ ν หาจาก psychometric chart .ส่วนค่า h_g คือ ค่าเอนทาลปีของไออิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ และค่า h_f , ประมาณว่าเท่ากับค่าเอนทาลปีของน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง

การนำเสนอผล

1. ตรวจสอบค่าพลังงานของอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มไอน้ำกับกำลังไฟที่ใช้กับเครื่องต้มน้ำ และพิจารณาว่ามีพลังงานสูญเสียไปเท่าใด
2. ตรวจสอบค่าการเพิ่มขึ้นของไอน้ำในอากาศจากการวัดอุณหภูมิและการคำนวณทางทฤษฎีจากกำลังไฟที่ใช้
3. แสดงกระบวนการบน psychometric chart

การทดลองที่ 3 การให้ความร้อนและการเพิ่มความชื้น

เป็นการทดลองรวมระหว่าง การทดลองที่1 และ 2 สำหรับการประเมินผลเป็นการตรวจสอบค่าอุณหภูมิของอากาศ และ ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ประสิทธิภาพของระบบหาได้จากอัตราส่วนของความร้อนที่อากาศได้รับต่อปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ให้กับขดลวดไฟฟ้าทั้งสองหรือเขียนเป็นสมการ ได้เป็น

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}_a (h_C - h_B)}{P_{Heter} + P_{Boiler}} \quad (33)$$

การทดลองที่ 4 การทำความเย็น

จุดประสงค์ของการทำความเย็นแบบธรรมดานี้เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพและวงจรของระบบการทำ ความเย็น สำหรับการทดสอบนี้ถ้าไม่มีอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่การที่อุณหภูมิจะลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างของอากาศ ที่ความดันนี้ไม่สมควรจะเกิดขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้ไม่น่าจะมีไอน้ำกลั่นตัว หรือ ไม่ควรจะมีการลดปริมาณความชื้นนั่นเอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่องทำความเย็น
2. ทิ้งให้เครื่องเข้าสู่สภาพสมดุล โดยทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที (หากว่าการทดลองนี้ทำต่อจากการให้ความร้อนอาจใช้เวลามากกว่านั้นเพื่อให้ระบบการให้ความร้อนกลับเข้าสู่สภาพปกติเสียก่อน)
3. บันทึกค่าอุณหภูมิและความดันที่จุดต่าง ๆ ของระบบทำความเย็น อัตราการไหลของน้ำยา R134a กำกระแสไฟที่เครื่องอัดไอใช้ค่าความต่างศักย์และอุณหภูมิอากาศที่จุด A, C และD

การประเมินผล

1. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่จุด A $\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{z}{\nu}}$ หรือ $\rho_A A_A V_{s,A}$
2. กำลังงานความร้อนที่เครื่องจ่ายให้เครื่องทำความเย็น $P_{Comp} = I_{Comp} V_{Comp}$

3. ค่าความร้อนที่นำออกจากอากาศ $\dot{Q} = \dot{m}_a(h_D - h_C)$

4. ปริมาณความร้อนที่น้ำยาทำความเย็นได้รับ $\dot{Q}_R = \dot{m}_R(h_{out} - h_{in})$

โดย R แทน refrigerant ส่วน out และ in แทนจุดที่ออกและเข้า evaporator ตามลำดับ

การเสนอผล

1. เขียนวัฏจักรการทำความเย็นตามค่าอุณหภูมิและความดันที่วัดได้จากระบบบน P-s diagram ของ R134a
2. หาประสิทธิภาพของเครื่องอัดไอจากอัตราส่วนของพลังงานที่เพิ่มขึ้นในน้ำยาทำความเย็นต่อพลังงานกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเครื่อง
3. หาประสิทธิภาพของ evaporator (ปริมาณความร้อนที่อากาศได้รับต่อปริมาณความร้อนที่น้ำยาสูญเสียไป)
4. หาปริมาณความร้อนที่นำออกจากอากาศ
5. หา COP ของเครื่องทำความเย็นโดยหาจากอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่นำออกจากอากาศต่อด้วยพลังงานกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเครื่อง
6. แสดงกระบวนการบน psychometric chat

การทดลองที่ 5 การทำความเย็นและการลดความชื้น

การทดลองนี้จะคล้ายกับการทดลองที่ 4 แต่ว่าเพื่อที่จะสามารถแสดงให้เห็นถึงการลดความชื้น จึงให้อากาศ ก่อนที่จะเข้าสู่ส่วนทำความเย็นนั้นมีความชื้นสูงและเมื่อลดอุณหภูมิลงก็จะมีบางส่วนกลั่นตัว การเพิ่มความชื้นก็จะ สามารถทำได้โดยการเพิ่มความชื้นโดยใช้ steam injection

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่องปรับอากาศ
2. เปิดขดลวดความร้อนของหม้อต้ม
3. ทิ้งให้เครื่องเข้าสู่สมดุลประมาณ 5 นาที
4. บันทึกค่าอุณหภูมิที่จุด C และ D และค่าที่สำคัญของระบบทำความเย็น
5. บันทึกอัตราการกลั่นตัวของไอน้ำโดยใช้ถ้วยตวงและจับเวลาอัตราการไหล

ประเมินผล

1. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่จุด A $\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{Z}{\nu}}$ หรือ $\rho_A A_A V_{s,A}$
2. กำลังงานความร้อนที่เครื่องจ่ายให้เครื่องทำความเย็น $P_{Comp} = I_{Comp} V_{Comp}$
3. ค่าความร้อนที่นำออกจากอากาศ $\dot{Q} = \dot{m}_a(h_D - h_C) + \dot{m}_w h_w$

เมื่อ h_w คือค่าเอนทาลปีของน้ำที่กลั่นตัว (condense) ซึ่งอาจต้องตรวจวัดเครื่องวัดอุณหภูมิที่จัดให้ต่างหาก เพราะเครื่องมือทดลองไม่ได้มีเครื่องวัดที่จุดนี้

ค่าอัตราการกลั่นตัวของน้ำในอากาศ $\dot{m}_w = \dot{m}_a(\omega_c - \omega_D)$

การเสนอผล

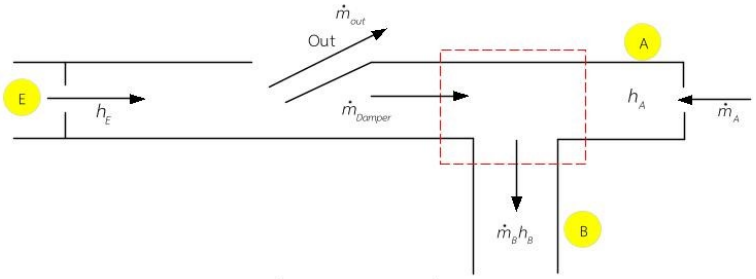
1. เปรียบเทียบอัตราการกลั่นตัวของน้ำที่วัดได้กับค่าที่ได้จากการคำนวณ
2. หา COP ของเครื่องทำความเย็น
3. แสดงกระบวนการบน psychometric chart

การทดลองที่ 6 การเวียนอากาศ

เครื่องมือทดลองนี้สามารถปรับปริมาณอากาศที่หมุนเวียนได้ กระแสอากาศที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันได้ ดังนั้นจึงสามารถทดสอบการรวมตัวของ

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่อง และวัดอัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องก่อนปรับ air damper (จุดA)
2. ปรับ air damper ให้เป็นไปตามต้องการ
3. เปิดระบบทำความเย็น (หรือทำความร้อน ตามแต่ผู้ควบคุมกำหนด)
4. วัดปริมาณการไหลของอากาศที่ทางเข้าใหม่และปริมาณการไหลของอากาศที่ออกจากเครื่อง
5. บันทึกค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่ง A,B,C,D และ E
6. การทดลองนี้ก่อนวัดค่าควรให้อุปกรณ์อยู่ในสภาพสมดุลประมาณ 3 นาที อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบทำความเย็นหรือทำความร้อนนี้ไม่ได้มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิของอากาศในท่อจะไม่คงที่คือจะลดลงตลอดเวลา (หรือเพิ่มขึ้นหากเป็นการให้ความร้อน)



รูปที่ 6 ปริมาตรควบคุมที่วิเคราะห์

การประเมินผล

1. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่เข้าเครื่องก่อนปรับ air damper $\dot{m}_{total} = \rho_A A_A V_{s,A,1}$
2. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่เข้าเครื่อง $\dot{m}_{in} = \dot{m}_a = \rho_A A_A V_{s,A,2}$
3. อัตราการไหลของอากาศแห้งที่ออกจากเครื่อง $\dot{m}_{out} = \rho_{Out} A_{Out} V_{s,Out}$
4. อัตราการไหลของอากาศหลัง air damper $\dot{m}_{airdamper} = \dot{m}_A - \dot{m}_{out}$
5. อัตราการไหลของอากาศที่จุด B $\dot{m}_B = \dot{m}_A + \dot{m}_{airdamper} = \dot{m}_{total}$
6. ค่าเอนทรานปีของอากาศหลังการรวมตัว $h_B = \dfrac{\dot{m}_A h_A + \dot{m}_{airdamper} h_{airdamper}}{\dot{m}_B}$
7. ค่าเอนทรานปีของอากาศหลังการรวมตัว $\omega_B = \dfrac{\dot{m}_A \omega_A + \dot{m}_{airdamper} \omega_{airdamper}}{\dot{m}_B}$

เมื่อ $V_{s,A,1}$ คือ ความเร็วลมก่อนการปรับ air damper $V_{s,A,2}$ ความเร็วลมหลังการปรับ air damper เนื่องจากพัดลมดูดอากาศในเครื่องทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศในเครื่องจะคงที่ ถึงแม้จะมีการปรับ air damper ส่งผลให้ $\dot{m}_B = \dot{m}_{total}$

การเสนอผล

1. เปรียบเทียบค่าเอนทาลปีหลังรวมตัวของทางทฤษฎีและปฏิบัติ
2. เปรียบเทียบค่าความชื้นสัมบูรณ์หลังรวมตัวของทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ
3. หาค่าอัตราส่วนของอากาศที่หมุนเวียนต่ออากาศทั้งหมด
4. แสดงกระบวนการบน psychometric chart

การทดลองที่ 7 การหาประสิทธิภาพของพัดลม

พัดลมที่ใช้กับเครื่องมือนี้สามารถที่จะหาประสิทธิภาพได้ โดยการวัดกำลังไฟที่เครื่องนี้ใช้จริงเทียบกับกำลังงานที่อากาศได้รับเพิ่มขึ้น สำหรับกำลังงานที่อากาศได้รับเพิ่มขึ้นหาจากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ คือ $\dot{W} = \dot{m}_a(h_E - h_D)$ ส่วนกำลังที่ให้ได้จาก $P = IV$

ขั้นตอนการทดลอง

1. บิดพัดลมให้อยู่ในตำแหน่งเบาที่สุด
2. ทิ้งไว้ 3 นาที
3. วัดอัตราการไหลของอากาศ วัดค่าอุณหภูมิที่ D และ E และวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ใช้
4. เปลี่ยนความเร็วให้สูงขึ้นแล้วทำข้อ 1 ถึง 3 ซ้ำโดยเปลี่ยนความเร็วไป 5 ค่า

การประเมินผล

1. หาค่าอัตราการไหลอากาศ
2. หาค่ากำลังไฟฟ้าที่พัดลมใช้ในแต่ละครั้ง
3. หาค่าประสิทธิภาพของพัดลมในแต่ละค่ากำลังไฟที่ใช้

การเสนอผล

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและกำลังของพัดลมกับอัตราการไหลของอากาศ

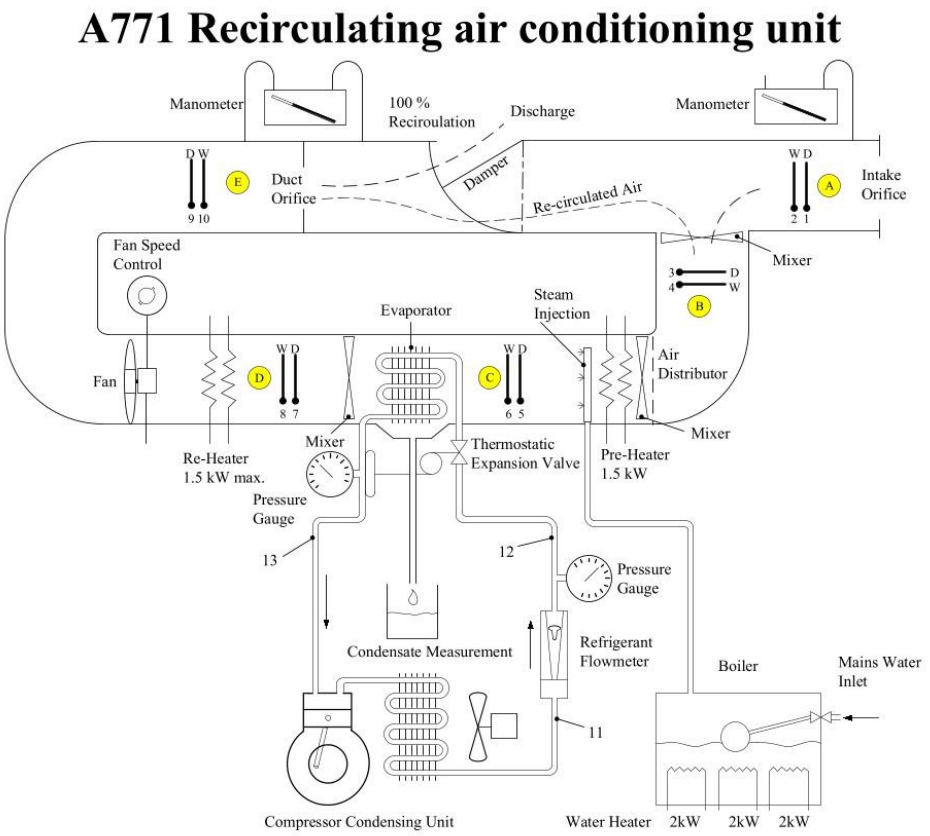
นอกจากการทดลองที่กล่าวมาแล้วนี้ ผู้ควบคุมการปฏิบัติอาจกำหนดให้นักศึกษาทำการทดลองแบบอื่นๆได้อีก โดยจะ กำหนดการประเมินผลและการเสนอผลการทดลองให้ทราบในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

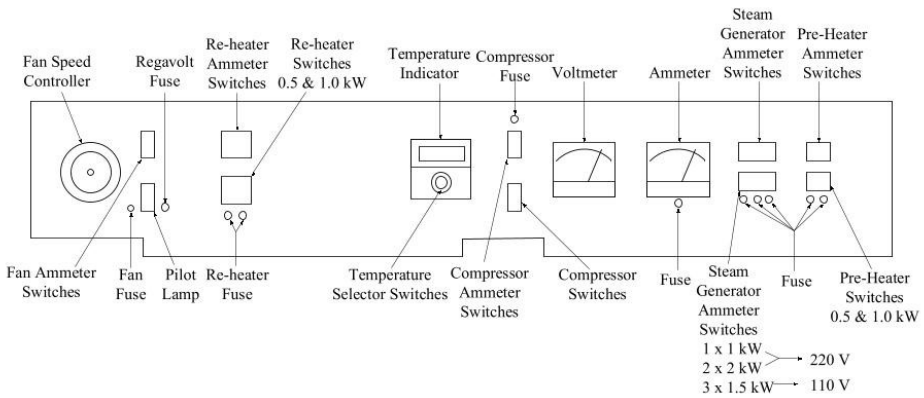
1.ปรับปรุงจากเอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการการทดสอบระบบปรับอากาศ ของผศ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์
2. Çengel, Y.A., Boles, MA., “Thermodynamics: An Engineering Approach,” 2nd ed., McGraw-Hill, 1994
3. Hilton Ltd., Experimental, Operating and Maintenance Manual : Recalculating Air Conditioning Unit.
4. ASHRAE. (2009). ASHRAE Handbook Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.

เรียบเรียงโดย ผศ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์

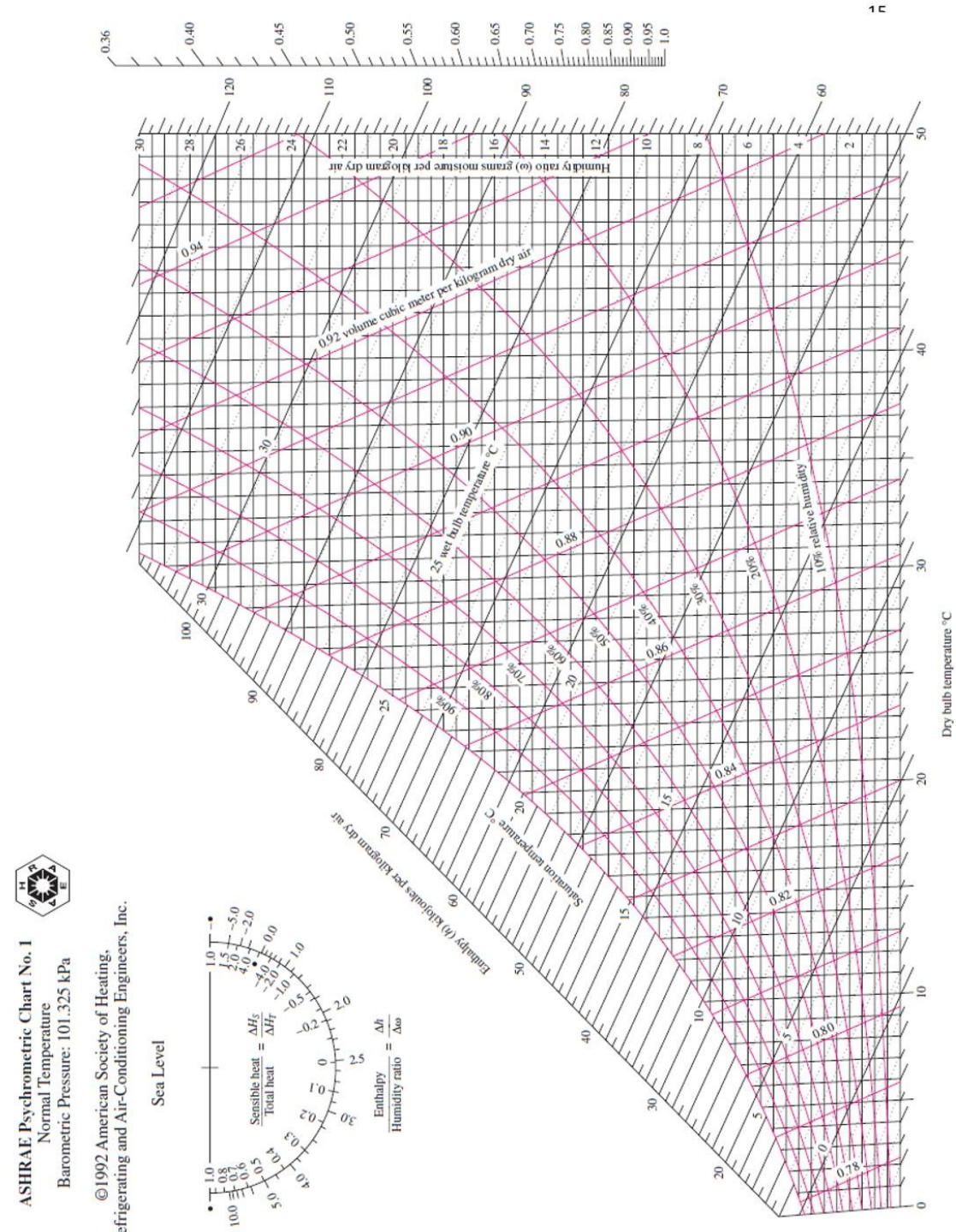
ภาคผนวก



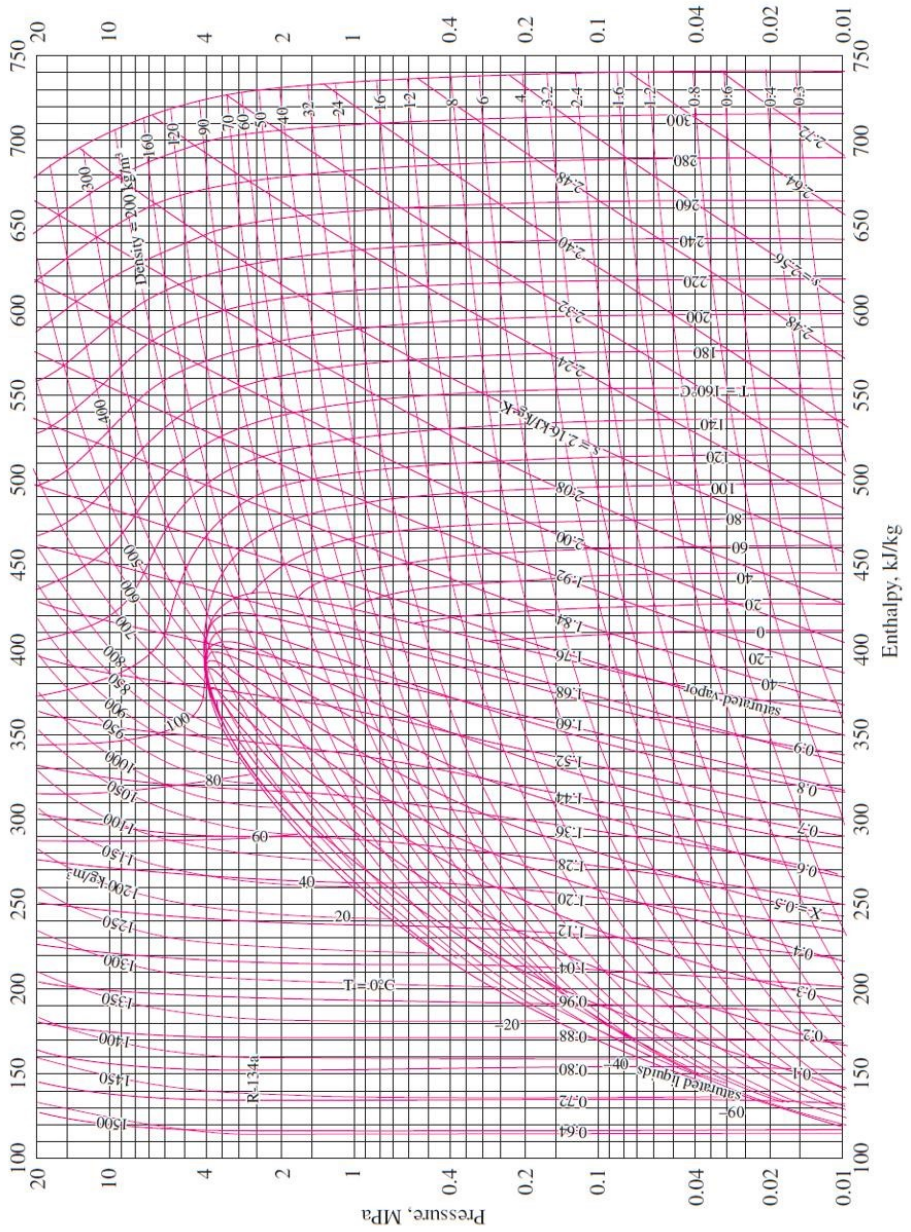
Layout of Controls and Instruments
A771 Recirculating air conditioning unit



รูปที่ A1 เครื่องมือทดสอบและแผงควบคุม



รูปที่ A2 Psychrometric Chart ที่ความดัน 1 บรรยากาศ



รูปที่ A2 Psychrometric Chart ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

ตารางที่ A1 คุณสมบัติของน้ำ

Saturated water—Temperature table

		Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Temp., T °C	Sat. press., P_{sat} kPa	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

ปฏิบัติการ Pump system

วัตถุประสงค์

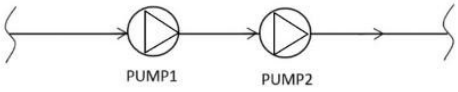
เพื่อศึกษาค่า pump head และอัตราการไหลของระบบเครื่องสูบที่ติดตั้งแบบอนุกรมและขนาน

หลักการและทฤษฎี

ในบางกรณีมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องสูบหลายตัวเพื่อเพิ่มอัตราการไหลหรือเพิ่มระดับความสูงที่ต้องการยกน้ำให้สูงขึ้น เนื่องจากหากใช้เครื่องสูบเพียงตัวเดียวจะไม่สามารถสูบหรือยกน้ำให้สูงได้ตามที่ต้องการ จึงมีการติดตั้งเครื่องสูบหลายตัว โดยการติดตั้งมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การติดตั้งเครื่องสูบแบบอนุกรม (series connection)

การติดตั้งเครื่องสูบแบบอนุกรมมีลักษณะดังรูปที่ 1 ใช้ในกรณีที่ต้องการทำให้ได้ความดันรวมที่เพิ่มมากขึ้น (ระดับความสูงที่จะยกขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น) แต่จะไม่ทำให้อัตราการไหลรวมเพิ่มขึ้น เช่น ถ้าติดตั้งเครื่องสูบแบบอนุกรมสองตัว ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ในขณะที่อัตราการไหลรวมยังคงที่เป็นดังสมการที่ 1 และ 2 โดยพฤติกรรมของเครื่องสูบแสดงได้ดัง performance curve รูปที่ 2

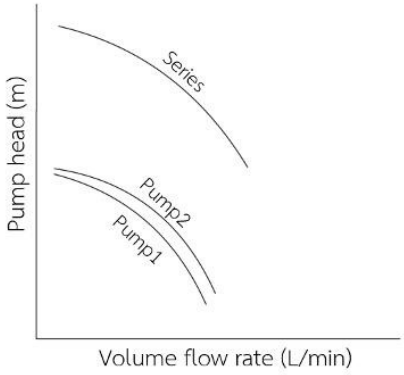


รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งระบบเครื่องสูบแบบอนุกรม

$$Q_T = Q_1 = Q_2 \quad (1)$$

$$H_T = H_1 + H_2 \quad (2)$$

ในทางปฏิบัติเฮดทั้งหมดที่ได้รวมกันจะมีค่าน้อยกว่า $H_1 + H_2$ เนื่องจากการสูญเสีย (loss) ในระบบสูบน้ำเพิ่มขึ้น

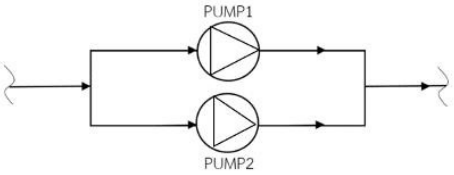


รูปที่ 2 Performance curves ของระบบเครื่องสูบที่ติดตั้งแบบอนุกรม

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

2. การติดตั้งเครื่องสูบแบบขนาน (parallel connection)

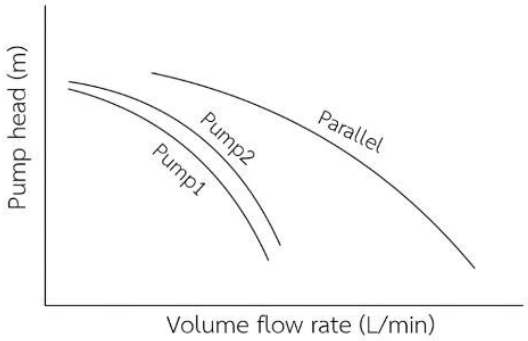
การติดตั้งเครื่องสูบแบบขนานมีลักษณะดังรูปที่ 3 ใช้ในกรณีที่ต้องการทำให้ได้อัตราการไหลรวมที่เพิ่มมากขึ้น แต่จะไม่ทำให้ความดันรวมเพิ่มมากขึ้น (ระดับความสูงที่จะยกขึ้นมีค่าคงที่) เช่น ถ้าติดตั้งเครื่องสูบแบบขนานกันสองตัว อัตราการไหลรวมจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ในขณะที่ความดันรวมยังคงที่ เป็นดังสมการที่ 3 และ 4 โดยพฤติกรรมของเครื่องสูบแสดงได้ดัง performance curve รูปที่ 4



รูปที่ 3 ลักษณะการติดตั้งระบบเครื่องสูบแบบขนาน

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

$$H_T = H_1 = H_2 \quad (4)$$



รูปที่ 4 Performance curves ของระบบเครื่องสูบที่ติดตั้งแบบขนาน

อัตราการไหลของเครื่องสูบ (Pump Capacity, Q)

อัตราการไหลของของเหลว หมายถึง ปริมาณของเหลวที่เครื่องสูบสูบส่งได้ในหนึ่งหน่วยเวลา คำนวณจากสมการที่ 5

$$Q = \frac{\forall}{t} \quad (5)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล (liter/min)
$\forall$ = ปริมาตรของน้ำ (liter)
t = เวลา (min)

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

เฮดรวมที่เครื่องสูบให้ (Total Dynamic Head, H_{TD})

ในกรณีของเครื่องสูบเราอาจกำหนดให้จุดที่ 1 อยู่ท่อทางดูดน้ำของเครื่องสูบ (suction) และจุดที่ 2 อยู่ที่ช่องจ่ายน้ำของเครื่องสูบ (discharge) ค่าความแตกต่างระหว่างเฮดรวมของจุดที่ 1 และ 2 โดยที่ไม่มีการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานเรียกว่า เฮดรวมที่เครื่องสูบน้ำให้ ซึ่งหมายถึงค่าของพลังงานที่ถูกเพิ่มเข้าไปในของไหลต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของของไหลเป็นดังสมการที่ 6

$$H_{TD} = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right) \qquad (6)$$

โดยที่ $(Z_2 - Z_1)$ = การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงจากระดับ (static/potential/elevation head)

$\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right)$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดความดัน (pressure head) >>> ได้จากการทดลอง

$\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right)$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดความเร็ว (velocity head) >>> ได้จากการคำนวณตามสมการ $V = Q/A$, เมื่อ A คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ)

หมายเหตุ : สำหรับการทดลองชุดนี้

(a) เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางดูด, D_1 เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางส่ง, D_2 ดังนั้น $V_1 = V_2$

(b) $Z_1 = Z_2$ โดยประมาณ

ดังนั้น เฮดรวมที่เครื่องสูบให้หรือเฮดของเครื่องสูบ หาได้จากสมการที่ 7

$$H_{TD} = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) \qquad (7)$$

โดยที่ H_{TD} = เฮดรวมที่เครื่องสูบให้ หรือ เฮดของเครื่องสูบ (m)

$P_2 - P_1$ = ค่าความแตกต่างของความดันระหว่างจุดที่ 1 และ 2 (N/m^2)

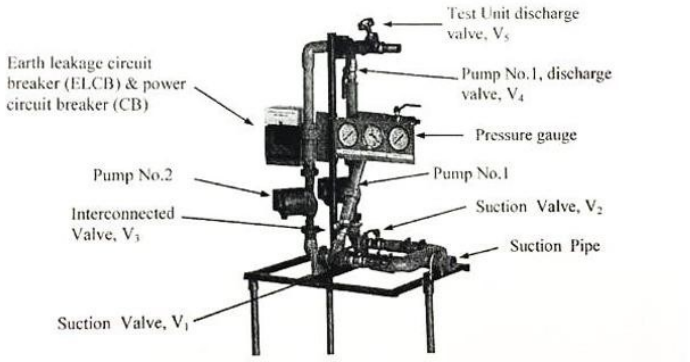
γ = น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (N/m^3)

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

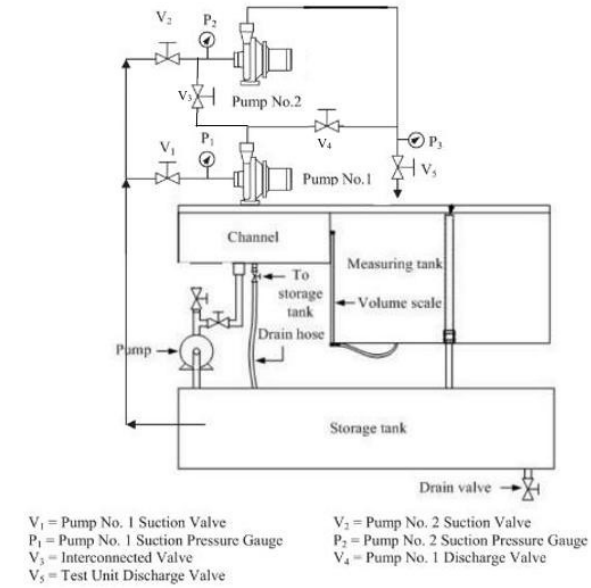
วิธีดำเนินการทดลอง

❖ **เครื่องมือการทดลอง**

1. ชุด HB 030M series and parallel pump, multi speed ปรับความเร็วรอบได้ 3 ระดับ คือ 1000, 1600 และ 2450 rpm โดยที่ maximum power = 180 watt, maximum flow = 80 lpm และ maximum head = 7 m ดังแสดงในรูปที่ 5 และผังการเดินท่อแสดงในรูปที่ 6
2. Hydraulic bench (โต๊ะชลศาสตร์)
3. นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 5 ชุด HB 030M series and parallel pump, multi speed



รูปที่ 6 แผนภาพโครงร่าง (schematic diagram) ของ HB 030M series and parallel pump, multi speed

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

❖ **ขั้นตอนการทดลอง**

➢ <u>การติดตั้งอุปกรณ์</u>

1. ติดตั้งชุดเครื่องสูบน้ำ HB 030M GRUNDFOS Model UPS 25-80 ทางด้านซ้ายของ hydraulic bench (โต๊ะชลศาสตร์)
2. ใส่ท่อดูดของเครื่องสูบเพื่อดูดน้ำจากถังเก็บน้ำของ hydraulic bench และท่อส่งน้ำลงในถังวัดอัตราการไหลของ hydraulic bench ตาม diagram (แผนภาพ) ในรูปที่ 6
3. เติมน้ำลงในถังเก็บน้ำของ hydraulic bench จนเกือบเต็ม (มีระยะ 5-10 cm จากฝาปิด) ควรผสมน้ำยากันสนิมเหมือนกับการเติมในหม้อน้ำรถยนต์
4. การล่อน้ำ (priming) ให้เครื่องสูบ โดยเติมน้ำลงใน centrifugal pump ผ่านทางช่องเติมน้ำแล้วจึงปิดฝาให้สนิท (ระบายอากาศออกจากเครื่องสูบ)
5. ตรวจสอบเกจความดันทั้งด้านท่อดูดและท่อส่ง ควรอ่านได้ “0” ถ้ายังไม่เชื่อมต่อท่อความดัน (ท่อพลาสติกสีขาว) ที่ข้างใดข้างหนึ่งเพื่อลดความดัน ให้เชื่อมต่อท่อใหม่

➢ <u>การอ่านค่าความดันจากชุดการทดลอง</u> ในชุดการทดลองนี้มีเครื่องมือวัดความดัน 3 แบบ ได้แก่

- Vacuum gauge ใช้สำหรับวัดความดันที่มีค่าติดลบเท่านั้น ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าเครื่องสูบ No.1
- Pressure gauge ใช้สำหรับวัดความดันที่มีค่าเป็นบวกและลบได้ ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าเครื่องสูบ No.2
- Compound gauge ใช้สำหรับวัดความดันที่มีค่าเป็นบวกเท่านั้น ติดตั้งอยู่ที่ทางออกของเครื่องสูบ



รูปที่ 7 เกจวัดความดันแบบต่าง ๆ ในการชุดการทดลอง

➢ **<u>ตอนที่ 1</u>** <u>การทดสอบความสามารถ Pump No.1</u>

6. ปิดประตูน้ำ V_2 และ V_3 เปิดประตูน้ำ V_1, V_4 และ V_5 ให้สุด
7. เปิด Pump No.1 ปรับความเร็วรอบสูงสุด ลดความเร็วเริ่มต้นที่ 1000 rpm
8. กำหนดความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.4 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลความดันท่อดูด P_1 ปริมาตรน้ำและเวลา
9. ค่อย ๆ เปิดประตูน้ำ V_5 เพื่อให้ความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.3 kg/cm^2 แล้วทำซ้ำในข้อที่ 8
10. ทำซ้ำข้อที่ 9 โดยเปลี่ยนความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.2 และ 0.1 kg/cm^2 ตามลำดับ

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

➢ **ตอนที่ 2** การทดสอบความสามารถ Pump No.2

11. ปิดประตูน้ำ V_1, V_3 และ V_4 เปิดประตูน้ำ V_2 และ V_5 ให้สุด
12. เปิด Pump No.2 ปรับความเร็วรอบสูงสุด ลดความเร็วเริ่มต้นที่ 1000 rpm
13. กำหนดความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.4 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลความดันท่อดูด P_2 ปริมาตรน้ำและเวลา
14. ค่อย ๆ เปิดประตูน้ำ V_5 เพื่อให้ความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.3 kg/cm^2 แล้วทำซ้ำในข้อที่ 13
15. ทำซ้ำข้อที่ 14 โดยเปลี่ยนความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.2 และ 0.1 kg/cm^2 ตามลำดับ

➢ **ตอนที่ 3** การทดสอบความสามารถ Pump No.1 และ No.2 ที่ติดตั้งแบบอนุกรม
(ออกแบบให้เครื่องสูบ No.1 ส่งน้ำให้เครื่องสูบ No.2 โดยการปรับปิด-เปิดประตูน้ำ)

16. ปิดประตูน้ำ V_2 และ V_4 เปิดประตูน้ำ V_1, V_3 และ V_5 ให้สุด
17. เปิดเครื่องสูบทั้งสองตัว ปรับความเร็วรอบสูงสุด ลดความเร็วเริ่มต้นที่ 1000 rpm
18. กำหนดความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.9 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลความดัน P_1, P_2 ปริมาตรน้ำและเวลา
19. ค่อย ๆ เปิดประตูน้ำ V_5 เพื่อให้ความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.7 kg/cm^2 แล้วทำซ้ำในข้อที่ 18
20. ทำซ้ำข้อที่ 19 โดยเปลี่ยนความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.5 และ 0.3 kg/cm^2 ตามลำดับ
(ความดันท่อส่งเครื่องสูบ no.1 เท่ากับความดันท่อดูดของเครื่องสูบ no.2)

➢ **ตอนที่ 4** การทดสอบความสามารถ Pump No.1 และ No.2 ที่ติดตั้งแบบขนาน

21. ปิดประตูน้ำ V_3 เปิดประตูน้ำ V_1, V_2, V_4 และ V_5 ให้สุด
22. เปิดเครื่องสูบทั้งสองตัว ปรับความเร็วรอบสูงสุด ลดความเร็วเริ่มต้นที่ 1000 rpm
23. กำหนดความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.4 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลความดัน P_1, P_2 ปริมาตรน้ำและเวลา
24. ค่อย ๆ เปิดประตูน้ำ V_5 เพื่อให้ความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.3 kg/cm^2 แล้วทำซ้ำในข้อที่ 23
25. ทำซ้ำข้อที่ 19 โดยเปลี่ยนความดันท่อส่ง P_3 เท่ากับ 0.2 และ 0.1 kg/cm^2 ตามลำดับ
26. ทำซ้ำข้อที่ 22-25 สำหรับความเร็วรอบระดับอื่น ๆ เช่น 1600 และ 2450 rpm
27. หลังจากเสร็จการทดลอง ให้ปิด switch ควรระบายน้ำออกจากเครื่องสูบ ให้หมดโดยคลาย plug ที่ก้นของฐานเครื่องสูบ หากไม่ได้ใช้เป็นเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. (2559). *ปฏิบัติการ pump system*. 525442 ปฏิบัติการด้านความร้อนและของไหล ภาคการศึกษา 3/2559. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Assignment

- สร้าง performance curve ของเครื่องสูบจากการทดลองทั้ง 4 ตอน
- อภิปรายความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับ pump head
- เปรียบเทียบและอภิปรายผลของการติดตั้งเครื่องสูบเพียงตัวเดียวกับการติดตั้งเครื่องสูบแบบอนุกรม
- เปรียบเทียบและอภิปรายผลของการติดตั้งเครื่องสูบเพียงตัวเดียวกับการติดตั้งเครื่องสูบแบบขนาน
- บอกความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

เขียน/เรียบเรียง:
นางสาวอัมพวรรณ วันดี

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความเร็วรอบ ..... RPM ทดสอบเมื่อวันที่.....

ความหนาแน่นของน้ำ ..... kg/m^3

ตอนที่ 1 Pump No.1

No.	Pressure		Time (t) (s/18L)	Flow rate (Q) (L/min)	Pump head (H) (m)
	P_3 (kg/cm^2)	P_1 (kg/cm^2)			
1	0.4				
2	0.3				
3	0.2				
4	0.1				

ตอนที่ 2 Pump No.2

No.	Pressure		Time (t) (s/18L)	Flow rate (Q) (L/min)	Pump head (H) (m)
	P_3 (kg/cm^2)	P_2 (kg/cm^2)			
1	0.4				
2	0.3				
3	0.2				
4	0.1				

ตอนที่ 3 Pump No.1 and No.2 in series connection

No.	Pressure			Time (t) (s/18L)	Flow rate (Q) (L/min)	Pump head (H) (m)
	P_3 (kg/cm^2)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 (kg/cm^2)			
1	0.9					
2	0.7					
3	0.5					
4	0.3					

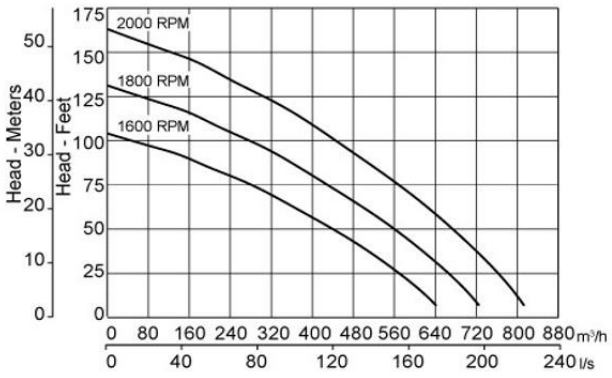
ตอนที่ 4 Pump No.1 and No.2 in parallel connection

No.	Pressure			Time (t) (s/18L)	Flow rate (Q) (L/min)	Pump head (H) (m)
	P_3 (kg/cm^2)	P_1 (kg/cm^2)	P_2 (kg/cm^2)			
1	0.4					
2	0.3					
3	0.2					
4	0.1					

การทดสอบเครื่องสูบแรงเหวี่ยง

บทนำ

การทดสอบเครื่องสูบนั้นเป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องสูบที่แต่ละสภาวะการทำงาน ซึ่งองค์ประกอบของสภาวะการทำงานหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของเครื่องสูบนั้นได้แก่ อัตราการไหลของของไหล ความหนาแน่นของของไหลและอุณหภูมิของของไหลที่กำลังเคลื่อนตัวผ่านเครื่องสูบ เป็นต้น โดยทั่วไปการนำเสนอความสามารถของเครื่องสูบนั้นจะนิยมใช้ตัวแปรที่บ่งบอกถึงความดันที่เครื่องสูบสามารถถ่ายโอนให้กับของไหลได้เมื่อทำงานในสภาวะต่างๆตัวแปรดังกล่าวเรียกว่า สูงหัวเครื่องสูบ (Pump Head) และจะนิยมนำเสนอสูงหัวเครื่องสูบที่แต่ละความเร็วรอบการทำงานควบคู่กับอัตราการไหลของของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านเครื่องสูบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่เป็นแผนภาพแสดงค่าสูงหัวเครื่องสูบที่ความเร็วรอบและอัตราการไหลต่างๆ ปฏิบัติการนี้นำเสนอวิธีการทดสอบเครื่องสูบแรงเหวี่ยงเพื่อให้ได้มาซึ่งความสามารถของเครื่องสูบที่สภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาระบบสูบส่งของไหลต่อไป

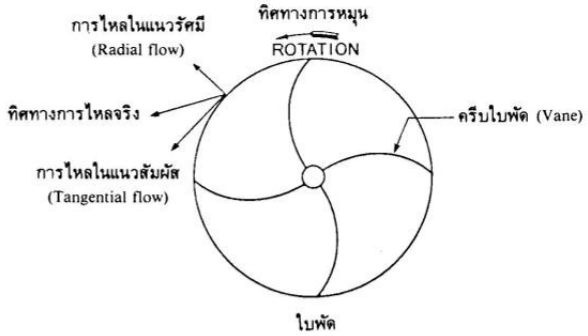


รูปที่ 1 ตัวอย่างแผนภาพสมรรถนะของเครื่องสูบ (Performance Curve)

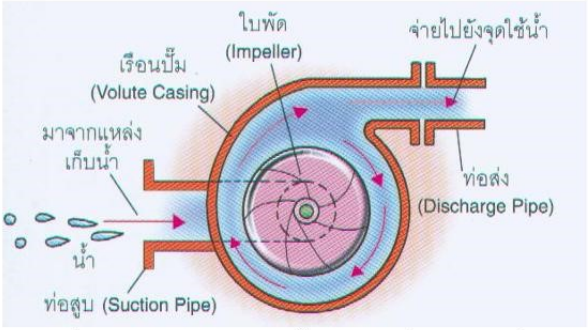
หลักการและทฤษฎี

เครื่องสูบเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อเพิ่มพลังงานให้กับของไหลโดยอาศัยแหล่งพลังงานกลภายนอก เช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์และกังหัน เป็นต้น โดยเครื่องสูบจะถ่ายโอนพลังงานกลดังกล่าวให้อยู่ในรูปของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่อยู่ในของไหล พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ดังกล่าวสามารถแสดงปริมาณออกมาได้ในรูปของความแตกต่างความดัน ณ ตำแหน่งทางเข้าเครื่องสูบ (Suction Pipe) และทางออกเครื่องสูบ (Discharge Pipe) ซึ่งมีค่าเท่ากับสูงหัวเครื่องสูบที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เช่นเดียวกันกับเครื่องสูบแรงเหวี่ยงที่อาศัยแหล่งพลังงานภายนอกเพื่อทำให้ใบพัด (Impeller) เกิดการเคลื่อนที่ จากนั้นใบพัดดังกล่าวจะผลักให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่

เชิงมุม (Angular Motion) ซึ่งการเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าวจะก่อให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) จึงเป็นผลให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่หรือไหลจากศูนย์กลางของใบพัดออกไปยังเส้นรอบวงในทุกทิศทางและประกอบด้วยการไหล 2 ลักษณะได้แก่ 1.การไหลตามแนวรัศมี (Radial Flow) 2.การไหลในแนวสัมผัส (Tangential Flow) มีลักษณะดังรูปที่ 2 ความเร็วของของไหลจะเพิ่มสูงขึ้นตลอดการเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีและเมื่อของไหลเคลื่อนที่ออกจากใบพัดพลังงานจลน์บางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานศักย์ที่อยู่ในรูปของความดันสถิตโดยการควบคุมพื้นที่ของช่องทางการไหลซึ่งนิยมให้ขนาดช่องทางการไหลดังกล่าวหรือที่เรียกว่าเรือนปั๊ม (Volute Casing) มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ตามทิศทางการไหลจากนั้นของไหลจะเคลื่อนที่ออกจากเครื่องสูบเข้าสู่ท่อทางการไหลต่อไป เครื่องสูบแรงเหวี่ยงมีลักษณะโดยทั่วไปดังในรูปที่ 3



รูปที่ 2 ภาพแสดงลักษณะการไหลพื้นฐานเมื่อของไหลเคลื่อนที่ผ่านใบพัดของเครื่องสูบแรงเหวี่ยง



รูปที่ 3 ภาพแสดงส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องสูบแรงเหวี่ยง

พลังงานที่ของไหลได้รับจะอยู่ในรูปของความดันโดยนิยามนั้นคือแรงต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย 2 ความดันได้แก่ ความดันสถิต (Static Pressure, P_{stat}) และความดันจลน์ (Dynamic Pressure, P_{dyn}) ผลรวมของความดันทั้ง 2 ค่า จะมีค่าเท่ากับพลังงานรวมของของไหลหรือที่เรียกว่า ความดันรวม (Total Pressure, P_{tot}) [2]

$$P_{tot} = P_{dyn} + P_{stat} \quad (1)$$

ความดันสถิตสามารถทราบค่าได้โดยการวัดผ่านเครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge) ในส่วนของความดันจลน์นั้นจะเป็นฟังก์ชั่นของความหนาแน่นและความเร็วของของไหลซึ่งเป็นตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากขนาดของช่องทางการไหลหรือขนาดและลักษณะของเรือนปั๊ม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 2 และ 3 เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องทางการไหลมีค่าเท่ากับ D และมีอัตราการไหลเท่ากับ $\dot{\forall}$

$$P_{dyn} = \frac{1}{2}\rho V^2 \quad (2)$$

$$P_{dyn} = \frac{1}{2}\rho\left(\frac{\dot{\forall}}{\frac{\pi}{4}D^2}\right)^2 \quad (3)$$

จากหลักการทำงานและการพิจารณาข้างต้นจะทำให้พบว่าพลังงานที่ของไหลได้รับจากเครื่องสูบจะมีความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายได้ตามสมการพลังงานอุดมคติสำหรับการไหลในท่อ เป็นดังสมการที่ 4

$$\frac{P_{stat}}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + Z = \text{constant} \quad (4)$$

ดังนั้นการพิจารณาถึงพลังงานที่ของไหลได้รับจากเครื่องสูบที่แสดงในรูปของสูงหัวเครื่องสูบจะสามารถพิจารณาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$H = \frac{P_{stat,dis} - P_{stat,suct}}{\rho g} + \frac{V_{dis}^2 - V_{suct}^2}{2g} + \Delta Z \quad (5)$$

เมื่อ H คือ พลังงานที่ของไหลได้รับหรือสูงหัวเครื่องสูบ (Pump Head) [m]

$P_{stat,dis}$ คือ ความดันสถิตของของไหล ณ ตำแหน่งทางออกเครื่องสูบ [Pa]

$P_{stat,suct}$ คือ ความดันสถิตของของไหล ณ ตำแหน่งทางเข้าเครื่องสูบ [Pa]

V_{dis}, V_{suct} คือ ความเร็วของของไหล ณ ทางเข้าและทางออกเครื่องสูบ ตามลำดับ [m/s]

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล [kg/m^3]

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก [m/s^2]

ΔZ คือ ความแตกต่างความสูงของตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัดความดัน [m]

ในเครื่องสูบจะมีกำลังเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ 2 รูปแบบ ซึ่งได้แก่ กำลังที่เครื่องสูบได้รับและกำลังที่ของไหลได้รับ ในส่วนของกำลังที่เครื่องสูบได้รับจะมีค่าเท่ากับกำลังที่ถ่ายโอนจากต้นกำลังเป็นดังสมการที่ 6 ใน

ปฏิบัติการนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ดังนั้นการพิจารณาถึงกำลังดังกล่าวสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ 1. วัดกำลังจากเพลาส่งกำลังทำได้โดยการวัดความเร็วเชิงมุม (ω) และแรงบิดของเพลา หรือ 2. วัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์โดยจะต้องทราบค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์และชุดเพลาส่งกำลัง ในปฏิบัติการนี้จะเลือกใช้วิธีการวัดกำลังที่เครื่องสูบได้รับด้วยวิธีการที่ 2 เมื่อค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าและชุดเพลาส่งกำลังมีค่าเท่ากับ 92%

$$P_{pump,in} = P_{source} \tag{6}$$

$$P_m = IV \tag{7}$$

$$P_{pump,in} = \eta_{source,sys} P_m \tag{8}$$

เมื่อ $P_{pump,in}$ คือ กำลังที่เครื่องสูบได้รับ [W]

P_m คือ กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับ [W]

I คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ [A]

V คือ ความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ [V]

$\eta_{source,sys}$ คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์และชุดเพลาส่งกำลัง [%]

กำลังที่ของไหลได้รับจะอยู่ในรูปของความดันและอัตราการไหลซึ่งเรียกว่า Hydraulic Power ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ 9 และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพเครื่องสูบแรงเหวี่ยงจะพบว่าสามารถหาได้ตามสมการที่ 11 ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังที่เครื่องสูบให้แก่ของไหลดังสมการที่ 9 และกำลังที่เครื่องสูบได้รับดังสมการที่ 8

$$P_{Hyd} = \rho g H \dot{\forall} \tag{9}$$

$$\eta_{pump} = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100 \tag{10}$$

$$\eta_{pump} = \frac{P_{Hyd}}{P_{pump,in}} \times 100 \tag{11}$$

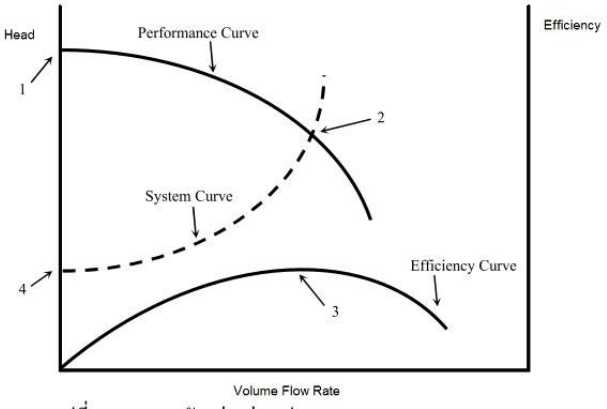
เมื่อ P_{Hyd} คือ Hydraulic Power [W]

$\dot{\forall}$ คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร [m^3/s]

η_{pump} คือ ประสิทธิภาพเครื่องสูบ [%]

แผนภาพสมรรถนะเครื่องสูบ (Performance Curve)

แผนภาพสมรรถนะเครื่องสูบเป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อแสดงถึงความสามารถในการทำงานในแต่ละสภาวะดังในรูปที่ 1 และที่ได้นำเสนอข้างต้น ในการนำเสนอสมรรถนะของเครื่องสูบนอกเหนือจากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วนั้นจะมีการนำเสนอประสิทธิภาพของเครื่องสูบไปในแผนภาพเดียวกันด้วยเพื่อประโยชน์ในการกำหนดการทำงานของเครื่องสูบ จะมีลักษณะพื้นฐานดังในรูปที่ 4 เป็นรูปตัวอย่างแผนภาพสมรรถนะที่มีการนำเสนอพร้อมกับประสิทธิภาพและมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 แผนภาพตัวอย่างส่วนประกอบของ Performance Curve

- Performance Curve คือ เส้นแสดงค่าสูงหัวเครื่องสูบหรือค่าพลังงานที่เครื่องสูบสามารถให้กับของไหลที่แต่ละอัตราการไหล โดยทั่วไป performance curve จะแสดงหลายเส้นซึ่งแต่ละเส้นจะแสดงถึงความสามารถในแต่ละความเร็วรอบการทำงานของเครื่องสูบ

- Efficiency Curve คือ เส้นที่แสดงค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบที่แต่ละอัตราการไหล และโดยทั่วไปจะแสดงหลายเส้นซึ่งแต่ละเส้นจะแสดงถึงประสิทธิภาพในแต่ละความเร็วรอบการทำงานของเครื่องสูบ

- System Curve เป็นเส้นที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาระบบการสูบส่งของไหลซึ่งจะมีอิทธิพลจากหลายตัวแปรเช่น ความยาวของท่อ ลักษณะผิวสัมผัสของท่อ อัตราการไหลที่ต้องการและความแตกต่างความสูงของแหล่งเก็บของไหลเป็นต้น ซึ่งสามารถพิจารณาหาได้จากสมการพลังงานสำหรับการไหลในท่อที่จะมีลักษณะแตกต่างตามการออกแบบระบบนั้นๆ

- จุดตัดที่ 1 เป็นจุดตัดระหว่าง Performance curve กับแกน Head เรียกว่า Shut Off Head คือ ค่าพลังงานสูงสุดที่อยู่ในรูปสูงหัวที่ของไหลได้รับจากเครื่องสูบที่กำลังทำงาน โดยที่ของไหลไม่มีการเคลื่อนที่หรือไม่มีการไหลเกิดขึ้น

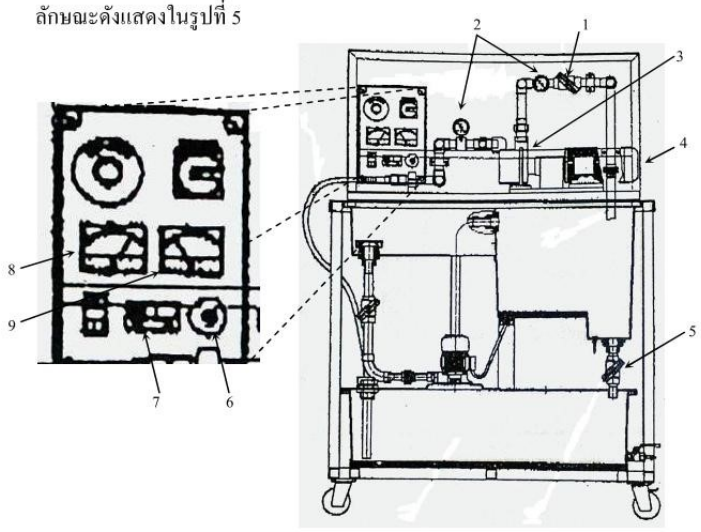
- จุดตัดที่ 2 เป็นจุดตัดระหว่าง Performance curve กับ System Curve เรียกว่า Operating Point คือ สภาวะที่เครื่องสูบต้องทำงานเมื่อระบบมีความต้องการอัตราการไหลและค่าสูงหัว ณ จุดตัดนั้น

- จุดที่ 3 เป็นจุดสูงสุดบน Efficiency Curve หมายถึงสภาวะที่เครื่องสูบสามารถถ่ายโอนพลังงานที่ได้รับให้กับของไหลได้มากที่สุด ณ ความเร็วรอบนั้นๆ เรียกว่า Best Efficiency Point, BEP.

- จุดตัดที่ 4 เป็นจุดตัดระหว่าง System Curve กับแกน Head จุดดังกล่าวเรียกว่า Minimum Require Head ซึ่งเป็นค่าสูงหัวต่ำสุดที่ระบบต้องการเพื่อการสูบส่งของไหลจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างความสูงของแหล่งเก็บของไหลที่ต้องการสูบส่ง

เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นของบริษัท GUNT HAMBURG รุ่น HM150.04 มีส่วนประกอบและลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องมือทดลอง

(1) วาล์วควบคุมการไหล

(2) เกจวัดความดัน

(3) เครื่องสูบแรงเหวี่ยง

(4) มอเตอร์

(5) วาล์วถังตวง

(6) โพเทนชิออมิเตอร์

(7) จอแสดงความเร็วรอบ

(8) แอมมิเตอร์

(9) โวลต์มิเตอร์

หลักการทำงาน

มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบที่ต้องการโดยสามารถกำหนดความเร็วรอบด้วยการปรับโพเทนชิออมิเตอร์ซึ่งจะมีแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือแสดงพลังงานที่จ่ายให้กับมอเตอร์ เครื่องสูบจะได้รับพลังงานจากการหมุนของมอเตอร์และสูบเอาน้ำให้เคลื่อนที่ผ่านระบบเข้ามายังเกจวัดความดันทางเข้า น้ำรับพลังงานจากเครื่องสูบแล้วเคลื่อนที่ออกผ่านไปยังเกจวัดความดันที่ทางออก ไหลเข้าไปยังถังตวงและลงสู่ถังเก็บด้านล่าง โดยอัตราการไหลสามารถควบคุมได้ด้วยการปรับวาล์วควบคุมการไหลและหากต้องการตวงปริมาตรน้ำ

ที่ไหลผ่านระบบก็สามารถทำได้โดยการปิดวาล์วถังตวงซึ่งจะแสดงปริมาตรผ่านอุปกรณ์บอกปริมาตรที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของถังตวง [1]

ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องสูบแรงเหวี่ยงมีดังนี้

1. เปิดมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยการกดปุ่ม ON ที่อยู่บริเวณข้างจอแสดงความเร็วรอบ
2. เปิดวาล์วควบคุมการไหลให้สุดแล้วปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบให้มีค่าเท่ากับ 800 รอบต่อนาที
3. อ่านค่าความดันที่ทางเข้าและทางออกเครื่องสูบ พร้อมกับทำการตวงปริมาตรเพื่อหาอัตราการไหลโดยกระบวนการตวงเริ่มต้นจาก ปิดวาล์วถังตวงให้สนิทจากนั้นเริ่มจับเวลาเมื่อปริมาตรน้ำในถังมีค่า 0 ลิตร รอจนกว่าปริมาตรน้ำในถังมีค่าเท่ากับ 10 ลิตร แล้วหยุดเวลาบันทึกค่าความดันทั้ง 2 ตำแหน่ง เวลา ค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าลงในตาราง
4. ลดอัตราการไหลด้วยการปรับวาล์วควบคุมการไหลให้ได้ 6 ค่า โดยที่แต่ละค่าให้ทำการทดลองข้อที่ 3 ซ้ำจนครบทุกค่าอัตราการไหล และค่าสุดท้ายควรมีอัตราการไหลเท่ากับ 0 เพื่อเป็นการหาค่า Shut Off Head
5. เมื่อเปลี่ยนอัตราการไหลครบ 6 ค่าแล้ว ให้ทำการเปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องสูบให้มีค่าเท่ากับ 1,000 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที โดยที่ในแต่ละความเร็วรอบให้ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2 3 และ 4 ทุกความเร็วรอบ
6. เมื่อทำการทดลองครบทุกขั้นตอนให้ปิดวาล์วควบคุมการไหลให้สนิทและปรับความรอบของเครื่องสูบให้มีค่า 300 รอบต่อนาทีโดยประมาณ จากนั้นหยุดการทำงานระบบโดยการกดปุ่ม OFF ที่อยู่บริเวณข้างจอแสดงความเร็วรอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

1. คำนวณค่าสูงหัวเครื่องสูบ กำลังที่เครื่องสูบได้รับ กำลังที่ของไหลได้รับและประสิทธิภาพของเครื่องสูบ
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สูงหัวเครื่องสูบและอัตราการไหล
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของเครื่องสูบและอัตราการไหล
4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังที่เครื่องสูบได้รับและอัตราการไหล
5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สูงหัวเครื่องสูบ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบและอัตราการไหล โดยให้แกนตั้งแสดงค่าสูงหัวเครื่องสูบและประสิทธิภาพของเครื่องสูบ แล้วทำการระบุจุดสำคัญต่างๆ ตามข้อมูลที่ได้นำเสนอไว้ข้างต้นลงบนกราฟ

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือการใช้งาน GUNT HAMBURG HM150.04 Centrifugal Pump
2. Robert L. Mott. "Applied fluid mechanics", Pearson, 2006

การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

1. จุดประสงค์

เพื่อศึกษาและทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมถึงสัมประสิทธิ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ได้แก่ กำลังเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร และประสิทธิภาพเชิงกล โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับการทดสอบ

2. กล่าวนำ

เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ทั่วไปในรถยนต์นั้น จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark ignition engine, SI engine) หรือที่นิยมเรียกว่าเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด (Compression ignition engine, CI engine) หรือที่เรียกว่าเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยเอกสารฉบับนี้ผู้เขียนมีความคาดหวังว่าผู้ที่อ่านเอกสารฉบับนี้ได้ผ่านการศึกษาในรายวิชาเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engines) มาแล้ว จึงได้ตัดรายละเอียดต่างๆออกไป สำหรับรายละเอียดนั้นสามารถหาได้จากเอกสารอ้างอิงที่ปรากฏอยู่ท้ายเอกสารนี้

3. สมรรถนะของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์สันดาปภายในโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องยนต์แบบลูกสูบนั้นมีตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วยมากมาย มีทั้งที่สามารถวัดค่าได้อย่างง่ายๆจนกระทั่งถึงตัวแปรที่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการวัดค่า ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะจำกัดอยู่เฉพาะที่สามารถหาค่าได้ด้วยเครื่องมือทดสอบที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์	ตัวแปร	นิยาม	หน่วย
r_c	Compression ratio	อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรที่น้อยที่สุด	-
V_c	Clearance volume	ปริมาตรกระบอกสูบที่น้อยที่สุด	cc
V_d	Displaced or Swept volume	ปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ในกระบอกสูบ	cc
N	Engine speed	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์	rpm

สัญลักษณ์	ตัวแปร	นิยาม	หน่วย
B	Bore	เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ	cm
L	Stroke	ระยะจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง	cm
T	Brake torque	แรงบิดของเครื่องยนต์ที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์	N-m
P_b	Brake power	กำลังของเครื่องยนต์ที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์	kW
$bmep$	Brake mean effective pressure	กำลังของเครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์	kPa
$bsfc$	Brake specific fuel consumption	กำลังของเครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์	g/kW.hr
η_{th}	Thermal efficiency	กำลังที่วัดได้ต่ออัตราการให้ความร้อน	-
A/F	Air fuel ratio	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง	-
η_v	Volumetric efficiency	อัตราส่วนปริมาตรการไหลของอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ต่อปริมาตรกระบอกสูบ	-

นิยามและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ มีดังนี้

- อัตราส่วนการอัด (Compression Ratio, r_c)

อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบสูงสุดต่อปริมาตรที่น้อยที่สุด โดยเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าอยู่ระหว่าง 12 ถึง 24

$$r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} \qquad (1)$$

- กำลังเบรก (Brake Power, P_b)

กำลังเบรกเป็นกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จากการวัดงานจากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ณ ความเร็วรอบเครื่องยนต์นั้นๆ โดยใช้ไดนาโมมิเตอร์วัดค่าแรงบิดที่เกิดขึ้น เราสามารถคำนวณกำลังเบรกได้ ดังสมการที่ (2)

$$P_b = \frac{2\pi NT}{60} \qquad (2)$$

- ความดันผลเฉลี่ยเบรก (Brake Mean Effective Pressure, $bmep$)

ความดันในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ มีค่าตัวแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องในวัฏจักร ซึ่งความดันผลเฉลี่ยเป็นตัวแปรที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบเครื่องยนต์ และเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่สภาวะเดียวกัน โดยไม่คำนึงถึงปริมาตรในกระบอกสูบ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ หากเปรียบเทียบเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรกระบอกสูบหนึ่งหน่วยเท่ากัน เครื่องยนต์จะสามารถผลิตงานได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ หากพิจารณากำลัง ความเร็วรอบเครื่องยนต์จะมีผลต่อค่านี้อย่างมาก เราสามารถให้คำจำกัดความของความดันผลเฉลี่ยถ้าใช้งานเพลาดังแสดงในสมการที่ (3) เราจะได้ ความดันเฉลี่ยเบรก โดยเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดจะมีค่าประมาณ 700 ถึง 900 kPa

$$bmep = \frac{Pn_R}{V_d N} \tag{3}$$

หมายเหตุ N ใช้หน่วยเป็น rps

- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, $bsfc$)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific Fuel Consumption) คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยมวลต่อกำลังหนึ่งหน่วยที่ผลิตได้จากเครื่องยนต์ภายในระยะเวลาหนึ่งหน่วย โดยการทดสอบเครื่องยนต์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะถูกวัดเป็นอัตราการไหลของมวล ซึ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ดังนั้นในการเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ที่มีขนาดแตกต่างกันในรูปแบบของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption, $bsfc$) ซึ่งเป็นอัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงต่อหน่วยกำลังเบรกที่ผลิตออกมา ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{P_b} \tag{4}$$

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency, η_b)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน เป็นค่าที่บ่งบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สามารถเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิงไปเป็นงานได้มากน้อยเพียงใด เราสามารถกำหนดประสิทธิภาพความร้อนได้เป็น 2 แบบ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนบ่งชี้และประสิทธิภาพเชิง

ความร้อนเบรก โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรกจะมีค่าประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้าขนาดใหญ่มากอาจมีค่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

$$\eta_b = \frac{P_b}{\dot{m}_f Q_{HV}} = \frac{1}{bsfcQ_{HV}} \qquad (5)$$

- อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air Fuel ratio, A/F)

พลังงานซึ่งถูกป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ออกซิเจนในอากาศช่วยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้น และการเผาไหม้ดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออากาศ (ออกซิเจน) และเชื้อเพลิงผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมเท่านั้น เราจึงใช้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) เป็นตัวแปรในการกำหนดสัดส่วนความเข้มของไอดี ดังสมการที่ (6) โดยเครื่องยนต์ดีเซลจะมีค่าอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F) ในช่วง 18 ถึง 70

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \qquad (6)$$

- ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency, η_v)

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรถูกกำหนดให้เท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลของปริมาตรอากาศที่เข้าไปในระบบไอดีต่อค่าปริมาตรที่ถูกกวาดโดยลูกสูบ หรือพิจารณาความหนาแน่นอากาศเข้าอาจใช้เป็นความหนาแน่นของอากาศโดยรอบก็ได้ ค่าทั่วไปของประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงสุดสำหรับเครื่องยนต์ที่นำไอดีเข้าโดยธรรมชาติจะอยู่ในช่วงร้อยละ 80 ถึง 90 ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ (7)

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_a V_d N} \qquad (7)$$

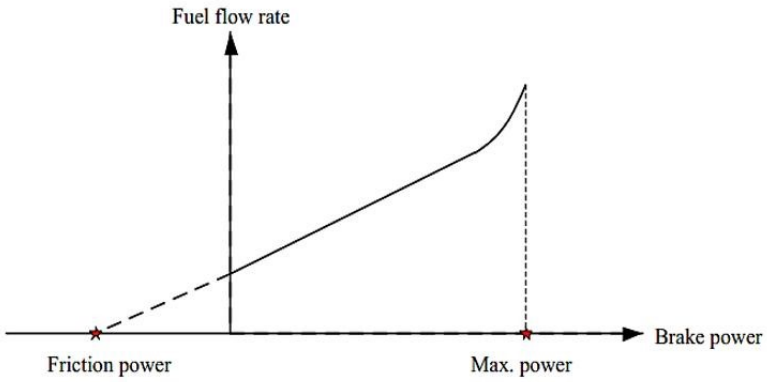
4. การทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์สันดาปภายในโดยทั่วๆไปนั้น จะมีวิธีการทดสอบอยู่หลายแบบ แต่แบบที่เป็นที่นิยมที่สุดในการทดสอบจะมีอยู่ 2 แบบคือ การทดสอบที่กำลังสูงสุด (Full load testing) ในกรณีนี้ถ้าเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์เบนซิน การทดสอบจะเป็นการเปิดลิ้นเร่งสูงสุดแล้ว

เปลี่ยนแปลงค่าโหลดที่กระทำต่อเครื่องยนต์ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของแรงบิดหรือกำลังของเครื่องยนต์ กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนในกรณีของเครื่องยนต์ดีเซลนั้นการทดสอบแบบนี้จะเป็นการเพิ่มลิ้นเร่งแล้วสังเกตไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ โดยถ้าไอเสียที่ออกมาเริ่มเป็นสีเทาแสดงว่าปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าสู่กระบอกสูบนั้นเพียงพอและเริ่มที่จะเผาไหม้ไม่หมด ซึ่งถือเป็นปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดที่จ่ายให้แล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หมด จากนั้นก็จะมีการปรับเปลี่ยนโหลดที่ให้กับเครื่องยนต์เพื่อหาความสัมพันธ์ของรอบเครื่องยนต์กับโหลด โดยในการปรับโหลดแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการปรับลิ้นเร่งใหม่ โดยสังเกตไอเสียทุกครั้ง ดังนั้นการทดสอบเช่นนี้ค่อนข้างยุ่งยากสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล

สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลที่นิยมอีกแบบหนึ่งก็คือ การทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ การทดสอบนี้จะปรับลิ้นเร่งของเครื่องยนต์ไปตามโหลดที่เปลี่ยนไป เพื่อรักษาระดับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้คงที่ (สำหรับการควบคุมความเร็วรอบให้คงที่นั้นอาจเป็นการยากในทางปฏิบัติ จึงนิยมให้เกิดความคลาดเคลื่อนของความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากเดิมไปได้ 5 ถึง 10 เปอร์เซนต์) โดยการทดสอบนี้มุ่งที่จะหาความสัมพันธ์ของความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$) กับความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เบรก ($bsfc$) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก ของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบที่กำหนดนั้นเป็นหลัก นอกจากนั้นการทดสอบโดยวิธีความเร็วรอบคงที่นี้ยังสามารถนำมาเขียนกราฟ เพื่อใช้หาค่าการสูญเสียทางกลโดยวิธี Willans line Method ได้ด้วย

การหาพลังงานสูญเสียจากแรงเสียดทาน (Friction power loss) ของเครื่องยนต์ทำได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่นิยมก็คือ Willans line Method วิธีการดังกล่าวเป็นการพล็อตกราฟของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) ในแนวแกนตั้งและกำลังเบรก (P_b) ในแนวแกนนอน (สำหรับเอกสารอ้างอิงบางเล่มอาจใช้ $bmep$ หรือ P_b)



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกกับกำลังเบรก

จากรูปกราฟที่ได้ทั่วๆไปเช่นแสดงดังรูปที่ 1 จะพบว่า กราฟในช่วงแรกๆจะเป็นเส้นตรงถึงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องยนต์สูงสุด ดังนั้นในช่วงต้นถ้าเราพิจารณาว่ากราฟเป็นเส้นตรงจะทำให้เราสามารถต่อกราฟนี้ออกไปได้ และกราฟนี้จะตัดแกนตั้งทางด้านค่ากำลังของเครื่องยนต์เป็นลบตามที่แสดงเป็นเส้นประในรูปที่ 1 การต่อเส้นกราฟนี้อาจสามารถพิจารณาได้ว่าเมื่อเครื่องยนต์ไม่ได้ให้กำลังเลยจะต้องสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงปริมาณหนึ่ง น้ำมันที่สิ้นเปลืองไปนั้นใช้เพื่อเอาชนะแรงเสียดทานของเครื่องยนต์ ดังนั้นการต่อกราฟออกไปจุดตัดของกราฟจะหมายถึงกำลังที่ต้องสูยเสียไปเนื่องจากแรงเสียดทาน Pumping Work และอื่นๆ

ข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือเราไม่สามารถที่จะแน่ใจได้ว่าการต่อกราฟออกไปนั้นความจริงแล้วควรจะเป็นเส้นตรงหรือไม่หรือว่าค่าความคลาดผิดพลาดเมื่อประมาณการด้วยเส้นตรงจะมีค่ามากน้อยเพียงใด นอกจากนี้วิธีการนี้ยังเหมาะเฉพาะกับเครื่องยนต์ดีเซลเพราะไม่มีการไหลผ่านลิ้นเร่งทำให้อากาศไหลเข้าสู่เครื่องยนต์จะคงที่ตลอดเวลา

สำหรับสมการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์นั้น จากกราฟกำหนดให้ค่าพลังงานสูญเสียจากแรงเสียดทาน เท่ากับ P_f และกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เป็น $P_{\max}$ เราสามารถประมาณได้ว่ากำลังงานบ่งชี้ (Indicated Power, P_i) จะเท่ากับ $P_{\max}+P_f$ ดังนั้นจะได้ประสิทธิภาพเชิงกล ซึ่งนิยามมีค่าเท่ากับกำลังเบรกต่อกำลังงานบ่งชี้ ดังแสดงในสมการที่ 8

$$\eta_m = \frac{P_b}{P_i} = \frac{P_{\max}}{P_{\max}+P_f} \qquad (8)$$

5. อุปกรณ์การทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลนี้ เครื่องยนต์ได้ติดตั้งอยู่บนไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้น้ำเป็นโหลด สำหรับรายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้มี ดังนี้

Type	Ford XLD 418
Engine No.	D 1870/1 TL
Bore	82.5 mm
Stroke	82.0 mm
Number of Cylinder	4
Swept Volume	1753
Compression Ratio	21.5 to 1
Maximum Power	37 kW at 3600 RPM
Maximum Speed	5000 RPM

6. เครื่องมือการทดสอบ

ไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเป็นแบบใช้น้ำเป็นโหลด ซึ่งสามารถปรับขนาดของโหลดได้ด้วยการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์ รายละเอียดไดนาโมมิเตอร์และเครื่องมือวัดอื่นๆ มีดังนี้

Dynamometer	
Make	Go-Power system
Capacity	450 kW
Type	D316
Maximum Speed	10000 RPM
Load	Water
Load Cell	
Make	Revere Transducers Inc.
Type	363-D3-500-20P3
Range	0-500 lbs.
Output	3.0 mV/V
Air Flow Meter	
Drum Size	42 in long x 27 diameter
Orifice Size	64.95 mm
Coefficient of Discharge	0.6
Fuel gauge	100, 200, 400 ml
Oil Pressure Gauge	UCC 0-10 bar
Oil Temperature Gauge	Zeal 20-150 *°C*

7. ขั้นตอนการทดสอบ

- **การติดเครื่องยนต์**

1) ตรวจวัดน้ำมันเครื่องว่ามีปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าน้ำมันเครื่องต่ำกว่าขีดที่กำหนดให้แจ้งเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการให้ทราบ
2) เปิดวาล์วน้ำของน้ำหล่อเย็นและน้ำที่ใช้เป็นโหลดของเครื่องยนต์

3) เปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น ตรวจสอบดูว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่ จากนั้นปรับการไหลให้เหมาะสม (ประมาณ 18-20 ลิตรต่อนาที)
4) ปรับโหลดให้ต่ำ โดยเปิดวาล์วเข้าไดนาโมมิเตอร์เพียงเล็กน้อย
5) เปิดวาล์วน้ำมันของถังน้ำมันเข้าสู่เครื่องยนต์
6) เปิดสวิตช์ไฟไฟสีแดงบนแผงบังคับจะติด จากนั้นกดปุ่มสตาร์ทเครื่องยนต์
7) ในการกดปุ่มสตาร์ทไม่ควรกดแช่นานกว่า 10 วินาที ถ้าเครื่องยนต์ไม่ติดให้ปล่อยปุ่มก่อน แล้วค่อยลองกดใหม่ และเมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วให้ปล่อยปุ่มสตาร์ททันที
8) ในระหว่างนี้อาจปรับอัตราการจ่ายน้ำมันให้เหมาะสม

- **การทดสอบ**

การทดสอบนี้ควรจะใช้คนร่วมปฏิบัติการและจดบันทึกค่าประมาณ 4 คนเป็นอย่างต่ำ คือ

คนที่ 1 คอยตรวจอ่านค่าแรงดันน้ำมันเครื่อง อุณหภูมิน้ำมันเครื่อง และควบคุมการติดเครื่องยนต์
คนที่ 2 คอยอ่านค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ แรงบิด และความเร็วรอบ พร้อมทั้งควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้ความเร็วรอบตามต้องการ
คนที่ 3 ตรวจจับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศ
คนที่ 4 ควบคุมการไหลของน้ำและบันทึกความดันของน้ำที่เข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์

- **ขั้นตอนทดสอบ**

1) ในกรณีที่เครื่องยนต์เย็นอยู่ก่อน เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วควรปล่อยให้เครื่องยนต์เดินเบาประมาณ 5 นาที จึงเริ่มการทดสอบ
2) ณ ที่โหลดเบาที่สุด ทำการปรับการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้รอบการทำงานเป็นไปตามที่กำหนด (ความเร็วรอบจะถูกกำหนดโดยผู้สอนปฏิบัติการ) โดยประมาณว่าสามารถมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการแล้ว บันทึกผลของค่าต่างๆที่ต้องการลงในตาราง
3) สำหรับการวัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้นาฬิกาจับอัตราน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ใช้ โดยใช้ถังตวงที่ติดมากับชุดจ่ายน้ำมันขอเงเครื่องยนต์และติดตั้งอยู่บริเวณผนังห้อง
4) เปลี่ยนแปลงให้อัตราการไหลข้าวของน้ำเข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์เพิ่มขึ้น จากนั้นปรับการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้รอบกลับมาคงที่เหมือนเดิม ระวังในการเพิ่มโหลดนั้นถ้ามากขึ้น

อย่างรวดเร็วอาจทำให้เครื่องยนต์ดับได้ และเมื่อความเร็วรอบคงที่ตามที่ต้องการแล้วจึงจดบันทึกค่าลงในตาราง

5) การทดสอบนี้จะทำจากโหลดต่ำๆค่อยๆเพิ่มจนกระทั่งถึงโหลดสูงสุด โดยต้องมีจุดข้อมูลไม่น้อยกว่า 6 จุด และเมื่อถึงโหลดสูงสุดแล้ว ทำการทดสอบซ้ำเดิมโดยเป็นวิธีการลดโหลดจากสูงสุดจนถึงต่ำสุด ดังนั้นจุดข้อมูลรวมทั้งหมดไม่ควรต่ำกว่า 10 จุด
6) เมื่อทดสอบเสร็จสิ้นแล้วให้ปิดเครื่องยนต์ ปิดวาล์วจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ปิดวาล์วน้ำที่เข้าสู่ไดนาโมมิเตอร์ และปล่อยให้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำงานต่อสักระยะเวลาหนึ่ง จนกระทั่งเครื่องยนต์เย็นลงพอสมควร แล้วจึงปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น
7) ปิดวาล์วน้ำทั้งหมด ปิดสวิตช์ไฟ ถ้าเครื่องยนต์จะไม่ใช้งานเป็นเวลานาน ให้ทำการถอดขั้วแบตเตอรี่ออก

8. การประเมินผล

1) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ($bsfc$), ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (η_b) กับความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$)
2) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ($bsfc$) ความดันผลเฉลี่ยเบรก ($bmep$) กับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (A/F)
3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ($\dot{m}_f$) กับกำลังเบรก (P_b) และหาค่าประสิทธิภาพเชิงกล (η_m) ด้วยวิธี Willans line method

9. เอกสารอ้างอิง

Heywood, J.B., "*Internal Combustion Engines Fundamentals*," McGraw-Hill, 1988.

Obert, E.F., "*Internal Combustion Engines*," 3rd ed., International Text Company, 1968.

Ferguson, C.R., "*Internal Combustion Engines: Applied Thermo sciences,*" Wiley, 1986.

Ganeson, V., "*Internal Combustion Engines*," McGraw-Hill, 1994.

PLINT & PARTNERS Ltd.: MANUAL#TE20/A: Instructional Test & Experiments on Internal Combustion Engines.

H.N.Gupta, "*Fundamentals of Internal Combustion Engines*," PHI Learning Private Limited, 2009.

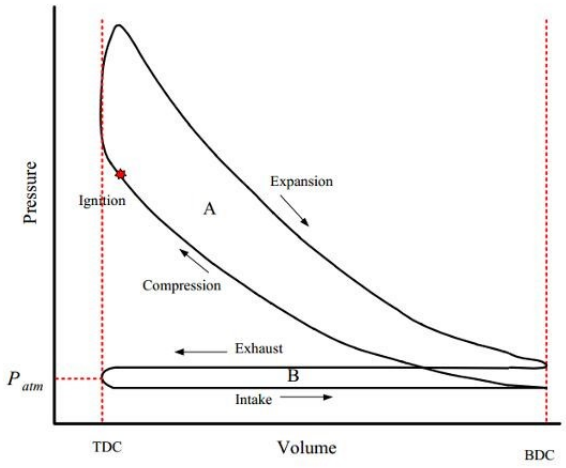
ตารางบันทึกผลการทดสอบ

Lecturer:						**Group:**		**Date:**			
Engine: FORD XLD 418, 4 Cylinder				***Fuel***		***Air***			***Engine Cooling Water***		***Dynamometer***
Engine Speed	**Load**	**Brake Power**	**bmep**	**Time**	**bsfc**	**Intake Temp.**	**Exhaust Temp.**	**Air Speed**	**In**	**Out**	**Water Pressure**
(RPM)	(N-m)	(kW)	(kPa)	(sec.)	(g/kW-hr)	(°C)	(°C)	(m/s)	(°C)	(°C)	(Bar)

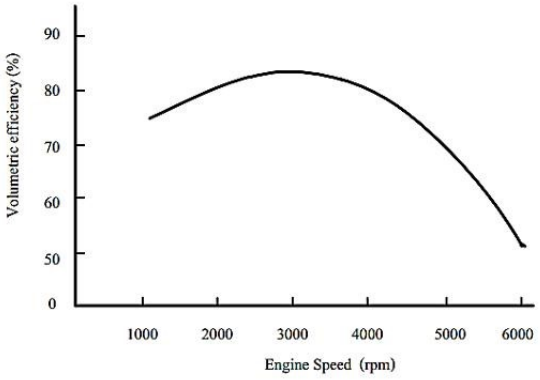
ผู้สอนปฏิบัติการ : .....

วันที่ทำปฏิบัติการ : ...../...../.....

10. ภาคผนวก

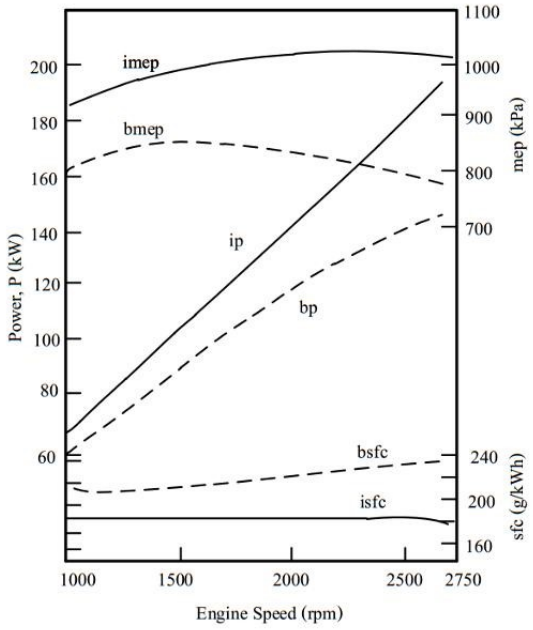


รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงปริมาตรกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

(ที่มา: Fundamentals of Internal Combustion Engines, H.N.Gupta, 2009)



รูปที่ 4 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องยนต์สำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (8.4 ลิตร, 6-cylinder engine)

(ที่มา: Fundamentals of Internal Combustion Engines, H.N.Gupta, 2009)

ปฏิบัติการกระบวนการปรับอากาศ

เรียบเรียงโดย ธีระชาติ พรพิบูลย์

ความสำคัญของการปรับอากาศ

การปรับอากาศหมายถึงกระบวนการที่ทำให้อากาศเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งกลายเป็นอีกสภาวะหนึ่งตามต้องการ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การทำให้อากาศเย็นและแห้งสำหรับการจ่ายอากาศเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศสำหรับภูมิภาคเขตร้อนชื้น การทำให้อากาศร้อนเพื่อใช้อากาศร้อนเหล่านั้นในการอบแห้งแป้งมันสำปะหลังภายหลังกระบวนการสลัดน้ำออกจากมันสำปะหลังที่ได้ทำการบดแล้วซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตแป้งมันสัมปะหลัง การทำให้อากาศแห้งเพื่อใช้ในการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ความชื้นมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์จากผลิตผลทางด้านการเกษตร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นจึงเห็นว่ากระบวนปรับอากาศมีความสำคัญอย่างมากในทางวิศวกรรม และปฏิบัติการนี้จะเน้นหนักในการทำความเข้าใจทั้งด้านคุณสมบัติของอากาศ และกระบวนการปรับอากาศทั้งในทางทฤษฎีตลอดจนในการปฏิบัติการทดลอง

วัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ

ปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการนั้นทำความเข้าใจทั้งด้านคุณสมบัติของ อากาศ และกระบวนการปรับอากาศทั้งในทางทฤษฎีตลอดจนในการปฏิบัติการทดลอง

คุณสมบัติของอากาศ

อากาศในบรรยากาศ (Atmospheric air) มีองค์ประกอบระหว่างก๊าซชนิดต่างๆ คือ ไนโตรเจน(N_2) ออกซิเจน(O_2) และก๊าซอื่นๆ เช่น อาร์กอน(Ar) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น โดยมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 75% โดยมวล และออกซิเจนประมาณ 23% โดยมวล และมีไอน้ำ (Moisture) ดังนั้นในทางวิศวกรรมการปรับอากาศจะจำแนกอากาศออกเป็น 2 องค์ประกอบคือ อากาศแห้ง ซึ่งประกอบด้วยก๊าซต่างๆ ข้างต้น ซึ่งเรียกว่า *อากาศแห้ง* (Dry air) และไอน้ำ (Water vapor) โดยที่ปริมาณไอน้ำในอากาศจะมีแน้วโน้มเปลี่ยนแปลงได้จากกระบวนการกลั่นตัว (Condensation) และกระบวนการระเหย (Evaporation) กล่าวคือเมื่อไอน้ำในอากาศมีการกลั่นตัวจะทำให้ปริมาณไอน้ำในอากาศลดลงในทางกลับกันหากไอน้ำในอากาศได้รับการระเหยเพิ่มเติมจากสิ่งแวดล้อม เช่น ระเหยจากแหล่งน้ำในธรรมชาติจะทำให้ปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น

อากาศแห้งในบรรยากาศโดยทั่วไปถือว่ามีมวลคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนไอน้ำอาจมีมวลเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหรือน้อยลงได้ขึ้นกับกระบวนการระเหยและกระบวนการกลั่นตัวดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ด้วยเหตุนี้ในทางวิศวกรรมจึงเรียกอากาศในบรรยากาศแทนด้วย *อากาศชื้น* (Moist air) หมายถึงอากาศที่มีองค์ประกอบระหว่างอากาศแห้งและไอน้ำในอากาศ กล่าวคือ

อากาศชื้น = อากาศแห้ง + ไอน้ำ

เนื่องจากอากาศชื้นแบ่งออกเป็นสองส่วนคืออากาศแห้งและไอน้ำจึงทำให้ความดันของอากาศชื้นจะเท่ากับผลรวมระหว่างความดันเฉพาะส่วนอากาศแห้งและความดันเฉพาะส่วนไอน้ำ ดังนั้น

$$P = P_a + P_v \qquad \text{kPa}$$

โดยที่

P แทน ความดันของอากาศชื้น, kPa

P_a แทน ความดันเฉพาะส่วนอากาศแห้ง , kPa

P_v แทน ความดันเฉพาะส่วนไอน้ำ, kPa

ไอน้ำที่อยู่ในอากาศชื้นอาจถูกเรียกว่า *ความชื้น* (Humidity) สภาวะของไอน้ำในอากาศชื้นโดยปกติจะอยู่ในสภาวะไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheated steam) แต่ในกรณีที่ไอน้ำเหล่านั้นอยู่ในสภาวะพร้อมกลั่นตัวไอน้ำเหล่านั้นก็จะอยู่ในสภาวะไอน้ำอิ่มตัว (Saturated steam) ซึ่งก็อาจเกิดขึ้นได้ในบางกรณี ดังนั้นการที่เราจะพิจารณาว่าอากาศในสภาวะใดมีความชื้นมากหรือน้อยกว่ากันจะสามารถพิจารณาได้จากปริมาณไอน้ำในอากาศเป็นสำคัญ การอ้างอิงปริมาณไอน้ำในอากาศจะถูกอ้างอิงด้วย *อัตราส่วนความชื้น* (Humidity ratio) หรืออาจเรียกว่า *ความชื้นสมบูรณ์* (Absolute humidity) หรือเรียกว่า *ความชื้นจำเพาะ* (Specific humidity) ทั้งหมดนี้จะมีความหมายเดียวกันคืออัตรส่วนมวลของไอน้ำในอากาศต่อมวลของอากาศแห้งในอากาศนั้น กล่าวคือ

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \qquad kg_v / kg_a$$

โดยที่

ω แทน อัตราส่วนความชื้น, kg_v / kg_a

m_v แทน มวลไอน้ำในอากาศชื้น, kg_v

m_a แทน มวลอากาศแห้ง, kg_a

เนื่องจากอากาศแห้งและไอน้ำอยู่ในสถานะก๊าซและผสมกลมกลืนซึ่งกันและกัน จึงทำให้อุณหภูมิและปริมาตรของไอน้ำและอากาศแห้งจะมีค่าเท่ากันเสมอ ซึ่งเป็นอุณหภูมิของอากาศชื้น ถ้าสมมติฐานให้อากาศแห้งและไอน้ำมีคุณสมบัติเป็นก๊าซอุดมคติ (Ideal gas) จะทำให้

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V/(R_v T)}{P_a V/(R_a T)} = \frac{R_a}{R_v}\frac{P_v}{P_a} = 0.622\frac{P_v}{P_a}$$

หรือ $\omega = 0.622\frac{P_v}{P - P_v}$

จากความหมายของความชื้นจำเพาะอาจกล่าวได้ว่าในอากาศแห้งซึ่งไม่มีไอน้ำอยู่เลยจะทำให้ความชื้นจำเพาะมีค่าเท่ากับศูนย์ $(m_v = 0)$ และจากสมการสภาวะของก๊าซอุดมคติ (Equation of state of Ideal gas) จะพบว่าความดันเฉพาะส่วนไอน้ำจะเท่ากับศูนย์ด้วย $(P_v = 0)$ หากอากาศแห้งนี้ได้รับไอน้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอากาศแห้งเข้าไปจะทำให้ความชื้นจำเพาะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้กลายสภาพจากอากาศแห้งเป็นอากาศชื้นและจะทำให้มวลของไอน้ำและความดันเฉพาะส่วนไอน้ำมีค่าสูงขึ้นหากอากาศชื้นได้รับไอน้ำดังกล่าวต่อไปอีกจนกระทั่งอากาศไม่มีความสามารถรับไอน้ำได้จะทำให้ค่าความชื้นจำเพาะเพิ่มขึ้นจนเพิ่มขึ้นไม่ได้อีกอากาศในสภาพที่ไม่ความสามารถรับไอน้ำได้อีกนี้เรียกว่า *อากาศอิ่มตัว* (Saturated air) หมายความว่าไอน้ำในอากาศอิ่มจะอยู่ในสภาวะที่พร้อมกลั่นตัวเป็นหยดน้ำกล่าวคือไอน้ำในอากาศอิ่มตัวจะอยู่ในสถานะอิ่มตัว (Saturated vapor) ดังนั้นความดันเฉพาะส่วนไอน้ำในสภาวะนี้คือความดันอิ่มตัว(Saturation pressure) ของน้ำที่อุณหภูมิของอากาศในขณะนั้น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้เราทราบว่าการเกิดอากาศอิ่มตัวได้จะขึ้นกับปริมาณไอน้ำภายในอากาศและสถานะของไอน้ำในอากาศนั้น ดังนั้นการบ่งบอกสภาพของอากาศที่เข้าใกล้สภาวะอากาศอิ่มตัวหรือไม่นั้นจึงสามารถเทียบได้โดยอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศเทียบต่อมวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของอากาศนั้นซึ่งเรียกว่า *ความชื้นสัมพัทธ์* (Relative humidity) กล่าวคือ

$$RH = \frac{m_v}{m_g} \quad , kg_v/kg_g$$

โดยที่

RH แทน ความชื้นสัมพัทธ์

m_v แทน มวลของไอน้ำในอากาศ ที่อุณหภูมิอากาศ T, kg_v

m_g แทน มวลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิอากาศ T เดียวกัน, kg_g

ดังนั้นจากสมการสภาวะจะได้ว่า

$$RH = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v T}{P_g V / R_v T} = \frac{P_v}{P_g} \quad , kg_v/kg_g$$

โดยที่

$$P_g = P_{sat@T}$$

ความชื้นสัมพัทธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 0 อากาศนั้นจะเป็นอากาศแห้ง $(m_v = 0)$ อากาศที่ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 1 จะเป็นอากาศอิ่มตัว $(m_v = m_g)$

ถ้าอากาศชื้นถูกทำความเย็นที่ความดันคงที่จะทำให้ความดันเฉพาะส่วนไอน้ำ (P_v) คงที่ด้วย ถ้ากระบวนการทำความเย็นนี้เป็นไปอย่างต่อเนื่องจะทำให้ไอน้ำในอากาศจะมีอุณหภูมิลดลง ภายใต้กระบวนการความดันคงที่จนกระทั่งอุณหภูมิไอน้ำลดลงเข้าใกล้อุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำที่ความดันเฉพาะส่วนไอน้ำนั้น จะทำให้ไอน้ำในอากาศจะเริ่มกลั่นตัว เรียกอุณหภูมินี้ว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature, Td) กล่าวคือ ตัวอย่างปรากฏการณ์นี้ เช่น การเกิดหยดน้ำรอบๆ ผิวด้านนอกของแก้วน้ำที่บรรจุน้ำแข็งอยู่เต็มแก้วหยดน้ำนั้นมาจากไอน้ำในอากาศถูกทำความเย็นโดยพื้นผิวแก้วจนกระทั่งอุณหภูมิอากาศรอบๆแก้วนั้นเข้าใกล้อุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ จึงทำให้อุณหภูมิของไอน้ำภายในอากาศเข้าใกล้อุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำ ที่ความดันเฉพาะส่วนไอน้ำในอากาศนั้น ในขณะเดียวกันเราจะพบว่าอากาศที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างจะเป็นอากาศอิ่มตัวและมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 1 เสมอ

เนื่องจากอากาศชื้นเป็นการผสมผสานระหว่างอากาศแห้งและไอน้ำ ดังนั้นเอนทาลปี (Enthalpy) ของอากาศชื้นก็คือผลรวมของเอนทาลปีของอากาศแห้งและไอน้ำกล่าวคือ

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v \quad , kJ$$

โดยที่

H แทน เอนทาลปีของอากาศชื้น, kJ

H_a แทน เอนทาลปีของอากาศแห้ง, kJ

H_v แทน เอนทาลปีของไอน้ำ, kJ

h_a แทน เอนทาลปีจำเพาะ (Specific enthalpy) ของอากาศแห้ง, kJ/kg_a

h_v แทน เอนทาลปีจำเพาะของไอน้ำ, kJ/kg_v

ในทางปฏิบัติมวลของอากาศแห้งจะคงที่แต่มวลของไอน้ำในอากาศอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นเพื่อไม่ให้เป็นการยุ่งยากในทางปฏิบัติเอนทาลปีจำเพาะของอากาศชื้น (h) จึงถูกแสดงอยู่ในรูปต่อหน่วยมวลของอากาศแห้งเสมอแทนที่จะแสดงในรูปต่อหน่วยมวลของอากาศทั้งหมดหรือต่อหน่วยมวลของไอน้ำ กล่าวคือ

$$h = \frac{H}{m_a} = \frac{m_a}{m_a} h_a + \frac{m_v}{m_a} h_v \quad ,kJ/kg_a$$

$$h = h_a + \omega h_v \quad ,kJ/kg_a$$

อากาศแห้งในช่วงอุณหภูมิ -10°C ถึง 50°C จะมีคุณสมบัติคล้ายก๊าซอุดมคติ และถ้าพิจารณาที่อุณหภูมิ 0°C เป็นอุณหภูมิอ้างอิงของค่าเอนทาลปี (ที่อุณหภูมิ 0°C เอนทาลปี อากาศแห้งเท่ากับศูนย์) จะทำให้เอนทาลปีของอากาศแห้ง สามารถแสดงได้ดังนี้

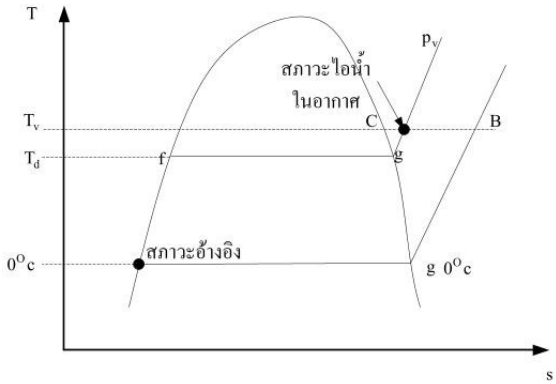
$$h_a = C_{Pa} T = [1.005 kJ/kg\,K]T \quad ,kJ/kg_a$$

โดยที่

T แทน อุณหภูมิของอากาศชื้น , °C

C_{pa} แทน ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง = 1.005 kJ/kg K

ไอน้ำภายในอากาศชื้นโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในสถานะไอร้อนยิ่งยวดและอยู่มีคุณสมบัติคล้ายก๊าซอุดมคติเนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายก๊าซอุดมคติจึงทำให้เอนทาลปีของไอน้ำเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว $h_v = h_v(T)$ ในขณะที่อุณหภูมิ 0°C เอนทาลปีของไอน้ำในสถานะของเหลวอิ่มตัว (Satutrated liquid) จะมีค่าเท่ากับศูนย์



รูปที่ 1. แผนภูมิอุณหภูมิและเอนโทรปี (T-s diagram) ของไอน้ำในอากาศ

ดังนั้นถ้าเราเริ่มต้นให้อุณหภูมิที่ศูนย์องศาเป็นจุดอ้างอิงโดยพิจารณาสภาวะของไอน้ำดังรูปที่ 1. ประกอบกับเราทราบมาแล้วว่าอุณหภมิไอน้ำในอากาศเท่ากับอุณหภูมิอากาศเสมอ $T_v = T$ จะได้ว่า

$$h_v = C_{pw}(T_d - 0) + (h_{fg})_d + C_{pv}(T - T_d)$$
$$h_v = C_{pw}T_d + (h_{fg})_d + C_{pv}(T - T_d)$$

โดยที่

C_{pw} แทน ความร้อนจำเพาะของน้ำในสถานะของเหลว

T_d แทน อุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ

$(h_{fg})_d$ แทน ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของไอน้ำ

C_{pv} แทน ความร้อนจำเพาะของน้ำในสถานะไอ

ในช่วงอุณหภูมิบรรยากาศตั้งแต่ 0°C ถึง 60°C ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำในสถานะของเหลวเท่ากับ 4.1868 kJ/kg Kและความจุความร้อนจำเพาะของไอน้ำเท่ากับ 1.88 kJ/kg K ดังนั้น

$$h_v = 4.1868T_d + (h_{fg})_d + 1.88(T - T_d) \quad ,kJ/kg_v$$

ไอน้ำในอากาศจะอยู่ในช่วงความดันต่ำจึงทำให้มีคุณสมบัติคล้ายก๊าซอุดมคติ ทำให้เอนทาลปีของไอน้ำเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจากรูปที่ 1. จึงทำให้สามารถกล่าวได้ว่าเอนทาลปีของไอน้ำในอากาศ (h_v) เอนทาลปีที่จุด C (h_C) และเอนทาลปีที่จุด B (h_B) มีค่าเท่ากันหากสมมติฐานให้ไอน้ำในอากาศเป็นก๊าซอุดมคติ ดังนั้น

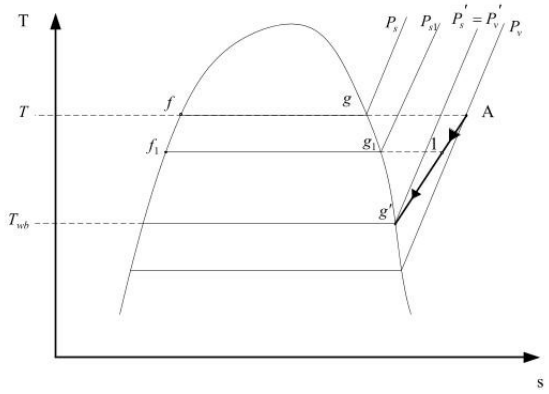
$$h_v = h_C = h_B = h_{g@T}$$

นอกจากนี้ยังพิจารณาได้อีกว่าเอนทาลปีที่จุด B จะเท่ากับ $h_B = h_{g@0^oC} + C_{pv}(T-0)$ โดยเอนทาลปีของการกลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 2501 kJ/kg จึงทำให้ $h_{g@0^oC} = 2501$ kJ/kg ซึ่งทำให้เอนทาลปีของไอน้ำจะเท่ากับ

$$h_v = 2501 + 1.88T \quad ,kJ/kg_v$$

เอนทาลปีของอากาศชื้นต่อหน่วยมวลของอากาศแห้งในบรรยากาศจะเท่ากับผลรวมระหว่างเอนทาลปีจำเพาะของอากาศแห้งกับเอนทาลปีจำเพาะของไอน้ำ ดังนั้น

$$h = h_a + \omega h_v = 1.005 + \omega(2501 + 1.88T) \quad ,kJ/kg_a$$



รูปที่ 2. กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ของไอน้ำภายใต้นิยามของอุณหภูมิกระเปาะเปียก

การอ้างอิงคุณสมบัติของอากาศชื้นในด้านอุณหภูมิสามารถอ้างอิงได้ 2 ลักษณะ โดย มีความหมายทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่แตกต่างกันกล่าวคือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) หมายถึงอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้โดยตรงจากอากาศชื้นและ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) คืออุณหภูมิของอากาศอิ่มตัวที่เกิดจากการที่น้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับอากาศชื้น ระเหยเข้าไปในอากาศชื้นจนอากาศชื้นนั้นกลายเป็นอากาศอิ่มตัว รูปที่ 2 แสดงกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ของการระเหยของไอน้ำเข้าสู่อากาศชื้นโดยเริ่มต้นไอน้ำในอากาศอยู่ในสภาวะ ร้อนยิ่งยวดที่จุด A มีความดันเฉพาะส่วนของไอน้ำเท่ากับ (P_v) และน้ำใน สถานะพร้อมระเหย(สถานะของเหลวอิ่มตัว) ความดันอิ่มตัว (P_s) และมีอุณหภูมิ T เท่ากับ อุณหภูมิของอากาศซึ่งอยู่ในสภาวะที่

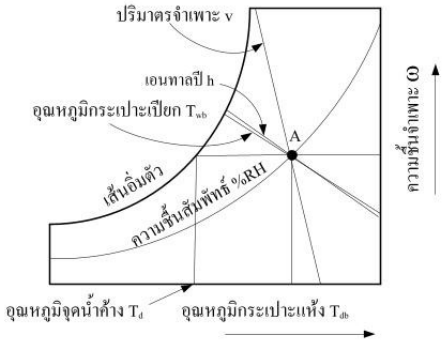
จุด f เมื่อน้ำระเหยเข้าไปในอากาศความดันเฉพาะส่วนไอน้ำ ในอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิของอากาศจะมีแนวโน้มลดลงทำให้ไอน้ำในอากาศ อยู่ในสภาวะที่ 1 โดยที่ส่วนน้ำระเหยจะอยู่ในสภาวะ f_1 และมีความดันลดลงเป็น P_{s1} และอุณหภูมิก็จะลดลงด้วย กระบวนการจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งไอน้ำในอากาศอยู่ในสถานะ ไออิ่มตัวที่สภาวะ g' แสดงว่าอากาศชื้นในขณะนั้นจะกลายเป็นอากาศอิ่มตัวและทำให้น้ำระเหย อยู่ในสภาวะ f' จะเห็นได้ว่าความดันเฉพาะส่วนของไอน้ำในอากาศ P_v' จะเท่ากับความดัน ของน้ำ P_s' และอุณหภูมิของไอน้ำและน้ำระเหยจะเท่ากันซึ่งก็คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกของ อากาศ ดังนั้นเส้นกระบวนการ A-1-g' แสดงถึงกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ของไอน้ำในอากาศภายใต้นิยามของอุณหภูมิกระเปาะเปียก

การตรวจวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกจากกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ดังกล่าว สามารถทำได้โดยการให้อากาศชื้นที่ต้องการตรวจวัดไหลผ่านเทอร์โมมิเตอร์ที่หุ้มด้วยสำลีเปียก เมื่ออากาศชื้นไหลผ่านโพรงสำลีเปียกก็จะเกิดกระบวนการระเหยของน้ำระเหยสู่อากาศภายในโพรงสำลีในลักษณะเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้อากาศชื้นนั้นกลายเป็นอากาศอิ่มตัวรอบกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่วัดได้จึงเป็นอุณหภูมิกระเปาะเปียก

<u>ไซโครเมตริกชาร์ท</u> (Psychometric chart)

จากที่ได้ทำความเข้าใจในพื้นฐานของคุณสมบัติของอากาศมาแล้ว เพื่อความสะดวกใน การวิเคราะห์จึงได้มีการจัดทำแผนภูมิเพื่อใช้ในการหาคุณสมบัติของอากาศดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นไว้ โดยทำการสร้างเส้นแนวโน้มของคุณสมบัติของอากาศต่างๆ ที่ค่าความดันของอากาศคงที่ ค่าหนึ่งโดยแผนภูมินั้นเรียกว่า ไซโครเมตริกชาร์ท ไซโครเมตริกชาร์ทที่พบได้ทั่วไปคือ ไซโครเมตริกชาร์ทที่ความดันบรรยากาศในระดับน้ำทะเลประมาณ 1.01325 บาร์ ลักษณะและการ วางตัวของเส้นคุณสมบัติต่างๆ ใน ไซโครเมตริกชาร์ทจะแสดงดังรูปที่ 3.

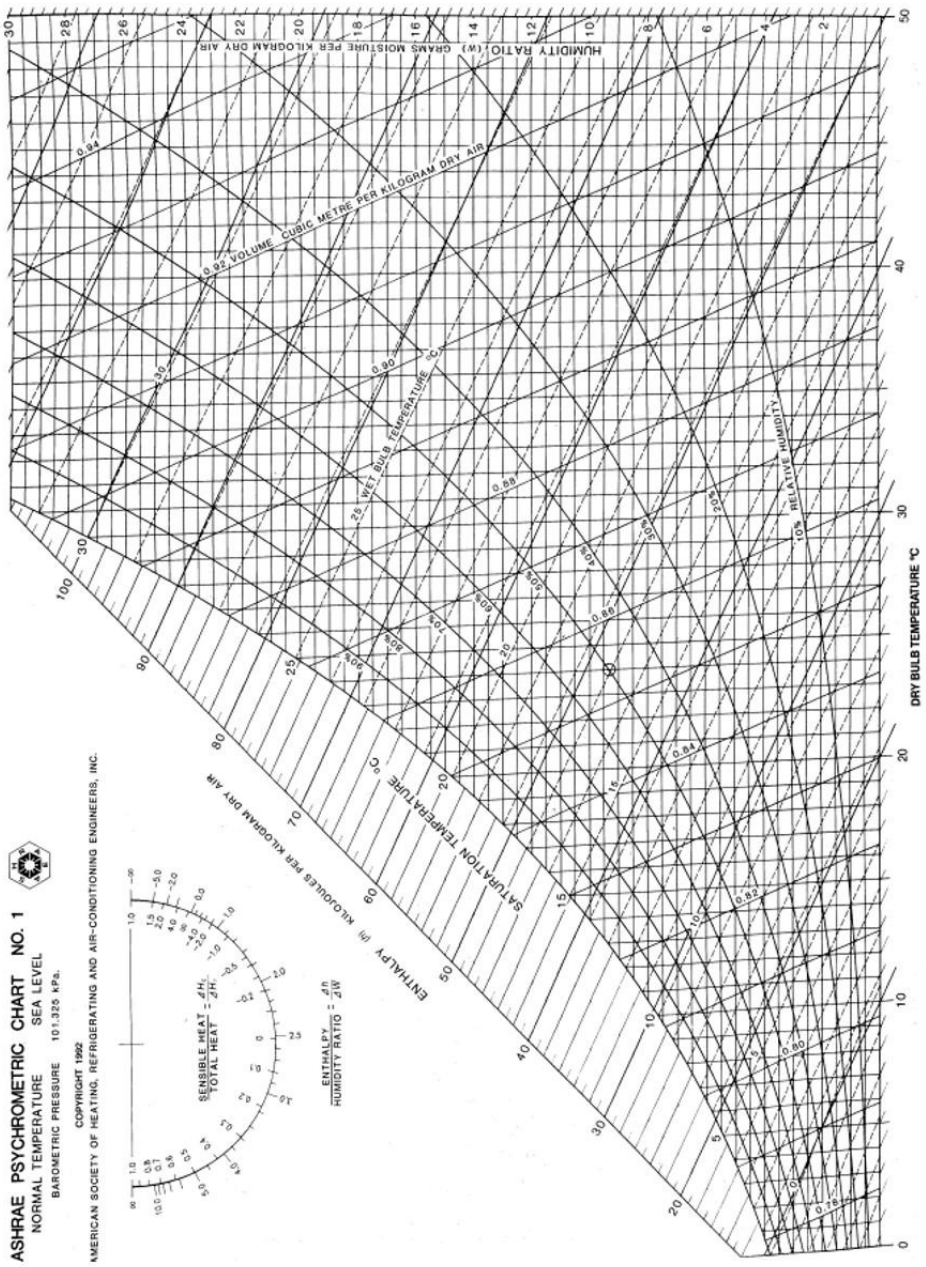
จากรูปที่ 3 จุด A แทนจุดที่พิจารณาคุณสมบัติของอากาศ ซึ่งสังเกตุได้ว่า เส้นอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็นเส้นที่เอียงจากแนวดิ่งไปด้านขวามือเล็กน้อย เส้นความชื้นจำเพาะ เป็นเส้นวางตัวในแนวนอน เส้นเอนทาลปีและเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะเป็นเส้นที่มีความลาดเอียงที่ไม่ขนานกัน แต่เส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะมีความลาดเอียงกว่าเส้นเอนทาลปีเล็กน้อย เส้นอิ่มตัว (Saturation line) จะแสดงสภาวะของอากาศอิ่มตัว ดังนั้นบนเส้นอิ่มตัวอุณหภูมิ กระเปาะ เปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และ อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะสมมูลซึ่งกันและกัน



รูปที่ 3. เส้นแนวโน้มของคุณสมบัติอากาศในไซโครเมตริกชาร์ท

ไซโครเมตริกชาร์ทที่นิยมใช้กันทางวิศวกรรมการปรับอากาศถูกสร้างขึ้นจากหลายองค์กร เช่น ไซโครเมตริกชาร์ทของ ASHRAE ไซโครเมตริกชาร์ทของ Carrier เป็นต้น ซึ่งจะมี ความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในด้านวิธีการใช้งานและรายละเอียด อย่างไรก็ตามในที่นี้จะขอ กล่าวถึงเฉพาะไซโครเมตริกชาร์ทของ ASHRAE เท่านั้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.

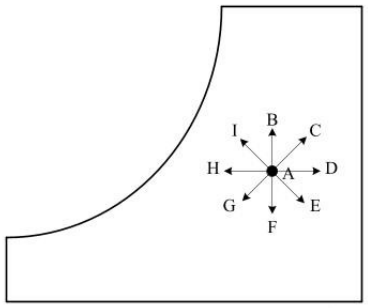
โปรแทคเตอร์ทางด้านมุมซ้ายบนของชาร์ทแสดงถึงอัตราส่วนผลต่างของเอนทาลปีและผลต่างของความชื้นจำเพาะของกระบวนการ และอัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อ ความร้อนรวมของกระบวนการ การใช้งานโปรแทคเตอร์ทำได้โดยสร้างเส้นกระบวนการ ในชาร์ทและให้ทำการสร้างเส้นขนานกับเส้นกระบวนการนั้นบนโปรแทคเตอร์ และให้เส้นดังกล่าว ตัดผ่านศูนย์กลางของโปรแทคเตอร์ จุดตัดของเส้นบนโปรแทคเตอร์จะแสดงถึงอัตราส่วนทั้งสอง



รูปที่ 4. ไซโครเมตริกชาร์ทของ ASHRAE ที่ระดับน้ำทะเล

<u>กระบวนการปรับอากาศ</u>

รูปที่ 5. แสดงทิศทางของกระบวนการปรับอากาศต่างๆ บนไซโครเมตริกชาร์ท โดยที่จุด A เป็นสภาวะของอากาศเริ่มต้น ซึ่งสามารถจำแนกกระบวนการปรับอากาศได้เป็น 8 กระบวนการ ดังนี้



รูปที่ **5.** ทิศของกระบวนการปรับอากาศบนไซโครเมตริกชาร์ท

1. A-B แทน ทิศทางของกระบวนการเพิ่มความชื้น
2. A-C แทน ทิศทางของกระบวนการทำความร้อนและเพิ่มความชื้น
3. A-D แทน ทิศทางของกระบวนการทำความร้อน
4. A-E แทน ทิศทางของกระบวนการทำความร้อนและลดความชื้น
5. A-F แทน ทิศทางของกระบวนการลดความชื้น
6. A-G แทน ทิศทางของกระบวนการทำความเย็นและลดความชื้น
7. A-H แทน ทิศทางของกระบวนการทำความเย็น
8. A-I แทน ทิศทางของกระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น

การวิเคราะห์กระบวนการปรับอากาศจะอาศัยหลักการสมดุลพลังงานและสมดุลมวลของอากาศแห้งและไอน้ำ หากสมมติฐานให้อากาศในระหว่างกระบวนการมีสภาวะคงตัว (Steady state) และการไหลของอากาศในระหว่างกระบวนการเป็นการไหลแบบคงตัว (Steady flow) จะสามารถแสดงความสัมพันธ์ภายใต้สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการปรับอากาศรูปทั่วไปได้ดังต่อไปนี้

สมดุลพลังงาน :

$$\dot{Q} - \dot{W} = \Sigma \dot{m}_{a,out} h_{out} - \Sigma \dot{m}_{a,in} h_{in}$$

สมดุลมวล

สมดุลมวลของอากาศแห้ง :

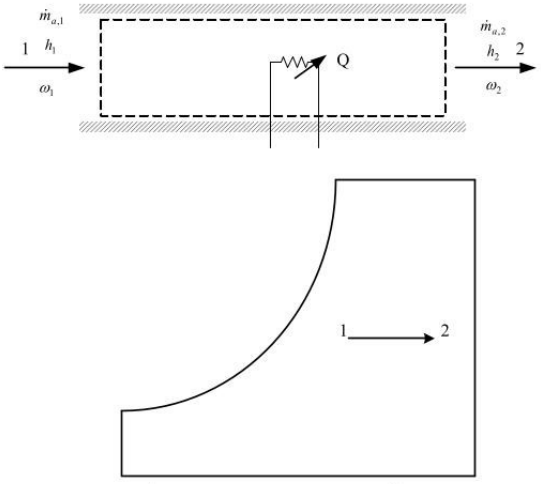
$$\Sigma \dot{m}_{a,in} = \Sigma \dot{m}_{a,out}$$

สมดุลมวลของไอน้ำ :

$$\Sigma \omega_{in} \dot{m}_{a,in} = \Sigma \omega_{out} \dot{m}_{a,out}$$

ตัวอย่าง การวิเคราะห์กระบวนการทำอากาศร้อน

กระบวนการทำอากาศร้อนจะทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ความชื้นของอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นกระบวนการนี้จะเป็นการเพิ่มความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ให้กับ อากาศเนื่องจากทำให้อากาศมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในขณะที่อากาศจะไม่มีการเปลี่ยน แปลงความร้อนแฝง (Latent heat) เนื่องจากความชื้นของอากาศคงที่ตลอดกระบวนการ แสดงดัง รูปที่ 6.



รูปที่ 6. กระบวนการทำอากาศร้อน

สมดุลพลังงาน :

$$\dot{Q} = \dot{m}_{a,2}h_2 - \dot{m}_{a,1}h_1$$

สมดุลมวล

สมดุลมวลของอากาศแห้ง :

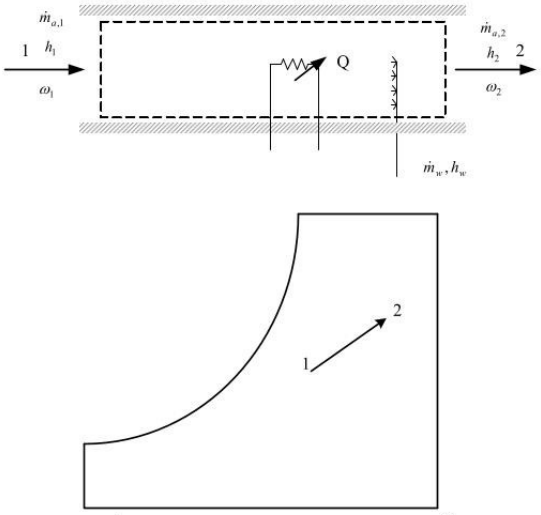
$$\dot{m}_{a,2} = \dot{m}_{a,1}$$

สมดุลมวลของไอน้ำ :

$$\omega_1\dot{m}_{a,1} = \omega_2\dot{m}_{a,2}$$

ตัวอย่าง การวิเคราะห์กระบวนการทำอากาศร้อนและชื้น

การทำให้อากาศร้อนและชื้นจะทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นและทำให้ความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการที่ทำให้ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของอากาศเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7. กระบวนการทำอากาศร้อนและชื้น

สมดุลพลังงาน :

$$\dot{Q} = \dot{m}_{a,2}h_2 - \dot{m}_{a,1}h_1 - \dot{m}_w h_w$$

สมดุลมวล

สมดุลมวลของอากาศแห้ง :

$$\dot{m}_{a,2} = \dot{m}_{a,1}$$

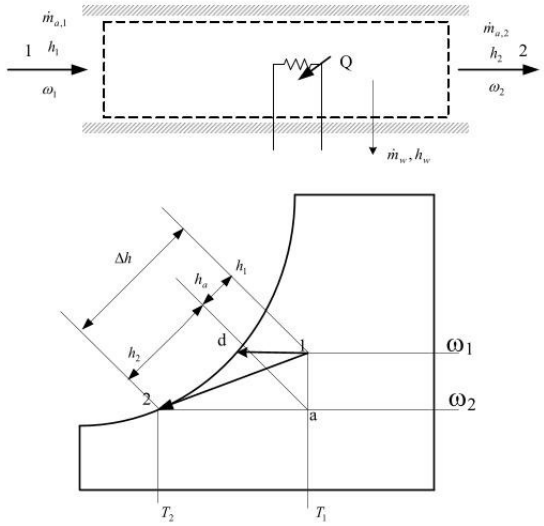
สมดุลมวลของไอน้ำ :

$$\dot{m}_w + \omega_1\dot{m}_{a,1} = \omega_2\dot{m}_{a,2}$$

ตัวอย่าง การวิเคราะห์กระบวนการทำอากาศเย็นและแห้ง

จากกระบวนการดังรูปที่ 8. สามารถพิจารณาได้ว่าจากสภาวะที่ 1 ไอน้ำในอากาศมีสภาวะเป็นไอร้อนยิ่งยวด โดยเริ่มต้นอากาศจะมีอุณหภูมิลดลง ความชื้นจำเพาะคงที่จนกระทั่งอุณหภูมิของอากาศเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (ที่จุด d) เส้นกระบวนการในช่วงนี้คือเส้น 1-d และจากนั้นไอน้ำในอากาศก็จะเริ่มกลั่นตัวทำให้ความชื้นในอากาศลดลง ในขณะที่อากาศจะถูกทำความเย็นอย่างต่อเนื่องทำให้อุณหภูมิของอากาศจะลดลงด้วย จึงทำให้ในช่วงนี้กระบวนการปรับอากาศเป็น d-2 บนเส้นอิ่มตัว ซึ่งทำให้สภาวะที่ 2 อากาศจะเป็นอากาศอิ่มตัว และในทางวิศวกรรมจะ

ประมาณว่าอุณหภูมิของน้ำกลั่นที่ออกจากกระบวนการจะประมาณเท่ากับอุณหภูมิสุดท้ายของกระบวนการ T_2 ด้วย แม้ว่าการกลั่นตัวของไอน้ำจะเกิดขึ้นตลอดกระบวนการ d-2 ก็ตาม ดังนั้น $h_w = h_{f@T_2}$



รูปที่ 8. กระบวนการทำอากาศเย็นและแห้ง

กระบวนการนี้จะทำให้อากาศมีความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเปลี่ยนแปลง หากพิจารณาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงต่อหน่วยมวลของอากาศแห้งจะได้ว่าความร้อนรวมของกระบวนการ 1-2 จะเท่ากับ Δh ความร้อนสัมผัสของกระบวนการจะเท่ากับ $h_a - h_2$ และความร้อนแฝงของกระบวนการจะเท่ากับ $h_1 - h_a$

สมดุลพลังงาน :

$$-\dot{Q} = \dot{m}_{a,2}h_2 + \dot{m}_w h_w - \dot{m}_{a,1}h_1$$

สมดุลมวล

สมดุลมวลของอากาศแห้ง :

$$\dot{m}_{a,2} = \dot{m}_{a,1}$$

สมดุลมวลของไอน้ำ :

$$\omega_1\dot{m}_{a,1} = \omega_2\dot{m}_{a,2} + \dot{m}_w$$

<u>เครื่องมือทดลอง</u>

เครื่องมือสำหรับการทำปฏิบัติการนี้ผลิตโดยบริษัท P.A.Hilton รุ่น A771 ชื่อ Recalculating Air Conditioning แสดงดังรูปที่ 9.



รูปที่ 9. เครื่องมือสำหรับปฏิบัติการ

เครื่องมือนี้สามารถสร้างกระบวนการปรับอากาศต่างๆ ได้หลากหลายกระบวนการ โดยมีเครื่องทำความร้อนให้กับอากาศจำนวน 2 ชุด คือ Pre-heater และ Re-heater เครื่องพ่นไอน้ำ (Steam injector) 1 ชุด เครื่องทำความเย็นโดยวัฏจักรอัดไอ 1 ชุด และ พัดลมในการดูดอากาศ อุปกรณ์เหล่านี้แสดงดังรูปที่ 10.

เครื่องมือสำหรับวัดอัตราการไหลอากาศมีจำนวน 2 ชุด คือออริฟิซมิเตอร์ (Orifice meter) ด้านทางเข้าและด้านทางออกตำแหน่งการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 10. เพื่อใช้หาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศแห้ง การประเมินอัตราการไหลของออริฟิซมิเตอร์สามารถหาได้โดย

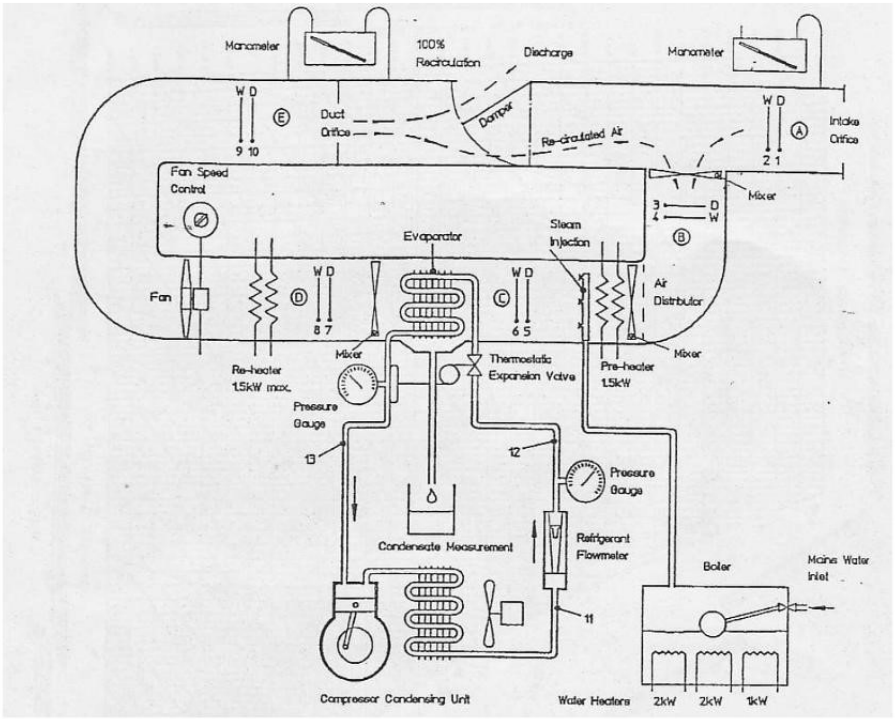
$$\dot{m}_a = 0.0757\sqrt{\frac{z}{v}} \qquad kg_a/s$$

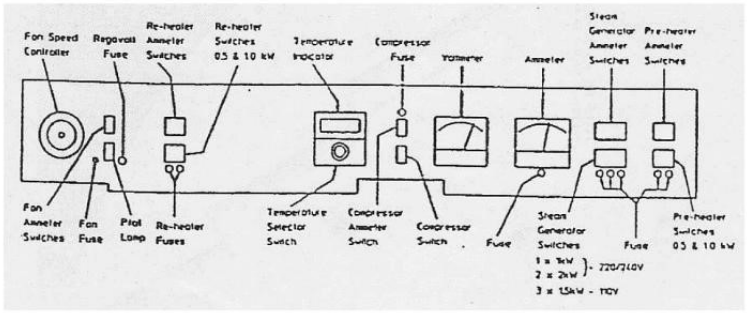
โดยที่

z แทน ระดับความแตกต่างของระดับน้ำของมาโนมิเตอร์(Manometer) ของออริฟิซมิเตอร์

v แทน ปริมาตรจำเพาะของอากาศ m^3/kg_a ซึ่งสามารถหาได้จากไซโครเมตริกชาร์ท

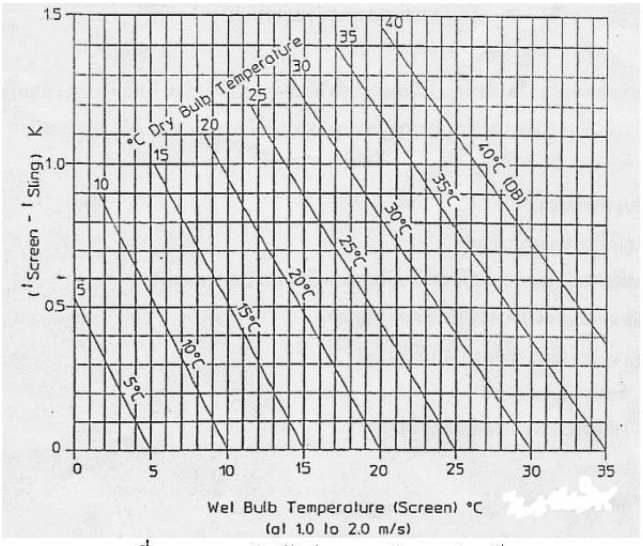
เทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศจะถูกติดตั้งคู่กันที่ด้านทางเข้าและด้านทางออกของอุปกรณ์ปรับอากาศต่างๆ และติดตั้งบริเวณออริฟิซ-มิเตอร์ เพื่อทำให้สามารถทราบถึงสภาวะของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์ และสภาวะอากาศหลังจาก ออกจากอุปกรณ์ได้ โดยนำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่ได้จากการวัดนี้ไปกำหนด สภาวะอากาศในไซโครเมตริกชาร์ทดังรูปที่ 10. ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับการวัด อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศจะแสดงด้วยเลข 1 – 10





รูปที่ 10. แบบแปลนของเครื่องมือทดลองและแผงควบคุม

เนื่องจากความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกของเครื่องมืออยู่ในย่านความเร็วไม่สูงมาก จึงทำให้อุณหภูมิที่วัดค่าได้ไม่เป็นอุณหภูมิกระเปาะเปียก จากคู่มือการใช้เครื่องมือทดลองได้แนะนำว่า ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกโดยตรงเรียกว่าอุณหภูมิผ่านม่าน (Screen temperature) การหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่แท้จริงของอากาศหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผ่านม่านและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง แสดงดังรูปที่ 11. แผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 11. ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่แท้จริงแทนด้วย Sling temperature



รูปที่ 11. แผนภูมิปรับค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก

สารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นโดยวัฏจักรอัดไอเป็นสารทำความเย็นชนิด R-134a มีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับการวัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นเลข 11 12 และ 13 โดยที่เลขที่ 11 แทน อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น (Condenser) เลขที่ 12 แทนอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าสู่วาล์วลดความดัน (Thermostatic expansion valve) เลขที่ 13 แสดงอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น(Refrigerant flow meter) ถูกติดตั้งด้านทางออกของเครื่องควบแน่น เกจวัดความดันด้านความดันสูงจะถูกติดตั้งระหว่างวาล์วลดความดันและเครื่องวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น เกจความดันด้านต่ำจะถูกติดตั้งระหว่างเครื่องอัดไอ(Compressor) กับเครื่อง ระเหย ตำแหน่งการติดตั้งต่างๆ แสดงดังรูปที่ 10. สำหรับการพิจารณาสารทำความเย็นใน วัฏจักรอัดไอ สารทำความเย็นที่เข้าสู่วาล์วลดความดัน (12) จะมีสถานะเป็นของเหลวดังนั้น

$$h_{12} = h_{f@T_{12}}$$

เมื่อสารทำความเย็นผ่านกระบวนการลดความดัน ด้วยกระบวนการลดความดันที่เอนทาลปีคงที่จะทำให้เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าเครื่องระเหยเท่ากับ h_{12} เช่นกัน ส่วนสภาวะของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย (13) มีสภาวะเป็นไอซึ่งสามารถหาได้จากความดันด้านความดันต่ำและอุณหภูมิ T_{13} จะทำให้เราได้ h_{13} ดังนั้น

$$Q_{evap} = \dot{m}_{ref}(h_{13} - h_{12)} \quad ,kW$$

โดยที่

Q_{evap} แทน ความร้อนที่สารทำความเย็นได้รับจากอากาศ , kW

$\dot{m}_{ref}$ แทน อัตราการไหลของสารทำความเย็น , kg/s

เครื่องมือปฏิบัติการนี้ยังสามารถวัดกำลังงานที่เครื่องอัดไอใช้ในขณะทำการทดลองได้อีกด้วยสามารถหาได้จาก

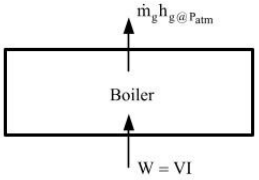
$$W = VI \quad ,kW$$

ดังนั้นจึงสามารถประเมินค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ(Coefficient of performance, COP) ของเครื่องทำความเย็นได้จากนิยามของ COP ดังนี้

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W} = \frac{\dot{m}_{ref}(h_{13} - h_{12})}{VI}$$

อย่างไรก็ตามการประเมินสมรรถนะการทำความเย็นและการศึกษาวัฏจักรอัดไอ (Vapor compression cycle) ของการทำความเย็นไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักของปฏิบัติการนี้

หม้อไอน้ำ(Boiler) ดังแสดงในรูปที่ 10. มีหน้าที่ในการผลิตไอน้ำโดยอาศัยการต้มน้ำจากเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อเครื่องทำความร้อนทำงานจนกระทั่งน้ำภายในหม้อไอน้ำเริ่มเดือดไอน้ำจะลอยขึ้นโดยวิธีธรรมชาติ



รูปที่ 11. การถ่ายเทพลังงานของหม้อไอน้ำ

ดังนั้นไอน้ำที่ลอยขึ้นจากหม้อต้มจะเป็น ไออิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ และเข้าไปผสมกับอากาศเมื่อไหลออกจากหัวจ่ายไอน้ำ (Steam injection) ทำให้อากาศที่ไหลผ่านร้อนและชื้นขึ้น ถ้าพิจารณาระบบรูปที่ 12. จะพบว่า

$$W = \dot{m}_g h_{g@P_{atm}} \quad ,kW$$

$$\frac{VI}{1000} = \dot{m}_g h_{g@P_{atm}} \quad ,kW$$

โดยที่

$\dot{m}_g$ แทน อัตราการระเหยของไอน้ำ ,kg/s

h_g แทน เอนทาลปีของไอน้ำในสภาวะไออิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ ,kJ/kg

V แทน ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ ,V

I แทน ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ ,A

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดสวิทชหลักของเครื่องมือทดลอง
2. เปิดอุปกรณ์ปรับอากาศ เช่น เครื่องทำความร้อนอากาศแบบไฟฟ้า หม้อต้มไอน้ำ และเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ตามที่ผู้ควบคุมการทดลองกำหนด
3. รอให้อากาศอยู่ในสภาวะคงตัว สังเกตุได้จากอุณหภูมิอากาศที่จุดต่างๆ คงที่
4. ตรวจวัดและบันทึกผล
   4.1. วัดและบันทึกค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทั้งในตำแหน่งทางเข้า และทางออกของอุปกรณ์ปรับอากาศที่ถูกกำหนดให้ทำการทดลอง
   4.2. วัดและบันทึกค่าความดันที่มาโนมิเตอร์ (manometer) ที่ติดตั้งไว้ที่ออริฟิซมิเตอร์
   4.3. วัดและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ปรับอากาศ
   4.4. หากกำหนดให้เปิดเครื่องปรับอากาศในการทดลองด้วยให้ทำการวัดอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่จุดวัดต่างๆ ความดันด้านต่ำ และความดันด้านสูงของสารทำความเย็น และทำการจับเวลาและหาปริมาตรน้ำกลั่นตัวจากเครื่องปรับอากาศด้วย

การนำเสนอ

1. แสดงเส้นกระบวนการปรับอากาศที่ได้ทำการทดลองลงในไซโครเมตริกชาร์ท
2. ทำการหาความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสของอากาศจากกระบวนการปรับอากาศในข้อที่ 1.
3. ทำการวิเคราะห์สมดุลมวลและสมดุลพลังงานของกระบวนการปรับอากาศที่ถูกกำหนดให้ทำการทดลอง ในทำนองเดียวกับแนวทางที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนำสภาวะอากาศก่อนเข้า และหลังเข้ากระบวนการไปวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานจากสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของกระบวนการปรับอากาศที่ได้ทำการทดลอง
4. เปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังงานระหว่างสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของกระบวนการปรับอากาศกับค่าที่ได้จากการวัด

เอกสารอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

1. Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, "**Thermodynamics: An Engineering Approach**", 2nd Edition , McGraw-Hill, 1994.

2. C.P. Arora, "**Refrigeration and Air conditioning**", 3rd Edition, McGraw-Hill, 2009.

3. Wilbert F Stoecker, Jerold W. Jones, "**Refrigeration and Air conditioning**", 2nd Edition, McGraw-Hill, 1982.

4. Hilton Ltd., Experimental, Operating and Maintenance Manual: Recalculating Air Conditioning Unit.

5. ASHRAE, "**ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI)**," Atlanta, USA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, 2001.

ภาษาไทย

1. สุรพล พฤกษพานิช, "**การปรับอากาศ**", Physics Center, 2529.

2. กนต์ธร ชำนิประศาสน์, "**คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2**", การทดสอบระบบปรับอากาศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

การทดสอบโดยใช้อุโมงค์ลม

เรียบเรียง โดย ผศ.ร.อ.ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กล่าวนำ

อุโมงค์ลมเป็นอุปกรณ์ในการทดสอบทางด้านกลศาสตร์ของไหลที่มีความสำคัญมากอุปกรณ์หนึ่ง โดยเฉพาะการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมในด้านอากาศพลศาสตร์ การใช้อุโมงค์ลมทดสอบชิ้นส่วนต่างๆ นับตั้งแต่วัตถุที่มีรูปทรงง่ายๆ จนกระทั่งถึงวัตถุที่มีรูปทรงยุ่งยาก เช่น อากาศยานต่างๆ เป็นต้น การทดสอบด้วยอุโมงค์ลมนั้นได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานด้านวิศวกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวิศวกรรมการบิน วิศวกรรมยานยนต์ วิศวกรรมโยธา เป็นต้น ขนาดและความเร็วลมของอุโมงค์ลมนั้นก็มีมากมายหลายแบบ ทั้งที่มีขนาดเล็กที่ใช้ในสถานบันการศึกษาทั่วไป ถึงขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ส่วนความเร็วลมก็มีตั้งแต่ย่านความเร็วต่ำไปจนถึงย่านความเร็วเหนือเสียง

แม้ว่าปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์จะเข้ามามีบทบาทต่องานออกแบบของวิศวกรเป็นอย่างมาก แต่ความสำคัญของอุโมงค์ลมนั้นไม่ได้ลดลงไปเลย เพราะอย่างไรก็ตามในการออกแบบเมื่อวิศวกรได้คำนวณและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาบนคอมพิวเตอร์แล้วความจำเป็นที่จะต้องสร้างแบบจำลองหรือต้นแบบเพื่อที่จะมาทดสอบในอุโมงค์ลมก็ยังคงมีอยู่ต่อไป เพื่อเป็นการตรวจสอบและวัดค่าต่างๆที่เกิดขึ้นในรูปทรงจริงอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะอธิบายถึงหลักการการทำการทดลองตลอดจนกระทั่งวิธีการเปรียบวัด และการวัดค่าต่างๆ ภายในอุโมงค์ลม โดยที่เอกสารนี้จะเขียนอยู่บนพื้นฐานของอุโมงค์ลมขนาดเล็กและการไหลของอากาศถือว่าเป็นการไหลแบบไม่อัดตัวตามอุโมงค์ลมที่มีอยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อุโมงค์ลม

สำหรับอุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดสอบมีเครื่องวัดอยู่หลายแบบ ดังนั้นในขั้นแรกนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดการเปรียบวัดอุโมงค์ลมเสียก่อน จุดมุ่งหมายในการเปรียบวัดอุโมงค์ลมก็เพื่อที่จะสามารถวัดความเร็วของลมในตำแหน่งต่างๆ ของอุโมงค์ลมได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ สำหรับอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงที่ใช้อยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีคุณสมบัติดังนี้

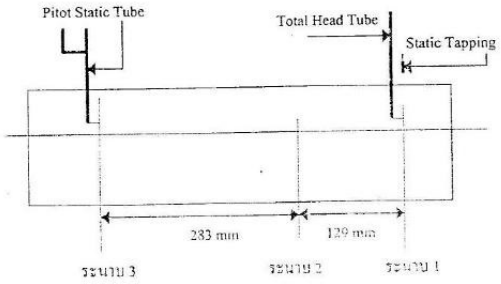
ผู้ผลิต	PLINT & PARTNERS Ltd., England
รุ่น	TE54/8418
แบบ	Open circuit subsonic wind tunnel
Working section	300 mm x 300 mm
การควบคุมความเร็ว	ลิ้นปีกผีเสื้อที่ปลายด้านออกติดตั้งพัดลม
ความเร็วลมสูงสุด	44.4 m/s
มอเตอร์	3 Ph., 380 V, 50 Hz, 6.2 kW, 2910 rpm

Starter	4127 mm X 1100 mm x 1600 mm (L x W x H)
เครื่องมือวัด	1 – Total head tube
	1 – Pitot –static tube
	1 – 24 Column water manometer
	1 – Electronic Three Component Balance รุ่น TE81E/8146
ชิ้นทดสอบ	64 mm diameter cylinder with pressure tapping
	150 mm chord NACA 0012 x 300 mm airfoil
	150 mm chord NACA 0012 x 150 mm airfoil
	150 mm chord NACA 2412 x 300 mm airfoil with variable flap
อุปกรณ์อื่นๆ	Smoke Generator

การเปรียบวัดอุโมงค์ลม

ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายถึงวิธีการเปรียบวัดอุโมงค์ลมอย่างๆสั้นๆ ให้เหมาะสมกับการแนะนำการใช้อุโมงค์ลมภายในห้องปฏิบัติการและแนะนำให้เข้าใจถึงหลักการของ ความดันสถิตย์ ความดันพลวัตร และความดันรวม ตลอดถึงการเกิด boundary layer

ขั้นตอนแรกเป็นการวัดการกระจายของการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมตลอดความสูงของส่วนทดสอบ พิจารณาตามรูปที่ 1 ระนาบที่ต้องมีการเปรียบวัดความดันจะมีสองระนาบคือระนาบที่ 1 และระนาบที่ 3 โดยระนาบที่ 1 เป็นระนาบที่วัดความดันรวมและความดันสถิตย์ของลมก่อนเข้าสู่ชิ้นทดสอบ ส่วนระนาบที่ 3 เป็นการวัดความดันรวมและความดันสถิตย์โดยมี Pitot static วัดความดันหลังชิ้นทดสอบ สำหรับระนาบที่ 2 เป็นระนาบของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 1 ส่วนที่ใช้งานและการวัดของอุโมงค์ลม

สำหรับความดันพลวัตร (P_D)ของของไหลนั้นในกรณีที่การไหลเป็นการไหลที่ไม่อัดตัวดังเช่นในอุโมงค์ลมนี้ สามารถหาได้จาก

$$P_D = \frac{\rho U^2}{2} \qquad (1)$$

สำหรับความดันรวม P_T นั้นเป็นการวัดความดันในจุดที่ของไหลเกิดการชะงักการไหลในสนามการไหล ซึ่งความดันรวมนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความดันชะงักไหล (Stagnation Pressure) และความสำคัญของความดันรวมกับความดันสถิตย์ P_S และความดันพลวัตรก็คือ

$$P_T = P_S + P_D \qquad (2)$$

เครื่องมือวัดความเร็วของลมในอุโมงค์ลมที่มีอยู่นี้เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความแตกต่างของความดันเป็นหลัก การเปรียบวัดที่จำเป็นก็คือการเปรียบวัดเครื่องมืออ่านค่าความดันเหล่านี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วและความดันพลวัตรที่คลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎีที่แสดงในสมการที่ (1) สำหรับความหนาแน่นของอากาศที่จะใช้ในสมการที่ (1) หาได้จากสมการของก๊าซอุดมคติ คือ

$$P = \rho R t \qquad (3)$$

เมื่อ R คือ gas constant ของอากาศ มีค่า 0.287 kJ/kg-K

ขั้นตอนการเปรียบวัดความเร็ว

ขั้นตอนการเปรียบวัดอุโมงค์ลมจะเป็นการตรวจสอบการกระจายตัวของความเร็วตลอดหน้าตัดทดสอบ โดยระนาบที่ 1 ตามรูปที่ 1 จะใช้หัวอ่านความดันรวม ส่วนในระนาบที่ 3 จะใช้ Pitot tube โดยลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เปิดมอเตอร์อุโมงค์ลม
2. ตั้งความเร็วลมให้สูงสุด(เป็นลิ้นปีกผีเสื้อเต็มที่)
3. วัดค่าความดันทั้งระนาบที่ 1 และระนาบที่ 3 โดยเลื่อนหัวอ่านความดันจากจุดสูงสุดไปจุดต่ำสุด โดยมีช่วงการวัดทุก 20 mm และอาจมีการลดระยะลงในช่วงที่ใกล้กับผนังของอุโมงค์ลม เพื่อสังเกตปรากฏการณ์ของชั้นชิดผิว

<u>*หมายเหตุ*</u> เครื่องมือวัดที่เราใช้อยู่นี้ความจริงแล้วไม่เหมาะสมกับการอ่านค่าความเร็วในชั้นชิดผิว เนื่องจากความหนาของชั้นชิดผิวซึ่งไม่เกิน 5 mm ในระนาบที่ 3 และจะน้อยกว่านี้ในระนาบที่ 1 นั้น มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับหัวอ่านความดัน ดังนั้นการจะอ่านค่าความเร็วในชั้นชิดผิวนี้เป็นไปได้ยาก

4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนอุโมงค์ลมและความเร็วที่ระนาบ 1 และ 3
5. สำหนรับอุโมงค์ลมที่ได้รับการออกแบบและสร้างอย่างถูกต้อง ความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆนอกชั้นชิดผิวควรจะคงที่ นอกจากนั้นความแตกต่างความเร็วของระนาบที่ 1 และที่ 3 ที่ไม่ควรจะมีความแตกต่างกันมาก

ขั้นตอนการเปรียบวัดความดัน

เมื่อได้มีการวัดความดันในส่วนทำนงานเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเปรียบวัดค่าที่ได้กับค่ามาตราฐาน สำหรับค่าความดันรวมของอากาศในอุโมงค์ลมบริเวณส่วนทดสอบ เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในอุโมงค์ลมจะสามารถหาได้จากความแตกต่างของความดันรวมและความดันสถิตย์ ซึ่งการเปรียบวัดค่านี้จะทำให้เราได้ทราบค่าความเร็วที่ถูกต้องเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันรวม

เนื่องจากใบพัดที่ให้กำลังกับลมนี้นอยู่หลังส่วนทดสอบ ดังนั้นการไหลของอากาศจากภายนอกมาสู่ส่วนทดสอบประมาณได้ว่าค่าพลังงานรวมจะคงที่ หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือในเมื่องอากาศไม่ได้รับพลังงานเพิ่มเติม พลังงานรวมของอากาศจะต้องคงที่ อย่างไรก็ตามในการไหลจริงอาจมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมบ้างการเปรียบวัดนี้จึงเป็นการพิจารณาถึงผลการเปลี่ยนแปลงพพลังงานรวมซึ่งอาจเกิดจากผลกระทบต่างๆ เช่น แรงเสียดทาน หรือการอัดตัวของอากาศนั่นเอง

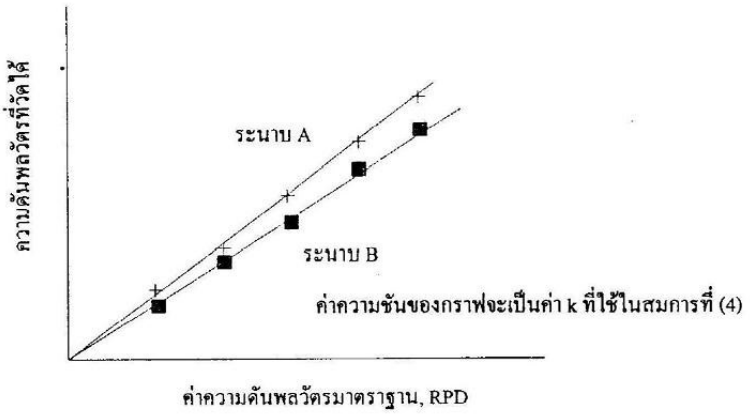
ในเมื่ออากาศนอกอุโมงค์ลมมีความเร็วประมาณศูนย์ ความดันภายนอกของอากาศรอบๆข้าง ก็คือความดันรวมตามสมการที่ (1) แต่จากสมการที่ (1) เช่นกัน เราพบว่าค่าความแตกต่างความดันรวมกับความดันสถิตย์ก็คือค่าแตกต่างความดันที่เท่ากับความดันพลวัตร ดังนั้นจึงได้นิยามค่าความแตกต่างความดันมาตรฐาน (Reference Pressure Difference, ***RPD***) ของความดันพลวัตรว่าคือ ความแตกต่างความดันของบรรยากาศภายนอกกับความดันสถิตย์ที่ระนาบที่ 1 และเนื่องจากมาตรวัดความดันของเรานั้นเป็นมาตรวัดความดันเกจจ์ที่เทียบต่อความดันภายนอกอยู่แล้ว ดังนั้นค่าความดันสถิตย์ที่วัดที่ระนาบที่ 1 จึงถือเป็นค่า *RPD* ของความดันพลวัตรได้ ดังนั้นการเปรียบวัดก็คือการเปรียบเทียบว่าค่าความแตกต่างของความดันมาตรฐานกับค่าความแตกต่างความดันหรือความดันพลวัตรที่เราวัดได้นั้นแตกต่างกันเท่าใด สำหรับขั้นตอนการเปรียบ วัดอุโมงค์ลมมีดังนี้

1. จัดอุปกรณ์การวัดความดันให้อยู่กึ่งกลางของอุโมงค์ลม เปิดพัดลม
2. ปรับลิ้นปีกผีเสื้อให้เปิดประมาณ 10% ของค่าสูงสุด
3. บันทึกค่าความดันสถิตย์และความดันพลวัตรที่ระนาบที่ 1 และ 2
4. ปรับลิ้นผีเสื้อให้เปิด 25%, 50%, 75%, 90% และ 100% ของค่าสูงสุดแล้วบันทึกค่า
5. นำค่าความดันที่วัดได้มาสร้าง calibration curve โดยแกนตั้งเป็นความดันพลวัตรที่วัดได้ ส่วนค่าในแกนนอนเป็นค่าความดัน ***RPD*** และเนื่องจากเราใช้น้ำเป็นเครื่องวัดความดัน หน่วยที่ใช้อาจจะใช้เป็น ***mmH$_2$O*** ก็ได้ curve ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกราฟในรูปที่ 2
6. ค่า slop ของ calibration curve ก็คือ calibration factor ***(k)*** ซึ่งเมื่อได้ค่า ***k*** มาแล้วความเร็วของการไหลที่จุดต่างๆ จะหาได้จากการนำสมการที่ (1) มาเพิ่มค่า calibration factor นั่นคือจะได้สมการ

$$P_D = k \cdot RPD$$

ดังนั้น ค่าความเร็วในส่วนทดสอบจะเป็น

$$U = \sqrt{\frac{2k \cdot RPD}{\rho}} \qquad (4)$$



รูปที่ 2 กราฟการเปรียบวัดความดันพลวัตร

สำหรับการเปรียบวัดที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือการเปรียบวัด Electronic Three Component Balance ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าแรงยก แรงด้าน และแรงบิดบนชิ้นทดสอบ อย่างไรก็ตามเนื่องจากขั้นตอนการเปรียบวัดอุปกรณ์วัดแรงชุดนี้มีความยุ่งยากและต้องการผู้ที่มีความชำนาญสูง ดังนั้นเนื่องจากเวลาที่จำกัดที่มีสำหรับการทดสอบด้วยอุโมงค์ลมทำให้ทางฝ่ายจัดเตรียมห้องปฏิบัติการจะเป็นผู้เปรียบวัดค่านี้ไว้ก่อนและจะจัดเตรียม calibration curve ไว้ให้นักศึกษาเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าที่ถูกต้อง

อย่างไรก็ตามหากว่านักศึกษาผู้ใดมีความสนใจต้องการจะทราบรายละเอียดการเปรียบวัดเครื่องมือนี้ สามารถที่จะหาคู่มือการใช้และการเปรียบวัดของเครื่องมือนี้ได้ที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

การทดลอง : การไหลผ่านทรงกระบอกลม

สำหรับการไหลของของไหลที่ผ่านวัตถุใดๆ นั้น มีทฤษฎีอยู่หลายทฤษฎีที่ใช้กันอยู่ในวิชากลศาสตร์ของไหล สำหรับทฤษฎีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับกันมากทฤษฎีหนึ่งก็คือการไหลของของไหลที่ไม่มีความหนืดในสภาวะคงตัว หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่า Potential Flow ส่วนทฤษฎีของ potential flow สำหรับการไหลของอากาศผ่านทรงกระบอกลมที่ไม่มีการหมุนนั้นเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าทฤษฎีนี้จะคาดการณ์ได้ผิดไปจากความเป็นจริง นั่นคือ ทฤษฎีจะคาดการณ์ได้ว่าเมื่ออากาศไหลผ่านทรงกระบอกลมจะไม่เกิดแรงยกและแรงด้านขึ้นบนทรงกระบอก แต่ในทางปฏิบัติ แล้วจะเกิดแรงยกและแรงด้านขึ้นบนทรงกระบอก อันเนื่องมาจากผลของความหนืด ตลอดจนถึงการเกิดการแยกตัวของกระแสอากาศจากผิวทรงกระบอก ซึ่งทฤษฎีของ potential flow ไม่สามารถคาดการณ์ได ต้องใช้ Boundary layer theory เป็นทฤษฎีที่ใช้คาดการณ์ผลที่จะเกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบทฤษฎี Potential flow กับทางปฏิบัติการจริงว่าลักษณะการไหล การกระจายของความดัน แรงกระทำต่างๆจะมีความแตกต่างจากสภาพความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด

Potential Flow Theory

สำหรับการไหลของของไหลที่ไม่มีความหนืดในสภาวะที่คงตัวสำหรับการไหลในสองมิติ จะมีสมการความต่อเนื่องเป็น

$$\frac{\partial V_x}{\partial x}+\frac{\partial V_y}{\partial y}=0 \tag{5}$$

และมีสมการโมเมนตัมเป็น

$$V_x\frac{\partial V_x}{\partial x}+V_y\frac{\partial V_x}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x}+g_x \tag{6}$$

$$V_x\frac{\partial V_y}{\partial x}+V_y\frac{\partial V_y}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial y}+g_y \tag{7}$$

เมื่อ V คือความเร็ว, P คือความดัน และ g คือ body force โดยสมการนี้นิยมเรียกว่า Euler Equation จากสมการทั้งสามจะมีตัวแปรคือ ความเร็วและ Pressure Gradient สำหรับ potential flow theory วิธีการก็คือ หาความเร็วของของไหลก่อนจากสมการความต่อเนื่อง จากนั้นจงหา pressure gradient จากสมการ Euler Equation หรือถ้าการไหลเป็นการไหลแบบไม่หมุนวน การหาความดันใน flow field อาจจะหาจาก Bernoulli's Equation ก็ได้

สำหรับการไหลอย่างคงตัวของของไหลที่ไม่มีความหนืดและไม่มีการหมุนวนวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการกำหนด Velocity Potential, ϕ และ Stream function, ψ โดยมีนิยามคือ

$$V_x=\frac{\partial \psi}{\partial y}=\frac{\partial \phi}{\partial x} \tag{8}$$

$$V_y=-\frac{\partial \psi}{\partial x}=\frac{\partial \phi}{\partial y} \tag{9}$$

ซึ่งถ้าหากว่า ϕ และ ψ นี้เป็น harmonic function จะได้ว่าการไหลนี้เป็นไปตามสมการความต่อเนื่อง และการไหลจะเป็นการไหลแบบไม่หมุนวน (irrational flow) สำหรับความสัมพันธ์ใน polar coordinate จะเป็น

$$V_r=\frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial \theta}=\frac{\partial \phi}{\partial r} \tag{10}$$

$$V_\theta=-\frac{\partial \psi}{\partial r}=\frac{1}{r}\frac{\partial \phi}{\partial \theta} \tag{11}$$

และเส้นที่มีค่า ψ คงที่ก็จะเป็นเส้น stream line ของการไหลแบบนั้นๆ

$$\psi=Ur\sin\theta-\frac{qa}{\pi}\sin\theta \tag{12}$$

$$\phi=Ur\cos\theta+\frac{qa}{\pi}\cos\theta \tag{13}$$

เมื่อ U คือ free stream velocity ส่วน q เป็นค่าคงที่ซึ่งมีความสัมพันธ์กับรัศมีทรงกระบอก R คือ

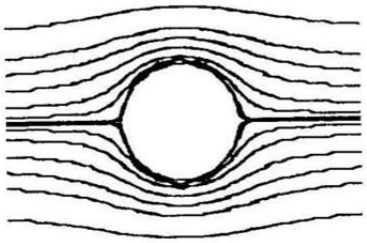
$$R = \sqrt{\frac{qa}{U\pi}} \tag{14}$$

แทนสมการที่ (12) (หรือสมการที่ (13)) ลงในสมการที่ (10) และ (11) และจากสมการที่ (14) จะได้ความเร็วของการไหลรอบๆ ทรงกระบอกเป็น

$$V_r = U\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right)\cos\theta \tag{15}$$

$$V_\theta = -U\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right)\sin\theta \tag{16}$$

ซึ่ง stream line ของการไหลจะเป็นตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 Stream line ของการไหลผ่านทรงกระบอกกลม

สำหรับการไหลผ่านทรงกระบอกนั้นจะมีจุดชะงักไหล 2 จุดคือที่ $\theta = 0$ และ $\theta = \pi$ สำหรับการหาความดันบนผิวทรงกระบอก เนื่องจากการไหลเป็นการไหลที่ไม่มีการหมุนวนดังนั้นจึงสามารถใช้สมการ Bernoulli's หาค่าความดันบนผิวทรงกระบอก โดยขั้นตอนคือพิจารณาพลังงานที่จุดใดๆ บนผิวทรงกระบอกกับจุดใดๆ ในสนามการไหลซึ่งห่างจากทรงกระบอกมากๆ จะได้

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gy = \frac{P_\infty}{\rho} + \frac{U^2}{2} + gy \tag{17}$$

เมื่อ P_∞ เป็นความดันที่จุดที่ห่างจากผิวทรงกระบอกและ V คือความเร็วของของไหลโดย จากสมการที่ (17) เมื่อพิจารณาที่ระดับ y เท่ากันจัดเทอมใหม่จะได้

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_\infty}{\rho} + \frac{U^2}{2} - \frac{\left[V_r^2 + V_\theta^2\right]_{@r=R}}{2} \tag{18}$$

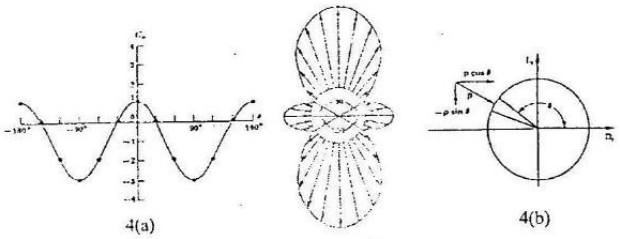
แทนค่าความเร็วจากสมการที่ (15) และ (16) จะได้

$$\frac{2\left(P - P_\infty\right)}{\rho U^2} = 1 - 4\sin^2\theta \tag{19}$$

ซึ่งถ้าหาก P_∞ เป็นความดันบรรยากาศส่วนบนด้านซ้ายมือของสมการที่ (19) ก็สามารถวัดเป็นความดันเกจได้ และซ้ายมือของสมการที่ (19) นั้นนิยมเรียกว่า pressure coefficient, C_P หรือ

$$C_P = \frac{P - P_\infty}{\frac{1}{2}\rho U^2} \qquad (20)$$

หากนำสมการที่ (20) ไปเขียนกราฟจะได้การกระจายของความดันรอบๆ ผิวทรงกระบอกตามรูปที่ 4 โดยรูปที่ 4(a) เป็นการแสดงค่าที่มุมต่างๆ ส่วนรูป 4(b) เป็น polar point ของความดันที่กระจายรอบทรงกระบอก



รูปที่ 4 การกระจายของความดันรอบทรงกระบอก

การหาค่าแรงยกและแรงต้าน

สำหรับแรงยกและแรงต้านบนทรงกระบอกสามารถหาได้จากการอินทิเกรทแรงกระทำเนื่องจากความดันรอบทรงกระบอกจากรูปที่ 4 จะได้ว่าแรงต้าน D_f มีค่าเป็น

$$D_f = \iint P\cos\theta dA \qquad (21)$$

โดย dA สำหรับทรงกระบอกจะเท่ากับ $LRd\theta$ เมื่อ L คือความยาวของทรงกระบอกและความดัน P หาได้จากสมการที่ (19) ซึ่งจะได้

$$D_f = RL\int_0^{2x}\left(P_m + \rho U^2 - 2\rho U^2\sin^2\theta\right)\cos\theta d\theta \qquad (22)$$

จัดเทอมใหม่จะได้

$$D_f = RL\left(P_\infty + \frac{\rho U^2}{2}\right)\int_0^{2x}\cos\theta d\theta - 2RL\rho U^2\int_0^{2x}\sin^2\theta\cos\theta d\theta \qquad (23)$$

ซึ่งผลของการอินทิเกรททั้งสองเทอมทางด้านขวามือจะเป็นศูนย์ดังนั้น

$$D_f = 0 \qquad (24)$$

ในทำนองเดียวกันสำหรับแรงยก L_f สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$L_f = \iint -P \sin\theta dA \qquad (25)$$

ซึ่งในทำนองเดียวกันจะได้ว่า L_f มีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน

นั่นคือตามทฤษฎี potential flow แล้วการไหลของของไหลที่ไม่มีความหนืดจะไม่ทำให้เกิดแรงยกหรือแรงต้านบนทรงกระบอก แต่สิ่งที่เราพบอยู่ในชีวิตประจำวันนั้นขัดแย้งกับสิ่งที่ได้จากทฤษฎีนี้ สาเหตุก็เป็นเพราะในความเป็นจริงแล้วอากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด แม้ว่าจะมีค่าน้อยมากแต่ก็ได้สร้างผลกระทบขณะที่ไหลผ่านทรงกระบอก การทดลองนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าทางทฤษฎี

เครื่องมือวัดแรง

เครื่องมือวัดแรงกระทำที่ใช้สำหรับอุโมงค์ลมนี้เป็นเครื่อง Three component balance electronic ของบริษัท PLINT & PARTNERS รุ่น TE81E ซึ่งมีลักษณะตามรูปในภาคผนวก เครื่องมือนี้จะติดตั้งเครื่องวัดแรง (load cell) 3 เครื่อง โดยจะประกอบด้วยเครื่องวัดแรงตามแนวนอน 1 เครื่อง เพื่อที่จะใช้วัดค่าแรงต้านหรือเรียกว่าเครื่องวัดแรงด้านหน้า (fore load cell) 1 เครื่องและเครื่องมือวัดแรงด้านหลัง (aft load cell) อีกหนึ่งเครื่อง โดยเครื่องวัดแรงทั้งหมดจะต่อกับสายลวดเพื่อไปวัดแรงกระทำที่จุดยืนตามแนวต่างๆ

สำหรับค่าแรงต้านจะสามารถหาได้จากการอ่านค่าของเครื่องวัดแรงต้านโดยตรง ส่วนแรงยกนั้นจะเป็นผลรวมของเครื่องวัดแรงด้านหน้าและด้านหลังรวมกัน ส่วนการอ่านค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจะเป็นผลต่างของค่าที่ได้จากเครื่องวัดแรงยกและเครื่องวัดแรงต้านคูณกับระยะทางระหว่างจุดวัดแรงซึ่งสำหรับเครื่องมือชุดนี้จะได้ระยะทางเท่ากับ 0.127 m จากที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถสรุปได้ดังนี้

- แรงต้าน อ่านจาก drag load cell [N]
- แรงยก เป็นผลรวมของ aft load cell และ fore load cell [N]
- โมเมนต์ หาจาก 0.127 (fore – aft) [N-m]

สำหรับเครื่องมือวัดแรงนี้ สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการของ strain gage ดังนั้นจึงเหมือนกับเครื่องมือที่ใช้หลักการนี้ทุกชนิดคือต้องมาการปรับให้ bridge อยู่ในสภาพที่สมดุลเสียก่อน สำหรับตำแหน่งที่ปรับนั้นจะอยู่บริเวณด้านบนขวาของเครื่องวัดแรง และจะเป็นช่องปรับด้านซ้ายมือ ส่วนด้านขวามือจะเป็นช่องปรับความต่างศักย์ของวงจร ซึ่งไม่ควรปรับช่องทางด้านขวามือยกเว้นในกรณีของการเปรียบเทียบเครื่องมือเท่านั้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. หลังจากที่เปรียบวัดค่าความเร็วของอุโมงค์ลมเรียบร้อยแล้ว ปิดเครื่องแล้วติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับอุโมงค์ลม
2. ขั้นตอนการติดตั้งชิ้นทดสอบเข้ากับอุโมงค์ลมจะอยู่กับเอกสารประกอบเครื่องขอให้อ่านก่อนทำการติดตั้ง และขอให้ระมัดระวังในการติดตั้งชิ้นทดสอบด้วย โดยเฉพาะการติดตั้ง Electronic Balance ขอให้ระมัดระวังเป็นพิเศษ
3. ติดตั้งสายวัดความดันเข้ากับเครื่องวัดความดัน ทรงกระบอกนี้สามารถหมุนไปเพื่อวัดความดันสถิตที่มุมต่างๆการทดลองให้เริ่มวัดจากมุมศูนย์องศาไปจนกระทั่งครบรอบวงกลม โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นครั้งละ 10°
4. การทดลองให้ทำการทดลองที่ความเร็วสองค่า(ตามค่าที่ผู้ควบคุมกำหนด)
5. สำหรับค่าแรงยกและแรงต้านบนทรงกระบอกให้บันทึกจากผลที่ได้จากเครื่องวัด
6. เนื่องจากการเปรียบวัดค่า Three Component Balance ใช้เวลามากทางผู้ควบคุมจะเปรียบวัดค่าไว้ให้ก่อนแล้ว

การประเมินผล

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับจุดต่างๆบนทรงกระบอก ทั้งแบบ Cartesian Plot และ Polar plot (เช่นที่แสดงในรูปที่ 4) แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก potential flow theory
2. จากความดันที่ได้ใช้ Simpson Rule หรือวิธีการทาง Numerical integration อื่นๆ อินทิเกรทหาค่าแรงยกและแรงต้าน เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้

การทดลอง : การไหลผ่านแพนอากาศ

ในการทดลองที่สองของอุโมงค์ลมนี้จะเป็นการหาคุณสมบัติของแพนอากาศ (airfoil) เมื่อมีอากาศไหลผ่านตัวแปรที่บ่งบอกถึงสมรรถนะของแพนอากาศจะประกอบด้วย

Lift coefficient $$C_L = \frac{L_f}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \qquad (26)$$

Drag coefficient $$C_D = \frac{D_f}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \qquad (27)$$

เมื่อ L_f คือแรงยก (lift force)

D_f คือแรงต้าน (drag force)

U คือความเร็วของกระแสอากาศอิสระที่ผ่านวัตถุ (free stream velocity)

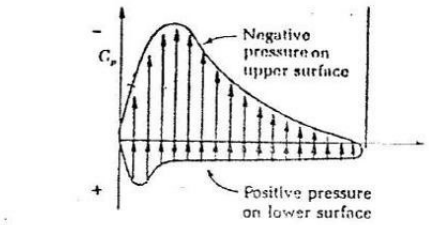
A คือพื้นที่หน้าตัดที่การปะทะไหลผ่าน

สำหรับแพนอากาศ A จะเท่ากับความยาวของแพนอากาศคูณกับ cord ของแพนอากาศ หรือ $A = bc$ ส่วนรายละเอียดการเรียกชื่อส่วนจ่างๆของแพนอากาศแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนต่างๆของแพนอากาศ

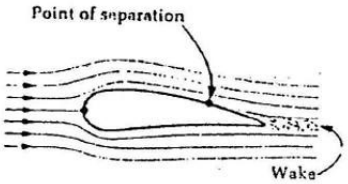
สำหรับแรงยกที่กระทำบนแพนอากาศนั้นสามารถหาได้จากการวัดความดันที่กระทำบนแพนอากาศทั้งด้านล่างและด้านบนของแพนอากาศ ซึ่งทางผิวด้านบนของแพนอากาศจะมีความเร็วของกระแสอากาศสูงทำให้มีความดันสถิตย์ต่ำหรือเป็น Negative pressure ส่วนด้านล่างนั้นอากาศมีความเร็วต่ำกว่าจะมีความดันสถิตสูงหรือเป็น positive pressure ทำให้เกิดรวมขึ้นเป็นแรงยกขึ้นบนแพนอากาศ ลักษณะทั่วไปของการกระจายความดันแสดงในรูปที่ 6

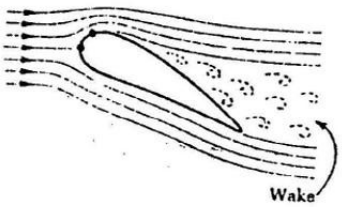


รูปที่ 6 การกระจายของความดันบนผิวแพนอากาศ

เมื่อต้องการเพิ่มแรงยกของแพนอากาศให้สูงขึ้นวิธีการคือการเปิดมุมปะทะ (angle of attack, a) โดยหลักการก็คือการเพิ่มมุมปะทะจะทำให้อากาศไหลผ่านด้านบนของแพนอากาศเร็วขึ้นจึงทำให้ความดันด้านบนของแพนอากาศลดลงไปอีกเป็นผลให้แรงกระทำสุทธิซึ่งเกิดจากค่าแรงยกมีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มมุมปะทะหรือเพิ่มความเร็วบนผิวของแพนอากาศทำให้ความดันด้านบนลดลงเรื่อยๆ แต่เนื่องจากอากาศที่อยู่ห่างออกไปจากแพนอากาศจะมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ ทำให้การไหลของอากาศที่อยู่ที่ชิดผิวบนแพนอากาศที่ตำแหน่งใดๆมีความดันอยู่ด้านหน้ามากกว่าความดันที่อยู่ด้านหลัง ซึ่งสภาพนี้เรียกว่าอยู่ในสภาพ averse pressure gradient แต่อากาศยังสามารถไหลต่อไปได้ด้วยโมเมนตัมของการไหล แต่หากว่าเราเพิ่มมุมปะทะหรือลดความดันบนผิวมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้ค่า averse pressure gradient มีค่ามากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดจุดหนึ่ง โมเมนตัมของการไหลไม่สามารถที่จะเอาชนะความแตกต่างความดันนี้ได้ อากาศเริ่มไหลกลับซึ่งทำให้

เกิดการไหลแยกตัว (low separation) ของกระแสอากาศ และจะทำให้แพนอากาศบริเวณนั้นขาดแรงยก และเมื่อเพิ่มมุมปะทะมากขึ้นพื้นที่ที่ไม่มีแรงยกก็จะมากขึ้นจนกระทั่งจากแรงยกที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มมุมปะทะเมื่อถึงจุดจุดหนึ่งแรงยกรวมบน





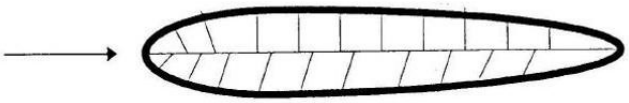
แพนอากาศก็จะลดลงและหมดไปอย่างรวดเร็ว เราเรียกอาการหมดแรงยกของแพนอากาศนี้ว่า Stall รูปที่ 7 เป็นการแสดงการไหลแยกตัวของกระแสอากาศที่มุมปะทะเพิ่มขึ้น จนทำให้เกิดการ Stall ขึ้น

รูปที่ 7 การไหลแยกตัวของกระแสอากาศ

ดังนั้นบนปีกของเครื่องบินที่ใช้อยู่จริง จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์เพื่อเพิ่มแรงยก โดยเฉพาะในขณะที่เครื่องกำลังวิ่งขึ้นและขณะร่อนลงอุปกรณ์ที่เพิ่มแรงยกบนปีกเครื่องบิน มีอยู่หลายแบบเช่น flap ซึ่งเป็นแพนอากาศขนาดเล็กที่ติดอยู่ด้านหลังตอนล่างของปีกเครื่องบิน และจะใช้งานในเวลาเครื่องขึ้นหรือลงเท่านั้น หรือ landing eage slat ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่ด้านหน้าของแพนอากาศ ใช้เพิ่มแรงยกของปีกเช่นเดียวกับ flap นอกจากนนี้ยังมีวิธีการเพิ่มโมเมนต์ดัมให้กับอากาศที่ไหลผ่านแพนอากาศเพื่อป้องกันการแยะตัวของกระแสอากาศอีกด้วย สำหรับผู้ที่สนใจในเรื่องนี้สามารถหาอ่านได้จากหนังสือทางด้านอากาศพลสาสตร์และหนังสือทางด้านแพนอากาศโดยเฉพาะ ในเอกสารนี้จะไม่ขอกล่างถึงรายละเอียดในส่วนนี้

ชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็น แพนอากาศแบบ 150 mm chord NACA 0012 x 3000 mm ซึ่งจะมีการเจาะรูบนแพนอากาศเพื่อวัดความดันอยู่ 20 จุด เป็นด้านบน 10 จุด และด้านล่าง 10 จุด สำหรับรายละเอียดและตำแหน่งการเจาะรูอยู่ในรูปที่ 8



ด้านบน	1.52	7.62	15.24	22.86	41.15	59.44	77.73	96.02	114.30	129.54
ด้านล่าง	0.76	3.81	11.43	19.05	38.00	62.00	80.77	101.35	121.92	137.16

รูปที่ 8 ลักษณะและตำแหน่งของการเจาะรูของแพนอากาศ *NACA 0012* (ตำแหน่งวัดระยะด้านหน้า *mm*)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งแพนอากาศเข้ากับอุโมงค์ลม
2. ติดตั้งท่อวัดความดันกับเครื่องวัดความดัน
3. เปิดเครื่องอุโมงค์ลม ตั้งความเร็วให้สูงสุด(เพื่อให้ได้ R_E สูงที่สุด)ตรวจจับและบันทึกความเร็วลม U
4. เริ่มการทดลองจากมุมปะทะศูนย์ บันทึกการกระจายของความดันที่ผิวด้านบนและด้านล่างของแพนอากาศ พร้อมทั้งบันทึกค่าแรงยกและแรงต้านของแพนอากาศจากเครื่องวัดแรง(เพื่อความสะดวกในการอ่านค่าจาก เครื่องวัด นิยมที่จะบิดมุมปะทะย้อนตามเข็มนาฬิกาเพื่อให้ได้ค่าแรงที่แสดงมีค่าเป็นบวก)
5. เพิ่มมุมปะทะคราวละ 2° แล้วบันทึกค่าตามข้อ 4
6. เพิ่มมุมปะทะขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดอาการ *Stall* ของแพนอากาศจึงหยุดการทดลอง
7. เนื่องจากการเปรียบวัดค่า *Three Component Balance* ใช้เวลามากทางผู้ควบคุมจะเปรียบวัดค่าไว้ให้ก่อนแล้ว

การเสนอผล

1. เขียนกราฟแสดงการกระจายของ *pressure coefficient,* C_P กับตำแหน่งบนแพนอากาศทั้งด้านล่างและด้านบนสำหรับแต่ละมุมปะทะที่ทำการทดลอง(ดูตัวอย่างในภาคผนวก)โดย

   $$C_P = \frac{P_i - P_s}{\frac{1}{2}\rho U^2}$$ เมื่อ P_i คือค่าความดันที่จุดนั้นๆ
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lift coefficient กับมุมปะทะ
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Drag coefficient กับมุมปะทะ
4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Lift coefficient กับ Drag coefficient
5. วิเคราะห์และสรุปข้อมูลที่ได้ทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

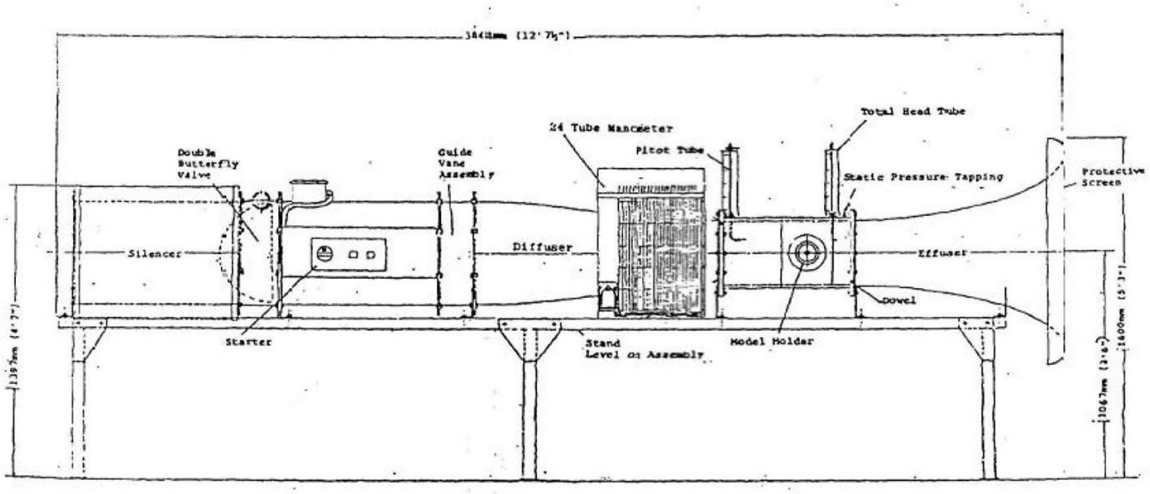
Fox, R.W., McDonal, A.T., "Introduction to Fluid Mechanics," 4th ed.,Wiley,1992

Abbott, I.H., and A.E. Von Doenhoff., "Theory of Wing Sections, Including a Summary of Airfoil Data, Dover, 1959

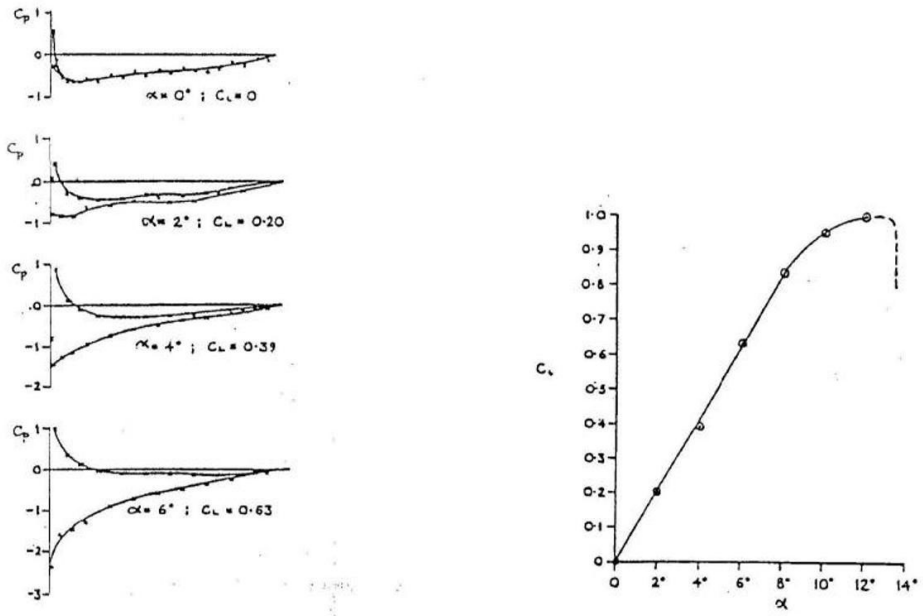
Shame, I.H. , "Mechanics of Fluid." 3rd ed., McGraw-Hill, 1992.

Janna, W.S., "Introduction to Fluid Mechanics ," 3rd ed.,PWS , 1993

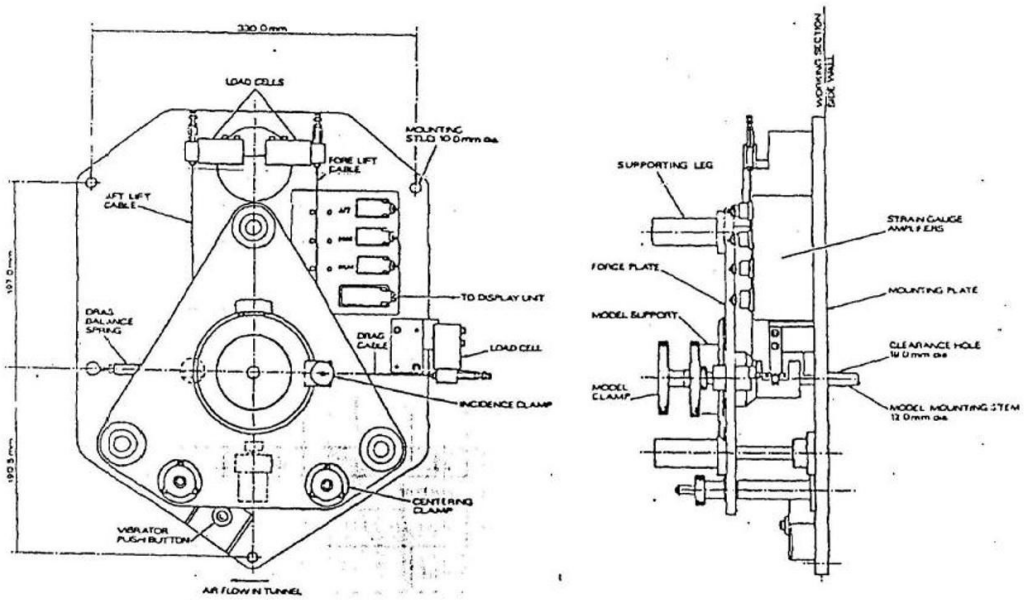
PLIST TE54A : WIND TUNNEL INSTRUCTION MANNAL



รูปที่ A1 อุโมงค์ลม PLINT TE54



รูปที่ A2 การแสดงผลของการไหลผ่านแพนอากาศ



รูปที่ A3 เครื่องมือวัดแรงและส่วนประกอบต่างๆ

DATA SHEET

Calibration of Wind Tunnel: Velocity Profiled

ENGINEER :							ID No.				GROUP		DATE :						
AIR TEMP: °C	ATM Pressure:						Wind Tunnel : PLINT TE54				Fan Blade Angle : 26°		Motor : 3 Ph, 380 V						
Maximum Speed	DISTANCE FROM TOP SURFACE (mm)																		
	5	10	15	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	290	295
P_S of Plan 1 (mmH_2O)																			
P_T of Plan 1 (mmH_2O)																			
P_S of Plan 3 (mmH_2O)																			
P_T of Plan 3 (mmH_2O)																			

Calibration of Wind Tunnel: Calibration Factor, ***k***

ENGINEER :			ID No.		GROUP	DATE :
AIR TEMP: °C	ATM Pressure:	Wind Tunnel : PLINT TE54	Fan Blade Angle : 26°	Motor : 3 Ph, 380 V		
Center line Velocity	Gate Opening (% of Maximum Opening)					
	10%	25%	50%	75%	90%	100%
P_S of Plan 1 (mmH_2O)						
P_T of Plan 1 (mmH_2O)						
P_S of Plan 3 (mmH_2O)						
P_T of Plan 3 (mmH_2O)						

Pressure Around Cylinder: First Experiment Gate Open..... % (Wind Velocity: .....m/s) : Second Experiment Gate Open..... % (Wind Velocity: .....m/s)

ENGINEER :								ID No.				GROUP		DATE :					
AIR TEMP: °C	ATM Pressure:				Drag: / N			Fore: / N			AFT: / N			Pitching Moment: N			SUT		
	ANGULAR ROTATION (DEGREES)																		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1st : P_S (mmH_2O)																			
2rd : P_T (mmH_2O)																			

Flow Pass Airfoil:

ENGINEER :											ID No.			GROUP		DATE :					SUT		
AIR TEMP: °C			ATM PRESSURE:								Wind Tunnel : PLINT TE54			WIND VELOCITY : m/s							*Mechanical Engineering*		
	UPPER SURFACE STATICS PRESSURE (mmH_2O)										LOWER SURFACE STATICS PRESSURE (mmH_2O)										FORCE (N)		
Tap Positions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D_r	Fore	AFT
$\alpha = 0°$																							
$\alpha = 2°$																							
$\alpha = 4°$																							
$\alpha = 6°$																							
$\alpha = 8°$																							
$\alpha = 10°$																							
$\alpha = 12°$																							
$\alpha = 14°$																							
$\alpha = 16°$																							
$\alpha = 18°$																							
$\alpha = 20°$																							
$\alpha = 22°$																							

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

HEAT EXCHANGER

กล่าวนำ

ในงานทางวิศวกรรมหลายประเภทต้องอาศัยกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลที่มีอุณหภูมิต่างกัน เช่น การระบายความร้อนของหม้อน้ำในรถยนต์ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างคอยล์เย็นกับอากาศเพื่อจ่ายอากาศเย็นไปยังห้องปรับอากาศ ฯลฯ เป็นต้น การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลทั้งสองชนิดนี้ล้วนใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(Heat exchanger) ทั้งสิ้น ซึ่งการทำงานอุปกรณ์เหล่านี้ล้วนใช้ทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อน รวมถึงใช้ทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อน ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในงานที่เหมาะสมต่อไป

ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การจำแนกประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อาจแบ่งประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ตามลักษณะการไหลของของไหล และแบ่งตามลักษณะรูปร่างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1) แบ่งตามลักษณะการไหลของของไหล สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้
   - การไหลแบบทางเดียวกัน (parallel flow)
   - การไหลสวนทางกัน (counter flow)
   - การไหลตั้งฉากกัน (cross flow)
2) แบ่งตามลักษณะของรูปร่างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทหลักๆ ดังนี้
   - ***แบบท่อสองชั้น*** *(double pipe)* เป็นชนิดที่สามารถสร้างได้ง่ายที่สุด ลักษณะเป็นท่อสองท่อสวมกัน โดยของไหลในแต่ละท่ออาจเป็นของไหลต่างชนิดกัน หรือชนิดเดียวกันก็ได้แต่อุณหภูมิต้องแตกต่างกัน ซึ่งใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลทั้งสอง ลักษณะการไหลของของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ยังแบ่งการไหลได้อีกสองแบบ คือ การไหลแบบทางเดียวกัน(parallel flow) และ การไหลแบบสวนทางกัน(counter flow)

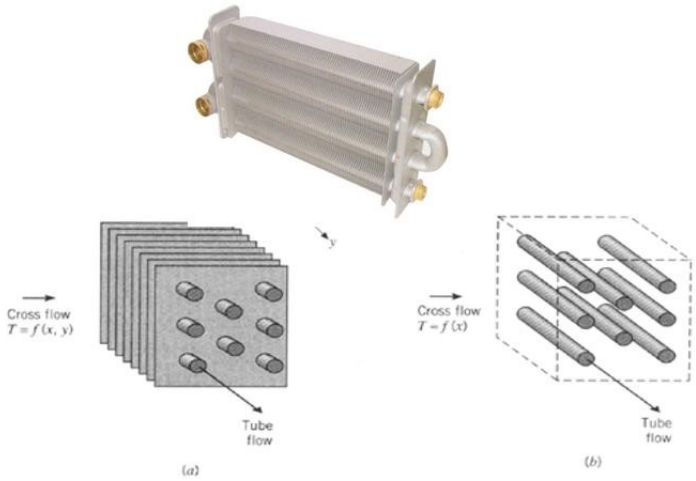


1)การไหลแบบสวนทางกัน 2)การไหลแบบทางเดียวกัน

รูปที่1) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

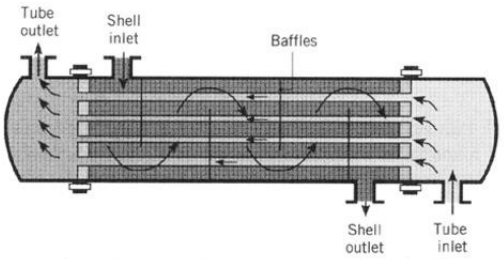
   - ***แบบกะทัดรัด*** *(compact)* โดยส่วนใหญ่ลักษณะการไหลในเครื่องชนิดนี้จะเป็นการไหลแบบตั้งฉากกัน(cross flow) และมักจะเป็นการในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับของเหลว เช่น หม้อน้ำในรถยนต์ เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนกับอากาศเย็น จากรูปจะพบว่ามีการติด fin เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศ เพราะค่าความหนาแน่นของอากาศต่ำกว่าน้ำประมาณ 1000 เท่า ดังนั้นถ้าต้องการดึง

ความร้อนที่เท่ากันก็จำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน แต่ผลที่ตามมาก็คือเมื่อเพิ่มพื้นที่แรงเสียดทานก็เพิ่มขึ้นด้วย จึงจำเป็นต้องให้งานในการขับอากาศเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้มักจะพบว่ามีการติดพัดลมช่วยในการขับการไหลของอากาศ จากรูปที่ 2 มีครีบและของไหลแต่ละชนิดไม่ผสมผสานกัน แบบไม่มีครีบทำให้ของไหลนอกท่อผสมผสานกัน



รูปที่2) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัด

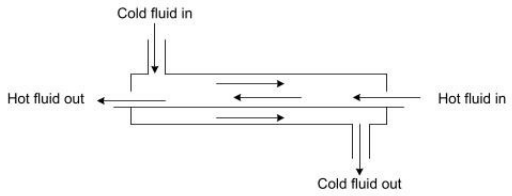
- ***แบบท่อและเปลือก*** *(shell and tube)* การไหลของไหลชนิดหนึ่งจะอยู่ในท่อ(tube) และของไหลอีกชนิดหนึ่งจะอยู่ในเปลือก(shell) และมักจะพบว่าการจับยึดระหว่างพนังกับท่อโดยใช้แผ่นกั้น(baffles) หน้าที่สำคัญอีกประการที่สำคัญของ baffles คือช่วยไม่ให้การไหลใน shell รัดวงจร กล่าวคือให้ของไหลใน shell ถ่ายเทความร้อนกับของไหลที่อยู่ในท่อได้อย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้การไหลเป็นการไหลแบบตั้งฉากกัน และสวนทางกันหรือขนานกันในบางตำแหน่ง



รูปที่3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและเปลือก

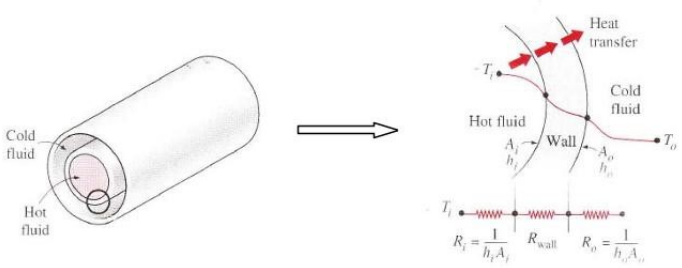
ในปฏิบัติการในครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทท่อสองชั้น(Double pipe) เท่านั้น

ทฤษฎี Double pipe heat exchanger



รูปที่4) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ 2 ชั้น ที่ใช้ทดลองในปฏิบัติการนี้เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็น โดยการทดลองเพื่อหาค่า U (Overall heat transfer coefficient) ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนในการวิเคราะห์อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็น โดยที่น้ำร้อนกับน้ำเย็นจะไม่สัมพัทธ์กัน



รูปที่5) Thermal resistance network ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

จากรูปถ้าพิจารณาเป็นแบบ Thermal resistance network จะพบว่าเป็นการต่อแบบอนุกรม ความค่าความร้อนที่ส่งผ่านจะมีค่าเท่ากัน คือ $\dot{Q} = \dot{Q}_{conv1} = \dot{Q}_{cond} = \dot{Q}_{conv2}$ ซึ่งค่า

Heat convection: $\dot{Q}_{conv1} = h_i A_i (T_i - T_{wall,in})$ และ $\dot{Q}_{conv2} = h_o A_o (T_{wall,out} - T_o)$

Heat conduction: $\dot{Q}_{cond} = -kA\dfrac{dT}{dr}$

$$\dot{Q}_{cond} = -k2r\pi L\frac{dT}{dr}$$

$$\dot{Q}_{cond}\int_{r_i}^{r_o}\frac{1}{r}dr = -2\pi Lk\int_{T_{wall,in}}^{T_{wall,out}} TdT$$

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{2\pi Lk(T_{wall,in} - T_{wall,out})}{\ln\left(\dfrac{r_o}{r_i}\right)}$$

ดังนั้น จะได้ว่า $\dot{Q} = h_i A_i (T_i - T_{wall,in}) = \dfrac{2\pi Lk(T_{wall,in} - T_{wall,out})}{\ln\left(\dfrac{r_o}{r_i}\right)} = h_o A_o (T_{wall,out} - T_o)$ หรือ

$$\dot{Q} = \frac{(T_i - T_{wall,in})}{\frac{1}{h_i A_i}} = \frac{(T_{wall,in} - T_{wall,out})}{\frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi Lk}} = \frac{(T_{wall,out} - T_o)}{\frac{1}{h_o A_o}}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi Lk} + \frac{1}{h_o A_o}} = \frac{\Delta T}{R_{conv1} + R_{cond} + R_{conv2}}$$

โดยที่ $R_{conv1} = \frac{1}{h_i A_i}, R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi Lk}, R_{conv2} = \frac{1}{h_o A_o}$

สรุปจากการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน จะได้ค่าความร้อนที่ส่งถ่ายเป็น

$$\boxed{\dot{Q} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi Lk} + \frac{1}{h_o A_o}}} \quad \text{.....(*)}$$

The overall heat transfer coefficient: U (w/m^2. $^\circ$C)

ค่าความร้อนที่วิเคราะห์โดยใช้ค่า Overall heat transfer coefficient สามารถหาได้ดังสมการความสัมพันธ์

$$\boxed{\dot{Q} = U\bar{A}\Delta T} \quad \text{.....(**)}$$

ΔT : Temperature difference หรืออาจใช้ log mean temperature difference

U : Overall heat transfer coefficient (w/m^2. $^\circ$C)

$\bar{A}$: Heat transfer area (m^2) ถ้า ผนังท่อบางใช้ค่าเฉลี่ยระหว่าง A_i กับ A_o ถ้าผนังท่อหนาอาจใช้ Log mean area

จากสมาการที่ (*) และ (**) สามารถหาค่า U ได้โดย

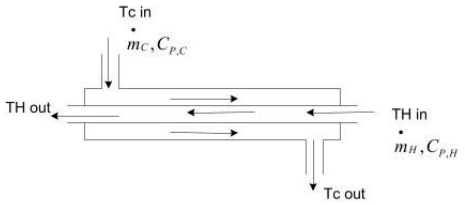
(*) = (**) จะได้

$$\boxed{U = \frac{1}{\bar{A}} \bullet \frac{1}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi Lk} + \frac{1}{h_o A_o}}} \quad \text{.....(***)}$$

ดังนั้นจาก(***) สามารถหาค่า U ได้ ถ้าทราบค่าตัวแปรทุกตัว ซึ่งค่า A,r หาได้จากขนาดของเครื่อง ค่า k หาจากตาราง คุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุพอหาได้ไม่อยาก แต่ค่า h นั้นอาจหาได้ไม่ง่ายนักเพราะขึ้นกับรูปแบบการไหล โดยหาจากความสัมพันธ์

$Nu = \frac{hD}{k} = cR_e{}^a P_r^b$ โดยค่า c a b เป็นค่าคงที่ ขึ้นกับรูปแบบการไหล ดังนั้นจากวิธีข้างต้นอาจค่า U ได้ไม่ง่ายนัก

การวิเคราะห์อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์



รูปที่6) ลักษณะการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

จากรูป สามารถวิเคราะห์ โดยใช้กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ได้ดังนี้

อัตราความร้อนที่น้ำร้อนปล่อยออก (Heat power emitted) $\dot{Q}_H = \dot{m}_H C_{P,H}\left(T_{H,in} - T_{H,out}\right)$ (1)

อัตราความร้อนที่น้ำเย็นได้รับ (Heat power absorbed) $\dot{Q}_C = \dot{m}_C C_{P,C}\left(T_{C,out} - T_{C,in}\right)$ (2)

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นเนื่องจากลักษณะของ Thermal resistance network เป็นการต่อแบบอุกรม ดังนั้นค่า Heat power emitted กับค่า Heat power absorbed ควรที่จะเท่ากัน (ถ้าไม่มีการศูนย์เสีย) แต่ในทางปฏิบัติแล้วมีการศูนย์เกิดขึ้นดังนั้น

Heat power lost = heat power emitted - heat power absorbed (3)

และค่าความสามารถในการดึงความร้อนออกจากน้ำร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หรือที่เรียกว่าค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน หาได้จาก

Efficiency , η $= \frac{\text{heat power absorbed}}{\text{heat power emitted}} \times 100\%$ (4)

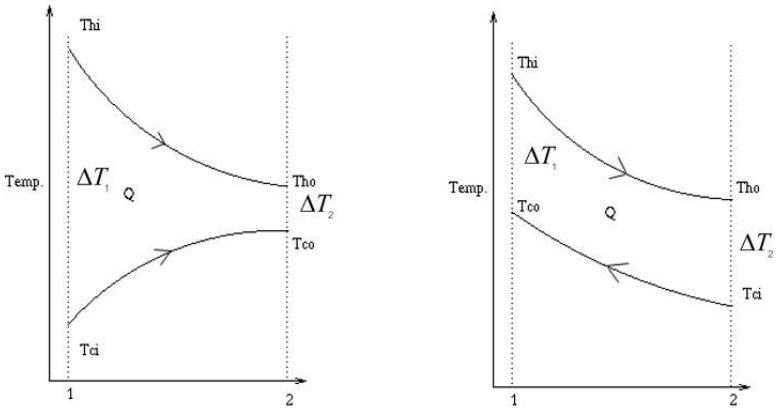
จากวิเคราะห์โดยใช้ *first law of thermodynamics* สามารถคำนวณหาค่าอัตราความร้อนที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้สามารถดึงออกได้ (Heat power absorbed) ซึ่งจะต้องมีค่าเท่ากับ $\dot{Q} = U\bar{A}\Delta T_{lm}$ ด้วย

ดังนั้น ก็สามารถหาค่า U (Overall heat transfer coefficient) ได้เป็น

Overall heat transfer coefficient U $= \frac{\text{heat power absorbed}}{\text{heat transmission area x } \Delta T_{lm}}$ (5)

Log mean temperature difference $\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$ (6)

โดย ΔT_1 และ ΔT_2 Temperature difference ขึ้นกับลักษณะการไหลว่าเป็นการไหลแบบขนานกัน หรือสวนทางกันซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูป



Parallel flow Counter flow

รูปที่7) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น

ในการหาประสิทธิภาพของแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถหาได้สองวิธีหลักๆด้วยกัน คือวิธีของ Log mean temperature difference และ Effectiveness-NTU method

1) *The Log mean temperature difference method* (LMTD)

จริงๆแล้วการคำนวณค่าความร้อนด้วยวิธีนี้ได้นำเสนอไว้แล้วในข้างต้นแต่ยังไม่ได้บอกว่ากรรมวิธีนี้มีชื่อเรียกว่าอะไร วิธีของ Log mean temperature difference method (LMTD) คำนวณค่าความร้อนจากสมการ $\dot{Q} = U\bar{A}\Delta T_{lm}$ ในการคำนวณค่าความร้อนนี้ จะต้องทราบของอุณหภูมิทุกค่า เพื่อคำนวณหา ΔT_{lm}

การออกแบบ เพื่อหาขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วย LMTD สามารถทำได้ตามลำดับดังนี้

1) เลือกชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เละลักษะการใช้งาน(ทิศทางการไหล)
2) คำนวณค่าตัวแปรต่างๆที่ยังไม่ทราบค่า เช่น $\dot{Q}$ อุณหภูมิที่ทางออก อาจคำนวณโดยใช้ *first law of thermodynamics*
3) คำนวณ Log mean temperature difference
4) เลือกหรือคำนวณค่า Overall heat transfer coefficient U
5) คำนวณหา heat transfer area A
6) ควรเลือกเครื่องที่มี heat transfer area มากกว่าหรือเท่ากับ heat transfer area ที่คำนวณมาได้

2) The Effectiveness-NUT method

เนื่องการคำนวณด้วยวิธีของ LMTD นั้นจะต้องทราบอุณหภูมิที่ทางออกทุกค่าก่อนจึงจะคำนวณต่อได้ ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดของวิธี LMTD ดังนั้นจึงมีกรรมวิธีของ Effectiveness-NUT method (Kays and London 1955) ใช้ในการคำนวณปัญหาประเภทนี้

นิยามของ Heat transfer effectiveness ε

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} = \frac{\text{Actual heat transfer rate}}{Maximum\ possible\ heat\ transfer\ rate} \tag{7}$$

$\dot{Q} = C_c(T_{c,out} - T_{c,in}) = C_h(T_{h,in} - T_{h,out})$ เมื่อ $C_c = \dot{m}_c C_{p,c}$, $C_h = \dot{m}_h C_{p,h}$ เรียกว่า heat transfer rate

โดยที่ $\dot{Q}_{\max} = C\Delta T_{\max}$

ค่า $\Delta T_{\max}$ ที่เป็นไปได้ ถ้าพิจารณาที่น้ำร้อน $\Delta T = \left(T_{h,in} - T_{h,out}\right)$ ถ้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถลดอุณหภูมิ $T_{h,out}$ ได้มากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ $T_{c,in}$ ดังนั้น $\Delta T_{\max}$ ที่เป็นไปได้คือ $\Delta T_{\max} = \left(T_{h,in} - T_{c,in}\right)$

ส่วนค่า Heat transfer rate (C) นั้นให้เลือกระหว่าง C_c, C_h ตัวไหนมีค่าน้อยให้ใช้ตัวนั้นในการคำนวณ เพราะถ้าใช้ตัวที่มีค่ามากแล้วจะทำ $\dot{Q}_{\max}$ มากเกินไป และเมื่อใช้ค่านี้คำนวณย้อนหา $T_{h,out}$ จะทำให้มีค่าต่ำกว่า $T_{c,in}$ ซึ่งขัดกับกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ ดังนั้นจะได้ $\dot{Q}_{\max}$ เป็น

$$\dot{Q}_{\max} = C_{\min}\left(T_{h,in} - T_{c,in}\right) \tag{8}$$

ดังนั้นจะได้ $\varepsilon = \dfrac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} = \dfrac{C_c\left(T_{c,out} - T_{c,in}\right)}{C_{\min}\left(T_{h,in} - T_{c,in}\right)}$ (9)

จาก(9) ที่ยังไม่ทราบค่าคือ $T_{c,out}$ ซึ่งมาหาได้จากความสัมพันธ์ของค่าอัตราความร้อนที่คำนวณได้จาก *first law of thermodynamics* และ LMTD

$$\dot{Q} = C_h\left(T_{h,in} - T_{h,out}\right) \tag{10}$$

$$\dot{Q} = C_c\left(T_{c,out} - T_{c,in}\right) \tag{11}$$

$$\dot{Q} = UA\Delta T_{lm} \tag{12}$$

จาก(10) - (12) ตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าคือ $T_{h,out}$ และ $T_{c,out}$ นอกนั้นเป็นตัวแปรที่ทราบค่าแล้ว

ถ้าแก้สมการ (10) - (12) จะไม่ขอแสดงรายระเอียดในที่นี้ จะสามารถคำนวณ $T_{h,out}$ และ $T_{c,out}$ เป็นฟังก์ชันของ $C_h, C_c, U, A, T_{h,in}, T_{c,in}$ ได้

จากนั้นแทนค่า $T_{c,out} = f^n(C_h, C_c, U, A, T_{h,in}, T_{c,in})$ ลงในสมการที่ (9) ก็สามารถคำนวณ effectiveness ε ได้

ดังนั้นจึงขอสรุปค่า Effectiveness ε สำหรับ Double pipe heat exchanger ดังนี้

1) Parallel flow $\varepsilon_{parallel-flow} = \frac{1-\exp[-NTU(1+c)]}{1+c}$

2) Counter flow $\varepsilon_{counter-flow} = \frac{1-\exp[-NTU(1+c)]}{1-c\exp[-NTU(1+c)]}$

โดย

$-NTU = \frac{UA}{C_{min}} = \frac{UA}{(\dot{m}C_p)_{min}}$; NTU : Number of heat transfer unit

$c = \frac{C_{min}}{C_{max}}$; c : capacity ratio

การออกแบบ หาขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยวิธีของ Effectiveness-NUT method สามารถทำได้ตามลำดับดังนี้

1) เลือกชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทราบค่า U และลักษณะการใช้งาน(ทิศทางการไหล)
2) คำนวณค่า capacity ratio c, Effectiveness ε
3) คำนวนค่า *NTU* จากความสัมพันธ์ $\varepsilon = f^n(NTU, c)$
4) คำนวนหา heat transfer area A จาก $NTU\frac{UA}{C_{min}}$
5) ควรเลือกเครื่องมือที่มี heat transfer area มากกว่าหรือเท่ากับ heat transfer area ที่คำนวณมาได้

แนะนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะเฉพาะทางเทคนิค

Electrical

- Voltage	230 VAC Phase+Neutral+Earth
- Amperage	10 A
- frequency	50 Hz

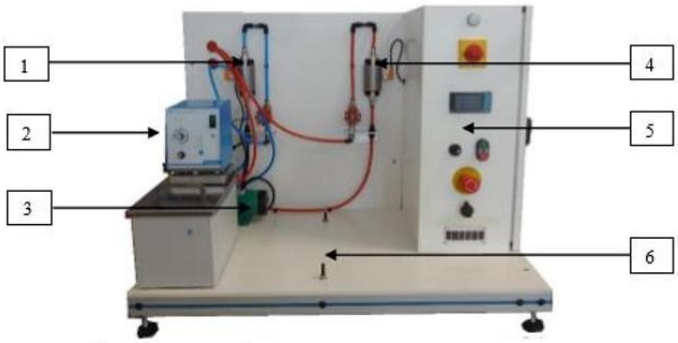
Hot water supply

- Temperature	$25°C < T < 60°C$
- Flow rate	90 L/h maximum

Cold water rejected

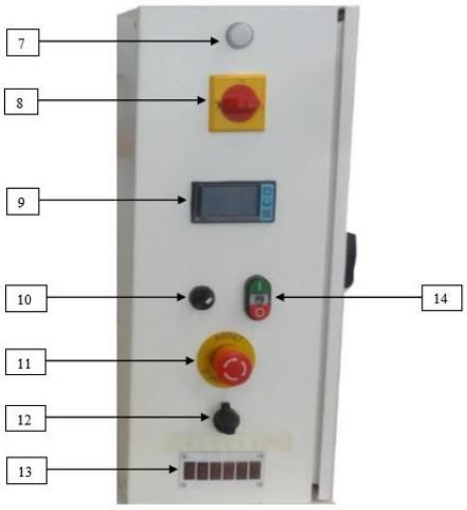
- Temperature	$5°C < T < 25°C$
- Flow rate	200 L/h maximum

ส่วนประกอบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 8 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากบริษัท DIDATEC รุ่น BET 011

1. Flow meter และ Control valve ของน้ำเย็น
2. Tank เก็บน้ำ (สำหรับน้ำร้อน) เป็นถังที่ทำจาก Stainless steel สามารถบรรจุน้ำร้อนได้ 5 ลิตร ภายในมีคอยล์ร้อนในการสร้างความร้อนให้กับน้ำร้อน
3. Pump น้ำร้อน
4. Flow meter และ Control valve ของน้ำร้อน
5. Electrical box
6. บริเวณพื้นที่ในการทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 9 แสดงส่วนประกอบของ Electrical box รุ่น BET 011

7. ไฟสีขาวแสดงการทำงาน
8. Main power ควบคุมการจ่ายไฟ
9. หน้าจอแสดง อุณหภูมิ และอัตราการไหล
10. ปุ่มเริ่มการทำงานของ Pump น้ำร้อน
11. ปุ่มกด Emergency Stop
12. USB คอมพิวเตอร์
13. Socket เชื่อมต่อกับสาย Thermocouple
14. ปุ่ม General shutdown

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลอง

1. Concentric หรือ Double pipe

   มีลักษณะเป็นท่อสองชั้นสวมกัน

   ทิศทางการไหลเป็นแบบ Counter flow และ Parallel flow

   พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 270 cm^2



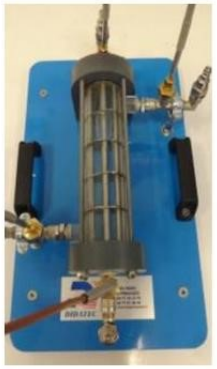
2. Shell and Tube

   มีท่อขนาดเล็กจำนวนมากอยู่ภายในเปลือก และมี baffles

   ยึดระหว่างเปลือกและท่อ

   ทิศทางการไหลเป็นแบบ Counter flow และ Parallel flow

   พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 244 cm^2



3. Flat Plate

   มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะประกบกันหลายแผ่น ภายในมีช่องให้

   ของไหลไหลผ่าน

   ทิศทางการไหลเป็นแบบ Counter flow และ Parallel flow

   พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 0.16 m^2



ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิด Concentric , Shell and Tube และ Flat plate

1. นำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ต้องการทำการทดลองวางบริเวณพื้นที่ทำการทดสอบ

2. เสียบสายน้ำร้อน กับน้ำเย็น เข้ากับอุปกรณ์ที่ทำการทดลอง กำหนดทิศทางการไหลเป็นแบบ Counter flow

3. เสียบสาย Thermocouple เข้ากับ Socket

4. เช็คดูระดับน้ำในถังน้ำร้อน หากระดับน้ำต่ำเกินไปให้เติมน้ำกลั่นเพิ่ม

5. เปิดวาล์วน้ำร้อน ปรับอัตราการไหลน้ำร้อนคงที่เป็น 90 L/h

6. เปิดวาล์วน้ำเย็น ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นเป็น 200 L/h , 120 L/h , 60 L/h (ทำการทดลองทีละอัตราการไหล)

7. ตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนไปที่ 60 ℃

8. เมื่ออุณหภูมิของน้ำร้อนสูงจนถึงค่าที่ตั้งไว้ให้รอประมาณ 5 นาที แล้วอ่านค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ และอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็น แล้วบันทึกลงในตารางผลการทดลอง

9. คำนวณค่าต่างๆ ที่กำหนดไว้ในตาราง

ตารางผลการทดลอง

	Concentric			**Shell and Tube**			**Flat Plate**		
	Counter flow			Counter flow			Counter flow		
$\dot{\forall}_h$ (L/h)									
$\dot{\forall}_c$ (L/h)									
$T_{h,in}$ (°C)									
$T_{h,out}$ (°C)									
$T_{c,in}$ (°C)									
$T_{c,out}$ (°C)									

ตารางการคำนวณ

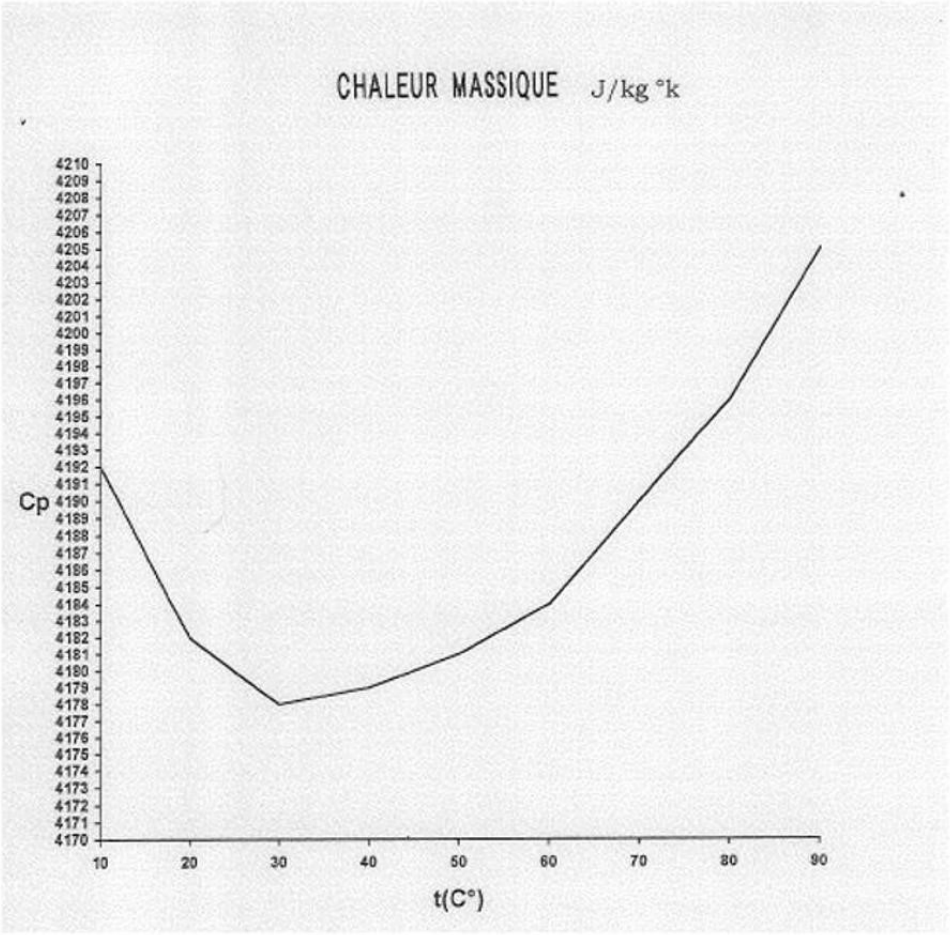
	Concentric			**Shell and Tube**			**Flat Plate**		
$T_{h,avg}$ (°C)									
$T_{c,avg}$ (°C)									
ρ_h (kg/m^3)									
ρ_c (kg/m^3)									
$C_{p,h}$ (J/kg. °C)									
$C_{p,c}$ (J/kg. °C)									
$\dot{m}_h$ (kg/s)									
$\dot{m}_c$ (kg/s)									
ΔT_h (°C)									
ΔT_c (°C)									
$\dot{Q}_h$ (W)									
$\dot{Q}_c$ (W)									
ΔT_{lm}									
u (W/m^2. °C)									
ε									
η (%)									

ค่าความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

VOLUME PROPERTIES OF ORDINARY WATER
G.S. KELL
(Specific volume v, density p, thermal expansivity α = d ln v/dt = d ln p/dt, compressibility k = -d ln v/dp = d ln p/dp

t, °C	p, G./ML	t, °C	p, G./ML	t, °C	p, G./ML
-6	0,999102	36	0,993716	78	0,973055
-5	0,999283	37	0,993360	79	0,972439
-4	0,999441	38	0,992997	80	0,971819
-3	0,999578	39	0,992626	81	0,971193
-2	0,999694	40	0,992247	82	0,970562
-1	0,999790	41	0,991861	83	0,969926
0	0,999868	42	0,991467	84	0,969286
1	0,999927	43	0,991067	85	0,968640
2	0,999968	44	0,990659	86	0,967990
3	0,999992	45	0,990244	87	0,967335
4	1,000000	46	0,989822	88	0,966674
5	0,999992	47	0,989393	89	0,966009
6	0,999968	48	0,988957	90	0,965340
7	0,999930	49	0,988515	91	0,964665
8	0,999877	50	0,988066	92	0,963986
9	0,999809	51	0,987610	93	0,963302
10	0,999728	52	0,987148	94	0,962613
11	0,999634	53	0,986680	95	0,961920
12	0,999526	54	0,986205	96	0,961222
13	0,999406	55	0,985723	97	0,960519
14	0,999273	56	0,985236	98	0,959812
15	0,999129	57	0,984743	99	0,959100
16	0,998972	58	0,984243	100	0,958384
17	0,998804	59	0,983737	101	0,957662
18	0,998625	60	0,983226	102	0,956937
19	0,998435	61	0,982708	103	0,956207
20	0,998234	62	0,982185	104	0,955472
21	0,998022	63	0,981655	105	0,954733
22	0,997801	64	0,981120	106	0,953989
23	0,997569	65	0,980580	107	0,953240
24	0,997327	66	0,980034	108	0,952488
25	0,997075	67	0,979482	109	0,951730
26	0,996814	68	0,978924	110	0,950968
27	0,996544	69	0,978361		
28	0,996264	70	0,977793		
29	0,995976	71	0,977219		
30	0,995678	72	0,976640		
31	0,995372	73	0,976056		
32	0,995057	74	0,975466		
33	0,994734	75	0,974871		
34	0,994403	76	0,974271		
35	0,994063	77	0,973665		

ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ



LABORATORY MANUAL

FORCED & NATURAL CONVECTION

525442 & 425341 Thermo-Fluid Lab. / Mechanical Engineering Lab.2

DESCRIPTION
(Refer to Fig.1, Page 8)

The apparatus consists of a vertical rectangular duct supported by a bench mounted stand (1). A flat plate (3), pinned (4), or finned (5) exchanger may be installed in the duct and secured by a quick-release catch (18) on each side. Each exchanger incorporates an electric heating element with thermostatic protection against overheating. The temperature at the base of each exchanger is monitored by a thermistor sensor (19) with connecting lead (7).

The exchanger in use may be viewed through an acrylic window (14) in the wall of the duct.

An upward flow of air may be generated in the duct with a variable speed fan (21) mounted at the top.

Air velocity in the duct, whether natural or forced, is indicated on a portable anemometer (2) held in a bracket (15) on the duct wall. The anemometer sensor (16) is inserted through the wall of the duct.

A thermistor probe (6) permits measurement of the in-going and out-going air temperatures, together with surface temperatures of exchanger pins and fins.

These temperatures are determined by inserting the probe through access holes (20) in the duct wall.

An electric console (8) incorporates a solid state power regulator with a digital read-out to control and indicate power supplied to the exchanger on test. The exchanger is connected to the console via the supply lead (10). A variable low voltage D.C. supply is provided for the fan via the supply lead (17). A digital read-out indicates the temperature using a thermistor probe connected to a flexible lead (6).

Power is supplied to the equipment via a supply lead (9) connected to the rear of the console.

INSTALLATION REQUIREMENTS

The equipment should be installed on a firm, level work surface.

A single phase electrical supply is required.

No other services are necessary.

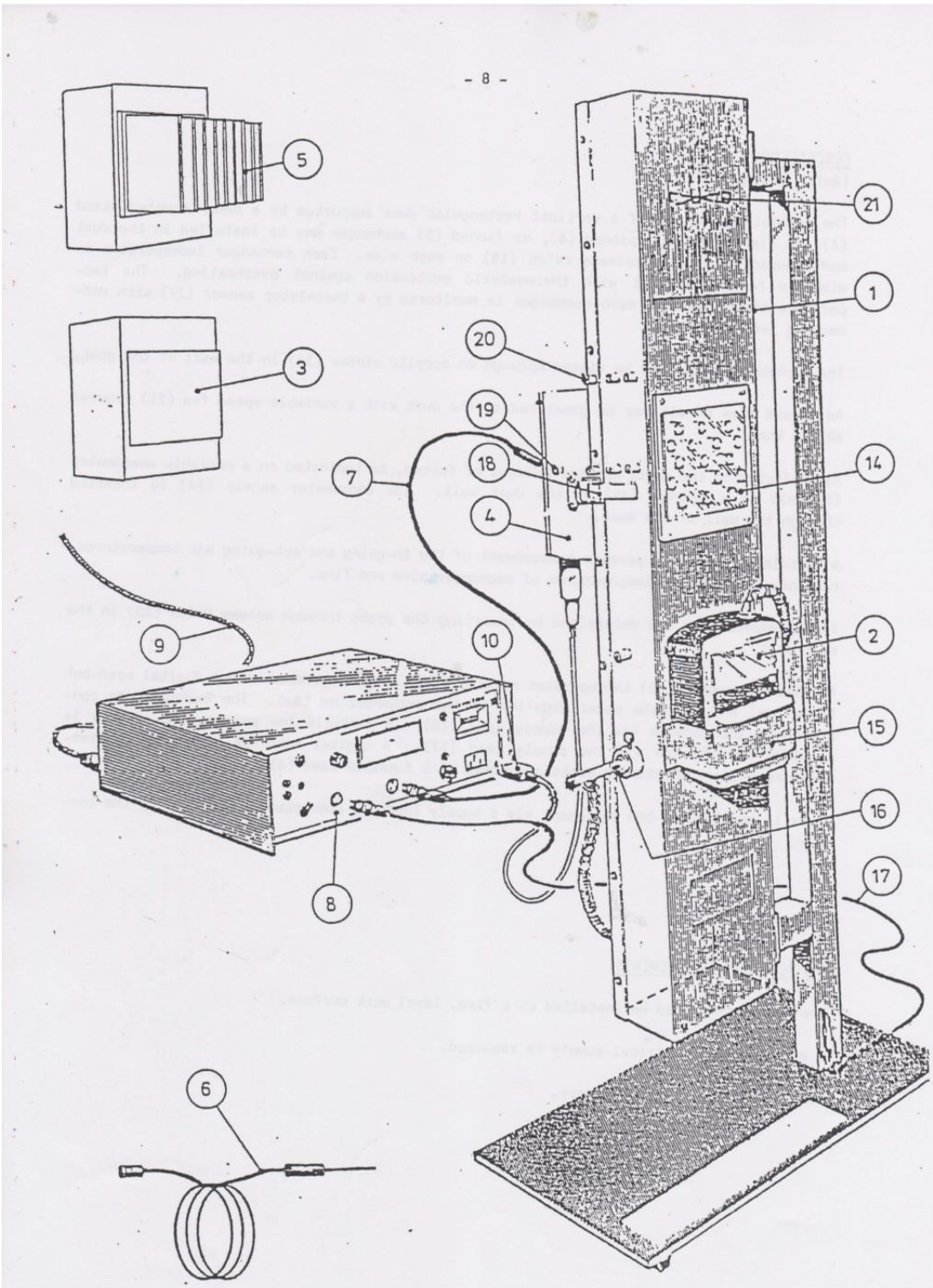
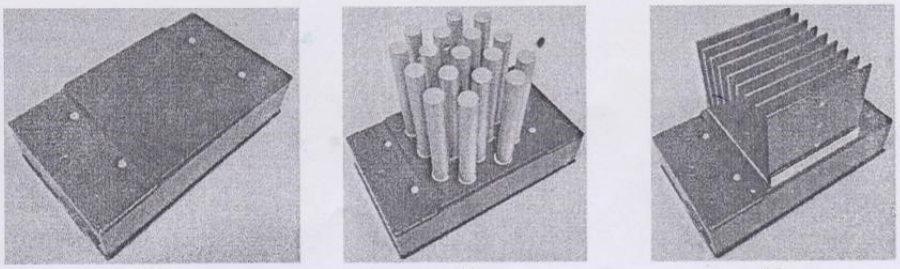


FIG 1. CONVECTION HEAT TRANSFER APPARATUS

Figure 3 shows different geometries for the heated surface;

- Flat plate,
- Pipe bundle (needle fins),
- Rectangular fins.

Air flows past the heating element and absorbs heat in the process. Sensors record the volumetric flow rate of the air, the heating power and the temperatures at all relevant points. The measured values can be read on digital displays. At the same time, the measured values can also be transmitted directly to a PC. Free and forced convective cooling will be investigated on all three surface configurations. Comparison between the flat plate results and the results of finned surfaces can be used to find the effects of fins on the heat transfer coefficient under free and forced convection heat transfer.



(a) (b) (c)

Figure 3: (a) Flat plate, (b) pipe bundle, and (3) rectangular fins

THEORY

There are three modes for heat transfer: convection, conduction, and radiation. The convection heat transfer plays an important role in many industrial applications. The convection heat transfer is usually subdivided into free and forced convection. In the forced convection, the fluid is blown or pumped past the heated surface using a pump or a fan, while in the natural (or free) convection, fluid flow is naturally achieved by buoyancy effects, i.e., density variation in the fluid.

The heat transfer rate to the fluid $\dot{Q}$ can be calculated using the fist law of thermodynamics for the heated fluid,

$$\dot{Q} = \dot{m}\Delta h \tag{1}$$

where Δh is the enthalpy variation of the fluid before and after the heated surface and $\dot{m}$ is the mass flow rate which is calculated as,

$$\dot{m} = \rho w A \tag{2}$$

here ρ is the air density, w is the averaged velocity and A is the cross-sectional area of the duct which is equal to 0.0144 m^2 in this experiment. The air density can be found from thermodynamics tables. Using ideal gas assumption for the air, Eq. (1) becomes,

$$\dot{Q} = \dot{m} c_P \Delta T \tag{3}$$

The temperature difference ΔT is calculated from the difference between the average inlet and outlet temperatures. The specific heat capacity of the air c_P also depends on the air temperature and should be found from thermodynamics tables. Since the temperature is varying along the duct, the c_P value should be evaluated in the averaged temperature of air in the duct, T_M,

$$T_M = \frac{T_1 + T_2}{2} \tag{4}$$

The heat sources on the testbed consist of electrical resistors; thus, the amount of power that is fed to the heaters, P_1, can be calculated.

The factor for fin efficiency, η, provides information on the losses which occur during heat transfer. This factor indicates the portion of the input energy that is transferred to the fluid. This can be written as,

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{P_1} \tag{5}$$

The amount of $1-\eta$ shows all losses resulted from convection and radiation to the surroundings and not to the fluid. The heat transfer from a surface to a fluid can be described mathematically,

$$\dot{Q} = A \alpha T_m \tag{6}$$

where α is the heat transfer coefficient. The heat transfer rate is the same as the amount calculated from Eq. (3). Determination of T_m is challenging; if one assumes that temperature is varying linearly along the duct, T_m will be identical to T_M calculated from Eq. (4). Another important value introduced in the literature is *Log Mean Temperature Difference* (LMTD). It is calculated using the following formula,

$$T_m = \frac{\left(T_1 - T_{fin,\text{in}}\right) - \left(T_2 - T_{fin,\text{out}}\right)}{\ln \dfrac{\left(T_1 - T_{fin,\text{in}}\right)}{\left(T_2 - T_{fin,\text{out}}\right)}} \tag{7}$$

Since the surface temperature, T_{fin}, of the heater remains almost constant across the entire area and only the temperature of the air changes significantly between the inlet and the outlet, one can simplify this equation,

$$T_m = \frac{T_1 - T_2}{\ln \dfrac{\left(T_1 - T_{fin}\right)}{\left(T_2 - T_{fin}\right)}} \tag{8}$$

Therefore, the heat transfer coefficient, α, can be evaluated from Eqs. (3), (6) and (8). The heat transfer depends not only on the temperature difference and the surface material of the heater, but is also influenced by the flow regime, i.e., laminar or turbulent flow.

Reynolds number is a criterion for defining whether a flow is turbulent or laminar. For a flow over a flat plate the transition between these two regimes occurs at approximately $\mathrm{Re}_{crit} = 1-5\times10^5$. However, there are other values for pipes and fins. The Reynolds number is defined as,

$$\mathrm{Re} = \frac{wl}{\nu} \tag{9}$$

where l is a characteristic length scale, which is the plate length for flat surfaces, and $\nu = \mu/\rho$ is the kinematic viscosity of the fluid (air). The kinematic viscosity of the air is temperature dependant and can be taken from thermodynamics tables at T_M.

The Nusselt number is dimensionless and is used in measuring heat transfer rates,

$$\mathrm{Nu} = \frac{\alpha l}{k} \tag{10}$$

where k is thermal conductivity. The Nusselt number can be calculated once the heat transfer coefficient α, is known. The following correlation (obtained experimentally) offers another way of determining the Nusselt number for a parallel flow over a smooth surface (plate) for laminar flow,

$$\mathrm{Nu} = 0.664\,\mathrm{Re}^{0.5}\,\mathrm{Pr}^{0.33} \tag{11}$$

Using the values obtained from Eq. (11), it is possible to check the accuracy of experiments for flat plate heater.

PROCEDURE

At the beginning of the experiment the heater element with the flat plate is connected to the control and display unit prior to being fixed in the air duct. Once the power supply has been connected, the potentiometer on the control unit is set to 100% and the surface temperature T_{fin} is measured using the thermocouple.

Once a steady-state condition has been reached, there is no noticeable temperature change at the surface of the heater element, the temperature is saved. The heater is then placed in the duct. Once again it is necessary to wait until a steady-state condition is established. The following values are measured;

- Temperature T_1 at the inlet of the air duct,
- Volumetric flow rate ($\dot{wA}$) at the inlet of the air duct,
- Temperature T_2 at the outlet of the air duct.

This experimental sequence is applicable to all experiments as tabulated in Table 2. In the case of the pipe bundle and the fins, the surface temperature must be measured prior to fitting in the air duct.

Turn on the fan and repeat the above-mentioned sequence. Increase the fan power to 100% of its rated capacity with the heater at full power.

Table 17.1 Important Dimensionless Groups in Convection Heat Transfer

Group[a]	Definition[a]		Interpretation/Application
Nusselt number, Nu_L	$\dfrac{hL}{k}$	(17.9)	Dimensionless temperature gradient at the surface. Measure of the convection heat transfer coefficient.
Reynolds number, Re_L	$\dfrac{\mathrm{V}L}{\nu}$	(17.12)	Ratio of the inertia and viscous forces. Characterizes forced convection flows.
Prandtl number, Pr	$\dfrac{c_p\mu}{k} = \dfrac{\nu}{\alpha}$	(17.13)	Ratio of the momentum and thermal diffusivities. Property of the fluid.
Grashof number, Gr_L	$\dfrac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2}$	(17.16)	Ratio of buoyancy to viscous forces. Characterizes free convection flows.
Rayleigh number, Ra_L	$\dfrac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$	(17.19)	Product of Grashof and Prandtl numbers, Gr · Pr. Characterizes free convection flows.

[a]The subscript L represents the characteristic length on the surface of interest.

where the subscript x has been added to emphasize our interest in conditions at a particular location on the surface identified by the dimensionless distance x^*. The overbar indicates an average over the surface from $x^* = 0$ to the location of interest.

The ***Reynolds number,*** Re_L, is the ratio of the inertia to viscous forces, and is used to characterize boundary layer flows (Sec. 13.5)

Reynolds number

$$\mathrm{Re}_L = \frac{\mathrm{V}L}{\nu} \tag{17.12}$$

where V represents the reference velocity of the fluid, L is the characteristic length of the surface, and ν is the kinematic viscosity of the fluid.

The ***Prandtl number,*** Pr, is a transport property of the fluid and provides a measure of the relative effectiveness of momentum and energy transport in the hydrodynamic and thermal boundary layers, respectively

Prandtl number

$$\mathrm{Pr} = \frac{c_p\mu}{k} = \frac{\nu}{\alpha} \tag{17.13}$$

where μ is the dynamic viscosity and α is the thermal diffusivity of the fluid (Eq. 16.5).

From Table HT-3, we see that the Prandtl number for gases is near unity, in which case momentum and energy transport are comparable. In contrast, for oils and some liquids with $\mathrm{Pr} \gg 1$ (Tables HT-4, 5), momentum transport is more significant, and the effects extend further into the free stream. From this interpretation, it follows that the value of Pr strongly influences the relative growth of the velocity and thermal boundary layers. In fact, for a *laminar* boundary layer, it has been shown that

$$\frac{\delta}{\delta_t} = \mathrm{Pr}^n \tag{17.14}$$

where n is a positive constant, typically $n = 1/3$. Hence for a gas, $\delta_t \approx \delta$; for an oil $\delta_t \ll \delta$. However, for all fluids in the *turbulent* region, because of extensive mixing, we expect $\delta_t \approx \delta$.

empirical correlations

The forms of the functions associated with Eqs. 17.10 and 17.11 are most commonly determined from extensive sets of experimental measurements performed on specific surface geometries and types of flows. Such functions are termed ***empirical correlations*** and are always accompanied by specifications regarding surface geometry and flow conditions. ***For Example…*** the most general correlation for forced convection *external flow* over flat plates and other immersed geometries has the form

$$\overline{\mathrm{Nu}}_x = C\,\mathrm{Re}_x^m\,\mathrm{Pr}^n \tag{17.15}$$

Table 17.3 Summary of Convection Heat Transfer Correlations for External Flow

Flow	Coefficient	Correlation[a]		Range of Applicability
Flat plate				
Laminar	—	$\delta = 5x\,\mathrm{Re}_x^{-1/2}$	(17.21)	
	Local	$\mathrm{Nu}_x = 0.332\,\mathrm{Re}_x^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$	(17.23)	$0.6 \le \mathrm{Pr} \le 50$
	—	$\delta_t = \delta\,\mathrm{Pr}^{-1/3}$	(17.24)	
	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_L = 0.664\,\mathrm{Re}_L^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$	(17.26)	$0.6 \le \mathrm{Pr} \le 50$
Turbulent	Local	$\delta = 0.37x\,\mathrm{Re}_x^{-1/5}$	(17.27)	$\mathrm{Re}_x \le 10^8$
	Local	$\mathrm{Nu}_x = 0.0296\,\mathrm{Re}_x^{4/5}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$	(17.28)	$\mathrm{Re}_x \le 10^8$, $0.6 \le \mathrm{Pr} \le 60$
	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_L = 0.037\,\mathrm{Re}_L^{4/5}\,\mathrm{Pr}^{1/3}$	(17.32)	$\mathrm{Re}_{x,c} = 0$, $0.6 \le \mathrm{Pr} \le 60$
Mixed	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_L = (0.037\,\mathrm{Re}_L^{4/5} - 871)\mathrm{Pr}^{1/3}$	(17.31)	$\mathrm{Re}_{x,c} = 5 \times 10^5$, $10^5 \le \mathrm{Re}_L \le 10^8$ $0.6 \le \mathrm{Pr} \le 60$
Cylinders[b]	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_D = C\,\mathrm{Re}_D^m\,\mathrm{Pr}^{1/3}$ (Table 7.2)	(17.34)	$\mathrm{Pr} \ge 0.70$
	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_D = 0.3 + \{0.62\,\mathrm{Re}_D^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3} \times [1 + (0.4/\mathrm{Pr})^{2/3}]^{-1/4}\} \times [1 + (\mathrm{Re}_D/282{,}000)^{5/8}]^{4/5}$	(17.35)	$\mathrm{Re}_D\,\mathrm{Pr} > 0.2$
Sphere	Average	$\overline{\mathrm{Nu}}_D = 2 + (0.4\,\mathrm{Re}_D^{1/2} + 0.06\,\mathrm{Re}_D^{2/3})\mathrm{Pr}^{0.4}(\mu/\mu_s)^{1/4}$	(17.36)	$3.5 < \mathrm{Re}_D < 7.6 \times 10^4$ $0.71 < \mathrm{Pr} < 380$

[a]Thermophysical properties are evaluated at the film temperature, $T_f = (T_\infty + T_s)/2$, for all the correlations except Eq. 17.36. For that correlation, properties are evaluated at the free stream temperature T_∞ or at the surface temperature T_s if designated with the subscript s.

[b]For the cylinder with noncircular cross section, use Eq. 17.34 with the constants listed in Table 17.2.

17.2.4 Guide for Selection of External Flow Correlations

In this section you have been introduced to empirical correlations to estimate the convection coefficients for forced convection flow over flat plates, cylinders, and spheres. For your convenience in selecting appropriate correlations for your problems, the recommended correlations have been summarized in Table 17.3. While specific conditions are associated with each of the correlations, you are reminded to follow the rules for performing convection calculations outlined in Sec. 17.1.3.

17.3 Internal Flow

In the previous section you saw that an external flow, such as for the flat plate, is one for which boundary layer development on a surface continues without external constraints. In contrast, for internal flow in a pipe or tube, the fluid is constrained by a surface, and hence eventually the boundary layer development will be constrained. In Chap. 14 you learned that when flow enters a tube, a hydrodynamic boundary layer forms in the *entrance region,* growing in thickness to eventually fill the tube. Beyond this location, referred to as the *fully developed region,* the velocity profile no longer changes in the flow direction.

We begin by considering thermal boundary layer formation in the entrance and fully developed regions, and how the convection coefficient is determined from the resulting temperature profile. We will introduce empirical correlations to estimate convection coefficients for laminar and turbulent flows in the fully developed region, deferring consideration of correlations for the entrance region to a more advanced course in heat transfer.

which indicates the *ratio of the buoyancy force to the viscous force*. The key buoyancy-related parameters are the temperature difference, $(T_s - T_\infty)$, or if a heating process, $(T_\infty - T_s)$, and the ***volumetric thermal expansion coefficient***

volumetric thermal expansion coefficient

$$\beta = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_p \tag{17.68}$$

which is a thermodynamic property relating the variation of density with temperature. For an ideal gas, $\rho = p/RT$, and it follows that

$$\beta = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_p = \frac{1}{\rho}\frac{p}{RT^2} = \frac{1}{T} \tag{17.69}$$

where T is the *absolute* temperature. For liquids and nonideal gases, β must be obtained from appropriate tables (see Appendixes HT-4 and HT-5).

For free convection flows, we expect that the convection coefficient can be functionally expressed by equations of the form

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = f(\mathrm{Gr}_L, \mathrm{Pr})$$

The overbar indicates an average over the surface of the immersed geometry of characteristic length L. The most common empirical correlations suitable for engineering calculations have the form

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = \frac{\bar{h}L}{k} = C\,\mathrm{Ra}_L^n \tag{17.70}$$

where the *Rayleigh number*

$$\mathrm{Ra}_L = \mathrm{Gr}_L\,\mathrm{Pr} = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \tag{17.71}$$

is based on the characteristic length L of the geometry. Typically, $n = 1/4$ and $1/3$ for laminar and turbulent flows, respectively. For turbulent flow it then follows from Eqs. 17.70 and 17.71 that $\bar{h}_L$ is independent of L. Note that all properties are evaluated at the *film temperature*, $T_f \equiv (T_s + T_\infty)/2$.

We'll consider now specific forms of correlations for the immersed geometries of the vertical and horizontal plate, the long horizontal cylinder, and the sphere. The recommended correlations are summarized at the end of these sections in Table 17.6 (page 446).

17.4.2 Correlations: The Vertical Plate

Expressions of the form given by Eq. 17.70 have been developed for the vertical plate

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = 0.59\,\mathrm{Ra}_L^{1/4} \qquad [10^4 \le \mathrm{Ra}_L \le 10^9] \tag{17.72}$$

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = 0.10\,\mathrm{Ra}_L^{1/3} \qquad [10^9 \le \mathrm{Ra}_L \le 10^{13}] \tag{17.73}$$

The *Churchill-Chu correlation* may be applied over the entire range of Ra_L and has the form

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = \left\{0.825 + \frac{0.387\,\mathrm{Ra}_L^{1/6}}{[1 + (0.492/\mathrm{Pr})^{9/16}]^{8/27}}\right\}^2 \tag{17.74}$$

Although Eq. 17.74 is suitable for most engineering calculations, slightly better accuracy can be obtained for *laminar* flow by using

$$\overline{\mathrm{Nu}}_L = 0.68 + \frac{0.670\,\mathrm{Ra}_L^{1/4}}{[1 + (0.492/\mathrm{Pr})^{9/16}]^{4/9}} \qquad [\mathrm{Ra}_L \lesssim 10^9] \tag{17.75}$$

Flow Across Banks of Tubes

Heat transfer to or from a bank (or bundle) of tubes in cross flow is relevant to numerous industrial applications, such as steam generation in a boiler or air cooling in the coil of an air conditioner. The geometric arrangement is shown schematically in Figure 7.11. Typically, one fluid moves over the tubes, while a second fluid at a different temperature passes through the tubes. In this section we are specifically interested in the convection heat transfer associated with cross flow over the tubes.

The tube rows of a bank can be either *aligned* or *staggered* in the direction of the fluid velocity V (Figure 7.12). The configuration is characterized by the tube diameter D and

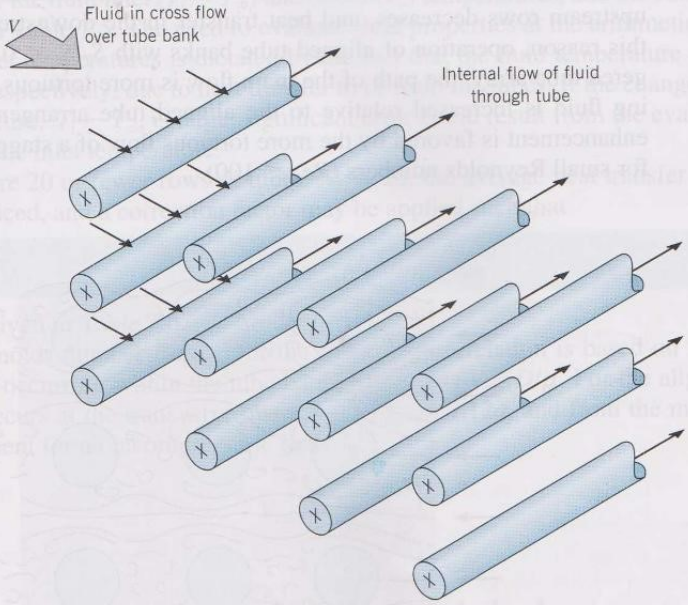


FIGURE 7.11 Schematic of a tube bank in cross flow.

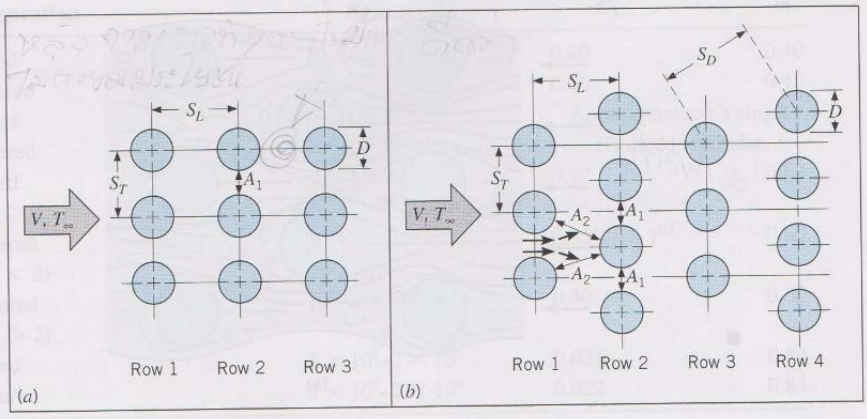


FIGURE 7.12 Tube arrangements in a bank. (*a*) Aligned. (*b*) Staggered.

Typically, we wish to know the *average* heat transfer coefficient for the *entire* tube bank. Zukauskas [16] has proposed a correlation of the form

$$\overline{Nu}_D = C_1 Re_{D,\max}^m Pr^{0.36}\left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{1/4} \tag{7.50}$$

$$\begin{bmatrix} N_L \geq 20 \\ 0.7 \leq Pr \leq 500 \\ 10 \leq Re_{D,\max} \leq 2 \times 10^6 \end{bmatrix}$$

where N_L is the number of tube rows, all properties except Pr_s are evaluated at the arithmetic mean of the fluid inlet ($T_i = T_\infty$) and outlet (T_o) temperatures, and the constants C_1 and m are listed in Table 7.5. The need to evaluate fluid properties at the arithmetic mean of the inlet and outlet temperatures is dictated by the fact that the fluid temperature will decrease or increase, respectively, due to heat transfer to or from the tubes. If the change of the mean fluid temperature, $|T_i - T_o|$, is large, significant error could result from the evaluation of the properties at the inlet temperature.

If there are 20 or fewer rows of tubes, $N_L \leq 20$, the average heat transfer coefficient is typically reduced, and a correction factor may be applied such that

$$\overline{Nu}_D\big|_{(N_L<20)} = C_2 \overline{Nu}_D\big|_{(N_L\geq 20)} \tag{7.51}$$

where C_2 is given in Table 7.6.

The Reynolds number $Re_{D,\max}$ for the foregoing correlation is based on the *maximum fluid velocity* occurring within the tube bank, $Re_{D,\max} \equiv \rho V_{\max} D/\mu$. For the aligned arrangement, $V_{\max}$ occurs at the transverse plane A_1 of Figure 7.12*a*, and from the mass conservation requirement for an incompressible fluid

$$V_{\max} = \frac{S_T}{S_T - D} V \tag{7.52}$$

TABLE 7.5 Constants of Equation 7.50 for the tube bank in cross flow [16]

Configuration	$Re_{D,\max}$	C_1	m
Aligned	10–10^2	0.80	0.40
Staggered	10–10^2	0.90	0.40
Aligned	10^2–10^3	Approximate as a single (isolated) cylinder	
Staggered	10^2–10^3		
Aligned ($S_T/S_L > 0.7$)[a]	10^3–2×10^5	0.27	0.63
Staggered ($S_T/S_L < 2$)	10^3–2×10^5	$0.35(S_T/S_L)^{1/5}$	0.60
Staggered ($S_T/S_L > 2$)	10^3–2×10^5	0.40	0.60
Aligned	2×10^5–2×10^6	0.021	0.84
Staggered	2×10^5–2×10^6	0.022	0.84

[a]For $S_T/S_L < 0.7$, heat transfer is inefficient and aligned tubes should not be used.

TABLE 7.6 Correction factor C_2 of Equation 7.51 for $N_L < 20$ ($Re_{D,\max} \gtrsim 10^3$) [16]

N_L	1	2	3	4	5	7	10	13	16
Aligned	0.70	0.80	0.86	0.90	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99
Staggered	0.64	0.76	0.84	0.89	0.92	0.95	0.97	0.98	0.99

For the staggered configuration, the maximum velocity may occur at either the transverse plane A_1 or the diagonal plane A_2 of Figure 7.12*b*. It will occur at A_2 if the rows are spaced such that

$$2(S_D - D) < (S_T - D)$$

The factor of 2 results from the bifurcation experienced by the fluid moving from the A_1 to the A_2 planes. Hence $V_{\max}$ occurs at A_2 if

$$S_D = \left[S_L^2 + \left(\frac{S_T}{2}\right)^2\right]^{1/2} < \frac{S_T + D}{2}$$

in which case it is given by

$$V_{\max} = \frac{S_T}{2(S_D - D)} V \tag{7.53}$$

If $V_{\max}$ occurs at A_1 for the staggered configuration, it may again be computed from Equation 7.52.

Since the fluid may experience a large change in temperature as it moves through the tube bank, the heat transfer rate could be significantly overpredicted by using $\Delta T = T_s - T_i$ as the temperature difference in Newton's law of cooling. As the fluid moves through the bank, its temperature approaches T_s and $|\Delta T|$ decreases. In Chapter 8, the appropriate form of ΔT is shown to be a *log-mean temperature difference,*

$$\Delta T_{\text{lm}} = \frac{(T_s - T_i) - (T_s - T_o)}{\ln\left(\dfrac{T_s - T_i}{T_s - T_o}\right)} \tag{7.54}$$

where T_i and T_o are temperatures of the fluid as it enters and leaves the bank, respectively. The outlet temperature, which is needed to determine ΔT_{lm}, may be estimated from

$$\frac{T_s - T_o}{T_s - T_i} = \exp\left(-\frac{\pi D N \bar{h}}{\rho V N_T S_T c_p}\right) \tag{7.55}$$

where N is the total number of tubes in the bank and N_T is the number of tubes in each row. Once ΔT_{lm} is known, the heat transfer rate per unit length of the tubes may be computed from

$$q' = N(\bar{h}\pi D\Delta T_{lm}) \tag{7.56}$$

Additional results, obtained for specific values of S_T/D and S_L/D, are reported by Zukauskas [16] and Grimison [20]. The results of Grimison are restricted to air as the cross-flowing fluid, and predicted values of the average Nusselt numbers generated by the correlations of the two references agree to within approximately 15% over a broad range of $Re_{D,max}$.

We close by recognizing that there is generally as much interest in the pressure drop associated with flow across a tube bank as in the overall heat transfer rate. The power required to move the fluid across the bank is often a major operating expense and is directly proportional to the pressure drop, which may be expressed as [16]

$$\Delta p = N_L \chi \left(\frac{\rho V_{max}^2}{2}\right) f \tag{7.57}$$

The friction factor f and the correction factor χ are plotted in Figures 7.14 and 7.15. Figure 7.14 pertains to a square, in-line tube arrangement for which the dimensionless longitudinal and transverse pitches, $P_L \equiv S_L/D$ and $P_T \equiv S_T/D$, respectively, are equal. The correction factor χ, plotted in the inset, is used to apply the results to other in-line arrangements. Similarly, Figure 7.15 applies to a staggered arrangement of tubes in the form of an equilateral triangle ($S_T = S_D$), and the correction factor enables extension of the results to other

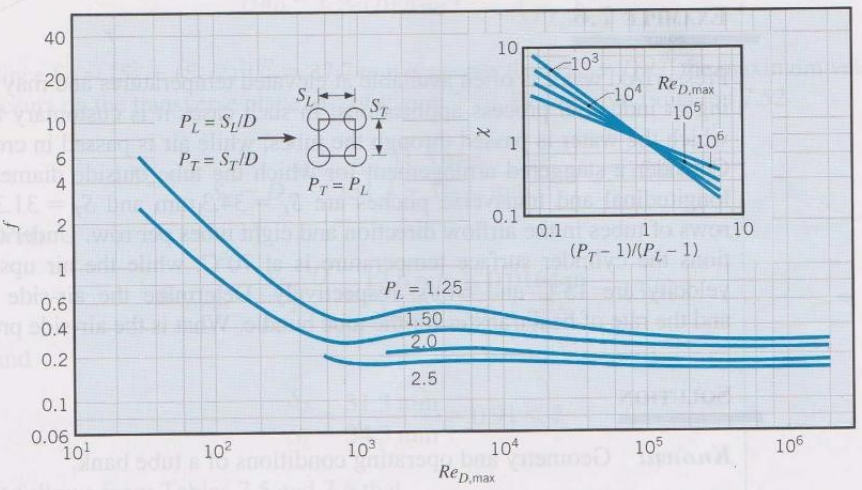


FIGURE 7.14 Friction factor f and correction factor χ for Equation 7.57. In-line tube bundle arrangement [16]. (Used with permission.)

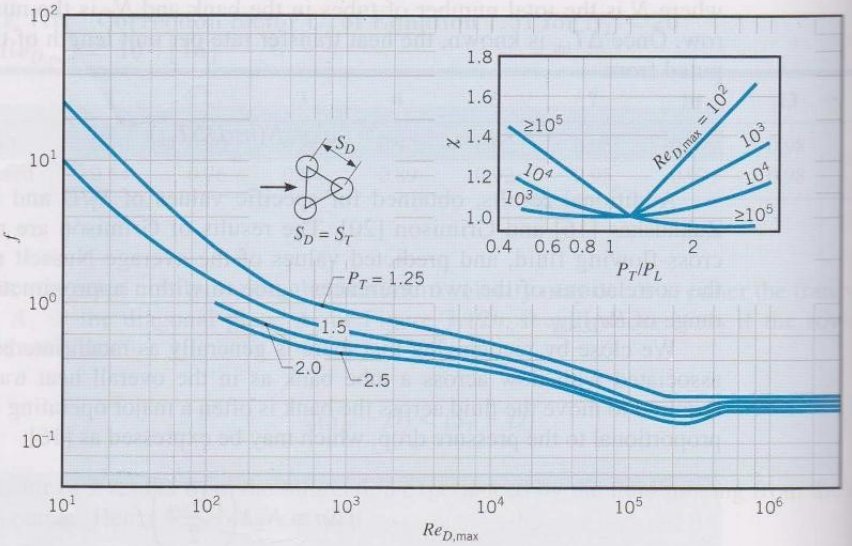


FIGURE 7.15 Friction factor f and correction factor χ for Equation 7.57. Staggered tube bundle arrangement [16]. (Used with permission.)

staggered arrangements. Note that the Reynolds number appearing in Figures 7.14 and 7.15 is based on the maximum fluid velocity V_{max}.

EXAMPLE 7.6

Pressurized water is often available at elevated temperatures and may be used for space heating or industrial process applications. In such cases it is customary to use a tube bundle in which the water is passed through the tubes, while air is passed in cross flow over the tubes. Consider a staggered arrangement for which the tube outside diameter is 16.4 mm and the longitudinal and transverse pitches are $S_L = 34.3$ mm and $S_T = 31.3$ mm. There are seven rows of tubes in the airflow direction and eight tubes per row. Under typical operating conditions the cylinder surface temperature is at 70°C, while the air upstream temperature and velocity are 15°C and 6 m/s, respectively. Determine the air-side convection coefficient and the rate of heat transfer for the tube bundle. What is the air-side pressure drop?

SOLUTION

Known: Geometry and operating conditions of a tube bank.

Find:

1. Air-side convection coefficient and heat rate.
2. Pressure drop.

TABLE A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure[a]

T (K)	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m^2)	$\nu \cdot 10^6$ (m^2/s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m^2/s)	Pr
Air, $\mathcal{M}$ = 28.97 kg/kmol							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	257	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536
Ammonia (NH_3), $\mathcal{M}$ = 17.03 kg/kmol							
300	0.6894	2.158	101.5	14.7	24.7	16.6	0.887
320	0.6448	2.170	109	16.9	27.2	19.4	0.870
340	0.6059	2.192	116.5	19.2	29.3	22.1	0.872
360	0.5716	2.221	124	21.7	31.6	24.9	0.872
380	0.5410	2.254	131	24.2	34.0	27.9	0.869

การคำนวณ

1. **Flat plate**

ใช้ T_f จากสมการ (1) ในการหาคุณสมบัติของอากาศจากตาราง A-15

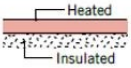
$$T_f = \frac{T_b + T_A}{2} \tag{1}$$

Reynold number (Re) สามารถคำนวณจากสมการ (2)

$$\mathrm{Re} = \frac{U_\infty D_h}{\upsilon} \qquad ;\left(D_h = \frac{4A}{P}\right) \tag{2}$$

เมื่อ A และ p คือ พื้นที่หน้าตัด และ เส้นรอบรูปของท่อลมตามลำดับ หากค่า Re มีค่าน้อยกว่า 2300 ให้ใช้ตาราง 17.4 ในการหาค่า Nusselt Numbers (Nu) หรือ ถ้า Re มากกว่า 2300 ใช้สมการ (3) หาค่า Nu

Table 17.4 Nusselt Numbers for Fully Developed Laminar Flow in Noncircular Tubes for Constant T_s and q_s'' Surface Thermal Conditions[a]

Cross Section	$\frac{b}{a}$	$\mathrm{Nu}_D \equiv \frac{hD_h}{k}$ Constant q_s''	Constant T_s
	—	4.36	3.66
	1.0	3.61	2.98
	1.43	3.73	3.08
	2.0	4.12	3.39
	3.0	4.79	3.96
	4.0	5.33	4.44
	8.0	6.49	5.60
	∞	8.23	7.54
	∞	5.39	4.86
	—	3.11	2.47

[a]The characteristic length is the hydraulic diameter, D_h, Eq. 17.63.

$$Nu = 0.125 \cdot f \cdot \mathrm{Re} \cdot \mathrm{Pr}^{1/3} \tag{3}$$

โดย f คือ friction factor สามารถคำนวณจากสมการ (4)

$$f = \left(0.790 \cdot \ln(\mathrm{Re}) - 1.64\right)^{-2} \tag{4}$$

จากนั้นหาค่า h จากสมการ (5)

$$Nu = \frac{hD_h}{k} \tag{5}$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณจากสมการ (6)

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s\left(T_b - T_A\right) \tag{6}$$

2. Pinned heat exchanger

วัดค่า S_T และ D ของ pinned heat exchanger เพื่อหา $V_{\max}$ จากสมการ (7)

$$V_{\max} = \frac{S_T}{S_T - D}U_\infty \tag{7}$$

ใช้ค่า $V_{\max}$ หา Re จากสมการ (8)

$$\mathrm{Re}_D = \frac{V_{\max}D}{\upsilon} \tag{8}$$

ใช้ค่า Re จากสมการ (8) หาสมการความสัมพันธ์ของ Nu จากตาราง 7-2

TABLE 7–2

Nusselt number correlations for cross flow over tube banks for $N_L > 16$ and $0.7 < \mathrm{Pr} < 500$ (from Zukauskas, 1987)*

Arrangement	Range of Re_D	Correlation
In-line	0–100	$\mathrm{Nu}_D = 0.9\,\mathrm{Re}_D^{0.4}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	100–1000	$\mathrm{Nu}_D = 0.52\,\mathrm{Re}_D^{0.5}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	$1000–2 \times 10^5$	$\mathrm{Nu}_D = 0.27\,\mathrm{Re}_D^{0.63}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	$2 \times 10^5–2 \times 10^6$	$\mathrm{Nu}_D = 0.033\,\mathrm{Re}_D^{0.8}\mathrm{Pr}^{0.4}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
Staggered	0–500	$\mathrm{Nu}_D = 1.04\,\mathrm{Re}_D^{0.4}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	500–1000	$\mathrm{Nu}_D = 0.71\,\mathrm{Re}_D^{0.5}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	$1000–2 \times 10^5$	$\mathrm{Nu}_D = 0.35(S_T/S_L)^{0.2}\,\mathrm{Re}_D^{0.6}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$
	$2 \times 10^5–2 \times 10^6$	$\mathrm{Nu}_D = 0.031(S_T/S_L)^{0.2}\,\mathrm{Re}_D^{0.8}\mathrm{Pr}^{0.36}(\mathrm{Pr}/\mathrm{Pr}_s)^{0.25}$

*All properties except Pr_s are to be evaluated at the arithmetic mean of the inlet and outlet temperatures of the fluid (Pr_s is to be evaluated at T_s).

เนื่องจาก Nu ที่ได้จากตาราง 7-2 ใช้สำหรับ pinned heat exchanger ที่มี N_L มากกว่า 16 ดังนั้น เพื่อให้ค่ามีความถูกต้องจึงใช้ Correction factor (F) จากตาราง 7-3 และสามารถหา Nu ใหม่จากสมการ (9)

TABLE 7–3

Correction factor F to be used in $\mathrm{Nu}_{D,N_L<16} = F\,\mathrm{Nu}_D$ for $N_L > 16$ and $\mathrm{Re}_D > 1000$ (from Zukauskas, 1987)

N_L	1	2	3	4	5	7	10	13
In-line	0.70	0.80	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99
Staggered	0.64	0.76	0.84	0.89	0.93	0.96	0.98	0.99

$$Nu = F \cdot Nu_{N_L>16} \tag{9}$$

จากนั้นใช้ค่า Nu ที่ได้หาค่า h จากสมการ (10)

$$Nu = \frac{hD}{k} \tag{10}$$

โดยใช้ T_s จากสมการ (11) เปิดตาราง A-15 เพื่อหา Pr_s

$$T_s = \frac{T_A + T_C}{2} \tag{11}$$

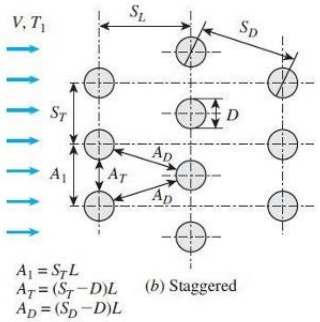
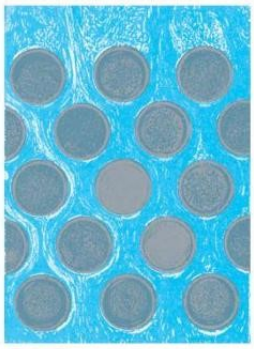


FIGURE 7–26
Arrangement of the tubes in in-line and staggered tube banks (A_1, A_T, and A_D are flow areas at indicated locations, and L is the length of the tubes).



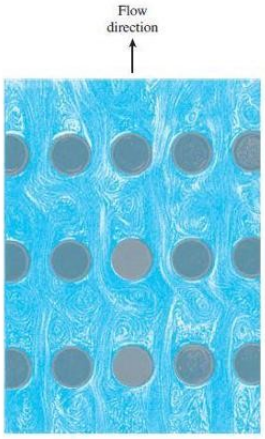
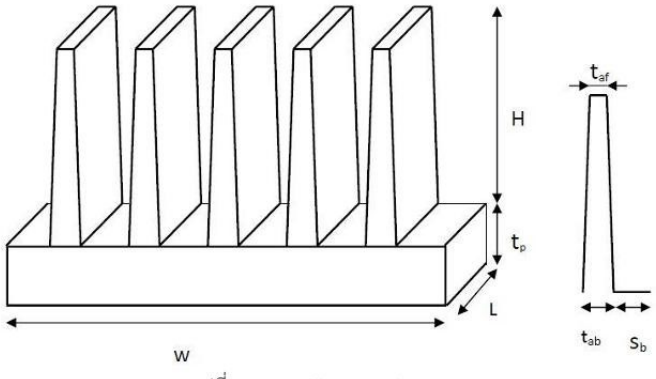


FIGURE 7–25
Flow patterns for in-line and staggered tube banks.

3. Finned heat exchanger



รูปที่ 3 Finned heat exchanger

ความหนาเฉลี่ย (t_a) และระยะห่างเฉลี่ย (s_m) ของ finned heat exchanger สามารถหาจากสมการ (12) และ (13) ตามลำดับ

$$t_a = \frac{t_{ab} + t_{af}}{2} \tag{12}$$

$$s_m = \frac{s_b + s_t}{2} \tag{13}$$

ค่า Re ของ finned heat exchanger สามารถคำนวณจากสมการ (14)

$$\mathrm{Re}_{s_m} = \frac{U_\infty s_m}{\upsilon} \tag{14}$$

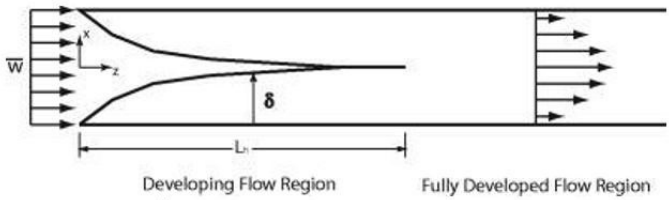
จากนั้นสามารถหาค่า *Nu* จากสมการ (15)

$$Nu = \left[(Nu_{fd})^{-3} + (Nu_{dev})^{-3} \right]^{-1/3} \tag{15}$$

เมื่อ Nu_{fd} และ Nu_{dev} คือ asymptotic solution สำหรับ fully developed flow และ developing flow ตามลำดับ สามารถคำนวณจากสมการ (16) และ (17)

$$Nu_{fd} = \frac{1}{2}\frac{s_m}{L}\mathrm{Re}_{s_m}\,\mathrm{Pr} \tag{16}$$

$$Nu_{dev} = 0.664\left(\frac{s_m}{L}\mathrm{Re}_{s_m}\right)^{0.5}\mathrm{Pr}^{1/3}\left(1+\frac{3.65}{\left(\frac{s_m}{L}\mathrm{Re}_{s_m}\right)^{0.5}}\right)^{0.5} \tag{17}$$



รูปที่ 3.1 Developing and fully developed flow

จากนั้นหาค่า h จากสมการ (18)

$$Nu = \frac{h \cdot s_m}{k} \tag{18}$$

4. Fin efficiency and effectiveness

เมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของ Finned heat exchanger จะได้รูป 3-36 และ 3-45

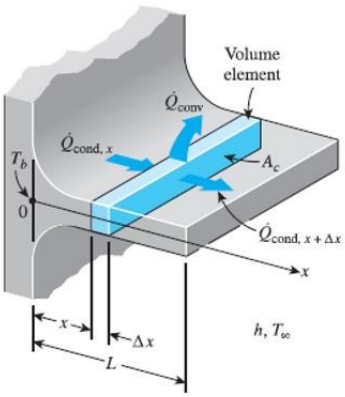


FIGURE 3–36
Volume element of a fin at location x having a length of Δx, cross-sectional area of A_c, and perimeter of p.

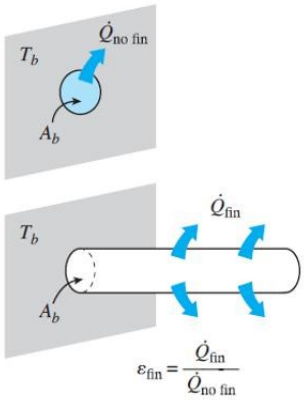


FIGURE 3–45
The effectiveness of a fin.

เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณในปฏิบัติการนี้จะสมมติให้ finned heat exchanger มีความยาวมากๆ หรือ Infinitely long fin ($T_{fin\_tip} = T_\infty$) สามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อนจากสมการ (19)

$$\dot{Q}_{long,\,fin} = -kA_c \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=0} = \sqrt{hpk_{fin}A_b}\,(T_b - T_A) \tag{19}$$

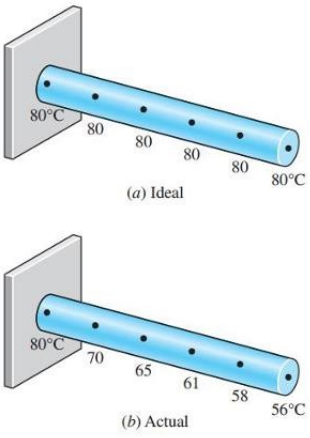


FIGURE 3–42
Ideal and actual temperature distribution along a fin.

จากรูป 3-42 สามารถหาการถ่ายเทความร้อนสูงสุด และ efficiency จากสมการ (20) และ (21) ตามลำดับ

$$\dot{Q}_{fin\_\max} = hA_s(T_b - T_A) \tag{20}$$

$$\eta_{fin} = \frac{\dot{Q}_{fin}}{\dot{Q}_{fin,\max}} \tag{21}$$

สำหรับกรณี infinitely long fin จะได้

$$\eta_{long,\,fin} = \frac{\sqrt{hpkA_b}\,(T_b - T_A)}{hA_{fin}(T_b - T_A)} = \frac{1}{L}\sqrt{\frac{kA_b}{hp}} = \frac{1}{mL} \tag{22}$$

$$m = \sqrt{\frac{hp}{k_{fin}A_b}} \tag{23}$$

การคำนวณ effectiveness สามารถหาจากสมการ (24)

$$\varepsilon_{fin} = \frac{\dot{Q}_{fin}}{\dot{Q}_{no,fin}} = \frac{\dot{Q}_{fin}}{hA_b(T_b - T_\infty)} \tag{24}$$

สำหรับกรณี infinitely long fin สามารถคำนวณ effectiveness จากสมการ (25)

$$\varepsilon_{long\_fin} = \sqrt{\frac{k_{fin}p}{hA_b}} \tag{25}$$

5. Natural convection

สำหรับการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\beta = \frac{1}{T_f} \tag{26}$$

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_b - T_\infty)L^3}{\upsilon^2} \tag{27}$$

$$Nu = \frac{hL}{k} = C(Gr_L \Pr)^n = C \cdot Ra_L^n \tag{28}$$

$$Ra_L = Gr_L \Pr = \frac{g\beta(T_b - T_\infty)L^3}{\upsilon^2}\Pr = \frac{g\beta(T_b - T_\infty)L^3}{\upsilon\alpha} \tag{29}$$

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_b - T_A) \tag{30}$$

TABLE 9–1

Empirical correlations for the average Nusselt number for natural convection over surfaces

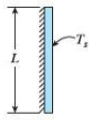
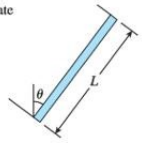
Geometry	Characteristic length L_c	Range of Ra	Nu
Vertical plate 	L	10^4–10^9 10^{10}–10^{13} Entire range	$Nu = 0.59Ra_L^{1/4}$ (9–19) $Nu = 0.1Ra_L^{1/3}$ (9–20) $Nu = \left\{0.825 + \frac{0.387Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}}\right\}^2$ (9–21) (complex but more accurate)
Inclined plate 	L		Use vertical plate equations for the upper surface of a cold plate and the lower surface of a hot plate Replace g by $g\cos\theta$ for $0 < \theta < 60°$
Horizontal plate (Surface area A and perimeter p) (*a*) Upper surface of a hot plate (or lower surface of a cold plate)  (*b*) Lower surface of a hot plate (or upper surface of a cold plate) 	A_s/p	10^4–10^7 10^7–10^{11} 10^5–10^{11}	$Nu = 0.59Ra_L^{1/4}$ (9–22) $Nu = 0.1Ra_L^{1/3}$ (9–23) $Nu = 0.27Ra_L^{1/4}$ (9–24)

TABLE A–15

Properties of air at 1 atm pressure

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m³	Specific Heat c_p, J/kg·K	Thermal Conductivity k, W/m·K	Thermal Diffusivity α, m²/s	Dynamic Viscosity μ, kg/m·s	Kinematic Viscosity ν, m²/s	Prandtl Number Pr
−150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
−100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
−50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
−40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
−30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
−20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
−10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Note: For ideal gases, the properties c_p, k, μ, and Pr are independent of pressure. The properties ρ, ν, and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of ρ at the given temperature by P and by dividing ν and α by P.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984; and Thermophysical Properties of Matter. Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenun, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

Table 1. Flat plate heat exchanger

Flat plate		
$U_{\infty}(\mathrm{m/s})$		
$\mathrm{P(W.)}$		
$\mathrm{D}_h(m.)$		
$\mathrm{A}_s(m^2)$		
$T_b(°C)$		
$T_A(°C)$		
$T_C(°C)$		
$T_f(°C)$		
$\upsilon(m^2/s)$		
$k(\mathrm{W/m\cdot}K)$		
Pr		
Re_D		
$\overline{Nu}_D$		
$h(W/m^2\cdot K)$		
$\dot{Q}_{conv}(W)$		

Table 2. Pinned heat exchanger

Pinned heat exchanger		
$U_{\infty}(\mathrm{m/s})$		
P(W.)		
D(*m.*)		
L(*m.*)		
$p(m.)$		
$A_c(m^2)$		
$A_s(m^2)$		
$S_T(m.)$		
$V_{\max}(m/s)$		
$T_b(°C)$		
$T_A(°C)$		
$T_C(°C)$		
$T_{B1}(°C)$		
$T_{B2}(°C)$		
$T_{B3}(°C)$		
$T_f(°C)$		
$T_s(°C)$		
$\upsilon(m^2/s)$		
$k(\mathrm{W/m\cdot}K)$		
$k_{fin}(\mathrm{W/m\cdot}K)$		
Pr *(from* T_f *)*		
Pr_s *(from* T_s *)*		
Re_{s_m}		
$Nu_{N_L>16}$		
F		
Nu		
$h(W/m^2\cdot K)$		
m		
$\dot{Q}_{conv}(W)$		
$\eta_{long,fin}$		
$\varepsilon_{long,fin}$		

Table 3. Finned heat exchanger

Finned heat exchanger		
$U_{\infty}(\mathrm{m/s})$		
P(W.)		
$t_a(m)$		
$L(m.)$		
$p(m.)$		
$A_b(m^2)$		
$A_s(m^2)$		
$s_m(m)$		
$T_b(°C)$		
$T_A(°C)$		
$T_C(°C)$		
$T_{B1}(°C)$		
$T_{B2}(°C)$		
$T_{B3}(°C)$		
$T_f(°C)$		
$\upsilon(m^2/s)$		
$k(\mathrm{W/m\cdot}K)$		
$k_{fin}(\mathrm{W/m\cdot}K)$		
Pr		
Re_{s_m}		
Nu_{fd}		
Nu_{dev}		
Nu		
$h(W/m^2\cdot K)$		
m		
$\dot{Q}_{conv}(W)$		
$\eta_{long,fin}$		
$\varepsilon_{long,fin}$		

20

Table 4. Natural convection

	Flat plate		
	Power in put:.....W.		
Geometry	$T_A(°C)$	$T_b(°C)$	$T_b - T_A(°C)$
Vertical plate			
Horizontal plate			

2145392 Gas Turbine

Somsak Chaiyapinunt
Alongkorn Pimpin

Gas turbines, like other heat engines, achieve conversion of heat energy of a fuel into mechanical energy by carrying out a sequence of processes, i.e. a cycle, on its working fluid. Typically a parcel of this fluid is first compressed and then heated either by burning a fuel in the fluid or by bringing the fluid into contact with an external source of heat energy. The hot high pressure flow then expands back to atmospheric pressure and in doing so provides both sufficient work to drive the original compression process and residual work to drive an external load.

Unlike the petrol or diesel engine however in a gas turbine these processes do not take place within the same compartment but in separate compartments or components, i.e., a compressor, a combustion chamber, (or heat exchanger) and a turbine. A consequence of this type of arrangement is that, under a steady rotational speed of the component, i.e., pressure, temperature, velocity, are steady. Additionally as a parcel of fluid passes from one component to another component it continually displaces a parcel of fluid in front of it and it is itself replaced behind by the next parcel. The gas turbine is therefore characterized by steady flow processes as opposed to the essentially non-flow processes of reciprocating machinery.

Motivation

Gas turbines are becoming increasingly used as power plants for a wide variety of applications around the world. Originally they were developed solely for aircraft propulsion where their inherent low specific weight (i.e. mass/unit power) made them essential for high speed flight. For this particular purpose they have been developed to a high degree of efficiency both thermodynamically and mechanically.

Due partly to the impetus from the aircraft engine field and also to other significant operational advantages, industrial gas turbines have been and are being developed for such diverse applications as electrical power peak lopping stations, fire fighting pump sets, natural gas pumping and compressor units, factory power and process heating plants, heavy lorry propulsion, rail and ship propulsion.

Objective

To study the performance of a gas turbine unit.

Problem statements

The specific problem statements are as follows.

The first experiment is for the specified gas generator turbine speed (or specified gas flow rate). Find the output power from the power turbine and the efficiency of the power

turbine and the gas turbine unit for the adjustable range of the power turbine operating speeds.

The second experiment is to adjust the speed of gas generator turbine. For the adjustable range of the gas generator turbine operating speeds, find the compressor delivery pressure, air mass flow rate, fuel flow, power output and specific fuel consumption at a specified power turbine speed (or specified gas generator turbine and power turbine speed ratio).

Approach

General

Under the specified experimental conditions, measures the fuel flow, measures the air flow, measures the temperature, measures the pressure, measures the speed and measures the power output.

Brief Description and Diagram of Apparatus (For details, see Appendix).

The experiment apparatus is basically a Two Shaft Gas Turbine Unit as shown in Fig. 1. The two shaft gas turbine unit employs a centrifugal compressor and a radial turbine (gas generator turbine), arranged back to back on a common shaft which together with a gas-fueled combustion chamber operating on liquid petroleum gas (LPG), form the gas generator. Gases from the gas generator turbine pass to the power turbine which is a radial machine of larger size and thence to exhaust. The power turbine is loaded by a dynamometer system to absorb the power output. Starting is effected by an electrically driven auxiliary air blower, incorporated within the unit and delivering into the eye of the compressor, which accelerates the compressor/turbine initially and assists it until self-sustaining speed is reached after light-up. There is a lubrication system for both the compressor/turbine and the power turbine incorporating an electrically driven pump, filter, automatically oil cooler and reservoir.

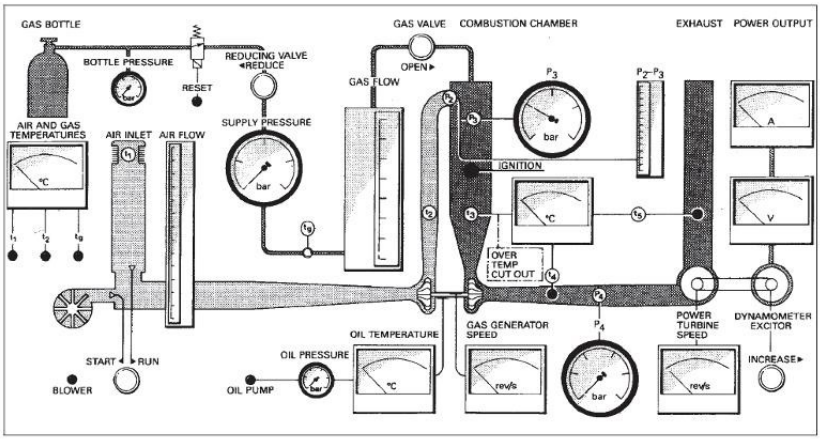


Figure 1 Flow diagram of the gas turbine unit.

Operating Instructions

General

The Cussons Gas Turbine Unit is designed to permit analysis of the performance characteristics of the gas generator, power turbine and combustion chamber using the instrumentation displayed on the front panel. Operation over a wide range of speed and load is possible which, together with the facility for varying the speed ratio between the gas generator and the power turbine, means that a test programmed on the Two Shaft Gas Turbine system can be carried out. By carefully controlling the speed ratio of the gas generator and power turbine to a constant value, a coupled power turbine can be simulated, whereas if the power turbine speed is held constant, then the gas generator simulates a single spool turbo jet.

Starting

1. Connect the cooling water supply and drain.
2. Connect the gas bottle.
3. Connect the electrical supply and start the exhaust fan blower.
4. Set the air inlet control to the start position.
5. Close the gas valve and open the valve on the gas bottle.
6. Set the dynamometer excitation to maximum.
7. Start the oil pump.
8. Press the reset button.
9. Start the blower.
10. Set the gas pressure to 2.0 bar with the reducing valve.
11. Press the ignition button and hold it in whilst opening the gas valve to give a gas flow of 0.5 g/s.
12. If ignition, as shown by an increase in T_3, does not occur within 5 seconds of gas flow commencing, close the gas valve to allow unburned gas to clear the system before continuing from item 11.
13. Release the ignition button.
14. Open the gas valve slowly to give a gas generator speed of 1000 rev/s taking care to keep combustion chamber temperature below 900°C (this operation may take some minutes depending on the oil temperature).
15. Turn the air inlet control to the run position.

16. Switch off the blower.

Operating Limitations

1. During the test program the following limits must not be exceeded:

   Gas generator speed 2000 rev/s

   Power turbine speed 600 rev/s

   Gas generator turbine inlet temperature 900°C

2. Set the gas pressure to 1.5 bar before making fuel flow readings.

3. The gas turbine unit has certain safety features built into it. If the combustion chamber temperature T_3 is allowed to exceed 900°C due to over fuelling, or if the oil pressure falls below 1.5 bar, then the gas supply will be shut of by means of a solenoid valve. To re-start the turbine after operation of the solenoid valve, follow starting instructions 4-17.

Stopping

1. Close the valve on the bottle.

2. Close the gas valve.

3. Once the turbines have stopped reset the air inlet control to the start position.

4. Re-start the blower.

5. When T_4 has dropped below 80°C and the oil temperature drops below 40°C:

   i) Switch off the blower.
   ii) Switch off the oil pump.
   iii) Turn off the gas supply.
   iv) Turn off the water supply.
   v) Turn off and disconnect the electrical supply.

Notes on Operating Instructions

Starting

When ignition initially occurs, a slight 'pop' is heard, and a sharp rise of combustion chamber temperature (T_3) takes place. If the gas valve is then opened too quickly, T_3 will rise above 950°C and the over temperature protection will operate. Should this occur, close the gas valve, press the 'reset' button and restart the turbine according to the starting procedures described earlier. Whilst accelerating T_3 should be kept below 850°C by 'slowly' opening the gas valve as the turbine speed increases. When the gas generator speed reaches 1000 rps, leave the gas valve in this position and turn the air inlet control switch to the run position and switch off the blower.

Operation

When varying the load on the power turbine, sudden large movements of the dynamometer exciter control should be avoided, so that high transient belt loads (which may cause the belt to jump the pulleys and cause damage) can be avoided. It is convenient when taking a set of readings to first set the fuel flow at the desired level by adjustment of the fuel control valve, and then (if required) trimming the reducing valve to give a fuel supply pressure of 1.5 bar.

Stopping

When the turbine has been stopped and the system is being cooled by operating the blower, it is essential to leave the blower running until the temperature of T_4 has dropped to less than 80°C and the oil temperature to less than 40°C.

Experimental Procedures

Exp 1. Run and maintain the gas generator turbine at a speed about 1200 rps and vary the speed of the power turbine from 100 to 550 rps (i.e. 100, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550 rps).

Exp 2. Run and maintain the power turbine at a speed about 550 rps and vary the speed of the gas generator turbine from 1000 to 1400 rps (i.e. 1000,1050, 1100, 1150, 1200, 1300, 1400 rps).

Experimental Results

Exp 1: 1.1 Plot output power vs power turbine speed for a specified gas generator turbine speed.

1.2 Plot efficiency of the power turbine vs power turbine speed for a specified gas generator turbine speed.

1.3 Plot efficiency of the gas turbine unit vs power turbine speed for a specified gas generator speed.
(Note: in this case, the efficiency of the gas turbine unit is defined as the ratio of the output power from the power turbine to the power input from the external source (fuel) to the gas turbine unit.)

Exp 2: 2.1 Plot compressor delivery pressure vs gas generator turbine speed.

2.2 Plot fuel flow vs gas generator turbine speed.

2.3 Plot power output vs gas generator turbine speed.

2.4 Plot specific fuel consumption vs gas generator turbine speed.

Discuss all graphs in details. (i.e. how each parameter varied with other parameters?, what does each graph tell you?)

Note: Part of the information described in this lab sheet comes from detail specifications from the Cussons technology P9005 Two Shaft Gas Turbine Unit

References and Recommended Readings

1. Frost, T.H., A First Course in Gas Turbine Technology, published by G Cussons Limited, England.
2. Johnson W. R., The handbook of Fluid Dynamics, CRC Press, 1998.
3. Turns, S.R. Thermal Fluid Sciences An Integrated Approach, Cambridge University Press, 2006.

Example of lab data sheet

FUEL FLOW			AIR FLOW		OIL	PRESSURES			TEMPERATURES						SPEEDS		POWER OUTPUT			
M_f gram/sec	T_g °C	P_g bar	g/sec	P-RP mm H_2O	T_{oil} °C	P_3 bar	P_4 bar	P_2-P_3 mm Hg	T_1 °C	T_2 °C	T_3 °C	T_4 °C	T_5 °C	G.G rev/sec	P.T rev/sec	Voltage V	Current A	Correct Factor	Power WATTS
T3 OVER TEMPERATURE SETTING °C WATER THERMOSTAT SETTING °C BELT TENSIONING RAM PRESSURE bar						PITOT - REVERSE PITOT CONSTANT AIR FLOW CALIBRATION EQUATION:- M_{air} = $\{h\}^{0.5}$								DATE TEST COMPLETED TEST ENGINEERS SIGNATURE TEST SUPERVISORS SIGNATURE						
Remarks																				

Appendix

1. Fundamental concepts

Figure A1 shows the simplified line diagram of a simple gas turbine which comprises of a compressor, a combustion chamber, and a turbine. The air is fed from the atmosphere to the compressor. The high pressure air from the compressor is mixed with the fuel and combust in the combustion chamber. The hot gas from the combustion chamber is expanded in the turbine driving the compressor and external load. The gas is then exhausted back to the atmosphere.

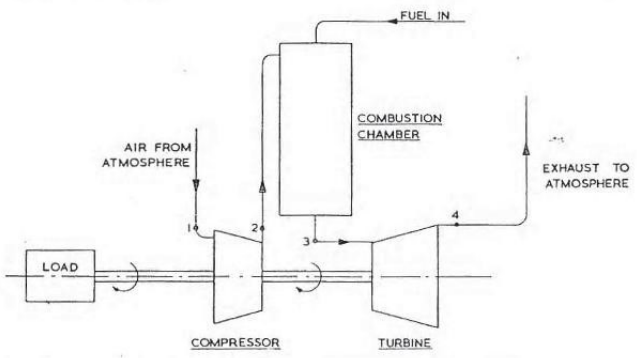


Figure A1 Simplified Line Diagram of a Simple Gas Turbine.

1.1 Basic equation

When considered the energy flow at each component of the gas turbine unit (compressor, combustion chamber and turbine), the energy balance for a steady fluid flow in each component can be written as

$$-\frac{\delta W}{dt}_{shaft} = -\frac{\delta Q}{dt} - \dot{m}\left(u_i + \frac{p_i}{\rho_i} + \frac{V_i^2}{2} + gz_i\right) + \dot{m}\left(u_o + \frac{p_o}{\rho_o} + \frac{V_o^2}{2} + gz_o\right) \quad (1)$$

Subscript *i* refers to inlet and subscript *o* refers to outlet.

Since $h = u + \frac{p}{\rho}$

Therefore, for $z_i = z_o$

$$-\frac{\delta W}{dt}_{shaft} = -\frac{\delta Q}{dt} - \dot{m}\left(h_i + \frac{V_i^2}{2}\right) + \dot{m}\left(h_o + \frac{V_o^2}{2}\right) \quad (2)$$

Where h_i is the inlet enthalpy and h_o is the outlet enthalpy.

$$-\frac{\delta W}{dt}^{shaft} = -\frac{\delta Q}{dt} + \dot{m}\left[\left(h_o + \frac{V_o^2}{2}\right) - \left(h_i + \frac{V_i^2}{2}\right)\right] \tag{3}$$

For ideal gas; $h = c_p T$

$$-\frac{\delta W}{dt}^{shaft} = -\frac{\delta Q}{dt} + \dot{m}\left[\left(c_p T_o + \frac{V_o^2}{2}\right) - \left(c_p T_i + \frac{V_i^2}{2}\right)\right] \tag{4}$$

$$-\frac{\delta W}{dt}^{shaft} = -\frac{\delta Q}{dt} + \dot{m}c_p\left[T_{0o} - T_{0i}\right] \tag{5}$$

Where T_{0k} is the stagnation temperature at *k*.

For compressor (from figure 1) with the adiabatic process, equation 5 can be written as

$$-\frac{\delta W}{dt}^{shaft-compressor} = \dot{m}c_p\left[T_{02} - T_{01}\right] \tag{6}$$

Where T_{01} is the stagnation temperature at compressor inlet.

T_{02} is the stagnation temperature at compressor outlet.

For combustion chamber, equation 5 can be written as

$$\frac{\delta Q}{dt}^{combustion} = \dot{m}c_p\left[T_{03} - T_{02}\right] \tag{7}$$

Where T_{02} is the stagnation temperature at combustion chamber inlet.

T_{03} is the stagnation temperature at combustion chamber outlet.

For turbine with the adiabatic process, equation 5 can be written as

$$-\frac{\delta W}{dt}^{shaft-turbine} = \dot{m}c_p\left[T_{04} - T_{03}\right] \tag{8}$$

Where T_{03} is the stagnation temperature at turbine inlet.

T_{04} is the stagnation temperature at turbine outlet.

1.2 Ideal cycle

The working cycle for gas turbine unit is called Brayton cycle. The Brayton cycle under the isentropic (reversible adiabatic process) is shown in figure A2.

1-2: adiabatic and reversible (isentropic) compression,

2-3: constant pressure heat addition,

3-4: adiabatic and reversible (isentropic) expansion and

4-1: constant pressure heat rejection

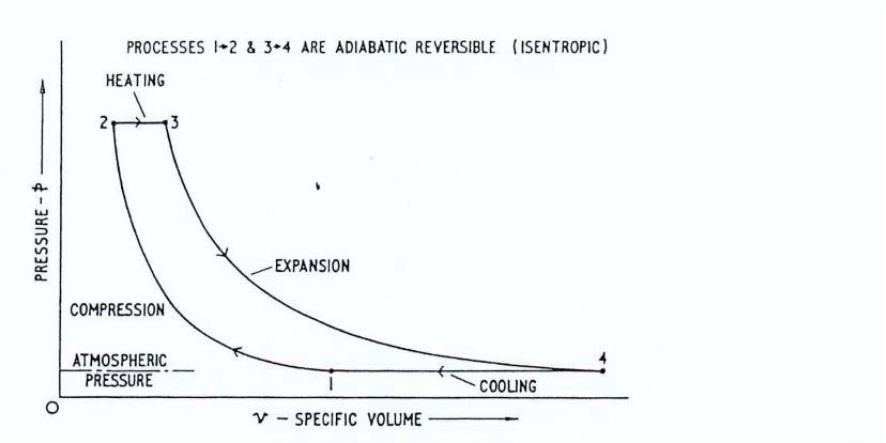


Figure A2 P-V Diagram for an ideal Gas Turbine Cycle.

The power added to the fluid which generated from the compressor, when neglecting changes in kinetic and potential energies across the compressor, can be written as

$$\dot{w}_c = \dot{m}c_p(T_2 - T_1) \tag{9}$$

The rate of heat added to the fluid from the combustion process in the combustion chamber, when neglecting changes in kinetic and potential energies across the combustion chamber, can be written as

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_3 - T_2) \tag{10}$$

The power input to the turbine, when neglecting changes in kinetic and potential energies across the turbine, can be written as

$$\dot{w}_t = \dot{m}c_p(T_3 - T_4) \tag{11}$$

Heat rejection at process 4-1 when neglecting changes in kinetic and potential energies across the heat rejection device, can be written as

$$\dot{Q}_{reject} = \dot{m} c_p (T_4 - T_1) \tag{12}$$

1.3 The calculation for the experimental results of the Gas Turbine Unit

For the purpose of understanding the gross behavior of the gas turbine performance, certain assumptions have been made to simplify the mathematical model of the system. The assumptions are: steady flow process, c_p average between the inlet and outlet condition, neglecting changes in kinetic and potential energies across the considered component, neglecting the fuel flow rate when considering the combusted gas flow rate.

$$P_{alternator} = VI \tag{13}$$

$$P_{output} = P_{alternator} / eff \tag{14}$$

$$\dot{w}_{power\,turb} = \dot{m} c_{p,avg,4-5} (T_4 - T_5) \tag{15}$$

$$\dot{Q}_{input} = \dot{m}_f c_V \tag{16}$$

$$\dot{Q}_{comb} = \dot{m} c_{p,avg,3-2} (T_3 - T_2) \tag{17}$$

$$\eta_{power\,turb} = \frac{P_{output}}{\dot{w}_{power\,turb}} \times 100 \tag{17}$$

$$\eta_{gas\,turb} = \frac{P_{output}}{\dot{Q}_{input}} \times 100 \tag{18}$$

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_{output}} \tag{19}$$

$$\dot{m} = k\sqrt{\Delta h} \quad \text{g/sec} \tag{20}$$

Where $P_{alternator}$ = power output from the alternator (Watt).

P_{output} = power output from the power turbine to drive the alternator (Watt).

eff = efficiency of the drive, alternator and rectify circuit which value can be read from figure A4.

V = measured voltage (Volt).

I = measured current (Ampere).

$\dot{w}_{power\ turb}$ = power that added to the power turbine (Watt).

$\dot{Q}_{input}$ = input heat rate to the system (to the combustion chamber) (Watt).

$\dot{Q}_{comb}$ = added heat from the combustion process in the combustion chamber (Watt).

sfc = specific fuel consumption (kg/(s-Watt)) or (g/(s-Watt)).

$\eta_{power\ turb}$ = efficiency of the power turbine (%).

$\eta_{gas\ turb}$ = efficiency of the gas turbine unit (%) (excluding the loss on the alternator unit).

$\dot{m}$ = gas flow rate (kg/s) or (g/s).

$\dot{m}_f$ = fuel flow rate (kg/s) or (g/s).

c_V = calorific heat value (kJ/kg) or (kJ/g).

c_p = specific heat at constant pressure (J/(kg-K)).

T_2 = gas generator compressor exit temperature or combustion chamber inlet temperature (K)

T_3 = combustion chamber outlet temperature (K)

T_4 = power turbine inlet temperature (K)

T_3 = power turbine outlet temperature (K)

k = calibration constant = 11.47 (determined by Cussons and engraved on the unit).

Δh = differential pressure reading on the manometer (mmH_2O).

Note: Calorific heat value for liquefied petroleum gas (LPG) is 50000 kJ/kg.

2. Detail of the Apparatus

The two shaft gas turbine unit is a self contained equipment with a gas generator, power turbine, loading unit, instrumentation and controls housed on a castor mounted framework.

2.1 Gas Generator

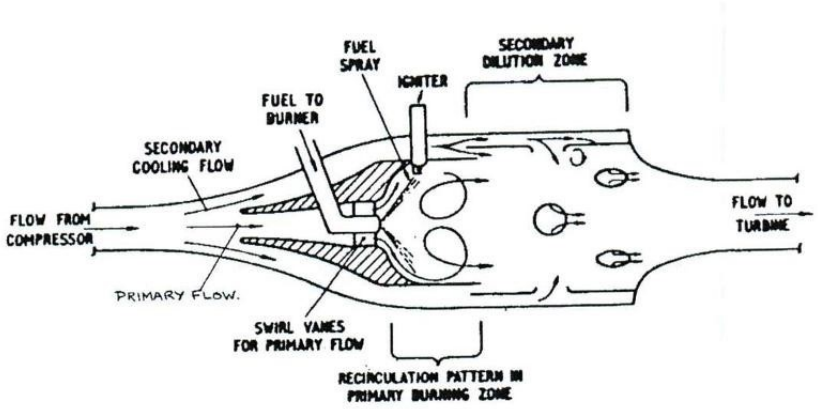
The single shaft generator comprises of a centrifugal compressor, a tubular combustion chamber and a radial turbine. The compressor and gas generator turbine are close coupled with the shaft located in a central housing by hydrodynamic bearings.

2.2.1 Compressor

The compressor is a single sided centrifugal type with a multi-bladed aluminum alloy impeller.

2.2.2 Combustion Chamber

The single vertical combustion chamber is of conventional design, incorporating a flame tube with central fuel injector for gaseous fuels. The combustion chamber is shown in figure A3. The flame tube divides the incoming air flow into 'primary' and 'secondary' air, with a stabilized combustion zone and tertiary dilution air. A spark igniter is mounted in the side of the combustion chamber for starting purposes. To allow a compressor air bleed to be taken from the chamber an air valve is incorporated in the top of the combustion chamber outer casing.



Flow Patterns in a Single Circular Combustion Chamber.

Figure A3 Inner Combustion Chamber Details**.**

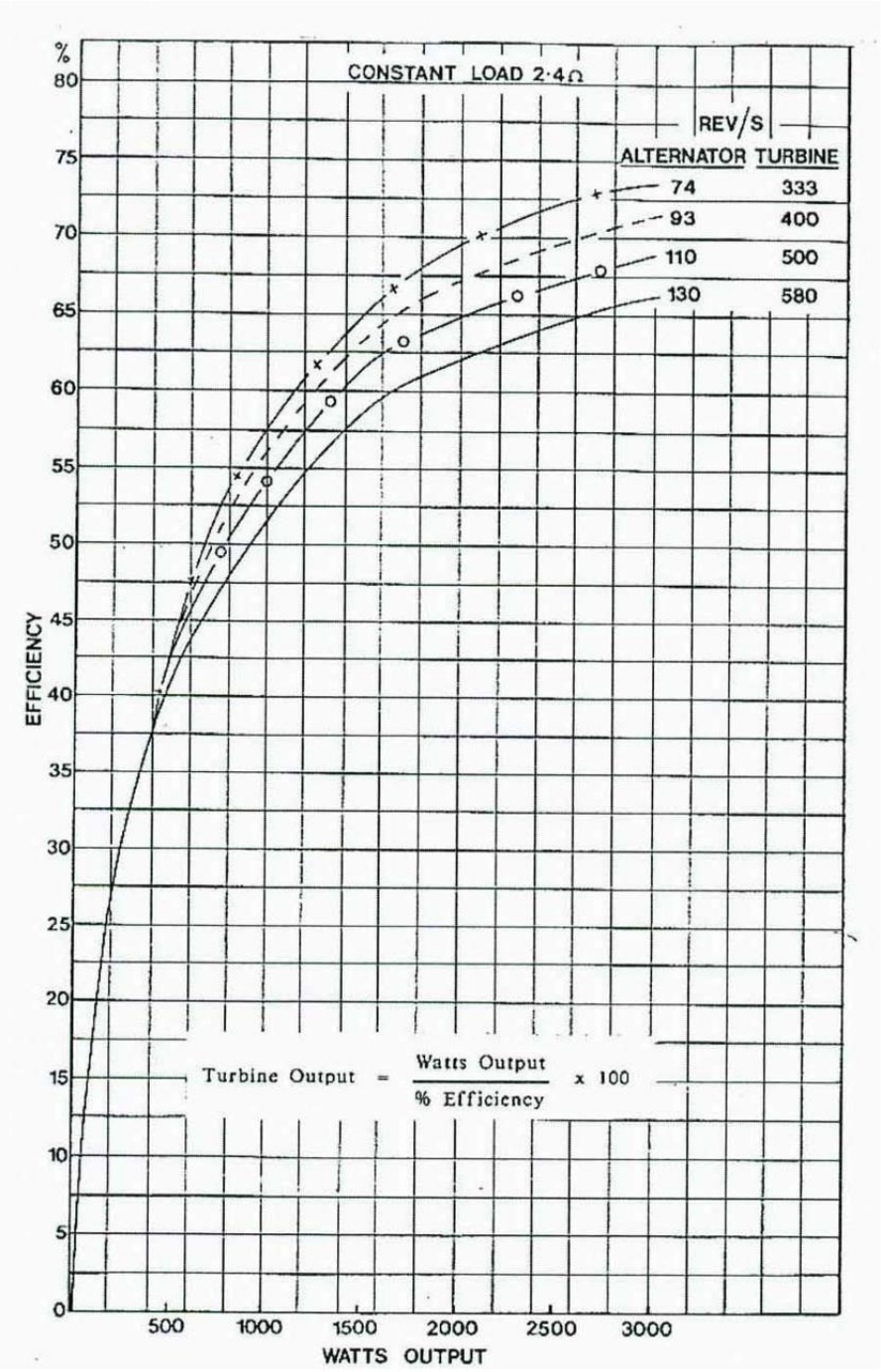


Figure A4 AC 7 Alternator Calibration.

2.7 Lubrication System

The gas generator compressor-turbine and the power turbine bearings are lubricated by a continuous circulation lubricating system. The system comprises an oil tank, separately driven gear pump, oil filter and a water cooled oil cooler. The pump draws oil from the tank and passes it through the full flow oil filter and oil cooler, directly to the main bearings from which free flowing drain pipes lead back to the oil tank. The system is protected by an oil pressure switch to shut down the gas turbine in the event of low oil pressure. A small oil bleed from the main pressure supply pipe is taken to supply the belt tensioning hydraulic ram. The recommended lubricant is Burmah Castrol "Assurnn T + 10" which is a low viscosity monograde mineral based detergent oil with an anti-oxidant additive formulated for use with turbocharged Diesel engines. The normal operating pressure of the lubrication system is 4 to 4.5 bar on starting from cold with the pressure dropping towards 2 bar as the working temperature in the oil tank rises. The oil cooler ensures that the temperature of the oil fed to the bearings is maintained at approx. 80°C

2.8 Instrumentation.

Instrumentation for both operational and experimental measurement is integrated into the colored schematic diagram on the instrument and control panel.

2.8.1 Temperature.

From serial number 206 all seven temperatures are measured using type K NiCr/NiA1 thermocouples, whereas previous models used diodes for low temperatures and thermocouples for high temperatures. The seven temperature channels are:

- T_1 Air inlet temperature
- T_2 Gas generator compressor exit temperature
- T_3 Gas generators turbine inlet temperature
- T_4 Power turbine inlet temperature
- T_5 Power turbine exit temperature
- T_g Gas (fuel) temperature
- T_o Oil (lubricant) temperature

All the thermocouples are connected via a cold junction compensation unit and break-out unit to Cussons eight channel thermocouple printed circuit board CBA 219. For each channel there are two independent outputs, one is for the front panel instrumentation while the other is a 0-10V dc analogue output available for input to a data logger, computer input or chart recorder. Three front panel analogue temperature indicators are provided. The three high temperatures T_3, T_4 and T_5 are connected to a 1000°C meter, via cascaded push buttons to read T_4 and T_5. With neither button depressed the meter reads T_3. Similarly T_1, T_2 and T_g are

connected to a 120°C meter which normally reads T_2 unless either the T_1 or T_g button is pressed. The oil thermocouple is permanently connected to the 120°C oil meter

2.8.2 Pressure

Conventional Bourdon tube pressure gauges are used to measure all pressures other than the combustion chamber pressure loss (p2 – p3) which is obtained from a differential mercury manometer. Snubbers are fitted in the P_2, P_3 and P_4 pressure lines.

2.8.3 Air Flow Rate

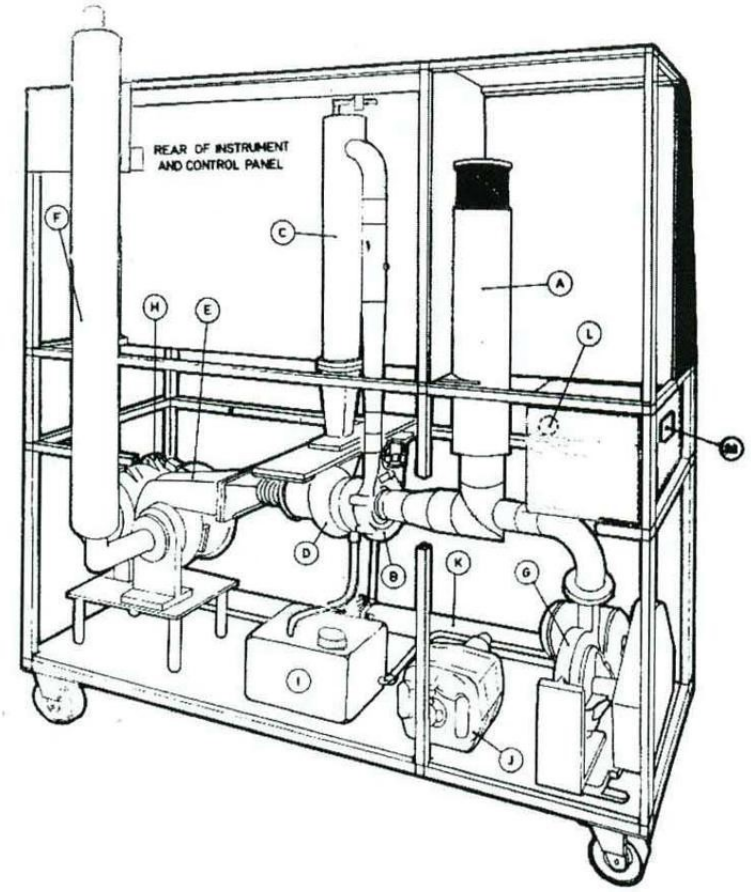
The air flow is measured at the inlet to the gas generator compressor by a pitot-reverse pitot tube connected to a differential manometer on the front panel. The air mass flow rate is given by:

$$\dot{m} = k\sqrt{\Delta h} \quad \text{g/sec}$$

where k = calibration constant (determined by Cussons and engraved on the unit)

Δh = differential pressure mmH_2O

The pitot-reverse pitot method is used as it is not sensitive as a pitot-static tube to flow pattern distortion effects.

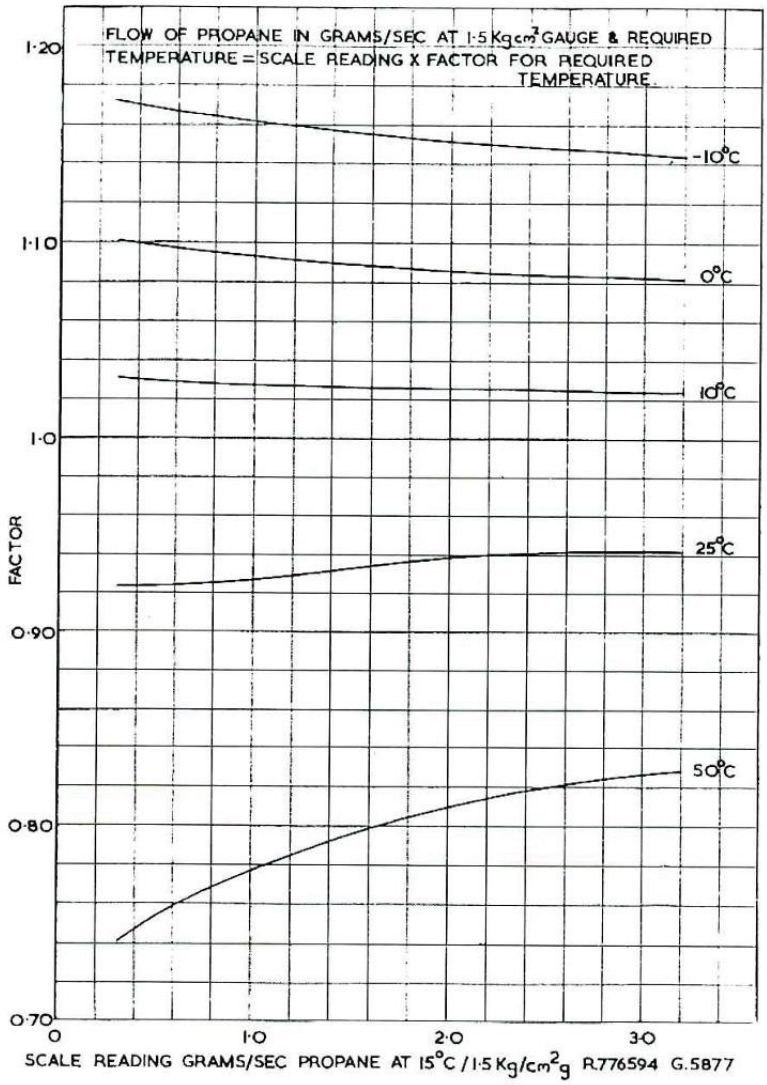


A - INLET AIR SILENCER
B - COMPRESSOR
C - COMBUSTION CHAMBER
D - GAS GENERATOR TURBINE
E - POWER TURBINE
F - EXHAUST SILENCER
G - STARTING AIR COMPRESSOR
H - DYNAMOMETER
I - OIL RESERVOIR
J - OIL PUMP
K - OIL COOLER
L - MAINS ELECTRICAL INPUT
M - OVER-TEMPERATURE CUT OUT

Figure A5 Rear view of Gas Turbine Unit.

2.8.4 Fuel Flow Rate

A conventional tapered tube and float flow meter calibrated for gaseous propane at 1.5 bar g and 15°C, is used to measure the fuel flow rate. Readings will need to be corrected for other temperatures by using figure A6.



CORRECTION FACTOR CURVES FOR FUEL FLOWMETER
REF. R768146-55 WHEN USED WITH PROPANE
AT 1.5 bar GAUGE AND VARIOUS TEMPERATURES

Figure A6 Correction factor curves for fuel flowmeter when using propane.

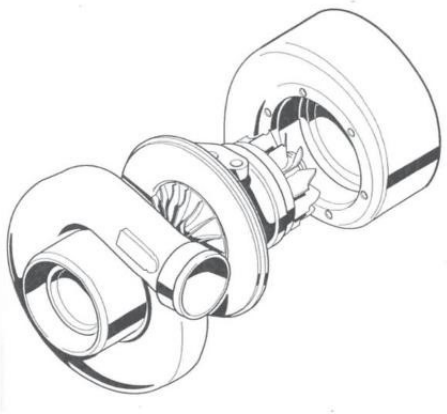


Figure A10 Compressor and gas generator turbine unit.

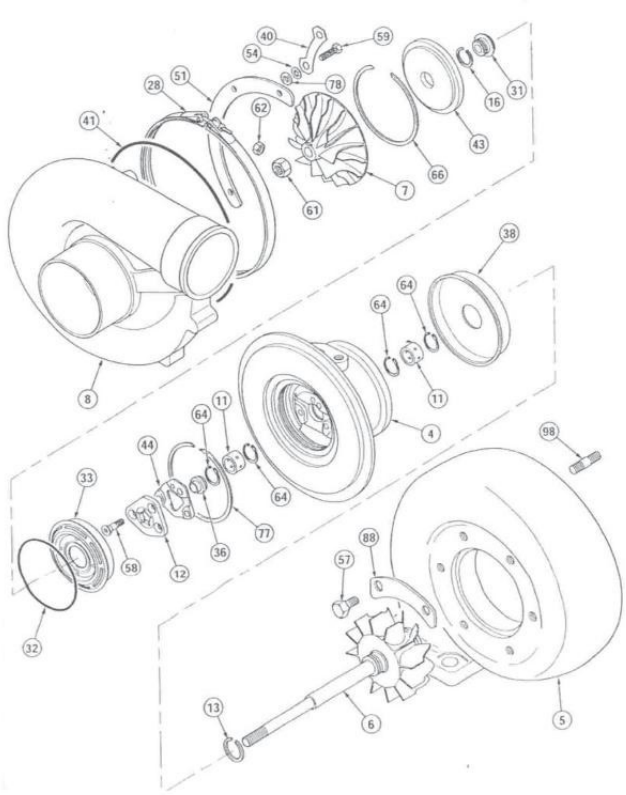


Figure A11 Exploded view of a compressor and gas generator turbine unit.



Figure A12 Example of a compressor and gas generator turbine unit.



Figure A13 The radial flow compressor.

Table A1 Thermo-Physical Properties of Air (100-1000 K at 1 atm) [3]

T (K)	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/kg·K)	μ (μPa·s)	ν (m^2/s)	k (W/m·K)	α (m^2/s)	Pr
100	3.6043	1.0356	7.1551	1.985E-06	0.010116	2.710E-06	0.73245
120	2.9772	1.0211	8.4995	2.855E-06	0.011996	3.946E-06	0.72349
140	2.5403	1.0142	9.7899	3.854E-06	0.013802	5.357E-06	0.71940
160	2.2169	1.0105	11.029	4.975E-06	0.015540	6.936E-06	0.71723
180	1.9674	1.0084	12.221	6.212E-06	0.017213	8.677E-06	0.71593
200	1.7688	1.0071	13.370	7.559E-06	0.018829	1.057E-05	0.71508
220	1.6068	1.0063	14.479	9.011E-06	0.020392	1.261E-05	0.71449
240	1.4721	1.0059	15.552	1.056E-05	0.021908	1.480E-05	0.71407
260	1.3584	1.0058	16.592	1.221E-05	0.023381	1.711E-05	0.71376
280	1.2610	1.0061	17.601	1.396E-05	0.024817	1.956E-05	0.71354
300	1.1767	1.0066	18.582	1.579E-05	0.026220	2.214E-05	0.71339
320	1.1030	1.0075	19.536	1.771E-05	0.027594	2.483E-05	0.71330
340	1.0380	1.0087	20.465	1.972E-05	0.028944	2.764E-05	0.71324
360	0.98022	1.0103	21.372	2.180E-05	0.030272	3.057E-05	0.71323
380	0.92856	1.0122	22.256	2.397E-05	0.031583	3.361E-05	0.71326
400	0.88208	1.0144	23.121	2.621E-05	0.032880	3.675E-05	0.71331
420	0.84004	1.0169	23.966	2.853E-05	0.034164	3.999E-05	0.71340
440	0.80183	1.0198	24.794	3.092E-05	0.035437	4.334E-05	0.71352
460	0.76695	1.0230	25.605	3.339E-05	0.036702	4.678E-05	0.71366
480	0.73497	1.0264	26.400	3.592E-05	0.037960	5.032E-05	0.71384
500	0.70556	1.0301	27.180	3.852E-05	0.039212	5.395E-05	0.71403
520	0.67842	1.0340	27.946	4.119E-05	0.040458	5.767E-05	0.71425
540	0.65329	1.0382	28.698	4.393E-05	0.041699	6.148E-05	0.71449
560	0.62995	1.0424	29.438	4.673E-05	0.042935	6.538E-05	0.71475
580	0.60823	1.0469	30.166	4.960E-05	0.044167	6.936E-05	0.71503
600	0.58795	1.0514	30.883	5.253E-05	0.045395	7.343E-05	0.71532
620	0.56898	1.0561	31.589	5.552E-05	0.046618	7.758E-05	0.71562
640	0.55120	1.0608	32.284	5.857E-05	0.047837	8.181E-05	0.71593
660	0.53450	1.0656	32.970	6.168E-05	0.049050	8.612E-05	0.71626
680	0.51878	1.0704	33.646	6.486E-05	0.050259	9.051E-05	0.71659
700	0.50396	1.0752	34.313	6.809E-05	0.051462	9.497E-05	0.71693
720	0.48996	1.0800	34.972	7.138E-05	0.052659	9.951E-05	0.71727
740	0.47672	1.0848	35.623	7.473E-05	0.053851	1.041E-04	0.71761
760	0.46417	1.0896	36.266	7.813E-05	0.055036	1.088E-04	0.71796
780	0.45227	1.0943	36.901	8.159E-05	0.056215	1.136E-04	0.71831
800	0.44097	1.0989	37.529	8.511E-05	0.057388	1.184E-04	0.71866
820	0.43022	1.1035	38.151	8.868E-05	0.058553	1.233E-04	0.71901
840	0.41997	1.1081	38.765	9.230E-05	0.059712	1.283E-04	0.71936
860	0.41021	1.1125	39.374	9.599E-05	0.060863	1.334E-04	0.71971
880	0.40089	1.1169	39.976	9.972E-05	0.062007	1.385E-04	0.72006
900	0.39198	1.1212	40.573	1.035E-04	0.063143	1.437E-04	0.72041
920	0.38346	1.1254	41.164	1.074E-04	0.064271	1.489E-04	0.72075
940	0.37530	1.1295	41.749	1.112E-04	0.065392	1.543E-04	0.72109
960	0.36749	1.1335	42.329	1.152E-04	0.066505	1.597E-04	0.72143
980	0.35999	1.1374	42.904	1.192E-04	0.067610	1.651E-04	0.72176
1000	0.35279	1.1412	43.474	1.232E-04	0.068708	1.707E-04	0.72210

*Values generated from NIST Database 23: REFPROP Version 7.0 (August 2002).

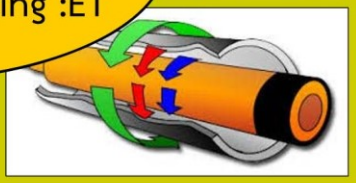
Table A1 Thermo-Physical Properties of Air (100-1000 K at 1 atm) (cont.) [3]

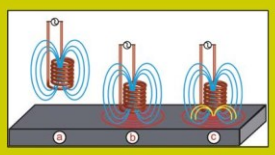
T (K)	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/kg·K)	μ (μPa·s)	ν (m^2/s)	k (W/m·K)	α (m^2/s)	Pr
1000	0.35281	1.1412	43.474	1.23E-04	0.068708	6.871E-06	0.72210
1100	0.32074	1.1590	46.258	1.44E-04	0.074077	7.408E-06	0.72372
1200	0.29402	1.1745	48.941	1.66E-04	0.079254	7.925E-06	0.72530
1300	0.27141	1.1881	51.539	1.90E-04	0.084248	8.425E-06	0.72683
1400	0.25202	1.1999	54.063	2.15E-04	0.089070	8.907E-06	0.72835
1500	0.23523	1.2103	56.524	2.40E-04	0.093733	9.373E-06	0.72986
1600	0.22053	1.2194	58.930	2.67E-04	0.098251	9.825E-06	0.73138
1700	0.20756	1.2274	61.286	2.95E-04	0.10263	1.026E-05	0.73293
1800	0.19603	1.2345	63.600	3.24E-04	0.10690	1.069E-05	0.73451
1900	0.18571	1.2409	65.877	3.55E-04	0.11105	1.111E-05	0.73614
2000	0.17643	1.2466	68.119	3.86E-04	0.11509	1.151E-05	0.73781
2100	0.16803	1.2517	70.332	4.19E-04	0.11904	1.190E-05	0.73954
2200	0.16039	1.2564	72.518	4.52E-04	0.12290	1.229E-05	0.74134
2300	0.15342	1.2607	74.681	4.87E-04	0.12668	1.267E-05	0.74320

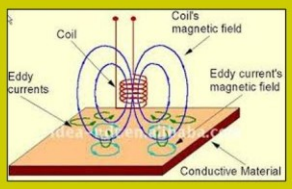
*Values generated from NIST Database 23: REFPROP Version 7.0 (August 2002).

บทที่ 7
การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน
Eddy Current Testing :ET

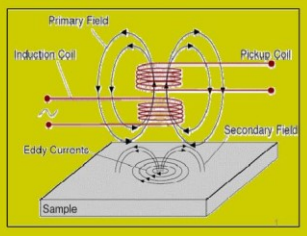






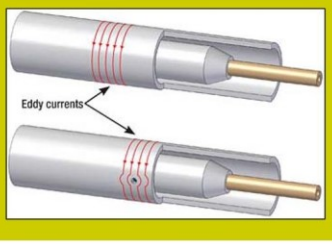


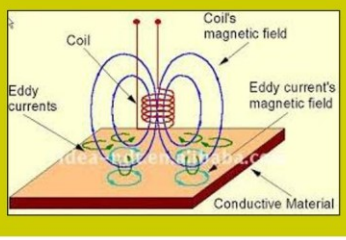




บทนำ

การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน (ET) เป็นการทดสอบโดยไม่ทำลายที่อาศัยหลักการของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetism) ทำให้เกิดกระแสไหลวนบนชิ้นงานทดสอบ และสังเกตค่าอินพีแดนซ์ของหัวทดสอบที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลมาจากกระแสไหลวนบนชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความแตกต่างกันของคุณสมบัติ รูปร่าง หรือ รอยความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ในวัสดุ โดยสามารถทดสอบวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้เท่านั้น การทดสอบนี้เป็นแบบไม่สัมผัสจึงสามารถทดสอบชิ้นงานที่มีรูปร่างต่างๆได้อย่างหลากหลาย เช่น วัสดุชนิด แผ่น แท่ง ท่อ รวมไปถึงชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน และเข้าถึงได้ยาก





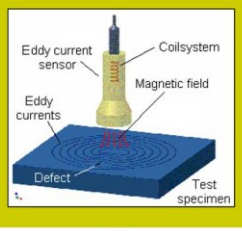
ข้อได้เปรียบของการทดสอบ

1. มีความไวในการทดสอบสูง เหมาะสำหรับชิ้นงานที่บาง
2. หัวทดสอบมีให้เลือกหลายชนิดเหมาะสมสำหรับงานที่มีรูปร่างซับซ้อน
3. หัวทดสอบสามารถทนอุณหภูมิได้สูง
4. การทดสอบเป็นแบบไม่สัมผัสกับชิ้นงาน จึงทำให้สามารถทดสอบได้รวดเร็ว
5. อุปกรณ์เป็นแบบพกพาใช้งานได้สะดวกและสามารถใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้

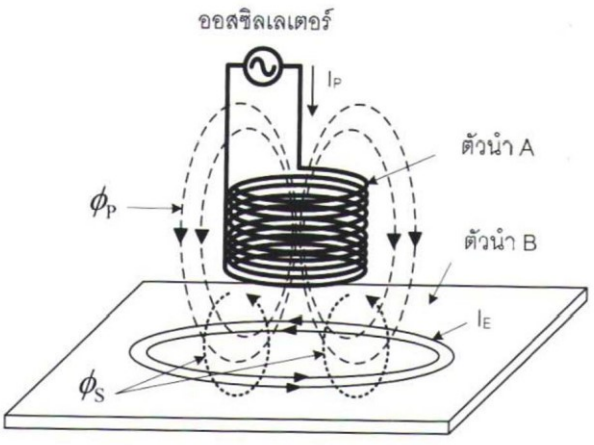


ข้อเสียเปรียบของการทดสอบ

1. สามารถทดสอบได้กับเฉพาะวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเท่านั้น
2. ทดสอบได้เฉพาะรอยความไม่ต่อเนื่องที่อยู่บนผิวหรือใต้ผิวลงไปเล็กน้อย
3. ลักษณะพื้นผิวและการสั่นของหัวทดสอบมีผลต่อผลการทดสอบ
4. ต้องใช้ชิ้นงานมาตรฐานสำหรับปรับเทียบ(Calibrate)สัญญาณเป็นจำนวนมาก
5. การแปรผลสัญญาณการทดสอบค่อนข้างซับซ้อนและต้องใช้ทักษะสูง

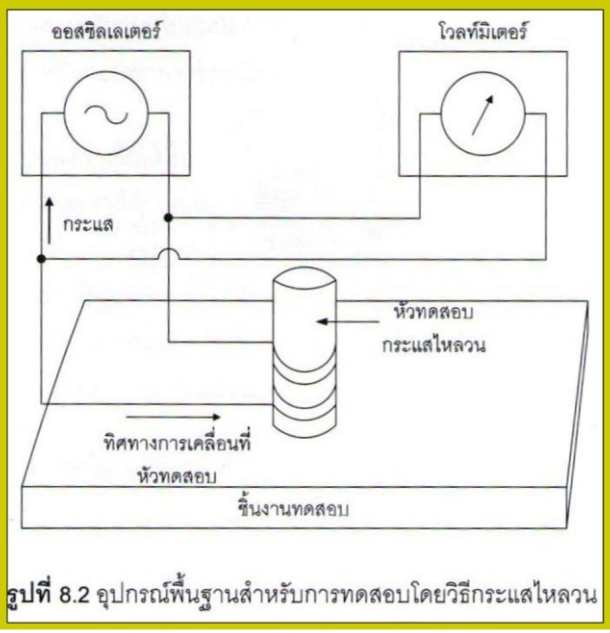


ทฤษฎีการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน

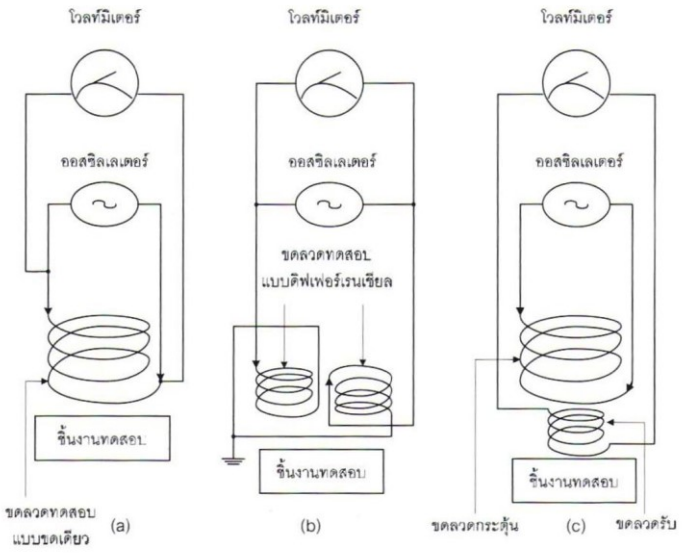


รูปที่ 8.1 หลักการเบื้องต้นในการทดสอบด้วยวิธีกระแสไหลวน

พื้นฐานการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน



รูปที่ 8.2 อุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน

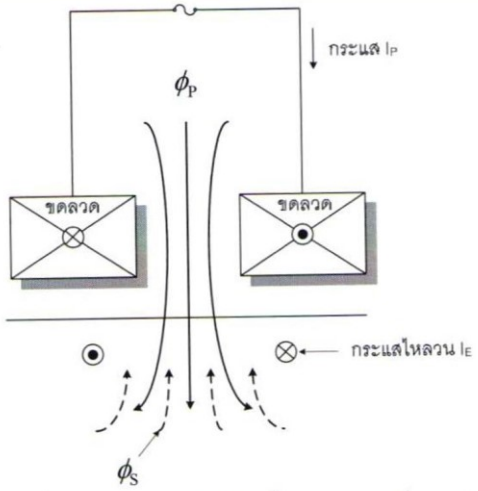


รูปที่ 8.3 ระบบการทดสอบด้วยกระแสไหลวนแบบต่างๆ

(a) ขดลวดทดสอบขดเดียว (Absolute coil) (b) ขดลวดแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential coil)

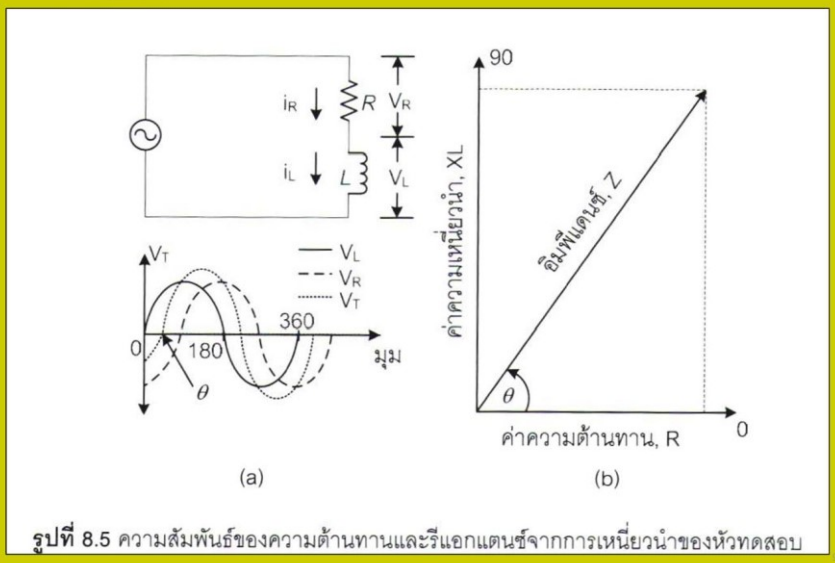
(c) ขดลวดกระตุ้นแยกกับขดลวดรับ (Driver and pick-up coil)

ผลของสนามแม่เหล็กจากการเปลี่ยนแปลงกระแสไหลวน



รูปที่ 8.4 การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกระแสไหลวน

อิมพีแดนซ์ของหัวทดสอบ



รูปที่ 8.5 ความสัมพันธ์ของความต้านทานและรีแอกแตนซ์จากการเหนี่ยวนำของหัวทดสอบ

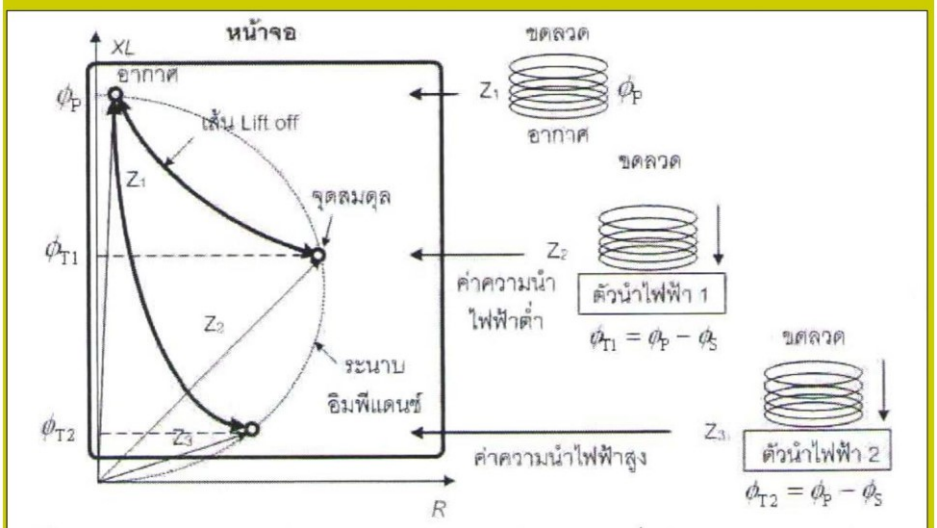
โดยค่าอิมพีแดนซ์นี้เป็นปริมาณเชิงซ้อน และเป็นผลรวมระหว่างค่าความต้านทาน R และ ค่าความเหนี่ยวนำ L ดังสมการที่ 2 มุมของอิมพีแดนซ์ที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ ดังสมการที่ 3

$$|Z| = \sqrt{[R^2 + (\omega L)^2]} \qquad (1)$$

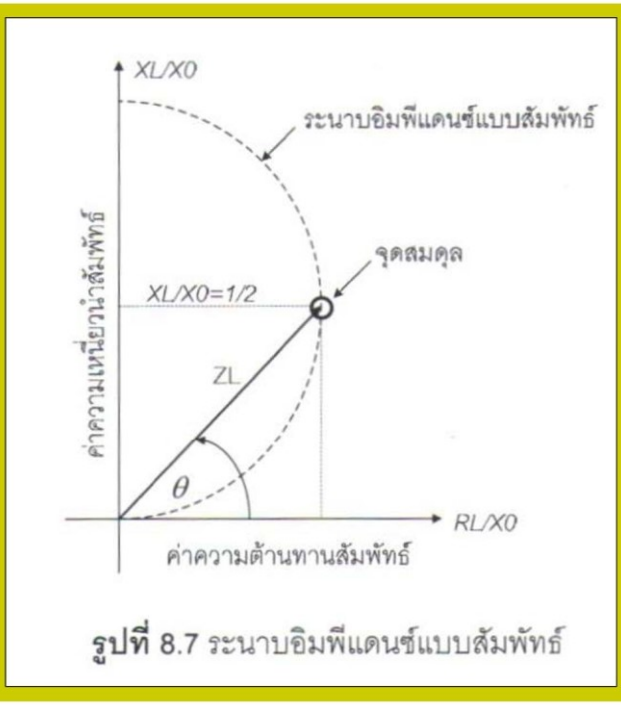
$$\tan\theta = \omega L / R \qquad (3)$$

โดยที่ θ คือ มุมเฟสของอิมพีแดนซ์

ω คือ ความถี่เชิงมุม มีค่าเท่ากับ $2\pi f$ ($2\pi fL = XL$)



รูปที่ 8.6 ระนาบอิมพีแดนซ์และการแสดงผลบนหน้าจอของเครื่องมือทดสอบกระแสไหลวน



รูปที่ 8.7 ระนาบอิมพีแดนซ์แบบสัมพัทธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์ของขดลวดทดสอบกับคุณสมบัติของวัสดุ

1. เมื่อเพิ่มความต้านทานของชิ้นงาน ρ ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจุดสมดุลจะเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวเส้นโค้งอิมพีแดนซ์ แต่ถ้าเป็นความนำไฟฟ้า σ เพิ่มขึ้นก็จะเป็นไปในทางตรงกันข้าม ดังแสดงในรูป 8.8a

2. สำหรับท่อผนังบางหรือโลหะความหนา t ซึ่งความต้านทาน R หาได้จากสมการที่ 4 จะได้ว่าถ้าความหนาของผนังของท่อเพิ่มขึ้นจุดสมดุล (Balance point) จะเคลื่อนลงตามเส้นโค้งของระนาบอิมพีแดนซ์ ดังแสดงในรูปที 8.8b

3. การเพิ่มความถี่ (f) ในการทดสอบจุดสมดุลจะเคลื่อนที่ลงตามเส้นโค้งระนาบอิมพีแดนซ์ ดังแสดงในรูป 8.8c

4. การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D of probe) ของขดลวดทดสอบหรือเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D of tube) จุดสมดุลจะเคลื่อนที่ลงตามเส้นโค้งระนาบอิมพีแดนซ์ ดังแสดงในรูปที 8.8d

5. ถ้าระยะห่างของหัวทดสอบกับชิ้นงานเพิ่มขึ้น (ระยะยกออก [Lift off]) หรืออัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวดทดสอบกับชิ้นงานท่อ (Fill factor) ลดลงโดยขนาดของระนาบอิมพีแดนซ์จะมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 8.8e

$$R = \rho l/A = \rho \pi D/tw \qquad (4)$$

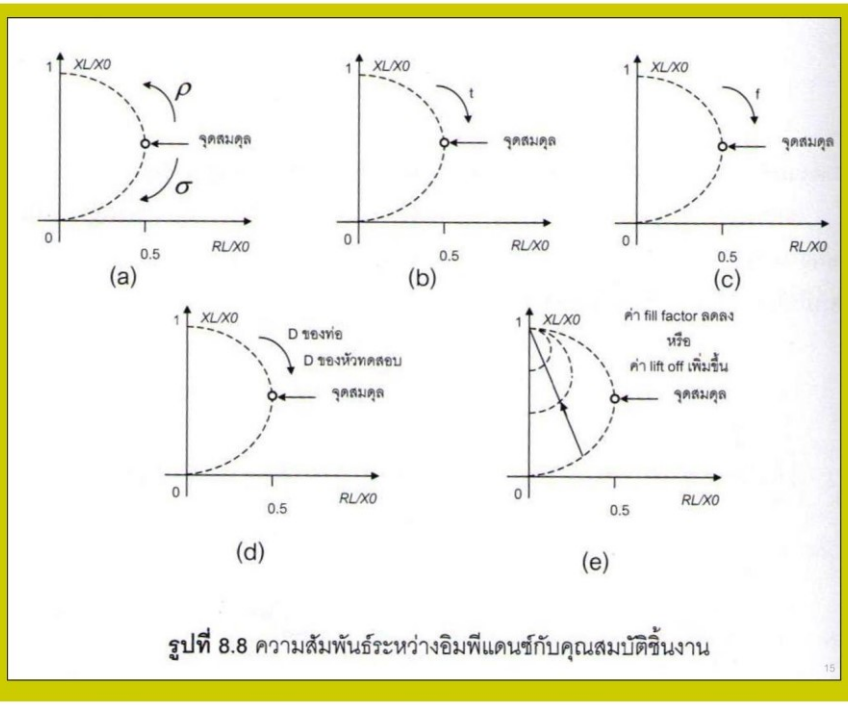
โดยที่ ρ คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุ (Ohm)

l คือ ความยาวของท่อ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวทดสอบหรือท่อ

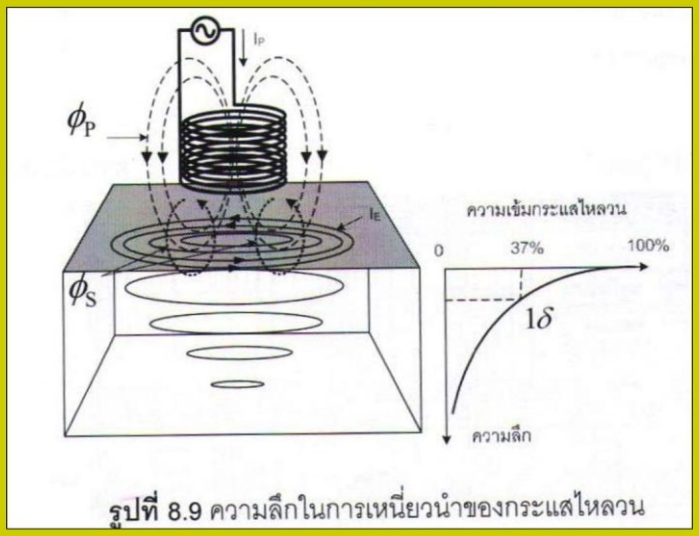
w คือ ความกว้างของขดลวด



รูปที่ 8.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์กับคุณสมบัติชิ้นงาน

15

คุณสมบัติของความหนาแน่นของกระแสไหลวนในวัสดุ



รูปที่ 8.9 ความลึกในการเหนี่ยวนำของกระแสไหลวน

สำหรับสมการหาความลึกของกระแสไหลวนในชิ้นงานตัวนำไฟฟ้าที่มีความหนามาก ๖(Semi-infinite) นั้น สามารถหาความลึกมาตรฐานในการทะลุทะลวง (Standard depth of penetration, δ) ดังสมการที่ 5

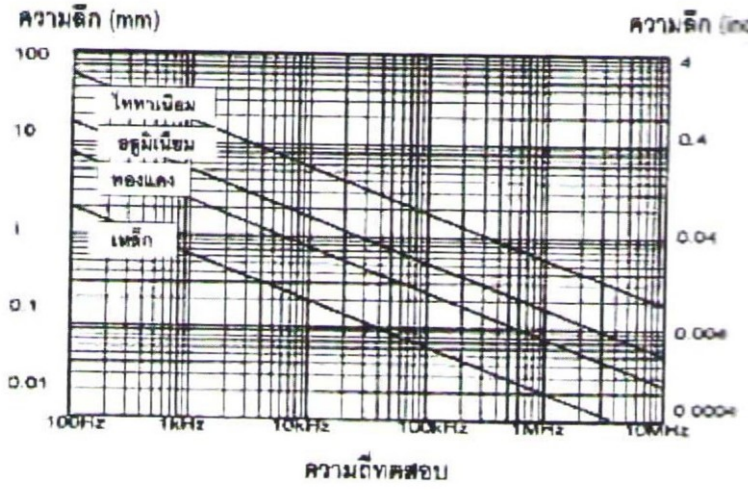
$$\delta = 1 / [\sqrt{(\pi f \mu_0 \mu_r \sigma)}] = 50 \sqrt{[\rho / f \mu_0 \mu_r]} \qquad (5)$$

โดยที่ σ คือ ความนำไฟฟ้า (Conductivity), โมห์ (mho)

μ_0 คือ ความซึมซาบแม่เหล็ก (Magnetic Permeability), เฮนรี่/เมตร (H/m)

ρ คือ ความต้านทานไฟฟ้า (Resisty), ไมโครโอห์ม-เซนติเมตร ($\mu\Omega$-cm)

μ_r คือ ความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ของวัสดุ (Relative Magnetic Permeability)

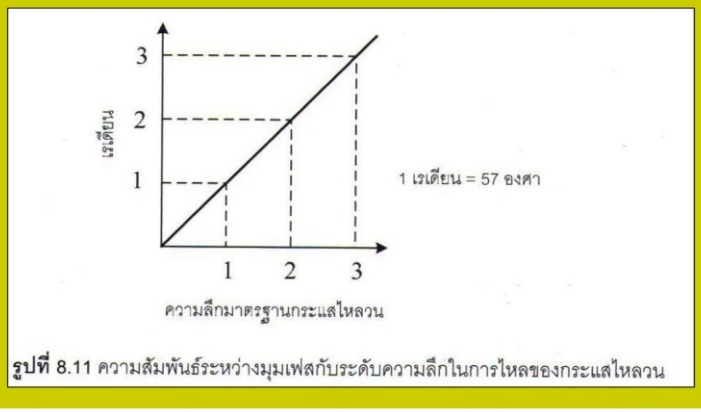


รูปที่ 8.10 ความสัมพันธ์ของความลึกกระแสไหลวนในวัสดุต่างๆ กับความถี่ในการ

มุมเฟสที่ล้าหลังของกระแสไหลวนตามความลึกของวัสดุเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การทอสอบวิธีกระแสไหลวนสามารถใช้ในการหาขนาดความลึกของรอยความไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากสัญญาณที่เกิดจากรอยความไม่ต่อเนื่องจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งแอมพลิจูดและเฟส ซึ่งมุมเฟสที่ความลึก 1δ มีค่าประมาณ 57 องศา โดยสามารถคำนวณมุมเฟสที่ล้าหลัง (θ) ได้จากสมการที่ 6

$$\theta = [x \cdot 57.3^{\circ}] / \delta \qquad (6)$$

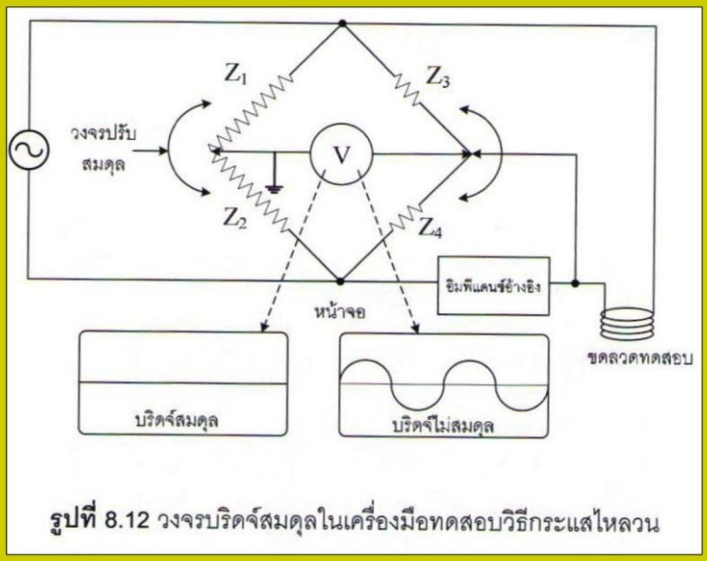
โดยที่ x คือ ระยะทางลึกลงไปผิวชิ้นงาน (มิลลิเมตร)



รูปที่ 8.11 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเฟสกับระดับความลึกในการไหลของกระแสไหลวน

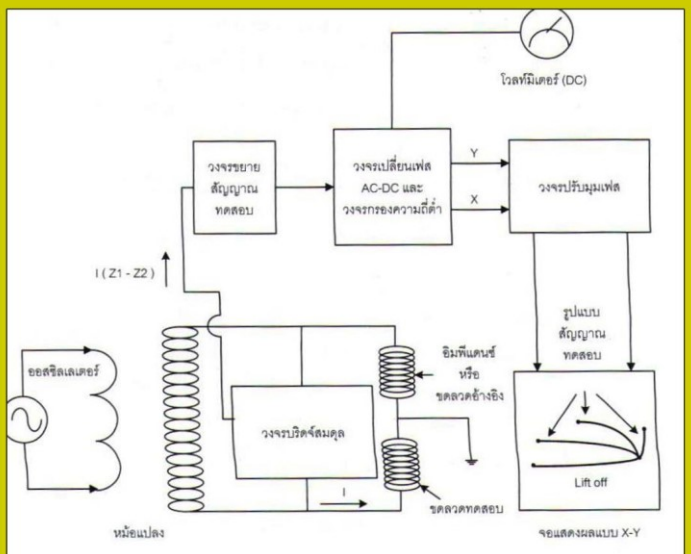
19

เครื่องมือทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน



รูปที่ 8.12 วงจรบริดจ์สมดุลในเครื่องมือทดสอบวิธีกระแสไหลวน

20



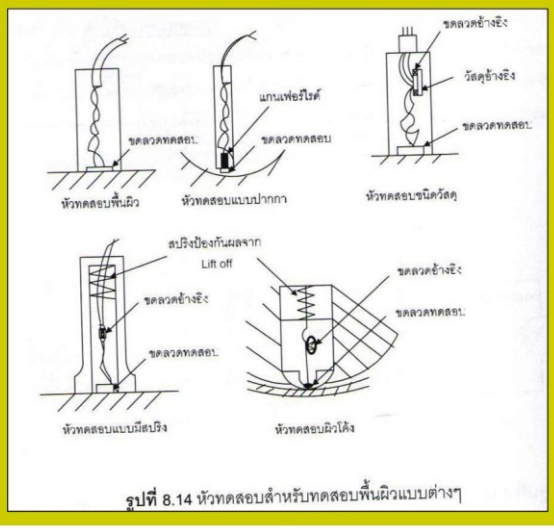
รูปที่ 8.13 องค์ประกอบและหน้าที่หลักของเครื่องมือทดสอบด้วยกระแสไหลวน

21

หัวทดสอบกระแสไหลวน

สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามรูปแบบการทดสอบ คือ

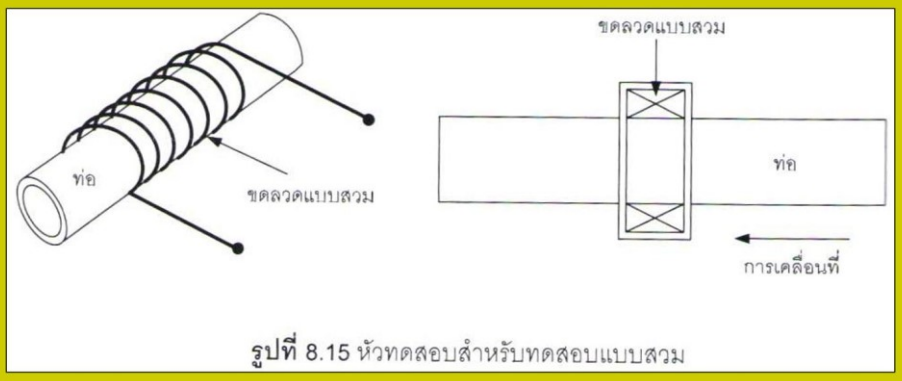
1. หัวทดสอบสำหรับทดสอบพื้นผิว (Surface probe)



รูปที่ 8.14 หัวทดสอบสำหรับทดสอบพื้นผิวแบบต่างๆ

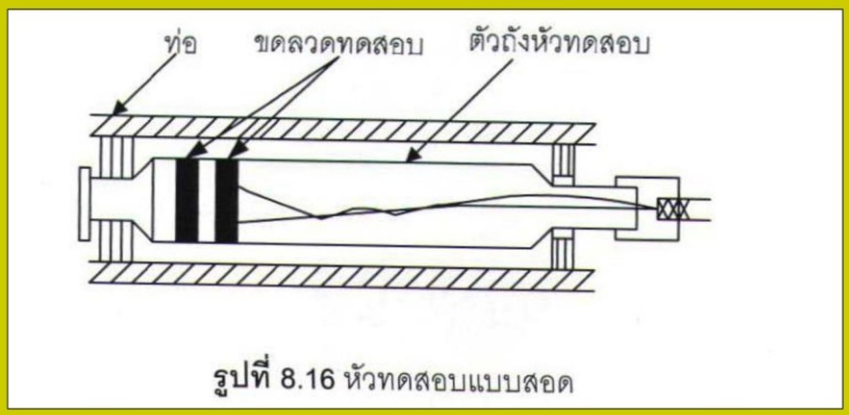
22

2. หัวทดสอบสำหรับทดสอบแบบสวม (Encircling probe)



รูปที่ 8.15 หัวทดสอบสำหรับทดสอบแบบสวม

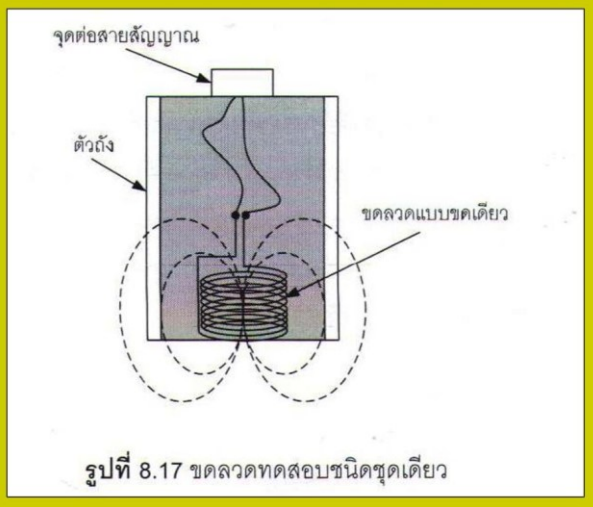
3. หัวทดสอบแบบสอด (Bobbin probe)



รูปที่ 8.16 หัวทดสอบแบบสอด

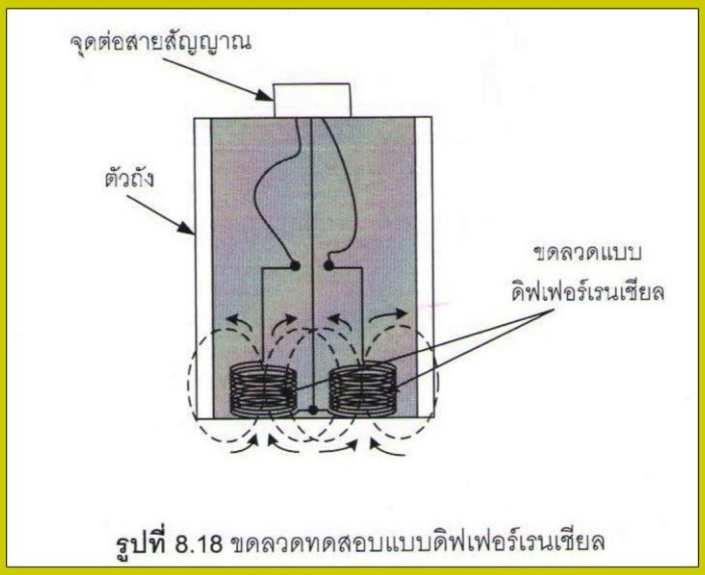
สามารถทำการแบ่งชนิดของขดลวดทดสอบภายในได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของการเชื่อมต่อกันของขดลวดดังนี้

1. ขดลวดทดสอบชุดเดียว (Absolute coil)



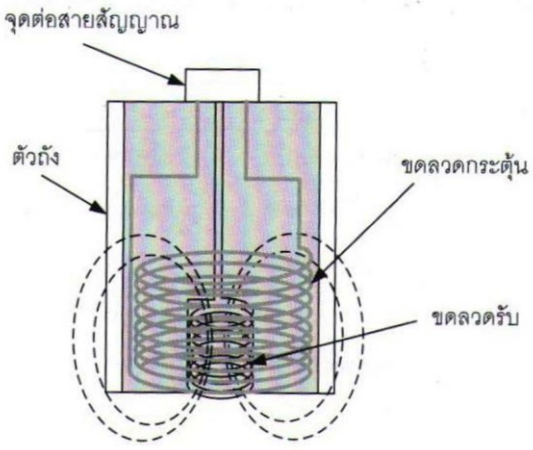
รูปที่ 8.17 ขดลวดทดสอบชนิดชุดเดียว

2. ขดลวดทดสอบแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล (Differential coil)



รูปที่ 8.18 ขดลวดทดสอบแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล

3. ขดลวดทดสอบแยกกระตุ้น (Driver and pick up coil)



รูปที่ 8.19 ขดลวดทดสอบชนิดแยกกระตุ้น

27

การเปรียบเทียบหัวทดสอบ

ตารางที่ 8.1 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของหัวทดสอบชนิดขดลวดชุดเดียว

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. มีความไวในการทดสอบสูงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและขนาดของวัสดุแบบทันทีทันใด 2. การแปรผลสัญญาณทดสอบทำได้ง่ายกว่าขดลวดทดสอบแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล 3. สามารถแสดงผลความยาวของรอยความไม่ต่อเนื่องได้	1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุทดสอบมีผลต่อการทดสอบสูง 2. ผลของการสั่นของหัวทดสอบมีผลต่อการทดสอบมากกว่าขดลวดทดสอบแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล

28

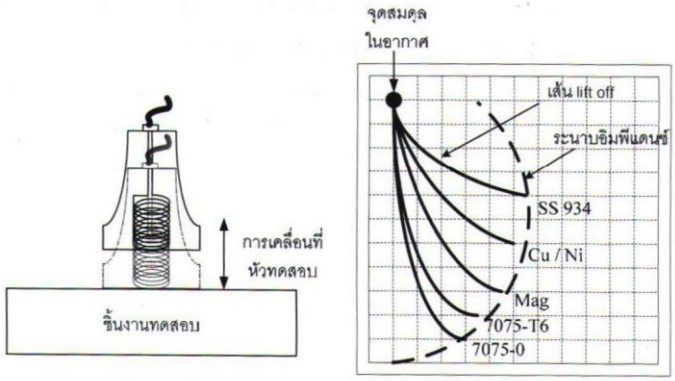
ตารางที่ 8.2 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของหัวทดสอบชนิดขดลวดดิฟเฟอร์เรนเชียล

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. ไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือขนาดของวัสดุในปริมาณสูง จึงเหมาะต่อการทดสอบหาตำแหน่งของรอยความไม่ต่อเนื่องขนาดเล็กได้ดี 2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุทดสอบมีผลต่อการทดสอบน้อย 3. ผลของการสั่นของหัวทดสอบมีผลต่อการทดสอบน้อยกว่าขดลวดทดสอบชนิดชุดเดียว	1. เนื่องจากไม่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือขนาดของวัสดุในปริมาณสูง จึงอาจไม่สามารถหารอยความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่ได้ 2. ทดสอบพบเฉพาะขอบของรอยความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่ 3. การแปรผลสัญญาณทดสอบทำได้ยากกว่าขดลวดทดสอบชนิดชุดเดียว

29

การประยุกต์ใช้งานทดสอบวิธีกระแสไหลวน

การหาชนิดและคุณสมบัติของวัสดุตัวนำไฟฟ้า



รูปที่ 8.20 การหาค่าความนำไฟฟ้าจากสัญญาณเส้นยกออก (Lift off) ระหว่างอากาศกับชิ้นงาน

30

สำหรับการเลือกใช้ความถี่ในการทดสอบหาชนิดของวัสดุและหาคุณสมบัติของวัสดุ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$f = 22500\,\rho / t^2 \quad \text{Hz} \qquad (8)$$

โดยที่ ρ คือ ความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) $\mu\Omega$- cm

t คือ ความหนาของวัสดุ (มิลลิเมตร)

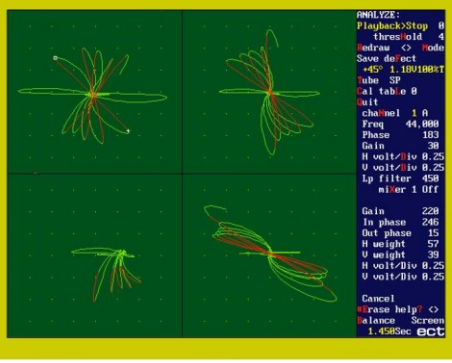
นอกเหนือจากนั้น ยังนำไปใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางโลหะที่สัมพันธ์กับคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้อีกด้วย เช่น การหาความแข็งของวัสดุ การหาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกล เมื่อให้ความร้อนกับวัสดุ เป็นต้น

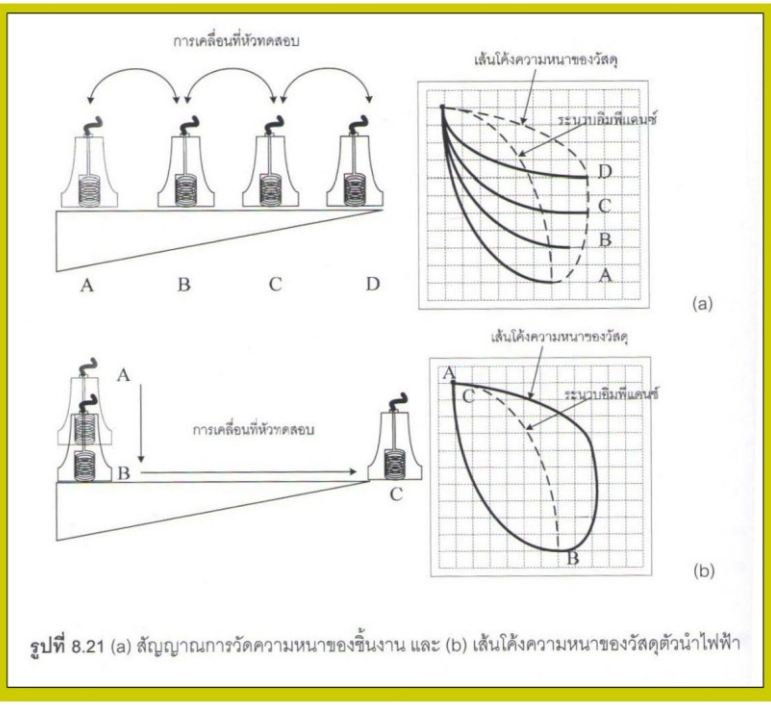
การวัดความหนาของวัสดุตัวนำไฟฟ้าที่มีขนาดบาง

การเลือกใช้ความถี่ในการวัดความหนาของวัสดุสามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 9

$$f = 2500\rho / \delta^2 \quad \text{Hz} \qquad (9)$$

โดยที่ δ คือ ความลึก

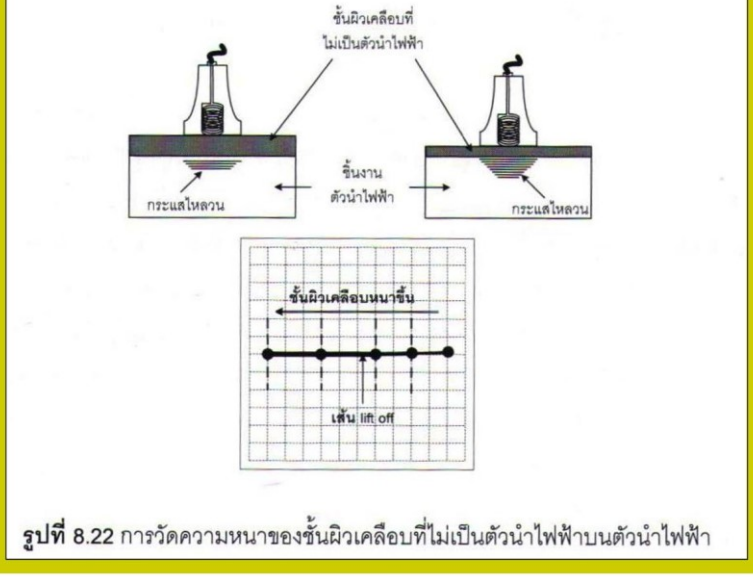




รูปที่ 8.21 (a) สัญญาณการวัดความหนาของชิ้นงาน และ (b) เส้นโค้งความหนาของวัสดุตัวนำไฟฟ้า

33

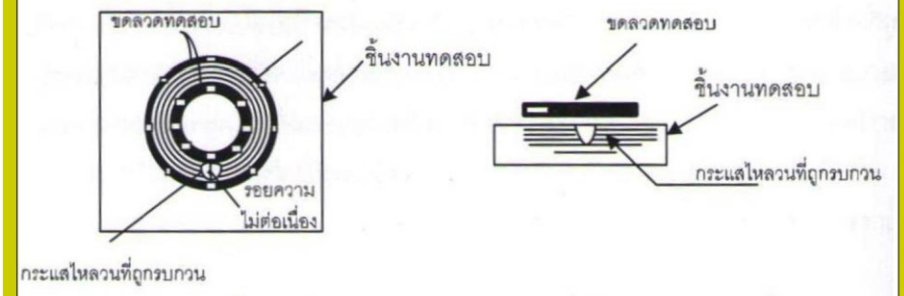
การหาความหนาของชั้นผิวเคลือบที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าบนวัสดุตัวนำไฟฟ้า



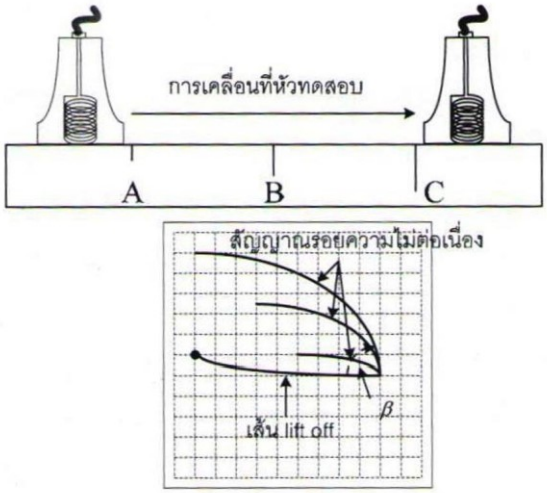
รูปที่ 8.22 การวัดความหนาของชั้นผิวเคลือบที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าบนตัวนำไฟฟ้า

34

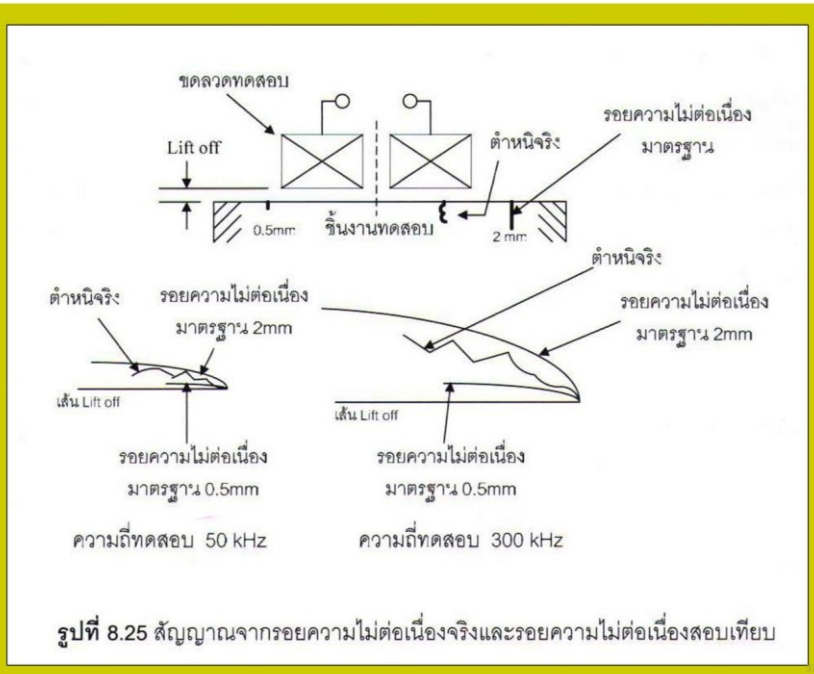
การหารอยความไม่ต่อเนื่องที่ผิว



รูปที่ 8.23 ลักษณะของกระแสไหลวนเมื่อมีรอยความไม่ต่อเนื่อง

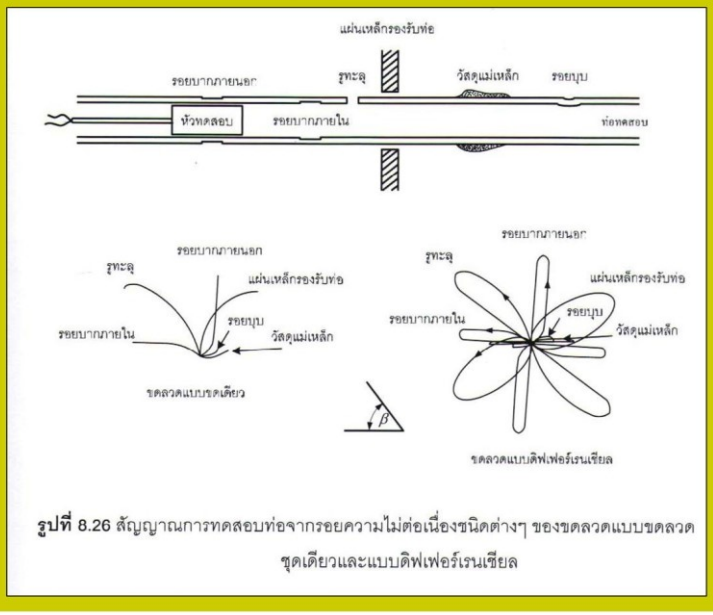


รูปที่ 8.24 การทดสอบรอยความไม่ต่อเนื่องบนผิววัสดุและสัญญาณการทดสอบ



รูปที่ 8.25 สัญญาณจากรอยความไม่ต่อเนื่องจริงและรอยความไม่ต่อเนื่องสอบเทียบ

การหารอยความไม่ต่อเนื่องของท่อและแท่งทรงกระบอก

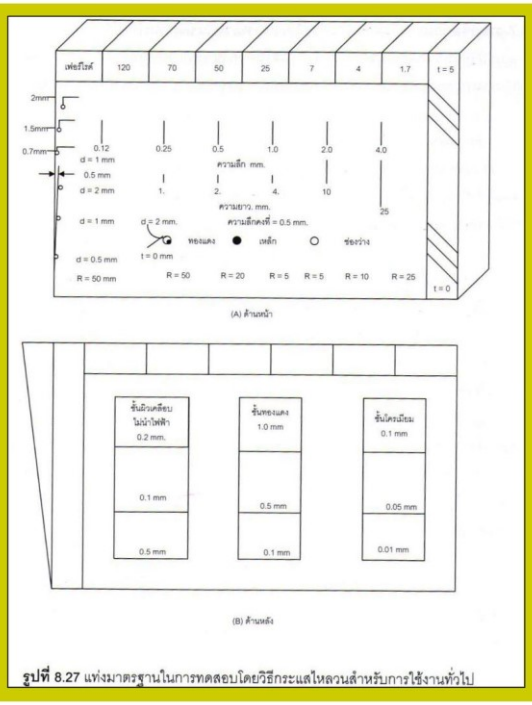


รูปที่ 8.26 สัญญาณการทดสอบท่อจากรอยความไม่ต่อเนื่องชนิดต่างๆ ของขดลวดแบบขดลวดชุดเดียวและแบบดิฟเฟอร์เรนเชียล

รอยความไม่ต่อเนื่องมาตรฐาน

แท่งมาตรฐานชนิดหนึ่งสำหรับการใช้งานทั่วๆไปที่ใช้เพื่อทดสอบของพารามิเตอร์ต่างๆในการทดสอบด้วยกระแสไหลวน ได้แก่

1. ความต้านทานไฟฟ้า
2. ความหนา
3. ลักษณะพื้นผิว
4. ความยาวของรอยความไม่ต่อเนื่องเมื่อความลึกคงที่
5. ความลึกของรอยความไม่ต่อเนื่องเมื่อความยาวคงที่
6. ขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่องใต้ผิวเมื่อความลึกคงที่
7. ความลึกของรอยความไม่ต่อเนื่องใต้ผิวเมื่อขนาดคงที่
8. ความหนาของผิวเคลือบที่ไม่นำไฟฟ้า
9. ความหนาของตัวนำไฟฟ้า
10. การปะปนของสารแม่เหล็ก



รูปที่ 8.27 แท่งมาตรฐานในการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวนสำหรับการใช้งานทั่วไป

HOMEWORK 7

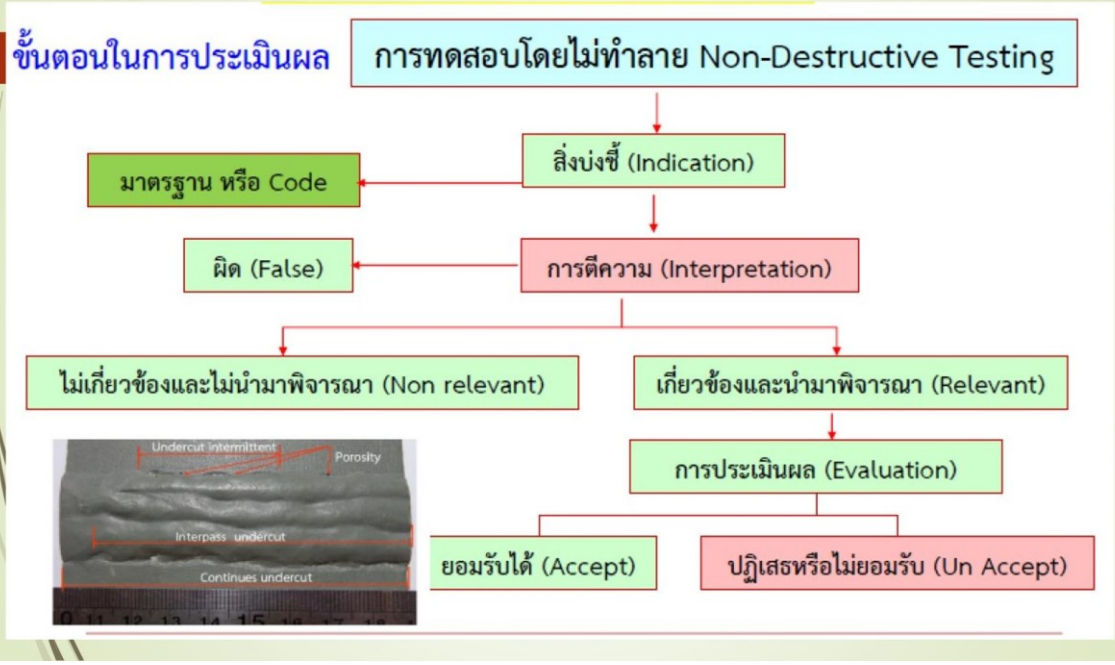
1. จงสรุปหลักการพื้นฐานของการทดสอบด้วยวิธีกระแสไหลวน (Eddy current)
2. ตัวแปรที่มีผลต่อการทดสอบมีอะไรบ้างและแต่ละตัวแปรนั้นมีผลอย่างไร
3. ชนิดของขดลวดทดสอบของตัวตรวจสอบมีหลายชนิด จงอธิบายขดลวดแต่ละชนิดและบอกถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานในแต่ละชนิด
4. หัวตรวจสอบด้วยวิธีกระแสไหลวนแบ่งตามรูปแบบการทดสอบได้กี่ชนิด แต่ละชนิดเหมาะสมกับลักษณะงานอย่างไร
5. จงอธิบายการหาความถี่ที่เหมาะสมของตัวตรวจสอบเมื่อนำไปทดสอบชนิดและความหนาของวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า
6. การวัดความหนาของวัสดุที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าแตกต่างกับทีเป็นตัวนำไฟฟ้าอย่างไร

41

ศัพท์ที่ใช้ในงานทดสอบ NDT

- การตีความ (Interpretation)
- การประเมินผล (Evaluation)
- มาตรฐาน หรือ Code
- สิ่งบ่งชี้ (indication)
- ผิด (False)
- ไม่เกี่ยวข้องและไม่นำมาพิจารณา (Non relevant)
- เกี่ยวข้องและนำมาพิจารณา (Relevant)
- ยอมรับ (Accept)
- ปฏิเสธหรือไม่ยอมรับ (Un Accept)
- เวลารอตรวจ (Dwell time)
- ทำความสะอาดด้วยแปลง(Brushing)
- พ่น (Spraying)
- จุ่ม (Immersion)

ขั้นตอนในการประเมินผล



Link VDO

NDT

https://www.youtube.com/watch?v=tlE3eK0g6vU

https://www.youtube.com/watch?v=XneFt2rvfgE

PT

- https://www.youtube.com/watch?v=kL2koZRNcb0
- https://www.youtube.com/watch?v=bHTRmTQDZzg

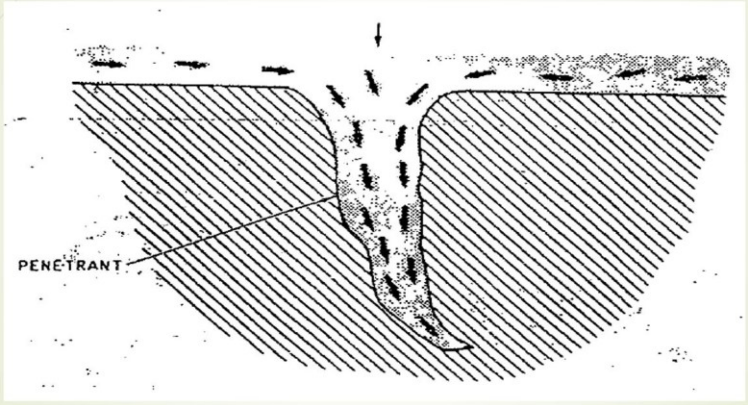
MT

- https://www.youtube.com/watch?v=93sRATwdHo4
- https://www.youtube.com/watch?v=qZC_uGt6B_8
- https://www.youtube.com/watch?v=33m66-3L-9A

PT-Penetrant testing

Liquid penetrant testing : PT เป็นการทดสอบวัสดุแบบไม่ทำลาย โดยเป็นทดสอบ**เพื่อตรวจสอบความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities)** ของพื้นผิวชิ้นงาน โดยใช้หลักการของ **Capillarity หรือ Capillary Action** โดยกระบวนทดสอบจะใช้ของเหลวที่เรียกว่า**สารแรกซึม (Penetrant)** ใส่ไปที่ผิวของชิ้นทดสอบ และ**ใช้เวลาที่เพียงพอ**ให้สารแทรกซึมนั้นแทรกของเข้าไปในส่วนของพื้นผิวที่มีความไม่ต่อเนื่อง หากส่วนที่ไม่ต่อเนื่องมีขนาดเล็กหรือแคบ เช่น บริเวณที่มี**รอบร้าว (Crack)** หรือ**รูเข็ม (Pinhole)** กระบวนการ Capillarity ก็จะช่วยให้สารทรกซึมแทรกตัวเข้าไปในรอยที่ไม่ต่อเนื่องนั้น ดังรูปที่ 1

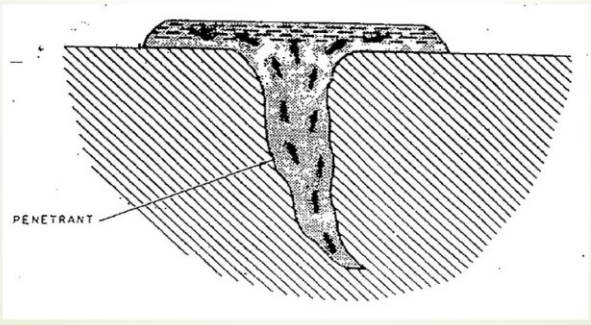
PT-Penetrant testing



รูปที่ 1 การไหลเข้าของสารแทรกซึมในชิ้นทดสอบที่มีร่องของความไม่ต่อเนื่อง

PT-Penetrant testing

เมื่อเวลาที่เหมาะเพียงพอ ของสารแทรกซึมที่ไหลเข้าไปในส่วนที่มีความไม่ต่อเนื่อง โดยผิวชิ้นงานจะถูกทำความสะอาด **กระบวนการ Capillary action** จะทำให้สารแทรกซึกนั้นไหลย้อนคืนออกมาจากความไม่ต่อเนื่องนั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การไหลย้อยกลับมาที่ผิวของสารแทรกซึม เมื่อเวลาเพียงพอจากการเกิด Capillary action

PT-Penetrant testing

เพื่อให้การสังเกตสามารถมองเห็นได้ชัด สารแทรกซึมจะมีส่วนประกอบของสีที่มองได้ชัดเจนบนพื้นสีขาว หรือใช้**สารฟลูออเรสเซ็น** ซึ่งสามารถมองเห็นโดยใช้แสงสีดำ หรือ **Black light (Ultraviolet)**

PT-Penetrant testing

อุปกรณ์ส่องสว่าง

แสงสว่างที่ใช้ในการตรวจสอบต้องสัมพันธ์กับประเภทของน้ำยาตรวจสอบ น้ำยาตรวจสอบที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ (National Lighting) แต่ถ้าสว่างจากธรรมชาติสว่างไม่เพียงพอต้องใช้แสงสว่างที่สร้างขึ้น (Artificial Lighting) `

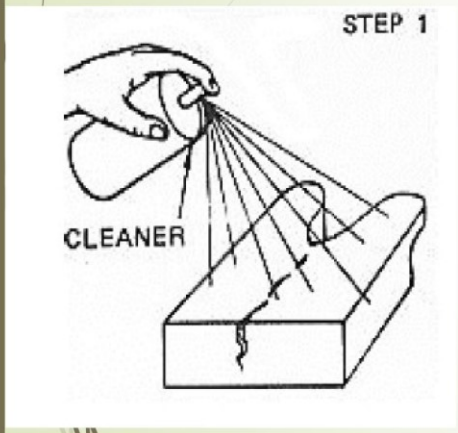
- **หลอดไฟแสงสว่างสีขาว (White Flood or Halogen Lamps)** ใช้กับน้ำยาตรวจสอบชนิดมองเห็นด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงสว่าง **ต้องไม่ต่ำกว่า 100 foot-candles** ตรวจวัดโดย**ใช้ Radometer** ต้องระวังการสะท้อนแสงจากผิวชิ้นงานตรวจสอบ
- **หลอดไฟแสงสว่างเรืองแสง (Black Light)** จะเกิดรังสีอุลตร้าไวโอเลทจากแสง Black Light อาจเป็นอันตรายต่อการไหม้ของผิวหนัง จึงควรใช้กับน้ำยาตรวจสอบชนิดเรืองแสงและต้องกระทำการตรวจสอบในห้องมืด ความเข้มของแสงสว่าง **ต้องไม่ต่ำกว่า 100 foot-candles ที่ระยะ 15 นิ้ว (380 มม.)**

PT-Penetrant testing

วัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยของแทรกซึม

เพื่อใช้ค้นหาความไม่ต่อเนื่องหรือจุดบกพร่อง**ชนิดรูพรุน (Porosity)** และ**รอยร้าว (Cracks)** บริเวณผิวหน้าแนวเชื่อมและบริเวณผลกระทบร้อนจากการเชื่อม ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าตามปกติได้

PT-Penetrant testing



ขั้นตอนที่ 1 หลังทำความสะอาดกำจัดคราบสี ออกไซด์ ไขมัน ฯ ออกจากผิวหน้างานบริเวณที่จะทำการตรวจสอบ **โดยการขัดด้วยวิธีกล** เช่น ใช้แปรงลวด และ **วิธีเคมี** เช่น ใช้ผงซักฟอก, สารละลาย, ด่างร้อนฯ ออกจากผิวหน้างานบริเวณที่จะทำการตรวจสอบ แล้วจึงพ่นสเปรย์กระป๋องน้ำยาทำความสะอาด (Remover) ที่ผิวหน้างาน ที่จะทำการตรวจสอบให้เปียก ทิ้งไว้ 2-3 นาที จากนั้นใช้ผ้าสะอาดไม่เป็นขุยเช็ดหรือทำให้แห้ง

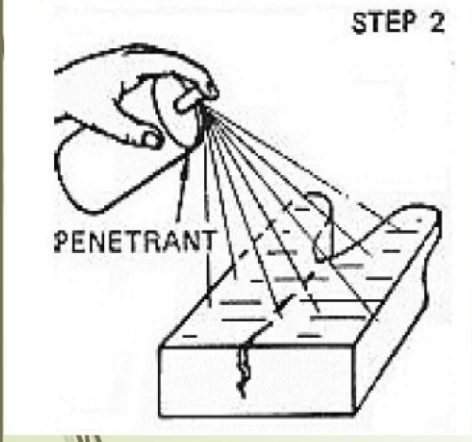
PT-Penetrant testing

- ขั้นตอนที่ 1 Cleaning ในปฏิบัติการเรา ใช้ Cleaner





PT-Penetrant testing



- ขั้นตอนที่ 2 พ่นเคลือบน้ำยาแทรกซึม (Penetrant) ลงบนผิวงานบริเวณที่จะทำการตรวจสอบ ทิ้งระยะเวลา (Dwell Time) 5 -10 นาที หรือตามคำแนะนำของผู้ผลิต ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ เพื่อให้น้ำยาแทรกซึม ได้มีเวลาแทรกตัวเข้าไปในร่องเปิดของจุดบกพร่องจนทั่ว การใช้ Dwell Time ที่นานเกินไปไม่ส่งผลเสียใดๆ ยกเว้นนานจนกระทั่งน้ำยาแทรกซึมแข็งตัวก่อน

PT-Penetrant testing

- **ขั้นตอนที่ 2** พ่นเคลือบน้ำยาแทรกซึม (Penetrant)





PT-Penetrant testing

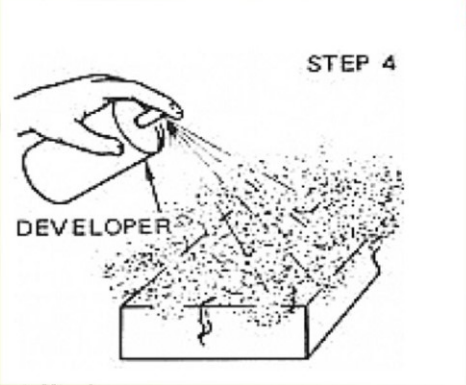


- **ขั้นตอนที่3** กำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกินออก (Excess Penetrant Removal) จากผิวหน้าของงานด้วยการเช็ดด้วยผ้าสะอาด เพราะการฉีดพ่นด้วยกระป๋องน้ำยา Remover โดยตรงอาจไปชะล้างน้ำยาตรวจแทรกซึมออกจากจุดบกพร่องได้ถือเป็น ขั้นตอนที่ยุ่งยากเพราะอาจไปทำให้น้ำยาแทรกซึมที่ไหลเข้าไปในช่องเปิดของจุดบกพร่อง อาจถูกเช็ดหายไปด้วยวิธีการกำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกินออกขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาแทรกซึมเช่นล้างด้วยสารละลายแล้วตามด้วยล้างด้วยน้ำสะอาดหรือใช้เคลือบด้วยสาร Emulsifier แล้วตามด้วยล้างน้ำสะอาด จากนั้นต้องทำให้ผิวหน้างานแห้งและสะอาดโดยเช็ดด้วยผ้าสะอาดหรือเป่าด้วยลมร้อน การเช็ดหรือล้างน้ำยาส่วนเกินออกไม่หมดอาจแปลผลผิดพลาด

PT-Penetrant testing

ขั้นตอนที่3 กำจัดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกินออก **(Excess Penetrant Removal)** ใช้ Cleaner อันเดียวกันกับที่ใช้ ในขั้นตอนที่ 1 พ่นไปที่ผ้าให้พอมาด **แล้วเช็ดน้ำยาแทรกซึมส่วนเกินออก โดยเช็ดไปในทิศทางเดียว ไม่สลับไปมา**เนื่องจาก น้ำยาอาจจะหลุดออกจากจุดบกพร่องได้

PT-Penetrant testing

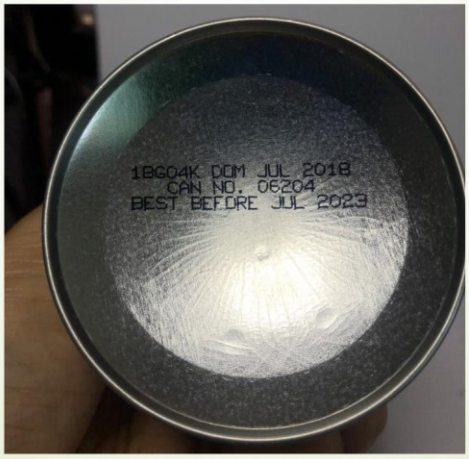


ขั้นตอนที่4 พ่นน้ำยาเคลือบน้ำยาสร้างภาพ (Developer) ทิ้งระยะเวลา (Dwell Time) ต่ำสุด**ประมาณ 10 นาที** หรือใช้เวลานานมากขึ้นถ้ารอยร้าวแคบมาก เพื่อให้ Developer ทำปฏิกิริยาดึงน้ำยาแทรกซึมที่อยู่ภายรอยร้าว หรือ จุดบกพร่องอื่นกลับขึ้นมาที่ผิวหน้าของชิ้นงานตรวจสอบ เพื่อที่จะทำการอ่านและแปลผล สำหรับน้ำยา Developer ชนิดเปียกอาจเคลือบผิวหน้างานด้วยวิธีการทาด้วยแปลงหรือจุ่มชิ้นงานทดสอบลงในอ่างบรรจุ Developer โดยตรง

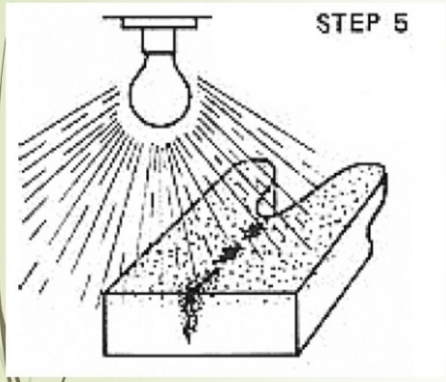
PT-Penetrant testing

ขั้นตอนที่4 พ่นน้ำยาเคลือบน้ำยาสร้างภาพ (Developer)





PT-Penetrant testing



ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบผล (Inspection) ในที่มีแสงสว่างเหมาะสมกับชนิดของน้ำยาแทรกซึม (Penetrant) ที่สามารถอ่านค่าด้วยตาเปล่าหรือใช้แสง Back Light เพื่อสามารถค้นหา รอยร้าวหรือรูพรุนอื่นๆ ที่ผิวหน้าได้ทั่วถึง และบันทึกผลเช่นถ่ายภาพเป็นหลักฐาน

PT-Penetrant testing

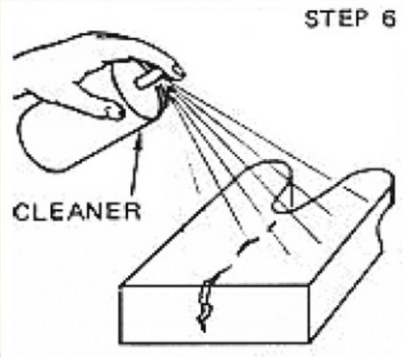
<u>ขั้นตอนที่ 5</u> การตรวจสอบผล (Inspection) ในที่มีแสงสว่างเหมาะสมกับชนิดของน้ำยาแทรกซึม (Penetrant)

ถ้าใช้น้ำยาแทรกซึมชนิดผสมน้ำมัน ให้ตรวจสอบภายใต้แสงสว่างจากธรรมชาติ (National Lighting) ความเข้มของแสงสว่าง **ต้องไม่ต่ำกว่า 100 foot-candles**

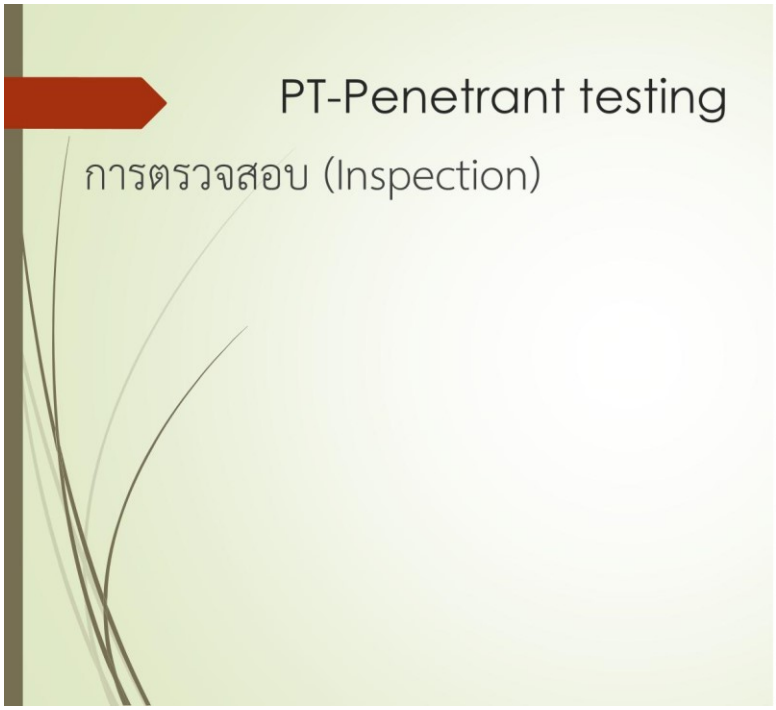
ถ้าใช้น้ำยาแทรกซึมผสมสารเรืองแสง ต้องตรวจสอบในห้องมืด และใช้หลอดไฟแสงสว่างเรืองแสง (Black Light) ความเข้มของแสงสว่าง **ต้องไม่ต่ำกว่า 100 foot-candles ที่ระยะ 15 นิ้ว (380 มม.)**

แต่ในการทดลอง ใช้น้ำยาแทรกซึมประเภทผสมน้ำมัน

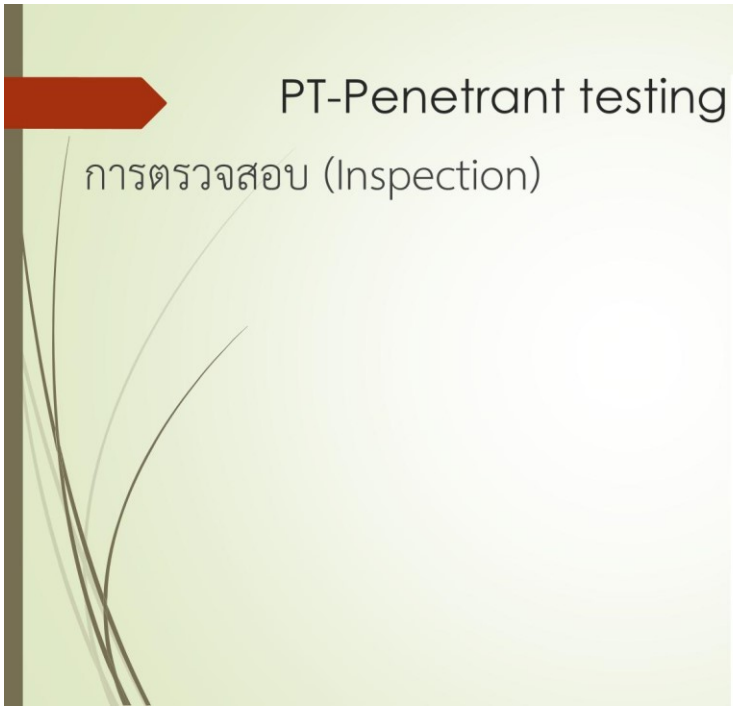
PT-Penetrant testing



<u>ขั้นตอนที่ 6</u> การทำความสะอาดภายหลังการตรวจสอบ (Pose Clean) ใช้ผ้าสะอาดเช็ดเพื่อกำจัดสารเคมีจากน้ำยา Penetrant และ Developer ออกจากผิวหน้าให้หมดแล้วพ่นน้ำยา Remover ทำความสะอาดและใช้ผ้าเช็ดให้แห้ง แล้วจึงเป่าลมร้อนให้แห้ง เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในภายหลัง



ใบบันทึกผลการตรวจสอบ การตรวจสอบด้วยของเหลวแทรกซึมแบบชุดเคลื่อนที่		
การบันทึกผลด้วยรูปถ่าย		คำอธิบายรูปภาพ
ภาพถ่าย		
ข้อมูลการตรวจสอบที่สำคัญอื่นๆ		
1	กระบวนการเชื่อม	
2	ชนิดรอยต่อเชื่อม	
3	รายละเอียดวัสดุงาน (มาตรฐานวัสดุชิ้นงานเชื่อมที่นำมาตรวจสอบ)	
4	รายละเอียดลวดเชื่อม (มาตรฐานลวดเชื่อมที่ใช้เชื่อมชิ้นงานตรวจสอบ)	
5	วิธีการตรวจสอบ	
6	วิธีการทำความสะอาดทางกล	
7	วิธีการทำความสะอาดด้วยสารเคมี	
8	น้ำยาทำความสะอาด (Remover) เครื่องหมายการค้า/ข้อมูลสำคัญและระยะที่ทิ้งให้น้ำยาทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวงานหน้างาน	
9	น้ำยาตรวจสอบแทรกซึม (Penetrant) เครื่องหมายการค้า/ข้อมูลสำคัญและ Dwell Time ที่ใช้	
10	วิธีการกำจัดน้ำยาส่วนเกิน (Excessive Penetrant) และวิธีการทำให้แห้ง	
11	น้ำยาสร้างภาพ (Developer) เครื่องหมายการค้า/ข้อมูลสำคัญและระยะเวลาที่ใช้ในการดึงภาพ	
12	วิธีการทำความสะอาดและการทำให้แห้งหลังการตรวจสอบ (Post Cleaning)	



รายละเอียดข้อสังเกตอื่นๆ ที่พบเห็นจากการทดลองเช่นจุดบกพร่องและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อผู้ตรวจสอบ .....

แผนก.....**วัน/เดือน/ปีที่ทำการตรวจสอบ**.....**เวลา**.....

ลงลายมือชื่อผู้ตรวจสอบ .....

( )

MT-Magnetic particle testing

การตรวจสอบ (Inspection)

เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายสภาพ ใช้**หาจุดบกพร่องบนพื้นผิว** (Surface Method) หรือ**ตรวจสอบหารอยร้าวใต้พื้นผิวตื้นๆ** ของ**ชิ้นงานที่แม่เหล็ก (Ferro-magnetic)** เช่น เหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กกล้าผสม เหล็กกล้าสเตนเลสเฟอร์ริติก เหล็กกล้าสเตนเลสดูเพล็กซ์ **ยกเว้นวัสดุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก (Non-magnetic)** ไม่สามารถตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็กได้

MT-Magnetic particle testing

การตรวจสอบ (Inspection)

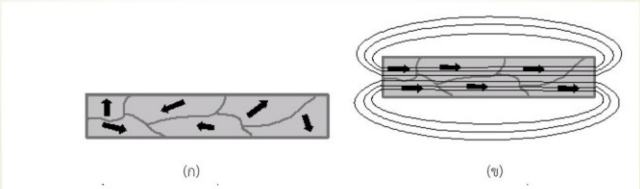
ใช้วิธีการสร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นในชิ้นงานทดสอบ ชิ้นงานทดสอบ**ที่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้นที่ผิวหรือใต้ผิวตื้นๆ** จะมีการรั่วของสนามแม่เหล็กเกิดเป็นขั้วเหนือ –ขั้วใต้ขึ้น เมื่อทำการฉีดหรือโรยผงเหล็กลงไป ผงเหล็กก็จะไปเกาะอยู่บริเวณที่มีการรั่วของสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น ปรากฏให้เห็นรอยร้าว

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

ทฤษฎีของพลังงานแม่เหล็ก (Theory of Magnetism)

- บริเวณที่มีการกระทำของแรงแม่เหล็ก เรียกว่าสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) สภาพการกระจายของสนามแม่เหล็กเรียกว่าเส้นแรงแม่เหล็ก (Line of Force)
- วัสดุแม่เหล็กโมเลกุลภายในทั้งหมดจะเรียงตัวกันอยู่ในขั้วเหนือและขั้วใต้อย่างเป็นระเบียบ



รูปที่ 1 โมเลกุลของวัสดุที่มีสมบัติทางแม่เหล็ก (ก) การเรียงตัวของโมเลกุลในวัสดุที่ไม่เป็นแม่เหล็ก (ข) การเรียงตัวของโมเลกุลที่เป็นระเบียบในวัสดุที่เป็นแม่เหล็ก

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

สนามแม่เหล็ก คือ เส้นสมมุติที่เขียนขึ้นเพื่อแสดง **อาณาเขตและความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก**

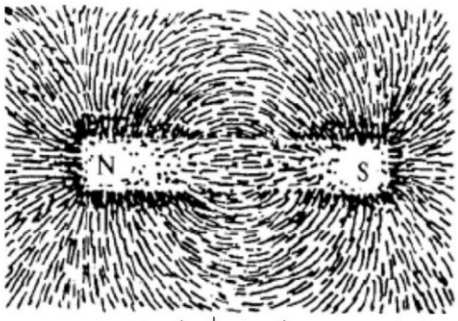
วัตถุที่มีความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าเรียกว่า **สนามไฟฟ้า** และโดยรอบวัตถุที่มี **กระแสไฟฟ้า**ไหลจะเกิด**สนามแม่เหล็ก**

สนามแม่เหล็กเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง **จึงเป็นปริมาณเวคเตอร์** ดังนั้นจึงสามารถเสริมหรือหักล้างแบบเวคเตอร์ได้ สนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น**เวบเบอร์/ตารางเมตร** หรือ **เทสลา**

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)



รูปที่ 2 บริเวณรอบ ๆ แท่งแม่เหล็กที่แม่เหล็กสามารถส่งอำนาจแม่เหล็กไปถึง

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)

ความแรงของสนามแม่เหล็กในแท่งแม่เหล็กตามจุดต่างๆ มีค่าต่างกัน **ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากแท่งแม่เหล็ก** ความแรงของสนามแม่เหล็ก ณ จุดต่างๆ เรียกว่า **ความเข้มของสนามแม่เหล็ก**

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

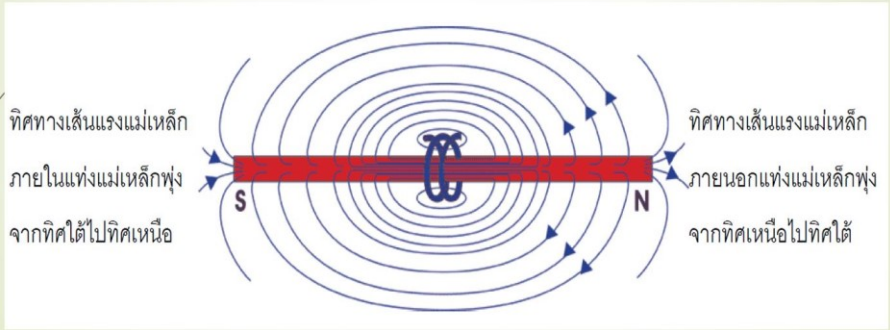
เส้นแรงแม่เหล็ก คือ แรงแม่เหล็กที่มีลักษณะเป็นเส้นๆ แผ่กระจายอยู่เต็มสนามแม่เหล็ก เป็นเส้นสมมติ แสดงทิศทางของแรงแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 3 มีข้อพิจารณาเกี่ยวกับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กดังนี้

- **ภายในแท่งแม่เหล็ก** เส้นแรงแม่เหล็ก **มีทิศพุ่งจากขั้วใต้ ไปยัง ขั้วเหนือ S ==> N**
- **ภายนอกแท่งแม่เหล็ก** เส้นแรงแม่เหล็ก **มีทิศพุ่งจากขั้วเหนือ ไปยัง ขั้วใต้ N ==> S**

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)



รูปที่ 3 ทิศทางการวิ่งของเส้นแรงแม่เหล็ก

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux)

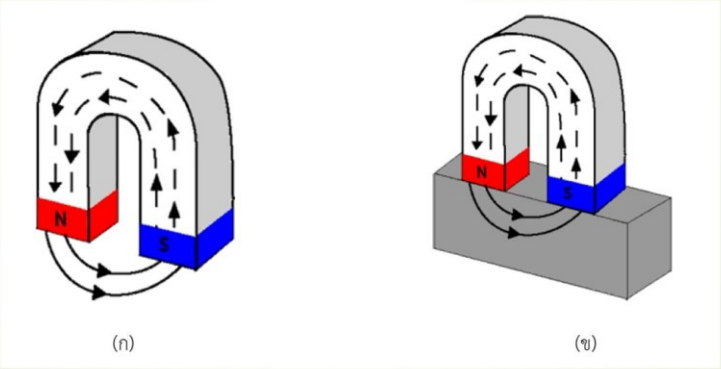
ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ **ปริมาณความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก**

ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็ก มองตามแบบสามมิติคือ**ปริมาณเส้นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่**ที่เส้นแรงแม่เหล็ก**ตกตั้งฉาก**

ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux Density) ใช้วัดปริมาณของสนามแม่เหล็ก ซึ่งก็คือค่าสนามแม่เหล็กในหน่วย **เวบเบอร์ต่อตารางเมตร**

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

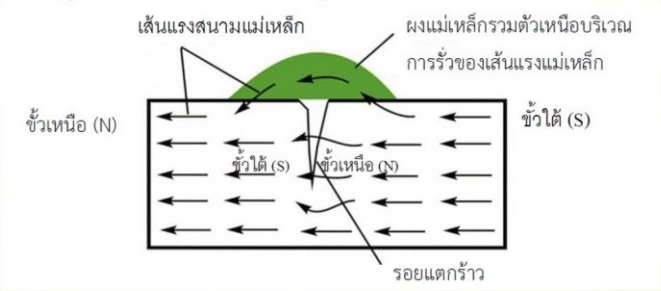


รูปที่ 5 การไหลของเส้นแรงแม่เหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (ก) ในสภาวะที่ไม่ผ่านตัวกลาง และ (ข) ในสภาวะที่ผ่านตัวกลาง

MT-Magnetic particle testing

หลักการที่ควรทราบเกี่ยวกับ MT

ถ้ามีจุดบกพร่องจะ**เกิดการรั่วของสนามแม่เหล็ก** เกิดเป็นขั้วเหนือ–ขั้วใต้ **สามารถดูดผงเหล็กมารวมกันที่เหนือบริเวณที่เกิดจากจุดบกพร่อง** ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 จุดบกพร่องทำให้เกิดการรั่วของสนามแม่เหล็ก แยกเป็นขั้วเหนือ – ขั้วใต้ ดูดผงเหล็กมารวมกันที่เหนือบริเวณที่เกิดจากจุดบกพร่อง

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เครื่องมือตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก

- แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnetic)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 10 แม่เหล็กถาวร (Permanent Yoke) (ก) ปรับขาถ่างออกได้ (ข) แบบเกือกม้า และ (ค) แบบแท่งจิม

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เครื่องมือตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก

- โย้คแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Yoke)



(ก)



(ข)

รูปที่ 11 Yoke แม่เหล็กไฟฟ้าชั่วคราว (ก) ชนิดปรับขาถ่างออกได้ (ข) ชนิดปรับขาไม่ได้

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เครื่องมือตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก

- อุปกรณ์วัดความแรงของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Indicator)





รูปที่ 15 ตัวอย่าง Gauss Meter และการใช้ Gauss Meter วัดความแรงของสนามแม่เหล็ก

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เครื่องมือตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก

- Pie Gage



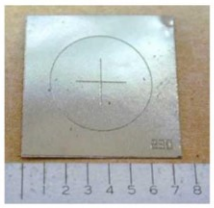
รูปที่ 16 Pie Gage

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เครื่องมือตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็ก

- แผ่นสร้างจุดบกพร่องเทียม [Quantitative Quality Indicator (QQI) Shims]





(ก) (ข)

รูปที่ 18 ตัวอย่างการใช้แผ่นสร้างจุดบกพร่องเทียม (Artificial Flaw Shim) หรือ QQI Shim
(ก) ก่อนสร้างสนามแม่เหล็ก (ข) ผงเหล็กไปรวมตัวตามรอยจุดบกพร่องเทียม

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**



รูปที่ 23 เทคนิคการใช้หัวหมุดตรวจสอบ

เทคนิคการใช้หัวหมุดตรวจสอบ (Prod Technique)

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**



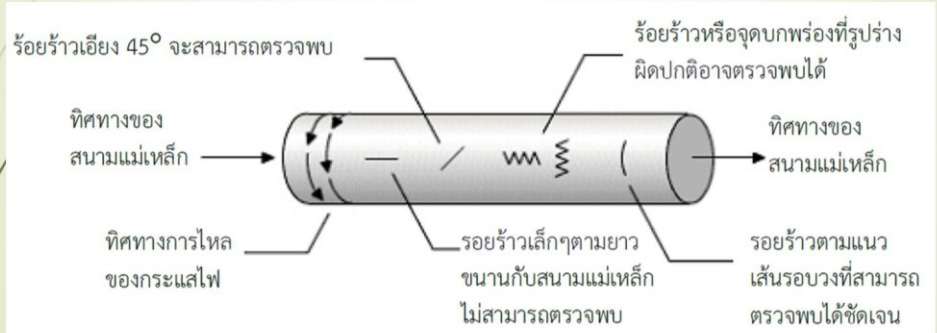
รูปที่ 24 การสร้างสนามแม่เหล็กตามยาว

เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามยาว (Longitudinal Magnetization Technique)

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**



รูปที่ 25 จุดบกพร่องที่สามารถตรวจสอบได้และไม่สามารถตรวจสอบได้ โดยใช้เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามยาว

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**

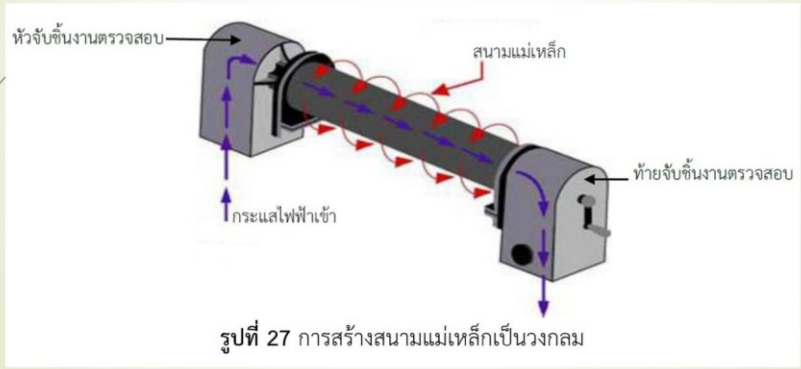


รูปที่ 26 เทคนิคการใช้วัสดุแม่เหล็กปิดหัว -ท้าย เพื่อเพิ่มอัตราส่วน L/D

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**



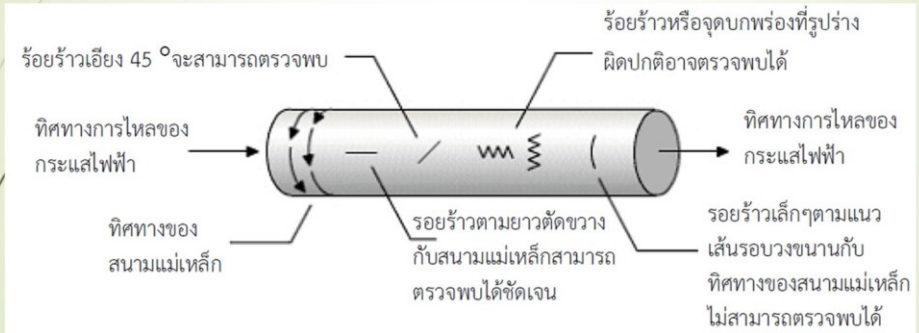
รูปที่ 27 การสร้างสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม

เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม (Circular Magnetization Technique)

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

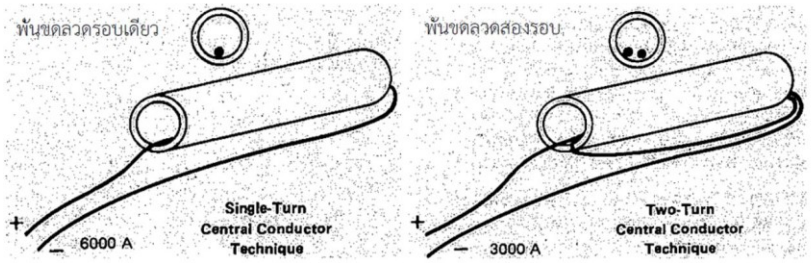
- **เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก**



รูปที่ 28 จุดบกพร่องที่สามารถตรวจสอบได้และไม่สามารถตรวจสอบได้
โดยใช้เทคนิคการสร้างสนาม แม่เหล็กเป็นวงกลม

เครื่อง

เทคนิ



รูปที่ 29 การใช้เส้นขดลวดตัวนำกระแสไฟฟ้า สอดเข้าไปในรูแกนของท่อตัวนำที่จะสร้างสนามแม่เหล็ก

เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม



(ก) การตรวจสอบท่อกลวง (ข) การตรวจสอบท่อกลวงสั้นหรือวงแหวน

รูปที่ 30 เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กโดยวิธีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าแกนท่อตัวนำ

MT-Magnetic particle testing

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ MT

เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 31 การใช้โย้ค (Yoke) ตรวจสอบแนวเชื่อม

เทคนิคการใช้โย้คสร้างสนามแม่เหล็ก (Yoke Technique)

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

ขั้นตอนที่ 1: เตรียมชิ้นงาน (Preparation and Pre-cleaning)

- ในขั้นตอนนี้ ต้องเริ่มต้นทำความสะอาดผิวชิ้นงานตรวจสอบด้วยวิธีกลเช่นเจียระไน ใช้แปรงลวดขัด เพื่อกำจัดสะเก็ดเชื่อม กำจัดคราบออกไซด์หนา ตามด้วยการทำความสะอาดด้วยวิธีเคมีเช่นใช้สารทำละลาย, ด่างร้อน ฯ เพื่อกำจัดคราบสี, ลอกผิว, กำจัดไขมัน ออกให้หมดป้องกันมิให้คราบสกปรกเหล่านี้ ไปอุดตันผิวหน้าจุดบกพร่องและทำให้ผงเหล็กสกปรกได้
- สีผิวเหล็กกล้าที่ไม่ผ่านการเจียระไน ควรพ่นทับด้วย**สีสเปรย์สีขาว (White contrast)** ที่ใช้เพื่อการตรวจสอบ เพื่อให้พื้นผิวมีสีตัดกับผงเหล็กอย่างเห็นได้ชัด พื้นที่ผิวที่จะทำการตรวจสอบและบริเวณโดยรอบห่างออกไปอย่างน้อย 1 นิ้ว (25.4 มม.) ต้องแห้งและสะอาด

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

ขั้นตอนที่ 1: เตรียมชิ้นงาน (Preparation and Pre-cleaning)





MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- **ขั้นตอนที่ 2: เลือกวิธีการตรวจสอบ (Selection of Method) และการสร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นในชิ้นงาน (Apply Magnetic Field)**

ป้อนกระแสไฟฟ้า (**กระแสไฟฟ้าตรงหรือกระแสสลับ** ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่อง) ให้กับชิ้นงานโดยตรง: ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นวงกลมตามแนวเส้นรอบวงรอบ ๆ ชิ้นงาน เครื่องตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็กชนิดกระแสตรงสามารถส่งสนามแม่เหล็กเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ลึกกว่า จึงสามารถตรวจหาจุดบกพร่องใต้พื้นผิวตื้นๆได้ดีกว่าเครื่องที่ใช้กระแสไฟสลับ เครื่องมือตรวจสอบแบบสร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นในชิ้นงานได้แก่ **โย้คไฟฟ้า (Electric Yoke), โย้คแม่เหล็กถาวร (Magnetic Yoke), หัวหมุดตรวจสอบ (Test Prods), แบบแท่นยึด (Head Shot)** เป็นต้น

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- **ขั้นตอนที่ 3: โรยผงเหล็กบนผิวงานตรวจสอบ (Apply Magnetic Particle)**

โรยผงเหล็กชนิดแห้งที่บรรจุอยู่ในขวดพลาสติกมีรูเปิดให้ผงเหล็กออกมาสม่ำเสมอ หรือ **ฉีดพ่นกระป๋องสเปรย์ผงเหล็กชนิดเปียกลงบนผิวงานตรวจสอบ**

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- ขั้นตอนที่ 3: โรยผงเหล็กบนผิวงานตรวจสอบ (Apply Magnetic Particle)





MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- ขั้นตอนที่ 4: ตรวจสอบและแปลผลการตรวจสอบ (Inspection and Interpreted)

ตรวจสอบผงด้วยตาเปล่าหรืออาจใช้แว่นขยายช่วยในการมองเห็นภายใต้แสง Safety Light ถ้ามีรอยบกพร่อง เช่น รอยร้าวเกิดขึ้น **ผงเหล็กจะถูกดูดไปรวมตัวบริเวณที่เส้นแรงแม่เหล็กรั่ว เกิดเป็นขั้วเหนือ -ขั้วใต้**

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- **ขั้นตอนที่ 5: บันทึกผลจุดบกพร่อง (Record of the Results)**

การบันทึกผลอาจใช้วิธีถ่ายภาพ หรือใช้เทปใสทาบลงบริเวณแตกร้าวลอกผงเหล็ก เพื่อติดแนบไปกับใบรายงานผล

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

- **ขั้นตอนที่ 6: การทำความสะอาดครั้งสุดท้าย (Post Clean)**

ทำความสะอาดชิ้นงานหลังการตรวจสอบ เพื่อล้างสารเคมีออกจากผิวงานตรวจสอบเช่นใช้น้ำยาทำความสะอาดที่บรรจุกระป๋องแบบฉีดสเปรย์

MT-Magnetic particle testing

ขั้นตอนการทดสอบ MT

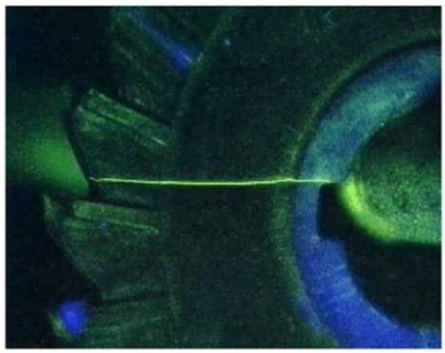
- **ขั้นตอนที่ 7: คลายอำนาจแม่เหล็กตกค้าง (Demagnetization)**

อำนาจแม่เหล็กตกค้างอาจเป็นสาเหตุ**ทำให้เกิดความเสียหายต่อการใช้งาน** เช่น ผงเหล็กจะเกาะติดอยู่ที่ผิวงาน, ผิวงานมีความไวต่อสนามแม่เหล็กทำให้มีปัญหาต่อการนำไปชุบเคลือบผิวด้วยเคมี - ไฟฟ้า และอำนาจแม่เหล็กตกค้างมีผลเร่งทำให้เกิดการกัดกร่อนเร็วขึ้น ชิ้นงานวัสดุกลุ่มที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง (Hard-magnetic Material) จะมีอำนาจแม่เหล็กตกค้างสูงกว่าพวกเหล็กอ่อน

MT-Magnetic particle testing

การทดสอบ MT





รูปที่ 33 ภาพถ่ายรอยร้าว จากผลการตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็กชนิดเรืองแสง

MT-Magnetic particle testing

การทดสอบ MT





รูปที่ 34 ภาพถ่ายรอยร้าว จากผลการตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็กชนิดมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

MT-Magnetic particle

การตรวจสอบ (Inspection)

ใบบันทึกผลการตรวจสอบ การตรวจสอบด้วยผงแม่เหล็กแบบชุดเคลื่อนที่		
การบันทึกผลด้วย รูปถ่ายจากกล้องถ่ายภาพดิจิตอล		คำอธิบายรูปภาพ
ภาพถ่าย		
ภาพถ่าย		
ข้อมูลการตรวจสอบที่สำคัญอื่นๆ		
1	กระบวนการเชื่อม	
2	ชนิดรอยต่อเชื่อม	
3	รายละเอียดวัสดุงาน (มาตรฐานวัสดุชิ้นงานเชื่อมที่นำมาตรวจสอบ)	
4	รายละเอียดลวดเชื่อม (มาตรฐานลวดเชื่อมที่ใช้เชื่อมชิ้นงานตรวจสอบ)	
ข้อมูลการตรวจสอบที่สำคัญอื่นๆ		
6	วิธีการทำความสะอาดทางกล	
7	วิธีการทำความสะอาดด้วยสารเคมี	
8	วิธีการสร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นในชิ้นงาน	
9	เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ	
10	รายละเอียดชนิดผงเหล็ก	
11	อุณหภูมิที่ใช้ในการตรวจสอบ	
12	วิธีการคลายสนามแม่เหล็ก	
13	วิธีการทำความสะอาดและการทำให้แห้งหลังการตรวจสอบ (Post Cleaning)	



รายละเอียดข้อสังเกตอื่นๆ ที่พบเห็นจากการทดลองเช่นจุดบกพร่องและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อผู้ตรวจสอบ .....

แผนก.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำการตรวจสอบ.....เวลา.....

ลงลายมือชื่อผู้ตรวจสอบ .....

( )

NDT (Non-destructive Testing)

การทดสอบโดยไม่ทำลาย

หมายถึง การทดสอบวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ ที่เมื่อทำการทดสอบแล้ว สิ่งที่ถูกทดสอบจะไม่ถูกทำลายจากวิธีการทดสอบ สามารถนำกลับไปใช้งานได้

การทดสอบโดยไม่ทำลายทำลาย มีชื่อในภาษาอังกฤษแตกต่างกันไปบ้าง ขึ้นอยู่กับการกำหนดรายละเอียดของความหมายในแต่ละประเทศ โดยคำที่ใช้ในภาษาต่างประเทศคือ

1. Non-destructive testing (NDT)
2. Non-destructive evaluation หรือ Nondestructive examination (NDE)
3. Non-destructive inspection (NDI)

คำที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายโดยทั่วไปในสากลรวมถึงในประเทศไทยด้วยคือ NDT

ประโยชน์ของการทดสอบโดยไม่ทำลาย

1. เพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน ของชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบ
2. เป็นเครื่องมือสำคัญในการซ่อมบำรุงรักษา เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์
3. ช่วยเพิ่มผลผลิต เนื่องจากการทดสอบโดยไม่ทำลาย ทำให้พบของเสีย ตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิต ทำให้ไม่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการต่อไป หรือเป็นเครื่องมือที่คอยช่วยตรวจวัดคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อทำการปรับแต่งกระบวนการผลิตให้มีผลผลิตที่ดีมากยิ่งขึ้น
4. ใช้ทดสอบหรือหาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางโลหะวิทยาของวัสดุได้

ข้อได้เปรียบของการทดสอบโดยไม่ทำลาย

1. วัสดุไม่ถูกทำลายขณะทดสอบ สามารถนำกลับไปใช้งานได้
2. เครื่องมือส่วนใหญ่สามารถพกพา (Portable) ไปใช้งานสนามได้สะดวก

วิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมไทย

- วิธีการตรวจพินิจ (Visual testing : VT)
- วิธีสารแทรกซึม (Penetrant testing : PT)
- วิธีอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic particle testing : MT)
- วิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic testing : UT)
- วิธีถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic testing : RT)
- วิธีกระแสไหลวน (Eddy current testing : ET)

• วิธีอะคูสติกอิมีชชั่น (Acoustic emission testing : AE)

<u>วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย</u>

เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์

เพื่อปรับปรุงเทคนิคการผลิต

เพื่อลดต้นทุนการผลิต

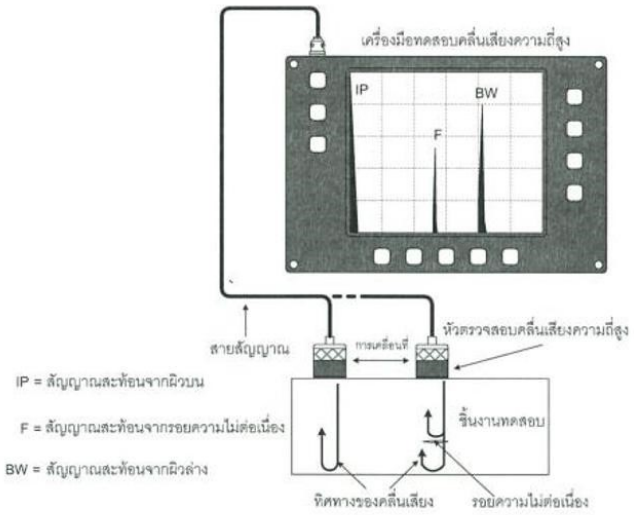
(Ultrasonic Testing : UT)

การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

เสียงเป็นพลังงานซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือน เงื่อนไขในการเกิดเสียง ได้แก่ ต้องการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิด (Source) ต้องมีตัวกลางในการเคลื่อนที่ (Medium) และต้องมีตัวรับเสียง (Receiver) มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุในช่วงย่านความถี่ประมาณ 20 Hz – 20 kHz เสียงเดินทางในของแข็งได้เร็วกว่าเดินทางในอากาศหรือก๊าซ เนื่องจากโมเลกุลอยู่ชิดกันมากกว่า เช่น ความเร็วเสียงในอากาศและอะลูมิเนียมเท่ากับ 333 m/s และ 6,320 m/s ตามลำดับ เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous solid) ความเข้มของเสียงจะลดลงไม่มากนัก แต่ถ้าเสียงเดินทางผ่านรอยความไม่ต่อเนื่อง ที่มีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นหรือใหญ่กว่า เสียงจะเกิดการสะท้อน หรือ ถูกดูดกลืน โดยรอยความไม่ต่อเนื่องนั้น

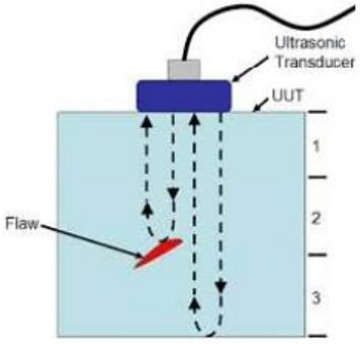
คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นเสียงที่มีความถี่สูงกว่าเสียงที่มนุษย์ได้ยิน คือ ตั้งแต่ 20 kHz จนถึง 25 MHz ในการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic testing) ใช้หัวตรวจสอบ (Probe) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปของคลื่นเสียงและส่งคลื่นเสียงเข้าไปในวัตถุที่จะทดสอบ เมื่อเสียงสะท้อนกลับเข้ามาหัวตรวจสอบหัวตรวจสอบจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานในรูปของคลื่นเสียงกลับไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อแสดงผลต่อไป

คลื่นเสียงความถี่สูงสร้างขึ้นจากผลึกซึ่งอยู่ภายในหัวตรวจสอบ คลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ลงสู่ชิ้นงานโดยผ่านสารช่วยสัมผัส (Couplant) ถ้าชิ้นงานไม่มีรอยความไม่ต่อเนื่องหน้าจอของเครื่องมือก็จะมีสัญญาณสะท้อนจากผิวด้านล่างของชิ้นงาน เพียงอย่างเดียวเท่านั้น



รูปที่ 1 การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

สัญญาณสะท้อนทางด้านซ้ายมือสุดของหน้าจอเครื่องมือ แสดงสัญญาณพัลส์เริ่มต้น (IP: Initial pulse หรือ Main bang) ซึ่งเป็นสัญญาณที่เกิดจากการสะท้อนที่บริเวณผิวของหัวตรวจสอบในกรณีที่มีสัญญาณสะท้อนจากรอยความไม่ต่อเนื่องในชิ้นงาน (F) จะเกิดสัญญาณสะท้อนอยู่ระหว่างพัลส์เริ่มต้น (IP) และสัญญาณสะท้อนจากผิวด้านล่างของชิ้นงาน (Back wall echo : BW)



รูปที่ 2 แสดงสัญญาณของคลื่น

ข้อได้เปรียบของการทดสอบ

1. สามารถทดสอบกับวัสดุได้หลายชนิด
2. สามารถทดสอบวัสดุที่มีความหนามาก ๆได้ (เช่น ถ้าเป็นเหล็กสามารถทดสอบได้ในความหนาหลายเมตร)
3. ต้องการการเข้าถึงชิ้นงานเพียงด้านเดียว
4. ผลการทดสอบสามารถแสดงความลกและขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่องได้
5. เครื่องมือสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อทดสอบงานสนามได้สะดวก

ข้อเสียเปรียบของการทดสอบ

1. ต้องมีการสอบเทียบอุปกรณ์ทุกครั้งก่อนการทดสอบ
2. ความเรียบของผิวชิ้นงานและรูปร่างที่ซับซ้อนของชิ้นงานมีผลต่อการทดสอบมาก
3. ต้องแปรผลการทดสอบจากสัญญาณ ผู้ทดสอบจึงต้องมีทักษะและความชำนาญสูง

<u>ทฤษฎีการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง</u>

ชนิดของคลื่นเสียง มี 4 ชนิดดังนี้

1) **คลื่นเสียงตามยาว (Compressional or longitudinal waves)**

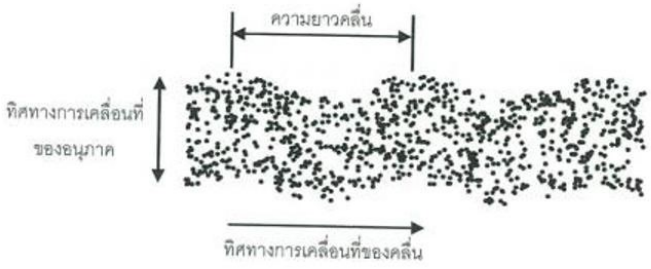
อนุภาคของตวกลางจะมีการสั่นสะเทือนหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนของคลื่นเสียง จะมีช่วงอัดและขยายสลับกันไป ซึ่งถ้าวัดระดับพลังงานจะปรากฏออกมาในรูปคลื่นชายน์ คือ มีพลังงานสูงในช่วงอัด และลดลงในช่วงขยายสลับกันไป



รูปที่ 3 ลักษณะคลื่นเสียงตามยาว

2) **คลื่นเสียงตามขวาง (Transverse or shear wave)**

อนุภาคของตัวกลางจะมีการสั่นสะเทือนหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง มีความเร็วประมาณเท่ากับ 0.5 เท่าของคลื่นเสียงตามยาว คลื่นเสียงตามขวางสามารถเคลื่อนที่ในวัตถุที่เป็นของแข็งได้ เนื่องจากมีความต้านทานต่อแรงเฉือน

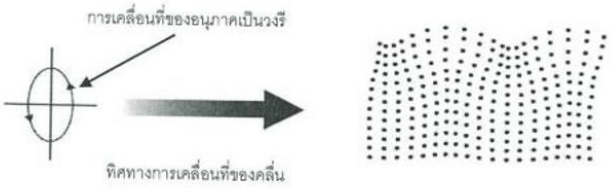


รูปที่ 4 ลักษณะคลื่นเสียงตามขวาง

3) **คลื่นเสียงที่ผิว (Surface or rayleigh waves)**

คลื่นผิวเกิดจากการสั่นสะเทือนและมีการเคลื่อนที่ไปตามพื้นผิว ที่การเคลื่อนที่ของอนุภาคมลักษณะเป็นวงรี ดังแสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วยคลื่น 2 ชนิดรวมกัน คือคลื่นเสียงตามยาวและคลื่นเสียงตามขวาง คลื่นผิวมีความเร็ว

ประมาณ 0.9 เท่าของคลื่นเสียงตามขวาง โดยที่คลื่นเสียงสามารถแพร่ลึกลงไปในเนื้อของวัสดุจากผิวด้านบนได้ประมาณหนึ่งความยาวคลื่นเสียง

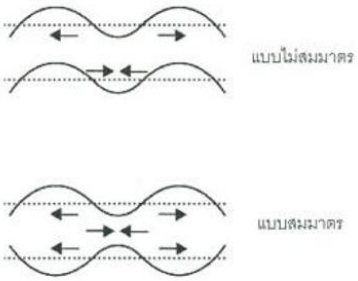


รูปที่ 5 ลักษณะคลื่นเสียงที่ผิว

4) **คลื่นแลมบ์ (Lamb waves)**

คลื่นแลมบ์ (Lamb waves) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคลื่นเพลท (Plate waves) เกิดขึ้นในวัตถุที่มีความหนาใกล้เคียงกันกับความยาวคลื่น คลื่นแลมบ์ มี 2 รูปแบบ คือ

1. แบบไม่สมมาตร (Asymmetrical or bending waves)
2. แบบสมมาตร (Symmetrical waves)



รูปที่ 6 ลักษณะคลื่นแลมบ์

<u>ชนิดของคลื่นเสียงที่ใช้ในการทดสอบ</u>

1. คลื่นเสียงตามยาวในหัวตรวจสอบแบบตั้งฉาก (Normal probe)
2. คลื่นเสียงตามขวางในหัวตรวจสอบแบบมุม (Angle probe)
3. ในชิ้นงานบาง ๆ อาจใช้คลื่นผิวหรือคลื่นแลมบ์ได้

ความเร็วของคลื่นเสียง

ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วของคลื่นเสียงได้แก่ชนิดของตัวกลางและชนิดของคลื่นเสียง ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าคลื่นเสียงแต่ละชนิดมีความเร็วที่แตกต่างกัน เรียงตามลำดับความเร็ว คือ คลื่นเสียงตามยาว คลื่นเสียงตามขวางและคลื่นสียงที่ผิว ความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นเสียงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v = f \times \lambda \ldots (1)$$

โดยที่ v คือ ความเร็วคลื่นเสียง (m/s)

f คือ ความยาวคลื่น (m)

λ คือ ความถี่ (รอบต่อวินาที หรือ Hz)

ตารางที่ 7.1 ความเร็วคลื่นเสียงตามยาวและคลื่นเสียงตามขวาง

วัสดุ	ความเร็วคลื่นเสียงตามยาว (เมตร/วินาที)	ความเร็วคลื่นเสียงตามขวาง (เมตร/วินาที)
เหล็กกล้า	5900	3230
เหล็กหล่อ	4600	2160-2550
ทองแดง	4700	2260
นิกเกิล	5600-5894	2960-3219
อลูมิเนียม	6300	3080
ทองเหลือง	3800-4400	2050-2120
น้ำ (20°c)	1480	-
อากาศ	340	-
กระจกอินทรีย์	2720	1460
ดีบุก	3210	1530
ตะกั่ว	2160	700
สังกะสี	4120	2350

รูปที่ 7 ตารางแสดงความเร็วคลื่นเสียงตามยาวและคลื่นเสียงตามขวาง

ชนิดของหัวตรวจสอบ (Probe)

มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน ได้แก่

1) หัวตรวจสอบแบบหัวตรง (Normal probe หรือ Straight beam) ใช้ทดสอบความหนาของชิ้นงานหรือรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีทิศทางขนานกับผิวของชิ้นงาน คลื่นที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดคลื่นตามยาว

2) หัวตรวจสอบแบบเอียง (Angle probe หรือ Angle beam) ใช้ทดสอบรอบความไม่ต่อเนื่องที่วางอยู่ในแนวเอียงผิว หรือทดสอบในบริเวณที่ใช้ทดสอบแบบหัวตรงไม่ได้ เช่น ในงานเชื่อม

3) หัวตรวจสอบแบบดีเลย์ทิป (Delay tip) จะมีชูเป็นส่วนประกอบทำให้แยกแยะ Initial pulse ออกจากผิวหน้าได้ หรือลดเขตอับ (Dead zone) นั่นเอง

4) หัวตรวจสอบแบบแปรงทาสี (Paint brush) มีรูปร่างคล้ายแปรงทาสี มีขนาดใหญ่สามารถทดสอบครั้งเดียวได้เป็นบริเวณกว้าง

5) หัวตรวจสอบแบบ Dual หรือ T-R probe เป็นหัวตรวจสอบที่มีผลึกจำนวน 2 ผลึก แยกทำหน้าที่ในการส่งและรับคลื่นเสียง ทำให้เพิ่มความสามารถในการทดสอบหารอยความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ใกล้ผิว หรือใช้ทดสอบความหนาของชิ้นงานที่มีขนาด 1-3 มิลลิเมตรได้

<u>วัสดุเพียโซอิเลคทริค (Piezoelectric)</u>

ทำหน้าที่ไปเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานกลในรูปของคลื่นเสียงโดยเมื่อปล่อยไฟฟ้ากระแสสลับให้กับวัสดุเพียโซอิเลคทริคจะเกิดการสั่นสะเทือนตามรอบ ของการปล่อยไฟฟ้า เช่น ถ้ามีกระแสไฟสลับที่ความถี่ 2 ล้านรอบต่อวินาที ก็จะทำให้ผลึกของวัสดุเพียโซอิเลคทริก มีการสั่นสะเทือน 2 MHz หรือ 2 ล้านรอบต่อวินาที

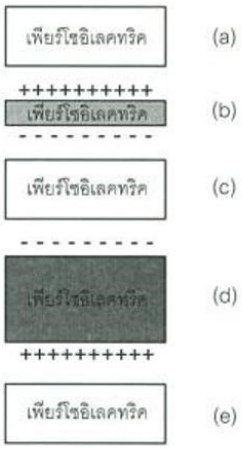
รูปที่ 8a แสดงเมื่อผลึกอยู่ในสภาวะปกติ

รูปที่ 8b แสดงเมื่อผลึกมีประจุที่ผิวบนเป็นบวกและผิวด้านล่างเป็นลบผลึกจะเกิดการหดตัว

รูปที่ 8c แสดงเมื่อผลึกกลับคืนสภาวะปกติ เช่นเดียวกับรูป a

รูปที่ 8d แสดงเมื่อประจุที่ผิวบนเป็นลบ ที่ผิวล่างเป็นบวก ผลึกจะมีการขยายตัว

รูปที่ 8e เมื่อผลึกอยู่ในสภาวะปกติ



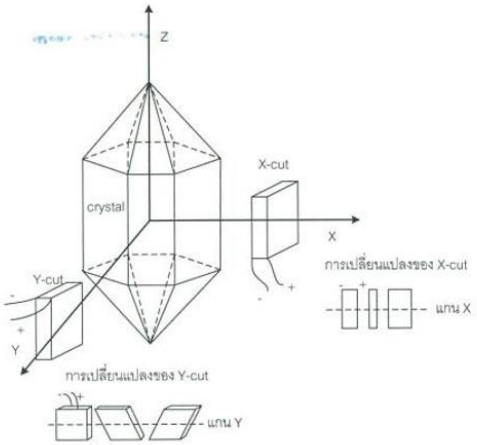
รูปที่ 8 การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานกลของวัสดุเพียโซอิเลคทริค

ส่วนประกอบสำคัญของหัวตรวจสอบคือวัสดุเพียโซอิเลคทริค ซึ่งเป็นผลึกชนิดหนึ่ง ผลึกอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

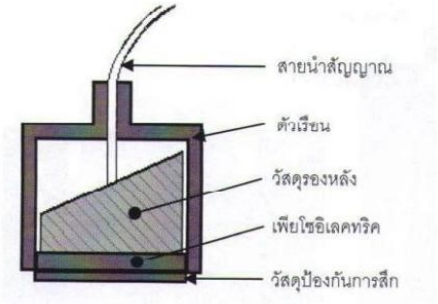
1) ผลึกควอทซ์ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ

2) ผลึกที่สังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการซินเตอร์ (Sinter) โดยทั่วไปเรียกผลึกที่เกิดจากการสังเคราะห์ว่าเป็นผลึกเซรามิค (Ceramic crystal) แบเรียไทเทเนท (Barium titanate) ลีดเซอร์โคเนท ไททาเนต (Lead zirconate) ลีดเมตานิโอเบท (Lead metaniobate)

3) ผลึกที่ทำจากเกลือ เช่น ลิเธียม ซัลเฟต (Litium sulphate) ควอทซ์เป็นผลึกที่มีความแข็งและมีความเสถียร (Stable) รูปร่างเป็นปริซึมโดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปหกเหลี่ยม และที่หัวท้ายทั้งสองข้างเป็นรูปปิรามิด



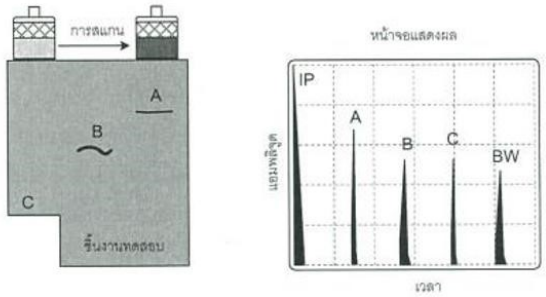
รูปที่ 9 รูปร่างของควอทซ์



รูปที่ 10 โครงสร้างภายในของหัวตรวจสอบคลื่นเสียงความถี่สูง

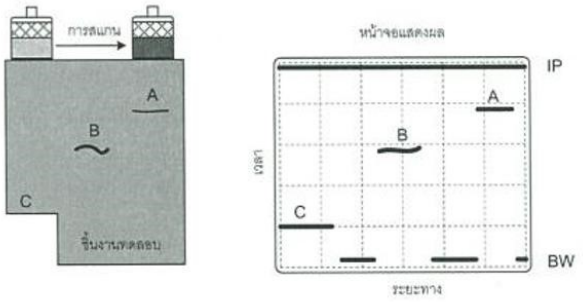
<u>เครื่องมือทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูงแยกประเภทตามการแสดงสัญญาณสะท้อน</u>

1) เอ-สแกน (A-scan) เป็นเครื่องมือที่แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างแกนเวลากับความสูงของแอมพลิจูด หรือเป็นแบบพัลส์-เอคโค ที่นิยมใช้กันอยู่ในงานสนามนั่นเอง



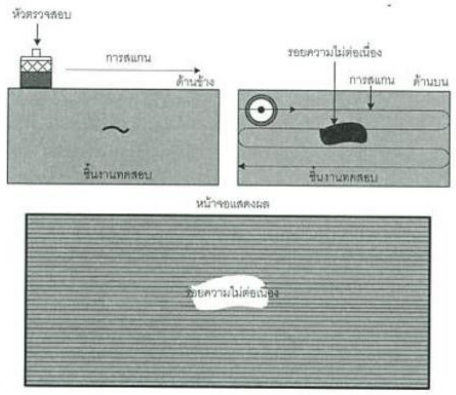
รูปที่ 11 ผลของเครื่องมือแบบเอ-สแกน

2) บี-สแกน (B-scan) เป็นเครื่องมือที่แสดงผลของพื้นที่หน้าตัด (Cross section) และแสดงความลึกของรอยความไม่ต่อเนื่อง รวมถึงผิวบนชิ้นงาน ผิวบนของรอยความไม่ต่อเนื่องและผิวล่างของชิ้นงาน



รูปที่ 12 ผลของเครื่องมือแบบบี-สแกน

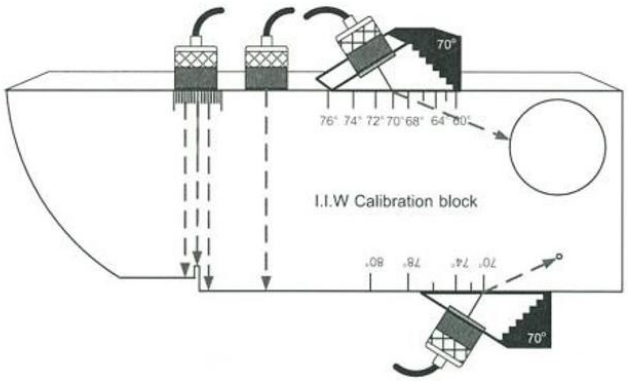
3) ซี-สแกน (C-scan) เป็นเครื่องมือที่แสดงภาพในแนวระนาบ (Plane view) ของชิ้นงาน แต่ไม่แสดงขนาดของความลึกเพียงแต่แสดงความแตกต่างของความลึกออกมาในระดับความเข้มที่ไม่เท่ากัน



รูปที่ 13 ผลของเครื่องมือแบบซี-สแกน

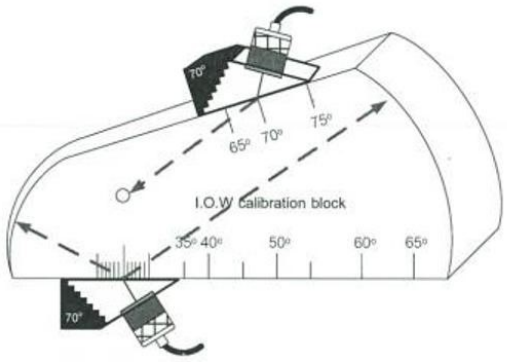
แท่งมาตรฐานสำหรับสอบเทียบ

เป็นแท่งมาตรฐานไว้สำหรับสอบเทียบหาจุดศูนย์กลางลำคลื่นของหัวตรวจสอบ เพื่อหามุมที่แท้จริงของหัวตรวจสอบแบบเอียง และตั้งระยะทดสอบ แท่งสอบเทียบมาตรฐานวี 1 (V1) และวี 2 (V2)



รูปที่ 14 แท่งสอบเทียบมาตรฐาน V1

แท่งมาตรฐาน V1 นั้น สามารถใช้ทดสอบความสามารถในการแยกแยะและสำหรับไว้ตั้งค่ากำลังขยายสำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน AWS D1.1



รูปที่ 14 แท่งสอบเทียบมาตรฐาน V2

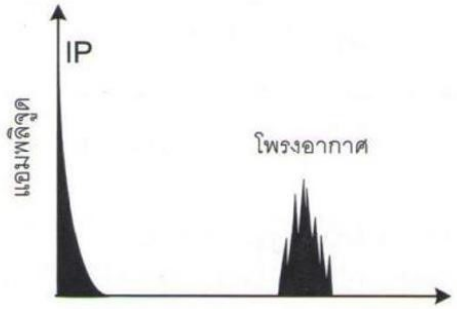
สารช่วยสัมผัส (Couplant)

เป็นสารที่เข้าไปแทนที่ช่องว่างของอากาศระหว่างหัวตรวจสอบกับชิ้นงาน เนื่องจากอากาศมีความต้านทานเสียง ที่ต่างจากชิ้นงานมาก ทำให้คลื่นเสียงผ่านจากหัวตรวจสอบเข้าไปในชิ้นงานได้น้อยมาก สารช่วยสัมผัสมีสถานะเป็นได้ทั้งของเหลว กึ่งของเหลว เช่น แป้งเปียก หรือแม้กระทั่งของแข็ง สารช่วยสัมผัสที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ไม่เป็นอันตรายต่อชิ้นงาน หัวตรวจสอบ และผู้ทดสอบ
2. มีส่วนผสมสม่ำเสมอ กระจายได้ดีตลอดทั่วทั้งชิ้นงาน ไม่มีช่องอากาศ
3. สามารถเกาะติดได้บริเวณผิวชิ้นงานและสามารถกำจัดออกได้ง่าย
4. สามารถส่งผ่านคลื่นเสียงได้ดี มีค่าความต้านทานคลื่นเสียงใกล้เคียงกับชิ้นงาน

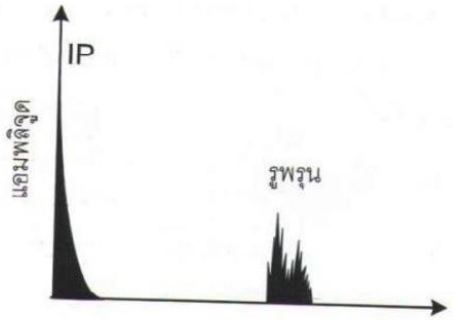
<u>การแยกแยะรอยความไม่ต่อเนื่องภายในรอยเชื่อม</u>

1. โพรงอากาศที่อยู่แยกเป็นอิสระจากกัน



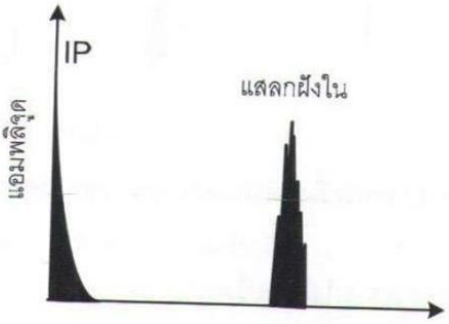
รูปที่ 15 สัญญาณสะท้อนจากโพรงอากาศที่อยู่แยกเป็นอิสระจากกัน

2. รูพรุน



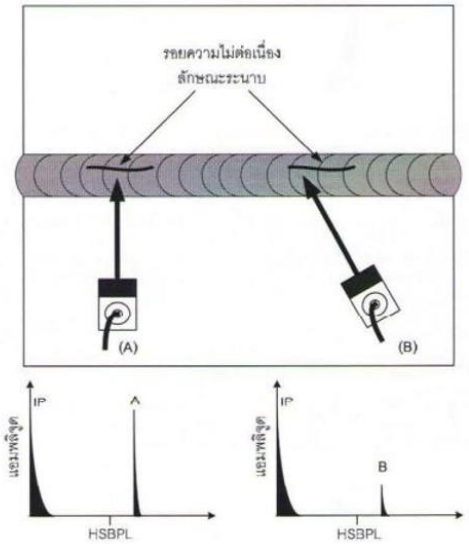
รูปที่ 16 สัญญาณสะท้อนจากรูพรุน

3. สแลกฝังใน



รูปที่ 17 สัญญาณสะท้อนจากสแลกฝังใน

4. รอยความไม่ต่อเนื่องในลักษณะระนาบ ได้แก่ รอยร้าว การหลอมละลายลึกไม่สมบูรณ์ และการหลอมละลายไม่สมบูรณ์



รูปที่ 18 การเคลื่อนที่หัวตรวจสอบแบบหมุนรอบตัวเอง

ปฏิบัติการสร้างชิ้นงานต้นแบบ Rapid Prototype (3D Printing)

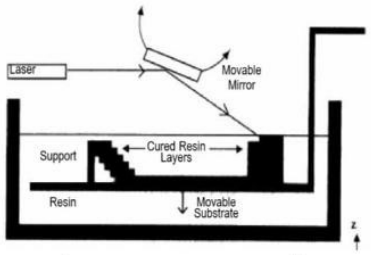
จุดประสงค์

1. เพื่อเรียนรู้กระบวนการสร้างชิ้นงานต้นแบบ (Rapid Prototype)
2. สามารถตกแต่งชิ้นงานแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Geomagic Studio
3. สามารถสร้างชิ้นงานสามมิติด้วยเครื่อง 3D Printer โดยใช้เทคโนโลยีแบบ FDM

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

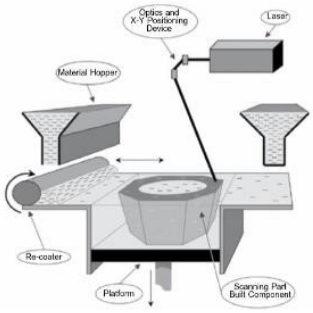
ก่อนที่จะผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้เราได้เห็นกันนั้นทางผู้ผลิตมักจะต้องทำ ชิ้นงานต้นแบบ (Prototype) ขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์หรือทดสอบการใช้งานและถูกพัฒนามาเป็นผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดในที่สุด เทคโนโลยี Rapid Prototype (RP) เป็นกระบวนการสร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยความรวดเร็ว ซึ่งนิยมใช้ในหลากหลายวงการทั้งทางด้านการออกแบบ วงการแพทย์ หรือแม้แต่กระทั่งใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักร หลักการของเทคโนโลยี Rapid Prototype คือ การออกแบบด้วยโปรแกรม 3D บนคอมพิวเตอร์แล้วส่งไฟล์ 3D ของ CAD Model นั้นไปยังอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี Rapid Prototype เพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบตามที่ได้ออกแบบ การผลิตชิ้นงานต้นแบบด้วยเทคโนโลยี Rapid Prototype อาจแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ตามวิธีการผลิต คือ

1. **การใช้พอลิเมอร์ไวต่อแสงในการขึ้นรูป (photopolymerization)**
   หลักการขึ้นรูปชิ้นงาน คือ การใช้วัสดุประเภทเรซินที่สามารถแข็งตัวได้ เมื่อถูกฉายด้วยแสง Ultraviolet ซึ่งมักจะได้จากเลเซอร์ประเภท UV Lasers โดยชิ้นงานต้นแบบจะถูกสร้างขึ้นที่ละชั้นๆจากด้านล่างขึ้นด้านบน เพื่อให้เรซินชนิดไวแสงเปลี่ยนรูปเป็นของแข็งในตำแหน่งที่ต้องการ ชิ้นงานที่มีส่วนโค้งหรือมีความซับซ้อนมาก อาจต้องอาศัยการสร้างส่วนรองรับที่เรียกว่า Support ขึ้นมาไปพร้อม ๆ กับการขึ้นรูปตัวชิ้นงานด้วย



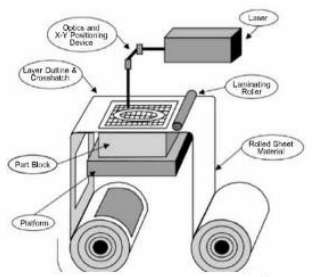
รูปที่1 การใช้พอลิเมอร์ไวต่อแสงในการขึ้นรูป

2. **การใช้เลเซอร์หรือกาวในการเชื่อมติดผงวัสดุเข้าด้วยกัน (sintering/ bonding)**
   วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจะอยู่ในรูปของวัสดุผง โดยทั่วไปจะนิยมใช้ผงพลาสติก เนื่องจากมีจุดหลอมตัวต่ำ ทำให้ง่ายในการขึ้นรูป ขนาดของผงพลาสติกที่ใช้จะมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน ซึ่งผงวัสดุเหล่านี้จะถูกให้ความร้อนด้วยเลเซอร์บนตำแหน่งที่เป็นหน้าตัดของชิ้นงาน ความร้อนที่ได้มากพอที่จะทำให้ผงพลาสติกแต่ละเม็ดในบริเวณที่ถูกฉายด้วยเลเซอร์สามารถยึดเกาะติดกันได้ และยังสามารถยึดเกาะกับชั้นที่ขึ้นรูปไปแล้วก่อนหน้าได้อีกด้วยเพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างแข็ง 3 มิติ



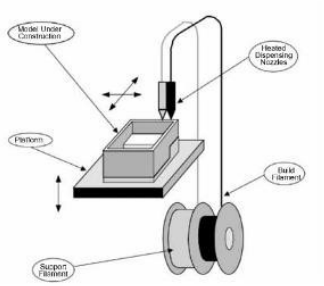
รูปที่2 การใช้เลเซอร์หรือกาวในการเชื่อมติดผงวัสดุเข้า

3. **การตัดและติดแผ่นวัสดุทีละชั้น (layer laminate manufacturing)**
หลักการขึ้นรูปชิ้นงาน คือ การตัดแผ่นวัสดุที่มักทำจากกระดาษโดยที่ด้านหนึ่งถูกเคลือบด้วยกาวที่จะติดเมื่อได้รับความร้อนจากการตัด แผ่นวัสดุจะถูกตัดด้วยเลเซอร์ให้ได้รูปร่างตรงตามพื้นที่หน้าตัดของตัวแบบในส่วนนั้นๆ แผ่นวัสดุแต่ละแผ่นจะซ้อนติดกันเป็นชั้นๆจนได้ชิ้นงานตามต้องการ บริเวณที่ไม่ใช่ส่วนของชิ้นงานจะถูกตัดเป็นตารางเล็กๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแกะออกเมื่อทำการขึ้นรูปเสร็จสมบูรณ์



รูปที่3 การตัดและติดแผ่นวัสดุทีละชั้น

4. **การใช้พลาสติกร้อนเรียงตัวขึ้นเป็นชิ้นงาน (extrusion processes)** หลักการขึ้นรูปชิ้นงาน คือ การใช้เส้นพลาสติกที่ถูกทำให้ร้อนนำมาเรียงเป็นโครงสร้างขึ้นมาเป็นชั้นๆ โดยส่วนที่เป็นชิ้นงานและส่วนรองรับจะใช้เส้นพลาสติกและรูปแบบการเรียงที่ต่างกัน โดยส่วนที่ทำหน้าที่รองรับนั้นจะช่วยเสริมความมั่นคงของชิ้นงานในระหว่างการขึ้นรูป และจะถูกเอาออกภายหลังจากที่ชิ้นงานได้รับการขึ้นรูปจน เสร็จสมบูรณ์แล้ว เทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแบบนี้ คือ Fused Deposition Modeling (FDM)



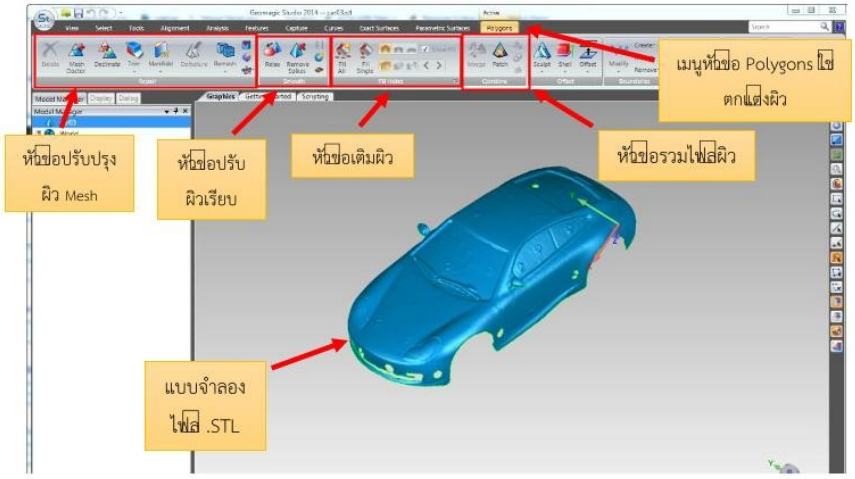
รูปที่4 การใช้พลาสติกร้อนเรียงตัวขึ้นเป็นชิ้นงาน

สำหรับการพิจารณาเลือก Rapid Prototype Technologies มีหลักการคร่าวๆ ดังนี้

- ราคาและค่าใช่จ่าย (Cost) : ค่าเครื่องจักร ค่าติตั้ง ค่าซ่อมบำรุง ค่าอะไหล่ ค่าวัสดุ และค่าเจ้าหน้าที่มาดูแลเครื่องจักรด้วย
- การใช้งานและการดูแลรักษา (Operation and Maintenance) : แต่ละเทคโนโลยีมีความยากง่ายในการใช้งานและการดูแลรักษาที่แตกต่าง บางเทคโนโลยีอาจจำเป็นที่จะต้องใช้พนักงานที่มีความชำนาญและผ่านการอบรมการใช้งานมาอย่างดีจึงจะสามารถใช้งานเครื่องจักรได้
- เวลาที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน (Time) : เวลาทั้งหมดโดยเริ่มตั้งแต่ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล เตรียมวัสดุ เตรียมเครื่องจักร ขั้นตอนในการขึ้นรูป และขั้นตอนหลังจากขึ้นรูป หรือ Post processing ของแต่ละเทคโนโลยี
- ลักษณะในการนำชิ้นงานต้นแบบไปใช้งาน (Application) : ขึ้นกับวัตุประสงค์ในการใช้งานต่างๆ ดังนี้
    - Functional Testing สำหรับชิ้นงานที่ต้องการนำไปทดสอบสมบัติทางกลต้องใช้เทคโนโลยีที่สามารถที่จะผลิตชิ้นงานที่มีความแข็งแรงได้
    - Design View (Concept Design) สำหรับชิ้นงานที่ต้องการนำมาตรวจสอบความถูกต้องของรูปร่างหรือลักษณะภายนอกทั้งหมด ก็สามารถเลือกเทคโนโลยีที่สามารถผลิตได้เร็ว และไม่ต้องเที่ยงตรงมากนัก
    - Form/fit and Assembly สำหรับชิ้นงานที่ต้องการนำมาประกอบต้องผลิตด้วยเทคโนโลยีที่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความเที่ยวตรงสูงและความแข็งแรงของชิ้นงานที่เพียงพอ
    - Presentation Models ชิ้นงานจำเป็นจะต้องมีความแข็งแรง เนื่องจากจะต้องนำไปขัดผิวให้เรียบและจึงทำการชุบหรือพ่นสีให้ได้ผิวที่มันวาวเหมือนชิ้นงานสำเร็จ

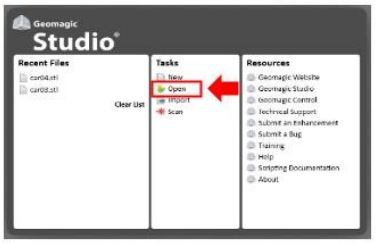
หลักการทั้งหมดนี้เป็นเพียงหลักการคร่าวๆ เท่านั้น ถ้าคิดที่จะเลือกเทคโนโลยี Rapid Prototype มาใช้จริงๆ ต้องทำการหาข้อมูลจากผู้ขาย ทำการทดลองใช้ และนำข้อมูลทั้งหมดมาเปรียบเทียบเพื่อเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Geomagic Studio 2014



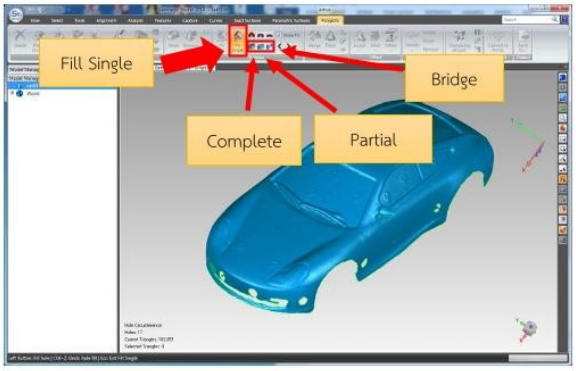
รูปที่5 รูปเมนูคำสั่งโปรแกรม Geomagic Studio 2014

1. เปิดโปรแกรม Geomagic Studio 2014 และเปิดไฟล์ *.STL ที่ได้จากการสแกนเก็บพิกัดผิวเรียบร้อยแล้ว



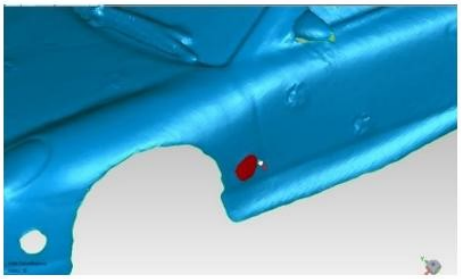
รูปที่6 รูปเมนูสำหรับเปิดไฟล์

2. ที่หัวข้อเติมผิวเลือก **Fill Single** เพื่อเติมผิวบริเวณที่ไม่สามารถสแกนได้ จะประกอบไปด้วยเครื่องมือ 3 รูปแบบ ได้แก่ **Complete, Partial** และ **Bridge** ซึ่งจะมีรายละเอียดการใช้งานแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้



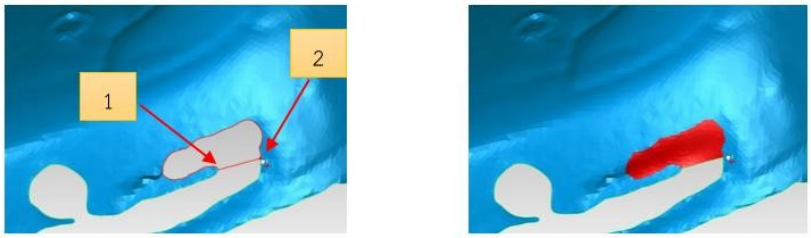
รูปที่7 รูปเมนูเติมผิว (Fill Single)

2.1 **Complete Fill** : จะเติมในลักษณะพื้นที่ปิด ใช้งานโดยเมื่อกดคำสั่งแล้ว ให้คลิกที่ขอบของรูผิว และกดยืนยันการเติมผิว



รูปที่8 รูปเมนู Complete Fill

2.2 **Partial fill** : จะเป็นการเติมผิวชิ้นงานแบบแยกส่วน หรือทำทีละส่วน



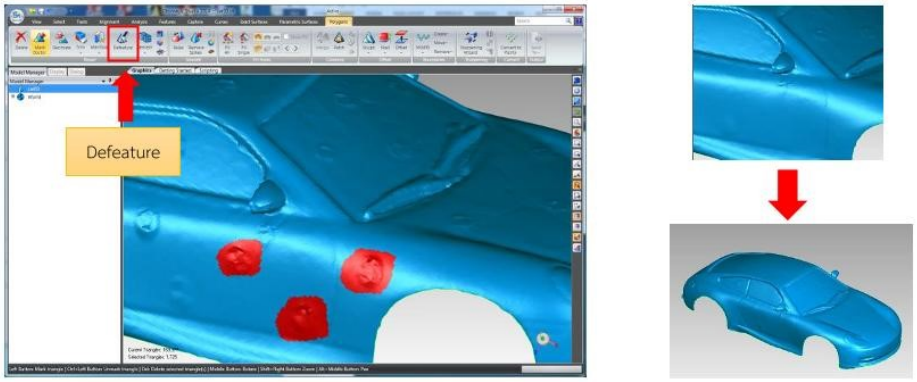
รูปที่9 รูปเมนู Partial fill

2.3 **Bridge fill** : ใช้สำหรับเติมผิวที่ผิวหายไปค่อนข้างมาก ใช้สำหรับการสร้างผิวชิ้นงานเพิ่มเติมเพื่อให้ได้รูปร่างตามชิ้นงาน เมื่อเลือกทั้งสองขอบเขตแล้วโปรแกรมจะสร้างพื้นผิวเชื่อมต่อชิ้นมา



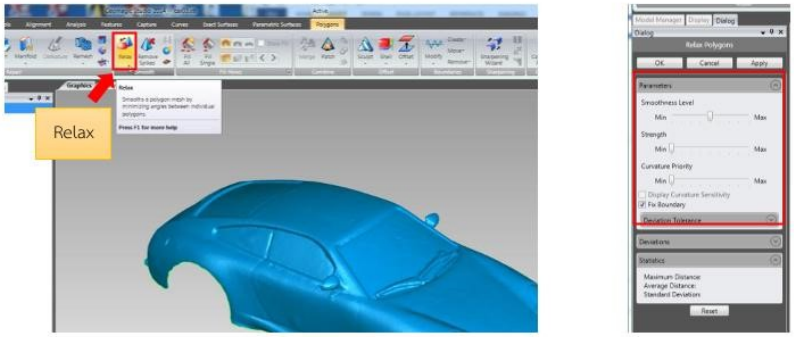
รูปที่10 รูปเมนู Bridge fil

3. คำสั่ง **Defeature** เพื่อลบบริเวณที่เป็นรอบนูนหรือรอยยุบที่เกิดขึ้น โดยคลิกซ้ายเลือกพื้นผิวบริเวณที่ต้องการ เมื่อกดคำสั่ง Defeature เรียบร้อยแล้ว พื้นผิวบริเวณที่ได้เลือกไว้ตอนต้น พื้นผิวก็จะมีความเรียบเนียน



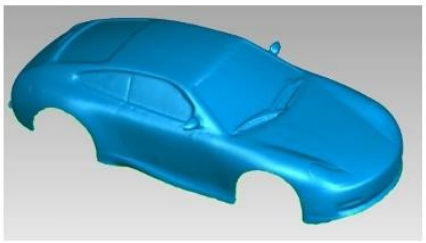
รูปที่11 รูปเมนู Defeature

4. คลิกเลือกคำสั่ง **Relax** ในหัวข้อปรับผิวเรียบ จากนั้นปรับค่าระดับความเรียบ ความแรงของความเรียบ และความสำคัญของผิวโค้ง ให้มีความเหมาะสม ไม่มากจนเกินไปเพราะ จะทำให้รายละเอียดของชิ้นงานหายไป



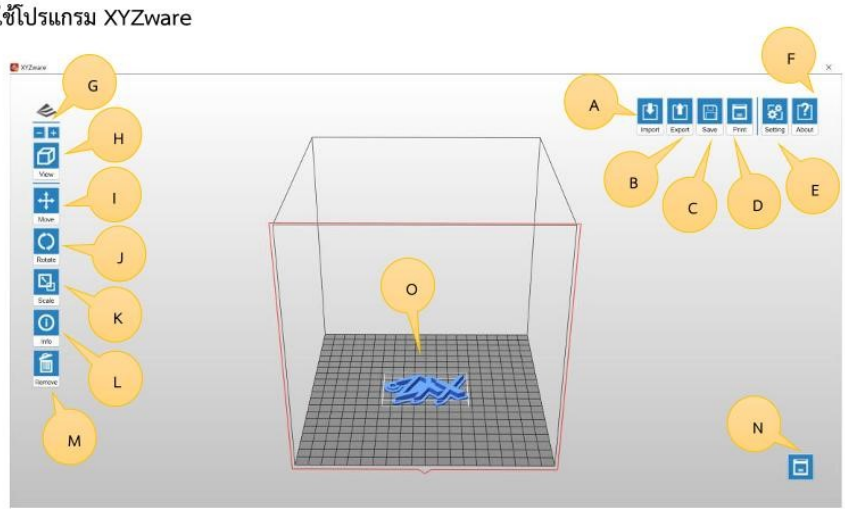
รูปที่12 รูปเมนู Relax

แบบจำลองไฟล์พื้นผิวเมื่อทำการตกแต่ง เติมผิว ปิดผิว และปรับความเรียบ เรียบร้อยแล้วจะได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ที่พร้อมในการใช้งานในขั้นตอนต่อไป



รูปที่13 รูปไฟล์ชิ้นงานที่ตกแต่งเรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม XYZware



รูปที่14 รูปเมนูคำสั่งโปรแกรม XYZware

A : นำเข้าไฟล์ .Stl /.3W

B : ส่งออก .3W

C : บันทึกเป็น .Stl /.3W

D : การตั้งค่าลักษณะการพิมพ์

E : การตั้งค่าภาษา

F : อัปเดทข้อมูล/ซอฟแวร์

G : ซูมเข้า/ออก

H : สลับมุมมอง

I : เคลื่อนวัตถุ

J : หมุนวัตถุ

K : ปรับขนาดวัตถุ

L : ดูข้อมูลของวัตถุ

M : แกะวัตถุออกจากฐานวางชิ้นงาน

N : ดูสถานะเครื่องพิมพ์

O : ชิ้นงาน ไฟล์ .stl

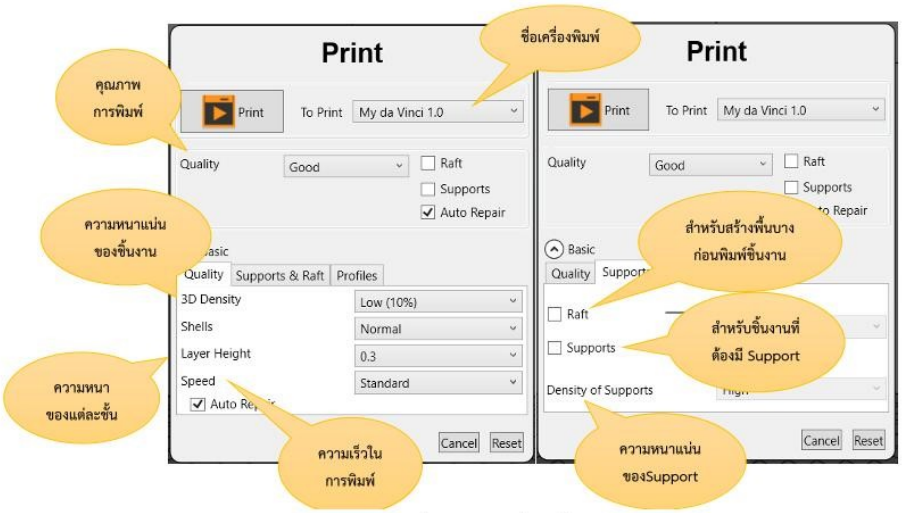


รูปที่15 รูปเครื่อง 3D Printer รุ่น da Vinci 1.0 AiO

ขั้นตอนการใช้โปรแกรมเบื้องต้น

1. นำเข้าชิ้นงานไฟล์ .stl ไปยังฐานวางชิ้นงาน
2. เลือกที่เมนู Move และดูให้มั่นใจว่าชิ้นงานอยู่บนพื้น โดยมีค่า Z (Set Position) เป็น 0 หรือเลือกที่ปุ่ม Land โมเดลจะมาตั้งบนพื้นอัตโนมัติ
3. ในกรณีชิ้นงานใหญ่เกินฐานพิมพ์หรือวางอยู่นอกกรอบ โปรแกรมจะเตือนด้วยการเปลี่ยนชิ้นงานเป็นสีแดง ให้ทำการปรับขนาดโดยเลือกเมนู Scale และปรับขนาดให้เหมาะสม
4. สามารถพลิกชิ้นงานได้ทั้งแกน X, Y และ Z โดยคลิกเลือกที่เมนู Rotate และใส่องศาของแกน X, Y, Z ตามที่ต้องการปรับ
5. กด Print (พิมพ์) เพื่อตั้งค่าการกำหนดลักษณะการพิมพ์

การตั้งค่าการกำหนดลักษณะการพิมพ์



รูปที่16 รูปเมนูคำสั่งการตั้งค่าลักษณะการพิมพ์

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ไฟล์ชิ้นงานที่สแกนมาเรียบร้อยแล้ว
2. เครื่องพิวเตอร์ที่ลงโปรแกรม Geomagic Studio
3. เครื่อง 3D Printer
4. กาว UHU

วิธีการทดลอง

1. เตรียมไฟล์ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติที่สแกนมาเรียบร้อยแล้ว (ไฟล์ .stl)
2. นำไฟล์ชิ้นงานเตรียมมา ตกแต่งด้วยโปรแกรม Geomagic Studio

    เลือกเมนู Fill Single เพื่อเติมผิวบริเวณที่ไม่สามารถสแกนได้

    เลือกเมนู Defeature เพื่อลบบริเวณที่เป็นรอบนูนหรือรอยยุบที่เกิดขึ้น

    เลือกเมนู Relax เพื่อปรับผิวเรียบ
3. เปิดที่โปรแกรม XYZware กด Import เพื่อเลือกไฟล์ชิ้นงานที่ผ่านการตกแต่งเรียบร้อยแล้ว

    เลือกเมนู Move เพื่อปรับชิ้นงานอยู่บนพื้น ในตำแหน่งที่เหมาะสม

    เลือกเมนู Scale และปรับขนาดให้เหมาะสม

    เลือกเมนู Rotate และใส่องศาของแกน X, Y, Z เพื่อปรับพลิกชิ้นงานได้ทั้งแกน X, Y และ Z
6. กด Print เพื่อตั้งค่าการกำหนดลักษณะการพิมพ์ให้เหมาะสมกับชิ้นงาน
7. ใช้กาว UHU ทาที่แท่นพิมพ์ก่อนทำการพิมพ์ชิ้นงาน
8. แกะชิ้นงานออกจากเครื่องพิมพ์ 3D Print

พื้นฐานวินิจฉัยการผิดปกติเครื่องจักรหมุนด้วยวิธิการวัดและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน

วัตถุประสงค์

1. เข้าใจหลักการวัดการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 10816

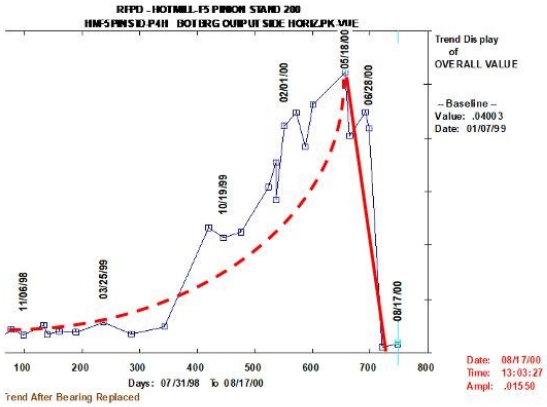
2. เข้าใจหลักการ และ การวิเคราะห์สัญญาณเชิงความถี่ (Spectrum) เพื่อวินิจฉัยความเสียหายของเครื่องจักรหมุน อาทิ การเสียสมดุล การเยื้องศูนย์เพลา การหลวงคลอนทางกล เป็นต้น

3. เข้าใจหลักการประเมิณสภาพการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรหมุน ตามมาตรฐาน ISO 10816

4. เข้าใจหลักการประเมิณ และ วิเคราะห์สภาพความเสียหายของตลับลูกปืน จานการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน

หลักการ

การบำรุงรักษาเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรมนั้น กลยุทธ์งานบำรุงรักษาแบบตามสภาพ (condition based maintenance) มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น โดยกลยุทธ์งานบำรุงรักษาตามสภาพนั้น เป็นกลยุทธ์ที่สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องจักรได้ว่า เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งานได้ตามปกติหรือไม่ เป็นกลยุทธ์ที่สามารถป้องกันความเสียหายเนื่องจากเครื่องจักรหยุดกะทันหัน (break down) ได้ดี โดยกลยุทธ์การบำรุงรักษาตามสภาพนั้น สิ่งสำคัญ หรือ หัวใจในงานบำรุงรักษาตามสภาพ คือ การตรวจสอบเครื่องจักร(Inspection) ซึ่งดัชนีที่ได้รับความนิยมในการตรวจสอบเครื่องจักร คือการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (Vibration analysis) เนื่องจากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนเป็นเทคโนโลยีที่สามารถคาดการณ์ความเสียหายของเครื่องจักร [2] เช่น การเสียสมดุล(Unbalance), การเยื้องศูนย์ (Misalignment) , การหลวมคลอนทางกล (Mechanical looseness) และความเสียหายของแบริ่ง (bearing defect) เป็นต้น และยังสามารถทราบแนวโน้มความเสียหายของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรว่ากำลังเกิดความเสียหายขึ้น ดังรูปที่1



<u>รูปที่1</u> ค่าแรงสั่นสะเทือนที่วัดได้ในแต่ละเดือน

จากรูปที่1 แสดงแนวโน้มความเสียหายของเครื่องจักรโดยแกนนอน คือเวลาที่ไปเก็บค่า (operating time) แกนตั้ง แสดงค่าการสั่นสะเทือนในหน่วยความเร่ง โดยเส้นประแสดงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าเครื่องจักรมีความเสียหายมากขึ้น เส้นทึบแสดงว่าเมื่อทำการแก้ไขแล้วเครื่องจักรมีค่าการสั่นสะเทือนลดลงหรือ กลับสู่สภาวะปกติ

<u>2. การสั่นสะเทือน</u>

การสั่นสะเทือน คือ ปรากฏการณ์ของการเคลื่อนที่ไปกลับไปกลับมาของวัตถุภายใต้แรงกระทำ [1] ซึ่งโดยทั่วไปนั้น การสั่นสะเทือนเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นกับเครื่องจักรหมุน(Rotating machine) แต่มักหลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างดีที่สุดก็คือการพยายามจำกัดขนาดของการสั่นให้อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ โดยในการศึกษาการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรนั้น พื้นฐานที่ ต้องทำความเข้าใจ คือ โดเมนเวลา (wave form), โดเมนความถี่ (spectrum),การแปลงฟูริยร์อย่างเร็ว (Fast Fourier Ttransform), ขนาดของการสั่นสะเทือน(amplitude), ความถี่(frequency), หน่วยวัดขนาดของการสั่นสะเทือน

2.1 ความถี่

ความถี่ในที่นี้หมายถึง จำนวนรอบของการสั่นสะเทือน ต่อหน่วยเวลา ซึ่งสามารถอธิบายอยู่ในรูปของ รอบต่อวินาที(cycle per second, Hz), รอบต่อนาที (cycle per minute, CPM) แต่ถ้าต้องการอธิบายถึงความเร็วของเครื่องจักรจะใช้ รอบ ต่อ นาที (revolution per minute, RPM) ซึ่งในการศึกษางานด้านการวิเคราะห์การสั่นเทือน พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญ อีกตัวหนึ่งคือ ลำดับขั้น (order) เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงว่า

เมื่อเครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนแล้ว แรงกระทำที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับความเร็วของเครื่องจักร มีค่าเป็นเท่าไหร่ ดังสมการ

$$\text{Order}=\frac{\text{CPM}}{\text{RPM}} \qquad (1)$$

ตัวอย่าง1



ทำการวัดค่าการสั่นสะเทือนของชุดพัดลม โดยพัดลม มีความเร็ว 1,500 rpm, มีจำนวนใบพัด 5 ใบ

CPM	1500	3000	9000
Order	1x	2x	6x

ซึ่งจากตัวอย่างพบว่า ชุดพัดลม เกิดแรงกระทำ เกิดขึ้นสามแบบ คือ เมื่อพัดลมหมุนหนึ่งรอบ เกิดแรงขึ้นหนึ่งครั้ง แบบที่สอง คือ เมื่อพัดลมหมุนหนึ่งรอบ เกิดแรงกระทำขึ้นสองครั้ง และแบบที่สามคือ เมื่อพัดลมหมุนหนึ่งรอบ เกิดแรงกระทำขึ้นหกครั้ง ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นสามารถทำให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวเครื่องจักรได้ จากตารางพบว่า เครื่องจักรชุดนี้มีปัญหา การเยื้องศูนย์ และ มีความเสียหายเกิดขึ้นในใบของพัดลม ด้วยนั่นเอง

ตารางที่1 แสดงตัวอย่างของ ลำดับขั้นที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรสัมพันธ์กับความเสียหาย

ความเสียหาย (fault)	ลำดับขั้น (order)
การเสียสมดุล (unbalance)	1x
การเยื้องศูนย์(misalignment)	2x
ความเสียหายที่เกิดกับใบพัด ยกตัวอย่าง 6 ใบ	6x

2.2 ขนาดของการสั่นสะเทือน (Amplitude)

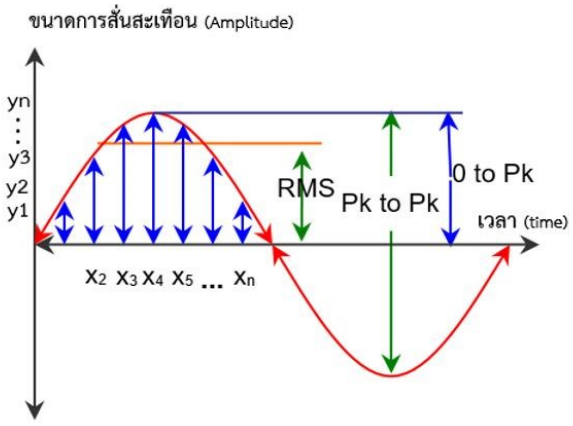
ขนาดการสั่นสะเทือน(Amplitude) สำหรับงานวัดการสั่นสะเทือนสามารถจำแนกได้เป็น 3 หน่วย ได้แก่

1. การขจัด (displacement)

2. ความเร็ว (velocity)

3. ความเร่ง (acceleration)

โดยส่วนใหญ่นั้นในการตรวจสอบแรงสั่นสะเทือนของเครื่องจักรนิยมใช้ หน่วยทั้งสามชนิดในการวิเคราะห์หาความผิดปกติของเครื่องจักรอาทิเช่น การขจัด(displacement) เป็นหน่วยที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร ของโครงสร้าง หรือของส่วนที่มีการหมุนของเครื่องจักร สำหรับพารามิเตอร์ความเร็ว (velocity) คือความเร็วในการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของเครื่องจักรเมื่อเกิดการสั่น แสดงถึงความเสียหายของเครื่องจักรที่เกิดการแรงล้า(fatigue) ของเครื่องจักรนั่นเอง ยิ่งเครื่องจักรมีขนาดของความเร็วมากแสดงว่าเครื่องจักรมีโอกาสเกิดความเสียหายจากแรงล้ามากนั่นเอง และความเร่ง(acceleration) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมวลในการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกฎข้อสองของนิวตัน $\sum F = ma$ พบว่า ค่าความเร่งมีความสัมพันธ์กับแรงที่กระทำกับเครื่องจักร กล่าวคือ เมื่อสนใจพารามิเตอร์ความเร่งแสดงว่ากำลังสนใจแรงที่เกิดการกระแทกภายในเครื่องจักร อาทิเช่น แรงกระแทกเนื่องจากความเสียหายของตลับลูกปืน (Bearing) เป็น



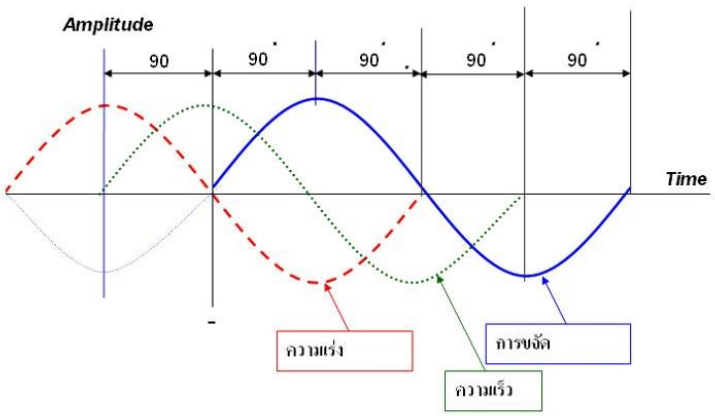
รูปที่ 2 แสดงคุณภาพแรงสั่นสะเทือนแบบ RMS,0-pk, pk to pk

ซึ่งในด้านคุณภาพของแรงสั่นสะเทือนที่นิยมใช้วัด ได้แก่ Peak value คือ ค่าสูงสุดของขนาดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง, Root mean square value (RMS) คือ ค่าเฉลี่ยของผมรวมของแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 4

$$RMS = \sqrt{\frac{y_1^2+y_2^2+y_3^2+\cdots+y_n^2}{n}} \quad (4)$$

โดย n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

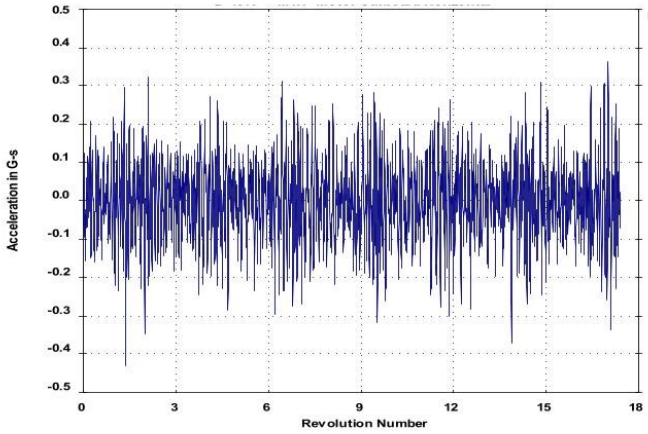
ส่วนค่า peak to peak คือค่าสูงสุด ถึงค่าต่ำสุดของขนาดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ ค่าทั้งสามแบบที่กล่าวมาข้างต้น มักจะปรากฏอยู่ทั้งในมาตรฐานของการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร และอุปกรณ์วัดแรงสั่นสะเทือนต่างๆ และยังพบว่าส่วนของความเร็ว และความเร่งจะมีมุมเฟสนำการขจัดอยู่ 90 องศา และ 180 องศา ตามลำดับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการขจัด ความเร็ว และความเร่ง

2.3 การวิเคราะห์แบบสเปกตรัม (Spectrum Analysis)

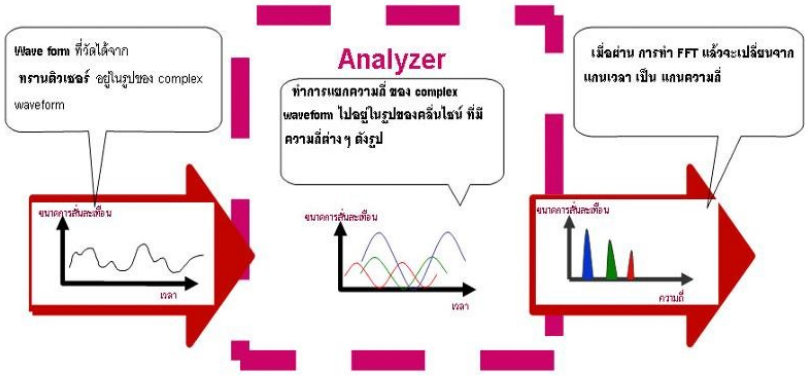
การที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการกล่าวถึง สัญญาณในรูปของคลื่นไซน์ หรือ แบบฮาร์โมนิกส์อย่างง่าย (Simple harmonic) ซึ่งประกอบไปด้วยแกนของเวลา(Time) และแกนของขนาดของการสั่น ดังรูปที่2 ซึ่งเรียกว่า โดเมนเวลา หรือ waveform โดยในความเป็นจริงนั่น สัญญาณที่ได้จากการวัดการสั่นสะเทือนนั้น จะแสดงอยู่ในรูปแบบ complex waveform ดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นการยากที่จะแยกปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรนั้นๆ ได้



รูปที่4 Complex waveform

2.3.1 การแปลงฟูริเยร์อย่างเร็ว(Fast Fourier Transform, FFT)

การแปลงฟูริเยร์อย่างเร็วเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ทำการแปลงจากโดเมนของเวลา หรือ waveform มาอยู่ในรูปของโดเมนความถี่(Frequency) หรือ spectrum นั่นเอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมาก สำหรับงานวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในปัจจุบันทำให้เกิดเครื่องมือวิเคราะห์การสั่นสะเทือนแบบ FFT ซึ่งเครื่องมือวิเคราะห์การสั่นสะเทือน ที่สามารถวินิจฉัยปัญหาที่เกิดกับเครื่องจักรได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งหลักการทำงานเป็นไปดังรูปที่ 5



รูปที่5 แผนภาพการทำงานของเครื่องวิเคราะห์การสั่น สะเทือน เมื่อผ่านกระบวนการ FFT

โดยในปัจจุบันนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนแบบFFT จะมีกระบวนการทางคณิตศาสตร์นี้อยู่เพื่อช่วยในการ แปลง wave form ไปเป็น spectrum

3 ตัวอย่างมาตรฐานในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน

การพิจารณาค่าแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรนั้น มาตรฐานที่ถูกนำมาอ้างอิงในการกำหนดความรุนแรงของปัญหา คือ มาตรฐานสากล ISO 10816 ประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 ส่วน โดยค่ามาตรฐานที่กล่าวมานี้ จะวัดค่าแรงสั่นสะเทือนในรูปแบบของความเร็วหน่วยเป็น mm/sec, rms สำหรับหน่วยแบบเมตริกซ์ และ in/sec ,rms สำหรับหน่วยแบบ อังกฤษ จากตารางที่2 แสดงให้เห็น มาตรฐานสำหรับการวัดการสั่นสะเทือนแบบ non rotating part (Casing) โดยเรียกว่า มาตรฐาน ISO 10816 part 1 ถึง part 6 สำหรับ ปฏิบัติการพื้นฐานวินิจฉัยการผิดปกติเครื่องจักรหมุนด้วยวิธิการวัดและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน จะขอกล่าวถึงเฉพาะ มาตรฐาน ISO 10816 part1 และ ISO 10816 part3 โดยมาตรฐานเหล่านี้จะนำไปใช้ในการประเมินความผิดปกติของเครื่องจักรว่า ควรใช้งานต่อไปหรือไม่ แต่ ไม่สามารถวินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรนั้นๆได้

ตารางที่2 มาตรฐาน ISO 18016 part 1 ถึง part 6

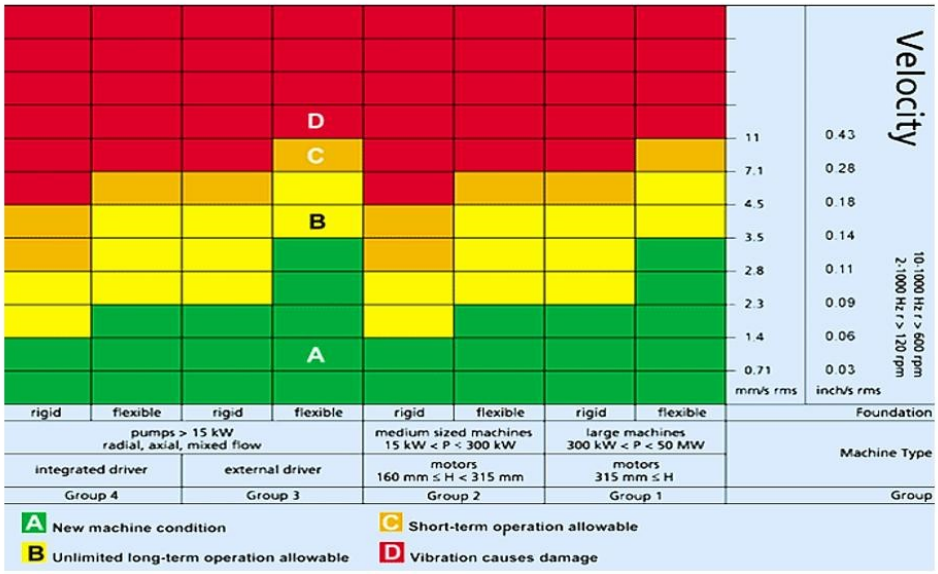
ISO	
10816 - 1	ข้อมูลทั่วไปในเรื่องเครื่องจักรที่สามารถตรวจสอบได้ วิธีการ และตำแหน่งในการวัดค่าแรงสั่นสะเทือน
10816 - 2	ใบจักรได้น้ำและตัวกำเนิดไฟฟ้า ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้ามากกว่า 50 กิโลวัตต์ ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500, 1800, 3,000 และ 3,600 รอบต่อนาที
10816 - 3	เครื่องจักรอุตสาหกรรมที่มีขนาดกำลังไฟฟ้ามากกว่า15 กิโลวัตต์ ทำงานที่ความเร็วรอบ 120 ถึง 15,000 รอบต่อนาที
10816 - 4	ชุดแก๊สเทอร์ไบน์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม่นับรวมชุดเทอร์ไบน์ในอุตสาหกรรมการบิน
10816 - 5	เครื่องจักรที่ใช้ต้นกำลังแบบลูกสูบที่มีขนาดมากกว่า 100 กิโลวัตต์
10816 - 6	ปั๊มแบบหมุนที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

ที่มา: ดร. หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ (2550)

ตารางที่ 3 หมวด ISO 10816-1 ข้อมูลทั่วไปในเรื่องเครื่องจักรที่สามารถตรวจสอบได้ วิธีการ และตำแหน่งในการวัดค่าแรงสั่นสะเทือน

<table>
<tr><th>R.m.s vibraiton velocity mm/sec</th><th><15 kW</th><th>ตั้งแต่15 kW ถึง 75kW</th><th>ตั้งแต่ 75 kW ถึง 10 MW</th><th>มากกว่า 10 MW</th></tr>
<tr><td>0.28</td><td rowspan="3">A</td><td rowspan="4">A</td><td rowspan="5">A</td><td rowspan="7">A</td></tr>
<tr><td>0.45</td></tr>
<tr><td>0.71</td></tr>
<tr><td>1.12</td><td rowspan="2">B</td></tr>
<tr><td>1.8</td><td rowspan="2">B</td></tr>
<tr><td>2.8</td><td rowspan="2">C</td><td>B</td></tr>
<tr><td>4.5</td><td rowspan="2">C</td><td rowspan="2">B</td></tr>
<tr><td>7.1</td><td rowspan="5">D</td><td rowspan="2">C</td></tr>
<tr><td>11.2</td><td rowspan="3">D</td><td rowspan="2">C</td></tr>
<tr><td>18</td><td rowspan="3">D</td></tr>
<tr><td>28</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>45</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4 หมวด ISO 10816-3 ข้อมูลทั่วไปในเรื่องเครื่องจักรที่สามารถตรวจสอบได้ วิธีการ และตำแหน่งในการวัดค่าแรงสั่นสะเทือน



โดยมาตรฐานจกำหนด Zone เพื่อจำแนกความรุนแรงของการสั่นสะเทือนเป็น 4 Zone คือ

Zone A คือ เครื่องจักรใหม่เริ่มทำงาน ซึ่งถ้าค่าการสั่นสะเทือนตกที่โซนนี้แสดงว่าเครื่องจักรทำงานปกติ

Zone B คือ เครื่องจักรมีการสั่นอยู่ในโซนนี้เป็นเครื่องจักรที่สามารถ ยอมรับได้ (acceptable) และสามารถทำงานได้ในระยะยาว (long term)

Zone C คือ เครื่องจักรมีการสั่นสะเทือนอยู่ในโซนนี้นั้น เป็นเครื่องจักรที่การสั่นสะเทือนรุนแรงไม่น่าพอใจ (unsatisfactory) ซึ่งจะมีผลกับเครื่องจักรในระยะยาว โดยทั่วไปเมื่อเครื่องจักรอยู่ในโซนนี้ เครื่องจักรจะต้องทำงานสลับกับเครื่องจักรตัวอื่น หรือ ควรจะทำการตรวจสอบอย่างใกล้ชิด จนกว่าจะมีการแก้ไข

Zone D คือ เครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนอยู่ในโซนนี้นั้น เป็นเครื่องจักรที่มีระดับความรุนแรง ที่จะนำไปสู่สาเหตุความเสียหายของเครื่องจักร

โดย ค่าขนาดการสั่นสะเทือนจะอยู่ในหน่วยความเร็ว mm/sec, rms หรือ inch/sec,rms เงื่อนไขการวัดการสั่นสะเทือนเพื่อนำค่ามาใช้ร่วมกับ มาตรฐาน ISO 10816-1 หรือ ISO 10816-3 คือ การพิจารณาความเร็วการทำงานของเครื่องจักร (Operating speed) ร่วมกับย่านความถี่การวัด(Frequency range) โดยถ้าความเร็วเครื่องจักร อยู่ในช่วยมากกว่า 120 รอบต่อนาที แต่ไม่เกิน 600 รอบต่อนาที ย่านความถี่ที่ใช้ในการวัดคือ 2 – 1000 Hz แต่ถ้าความเร็วรอบ ตั้งแต่ 600 รอบต่อนาที แต่ไม่เกิน 15,000 รอบต่อนาที ย่านความถี่ในการวัดการสั่นสะเทือนคือ 10 – 1000 Hz นอกจากนั้นมาตรฐานยังจำแนกกลุ่มเครื่องจักรตามกำลัง (Power) ของเครื่องจักร ชนิดของฐานเครื่องจักรว่าเป็นแบบแข็งเกร็ง(Rigid) หรือแบบยืดหยุ่น (Flexible) สำหรับ ISO 10816-3 เป็นต้น

4. หัววัดการสั่นสะเทือน(Vibration Transducer) สำหรับการวัดเครื่องจักรหมุน

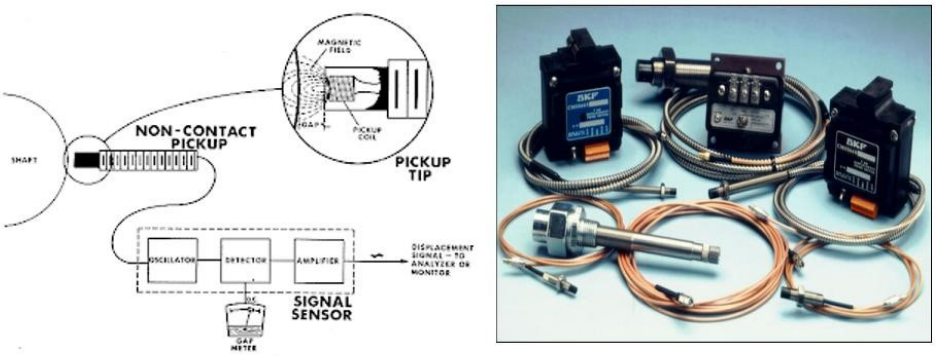
หัววัดการสั่นสะเทือนก็คือ การเปลี่ยนสัญญาณการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยหัววัดการสั่นสะเทือนสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

4.1 หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดไร้สัมผัส (Non-contact)

หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดไร้สัมผัส สำหรับงานวัดการสั่นสะเทือนอาทิเช่น

4.1.1 Eddy current or Proximity transducer เป็นหัววัดที่ไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับผิวของเครื่องจักรเพื่อรับสัญญาณการสั่นสะเทือน แต่อาศัยการเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กระหว่างหัววัด (ทรานดิวเซอร์) กับ ชิ้นส่วนที่ต้องการวัด โดยหัววัดการสั่นสะเทือนชนิดนี้จะวัดระยะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ เช่น เพลาหมุนในแบริ่งเมื่อเกิดการสึกหรอก็จะทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของเพลามากขึ้นด้วย ทำให้สนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปด้วย แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินสภาพความผิดปกติของการหมุนของเพลาเป็นต้น ดังรูปที่5

4.1.1 Laser vibro meter เป็นหัววัดการสั่นสะเทือนแบบไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับผิวของเครื่องจักรอีกชนิดหนึ่ง โดยอาศัย เทคโนโลยี Laser ในการวัดการสั่นสะเทือน ลดข้อจำกัดในการวัดโดยใช้ Eddy current อาทิ มีระยะได้การวัดกว่า 3 เมตร, หรือวัดการสั่นสะเทือนในวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ดีเป็นต้น ดังรูปที่6 แต่มีราคาสูงกว่า Eddy current transducer มาก จึงยังไม่ค่อยถูกนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากนัก



รูปที่5 Eddy current or Proximity transducer



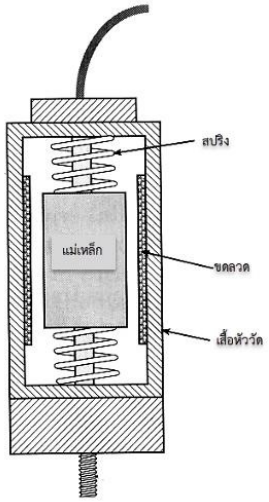
รูปที่6 Laser vibro meter ยี่ห้อ Polytec

4.2 หัววัดการสั่นสะเทือนแบบสัมผัส (Contact Transducer)

หัววัดการสั่นสะเทือนแบบสัมผัส คือ หัววัดการสั่นสะเทือนที่ต้องมีการสัมผัส หรือ ติดตั้งบนตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าการสั่นสะเทือน

4.2.1 หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร็ว (Velocity Transducer) ชนิด Seismic Velocity pickup ดังรูปที่7 แสดงส่วนประกอบของหัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร็วแบบขดลวดเคลื่อนที่ ประกอบด้วย ขดลวดไฟฟ้าเส้นเล็กบริเวณ เสื้อหัววัด แม่เหล็กถาวรรองรับด้วยสปริงยืดหยุ่น ทำให้เกิดความเข้มสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ ตัดกับขดลวดไฟฟ้า โดยเมื่อนำหัววัดไปจับยึดกับชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือน แม่เหล็กถาวรที่ติดยึดกับเรือนเสื้อของหัววัดจะเกิดการสั่นสะเทือน

เคลื่อนที่ไปด้วย ทำให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวดเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมาจากขดลวด แรงเคลื่อนที่ได้จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเร็วการเคลื่อนที่การสั่นสะเทือน จะใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิโวต์ต่อมิลลิเมตร ต่อ วินาที (mV/mm/sec)



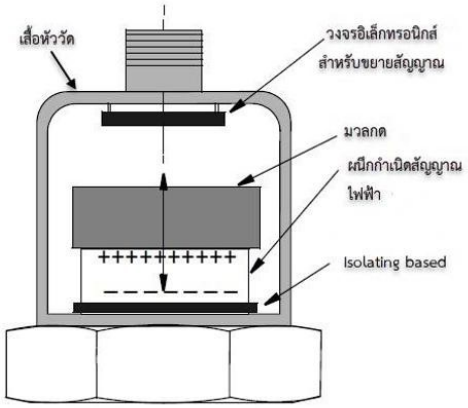
รูปที่7 หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร็ว

โดยหัววัดชนิดนี้สามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไป เช่น วิเคราะห์การสั่นสะเทือน หรือ นำไปใช้สำหรับการปรับสมดุลเครื่องจักร(Balancing) หรือ การตรวจวัดทั่วไป แต่มีข้อเสียคือ ชำรุด เสียหายง่าย สอบเทียบได้ยาก และ อาจไม่เหมาะสมกับการทำงานภายใต้สนามแม่เหล็ก

4.2.2 หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร่ง (Accelerometer)

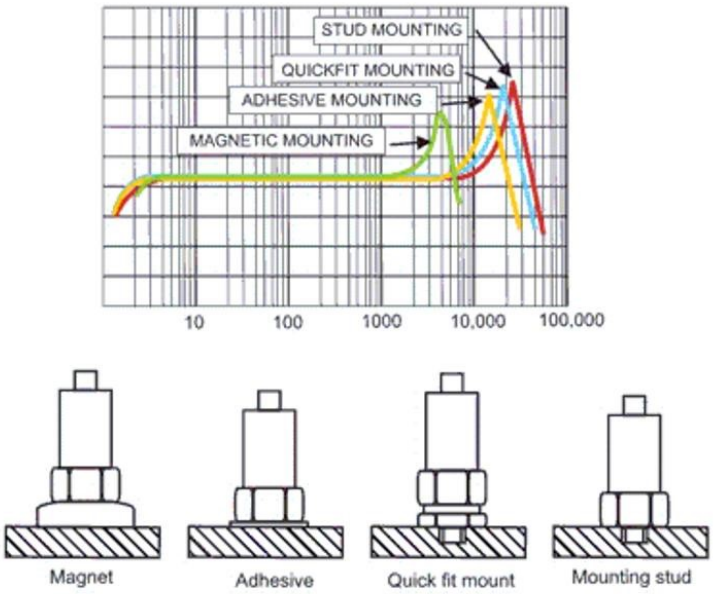
หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร่ง เป็นหัววัดที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือ ประจุไฟฟ้าออกมาจากหัววัดเอง เมื่อมีแรงการสั่นสะเทือนกระทำกับหัววัด โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกมาจะมากหรือน้อยขึ้นกับความเร่ง ลักษณะ และ แรงการสั่นสะเทือน โดยหัววัดความเร่งมีความเหมาะสม และมีความไวตอบรับกับการสั่นสะเทือนความถี่สูงได้ดี เช่นการตรวจวัดวิเคราะห์เกียร์ หรือ ตลับลูกปืน(Rolling element bearing) โดยจะใช้หน่วยวัด mV/G (G คือค่า แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) , 1 G = 9815 mm/sec^2) จากรูปที่8 แสดงส่วนประกอบของหัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร่งคือประกอบไปด้วย ฐานรองรับ (Isolating based) เสื้อหัววัด (Frame) ผลึกกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า หรือ แผ่น Piezoelectric disk มวลกด (Mass) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขยายสัญญาณ(Amplifier) เป็นต้น เมื่อนำหัววัดไปจับยึดกับเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือน

แรงสั่นสะเทือนจะกำทำผ่านฐานรองรับ มาถึงแผ่น Piezoelectric ซึ่งเป็นวัตถุที่อยู่ระหว่างมวลกับฐานรองรับ ทำให้เกิดแรงกระทำกับแผ่น Piezoelectric แล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าออกมาซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน โดยข้อดีของหัววัดชนิดนี้คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย มีความแข็งแรงทนทาน มีช่วยความถี่ในการวัดสัญญาณกว้าง ราคาถูก แต่ก็ยังมีข้อเสีย คือ ต้องมีการจ่ายแหล่งพลังงานให้กับหัววัดการสั่นสะเทือน มีข้อจำกัดเรื่องอุณหภูมิการใช้งาน เป็นต้น



รูปที่8 หัววัดการสั่นสะเทือนชนิดความเร่ง

ในการใช้งานหัววัดชนิดนี้ ต้องคำนึงถึงวิธีการติดตั้งหรือการจับยึดหัววัดเข้ากับเครื่องจักรที่ต้องการจะวัด โดยวิธีการจับยึด(Mounting) มีผลโดยตรงกับค่าความแม่นยำและความไวต่อการตอบสนองต่อค่าความถี่ของเซนเซอร์ตัวนั้น ๆ ในการติดตั้งโดยทั่วไปจะมีความถี่ธรรมชาติ(Resonance) เกิดขึ้นอยู่แล้วโดยค่าความถี่ดังกล่าวขึ้นกับความแน่นหนาในการติดตั้ง ในการติดตั้งยิ่งทำได้แน่นหนาเท่าใดก็ย่อมส่งผลถึงการตอบสนองต่อค่าความถี่ธรรมชาติได้ดีเท่านั้น ดังรูปที่แสดงข้างล่างทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนถึงค่าความถี่ในตอบสนองที่ต่างกันของการยึดแบบแม่เหล็ก(Magnetic mounting) และการใช้เกลียวยึด (Stud mounting) บนพื้นผิวแข็งเรียบโดยมีรูปแบบการยึดแบบอื่น ๆ มีการตอบสนองอยู่ในระดับกลาง ๆ ของทั้งสองแบบ



รูปที่9 กราฟแสดงความถี่และขนาดการสั่นสะเทือนเพื่อแสดงปรากฏการรีโซแนนซ์ ของลักษณะการยึดติดแบบต่างๆ

สิ่งสำคัญอีกประการในการติดตั้งคือ ผิวสัมผัสของเซนเซอร์ต้องได้รับการยึดแบบเต็มหน้าสัมผัสเสมอ ยกตัวอย่าง เช่น การยึดด้วยเกลียวยึด (Stud mounting) ที่เป็นแบบการติดตั้งที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราเร่งที่ดีที่สุดในสี่รูปแบบการติดตั้ง แต่มีความยุ่งยากที่สุดในการติดตั้ง ซึ่งเหมาะสำหรับงานตรวจวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรแบบ online monitoring ส่วนการใช้แม่เหล็กในการจับยึดผลการตอบสนองมีค่าต่ำสุด แต่ การติดตั้งมีความสะดวกที่สุด เหมาะสำหรับงานตรวจวัดการสั่นสะเทือนแบบ offline monitoring ซึ่งในทางปฏิบัติ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ เพื่อทำให้การใช้งานหัววัด ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นเอง

5. ตัวอย่างเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

5.1 มิเตอรวัดการสั่นสะเทือน (Vibration meter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติของเครื่องจักร โดยแสดงผลเป็นตัวเลขในหน่วย ความเร็ว คือ mm/sec,rms หรือ inch/sec,rms ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้สำหรับ มาตรฐาน ISO 10816 บ้างชนิดยังสามารถวัดการสั่นสะเทือนที่ผิดปกติในตลับลูกปืนได้ ในหน่วยความเร่ง (G) หรือ มีเทคนิคการกรองความถี่สูงเพื่อตรวจสอบสภาพตลับลูกปืน ตอนเริ่มต้นเสียหายเป็นต้น



มิเตอร์วัดการสั่นสะเทือนยี่ห้อ TPI 9070



มิเตอร์วัดการสั่นสะเทือนและตลับลูกปืน ยี่ห้อ Maintech รุ่น CX20

รูปที่9 มิเตอร์วัดการสั่นสะเทือน

5.2 เครื่องวัดและวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรแบบ FFT เป็นเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สภาพการทำงานของเครื่องจักร โดยสามารถวินิจฉัยความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรหมุน อาทิ การเสียสมดุลโรเตอร์ การเยื้องศูนย์เพลา การหลวมคลอนทางกล ความเสียหายของตลับลูกปืน ความเสียหายของฟันเฟือง การเกิดคาวิเตชั่น เป็นต้น โดยอาศัยการวิเคราะห์สัญญาณความถี่ หรือ spectrum และ สัญญาณคลื่น (waveform) และมีซอฟแวร์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการ บริหารจัดการ การวิเคราะห์สัญญาณ ต่างๆ ซึ่งเครื่องมือประเภทนี้จะมีราคาแพง พร้อมทั้งยังต้องการ นักวิเคราะห์สัญญาณในการตีความหรือวิเคราะห์สัญญาณต่างๆ อีกด้วย



เครื่องวัดและวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรแบบFFT

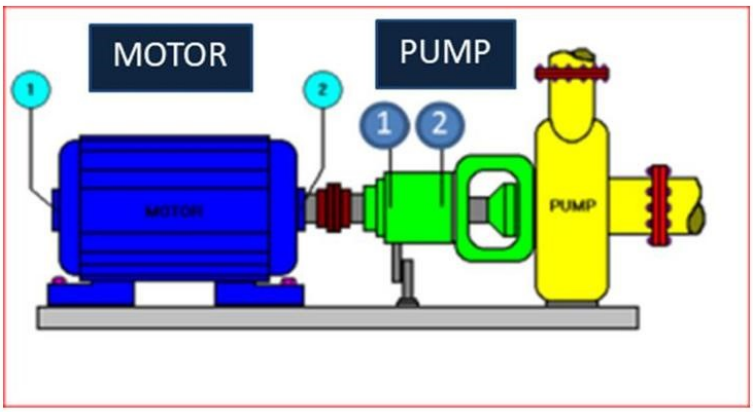


เครื่องวัดและวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรแบบFFT พร้อมฟังก์ชั่น วิเคราะห์แบริ่ง และ ถ่วงสมดุลโรเตอร์

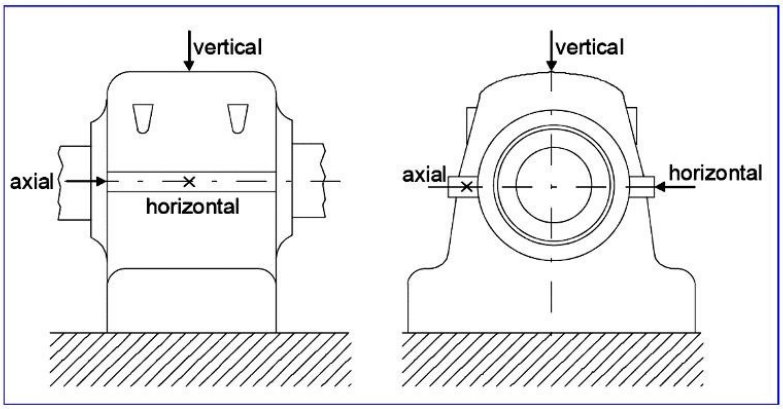
รูปที่10 เครื่องวัดและวิเคราะห์สภาพเครื่องจักรแบบ FFT

6. การกำหนดจุดวัดการสั่นสะเทือน

การตรวจวัดการสั่นสะเทือนเครื่องจักร ก่อนเข้าทำการวัดการสั่นสะเทือนนั้นต้องคำนึงถึง ตำแหน่งการวัด หรือ จุดวัดการสั่นสะเทือน เพื่อให้ได้ค่าการสั่นสะเทือนที่ดีที่สุด โดยจุดวัดการสั่นสะเทือนสำหรับการวัดเครื่องจักรหมุน จะมีหลักเกณฑ์เบื้องต้นคือ ต้องวัดใกล้แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนมากที่สุด สำหรับเครื่องจักรหมุน จะทำตามมาตรฐาน ISO 10816 โดยจะวัดในตำแหน่งที่ใกล้ ตลับลูกปืน(Bearing) มากที่สุด โดยเมื่อกำหนดตำแหน่งวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรได้แล้ว สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ทิศทาง เพราะการสั่นสะเทือนผิดปกติที่เกิดขึ้นแต่ละทิศทางในการวัดสามารถบอกสาเหตุการผิดปกติเบื้องต้นให้เราทราบได้เบื้องต้น โดยทิศทางที่ตรวจวัดคือ แนวนอน(Horizontal, A), แนวดิ่ง (Vertical, V) และ แนวแกนเพลา(Axial, A) ดังรูปที่ 11



รูปที่11 ตำแหน่งการวัดการสั่นสะเทือน



รูปที่12 จุดวัดการสั่นสะเทือนในแนวนอน แนวตั้ง และ แนวแกน

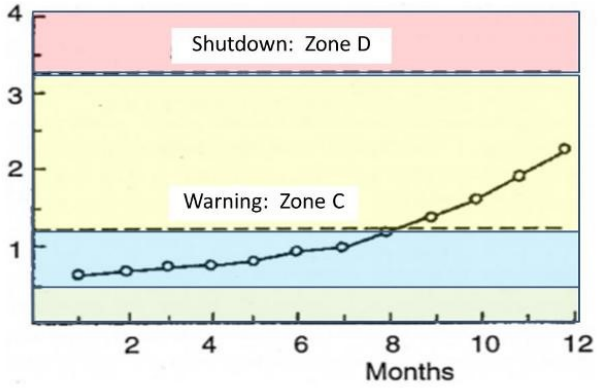
สำหรับปฏิบัติการนี้ การกำหนดจุดวัดจะอาศัยหลักเกณฑ์ตามรายละเอียดด้านล่าง

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดชื่อจุดวัดการสั่นสะเทือน

ลำดับ	ชื่อเครื่องจักร (Machine name)	อักษรย่อ	ตำแหน่งที่1 Bearing #1			ตำแหน่งที่2 Bearing #2		
			แนวนอน H	แนวตั้ง V	แนวแกน A	แนวนอน H	แนวตั้ง V	แนวแกน A
1	มอเตอร์(Motor)	M	M1H	M1V	M1A	M2H	M2V	M2A
2	ปั๊ม (Pump)	P	P1H	P1V	P1A	P2H	P2V	P2A
3	โบเวอร์(Blower)	B	B1H	B1V	B1A	B2H	B2V	B2A

7. พื้นฐานการวินิจฉัยความผิดปกติของเครื่องจักรด้วยการวัดการสั่นสะเทือน

7.1 การวินิจฉัยความผิดปกติเนื่องจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรโดยอาศัยการตรวจวัดขนาดการสั่นสะเทือน ทิศทางการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร และนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบตามเกณฑ์ระดับการสั่นสะเทือนตามหัวข้อที่3 โดยดูจากกราฟเส้นแนวโน้ม(Trend) โดยแกน X แสดงวันที่ ในการเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือน และ แกน y คือขนาดการสั่นสะเทือน ในหน่วย mm/sec,rms หรือ G, rms เป็นต้น โดย เมื่อเส้นแนวโน้ม เข้าสู่ Zone C หมายถึงเครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนระดับความรุนแรง ต้องมีการแก้ไขเบื้องต้นอาทิ เช่น การหล่อลื่นตลับลูกปืน, การกวดขันฐานเครื่องจักรให้แน่น การทำความสะอาดกรอง เป็นต้น



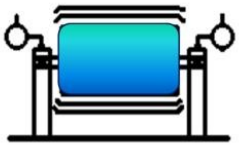
รูปที่13 กราฟแนวโน้มการสั่นสะเทือน

แต่ถ้าเครื่องจักรเข้าสู่ Zone D หมายถึงเครื่องจักรต้องได้รับการวางแผนงานซ่อมบำรุง การเปลี่ยนตลับลูกปืน การแก้ปัญหาการเสียสมดุล เป็นต้น ซึ่งถือเป็นวิธีการพื้นฐานในการประเมิณระดับ ความรุนแรง จากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร แต่ไม่สามารถวินิจฉัยอาการความเสียหาย หรือ ลักษณะความเสียหายของเครื่องจักรได้

7.2 การวิเคราะห์หรือวินิจฉัยหาสาเหตุของการสั่นสะเทือน จากลักษณะการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร สามารถนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติของเครื่องจักรได้ โดยการวิเคราะห์ความถี่ สเปกตรัมการสั่นสะเทือนเพื่อบ่งชี้ถึงความผิดปกติของเครื่องจักร สำหรับปฏิบัติการนี้ จะพิจารณาความเสียหายของเครื่องจักร 4 ชนิดความเสียหาย

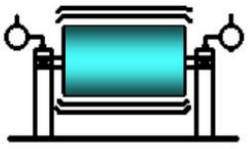
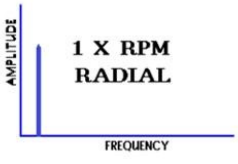
7.2.1. การเสียสมดุลของโรเตอร์ (Rotor Unbalance) มีสาเหตุมาจากมวลหรือมีวัตถุส่วนเกินเกิดขึ้นจุดใดจุดหนึ่งบนชิ้นส่วนหมุน เมื่อเกิดการหมุนจึงส่งผลให้เกิดแรงหนีศูนย์ (Centrifugal force, Fc) ทำให้โรเตอร์เกิดการเสียสมดุล โดยการเสียสมดุลจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

7.2.1.1 การเสียสมดุลสถิต (Static unbalance) เกิดขึ้นเมื่อ เส้นแกนของมวล ขนานกับ เส้นแกนของการหมุน

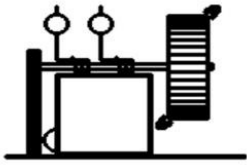
ปัญหา และ เฟส	**สเปกตรัม**	**รายละเอียด**
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1XRPM ในแนวแกนรัศมี โดยมีมุมเฟส ไม่เกิน ±30 องศา หรือเรียกว่า In phase โดยขนาดการสั่นสะเทือนขึ้นกับความเร็วรอบ

รูปที่14 แสดงสเปกตรัม การเสียสมดุลแบบ static unbalance

7.2.1.2 การเสียสมดุลพลวัตร (Dynamics unbalance) เกิดขึ้นเมื่อ เส้นแกนของมวลไม่ขนานและ ไม่ตัดกับเส้นแกนของการหมุน หรืออยู่ต่างระนาบกัน

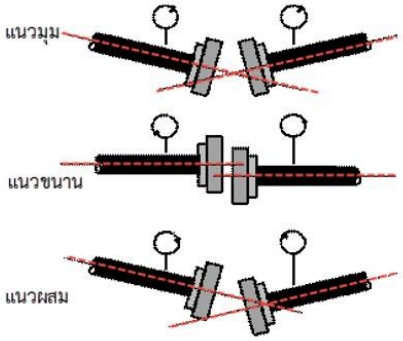
ปัญหา และ เฟส	**สเปกตรัม**	**รายละเอียด**
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1XRPM ในแนวแกนรัศมี โดยมีมุมเฟส เกิน ±30 องศา หรือเรียกว่า out of phase โดยขนาดการสั่นสะเทือนขึ้นกับความเร็วรอบ

รูปที่15 แสดงสเปกตรัม การเสียสมดุลแบบ Dynamic unbalance

ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1XRPM ในแนวแกนรัศมี และแนวแกน (Axial) โดยมีมุมเฟส ไม่เกิน ±30 องศา หรือ In phase ในแนว Axial

รูปที่16 แสดงสเปกตรัม การเสียสมดุลแบบ Overhung unbalance

7.2.2 การเยื้องศูนย์เพลา (Shaft misalignment) หมายถึง เส้นตรงแนวศูนย์กลางของเพลาระหว่างเพลาขับ กับ เพลาเครื่องจักร ไม่เป็นเส้นตรงเดียวกันในขณะทำงานปกติ ซึ่งอาจทำมุมซึ่งกับและกัน หรือ ซ้อนขนานกัน หรือ ร่วมกันทั้งสองกรณีได้



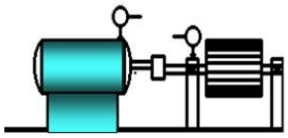
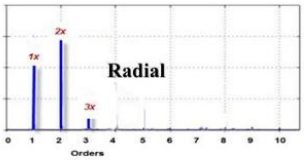
1) การเยื้องศูนย์เพลาแบบแนวมุม

2) การเยื้องศูนย์เพลาแบบแนวขนาน

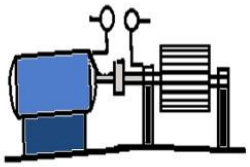
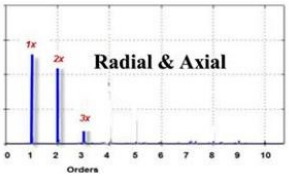
3) การเยื้องศูนย์เพลาแบบแนวผสม

รูปที่17 ลักษณะการไม่ตรงแนวศูนย์(misalignment) ทั้ง 3 แบบ

โดยสาเหตุของการไม่ตรงแนวศูนย์ อาทิ การติดตั้งแท่นรองรับเครื่องจักรไม่ถูกต้อง แข็งแรงไม่เพียงพอ ไม่สม่ำเสมอ ไม่ราบเรียบ, การติดตั้งไม่ตรงแนวศูนย์ , การขยายตัวของเพลาหมุนเนื่องจากความร้อน หรือ เพลาบิด งอ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลเสียให้กับตลับลูกปืน ที่ต้องรับภาระ(Load) ที่มากเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง , การสั่นสะเทือนเพิ่มสูงขึ้น, ซีล(Seal) เกิดความเสียหาย สิ้นเปลื้องพลังงาน เป็นต้น สามารถตรวจวัดความผิดปกติของปัญหาได้ด้วยการวัดการสั่นสะเทือนแบบ วิเคราะห์สเปกตรัม

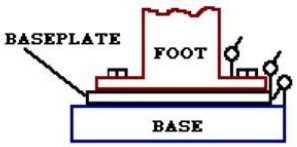
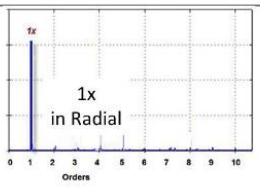
ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1X และ 2X ในแนวแกนรัศมี (บางกรณีจะปรากฏ 3X ขึ้นมาด้วย โดยมีมุมเฟส เกิน ±30 องศา หรือ Out of phase ในแนวรัศมี

รูปที่18 แสดงสเปกตรัมการเยื้องศูนย์แบบขนาน

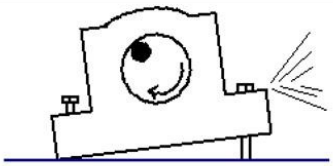
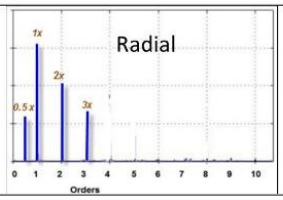
ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1X และ 2X ในแนวแกนรัศมี และแนวแกน (บางกรณีจะปรากฏ 3X ขึ้นมาด้วยโดยมีมุมเฟส เกิน ±30 องศา หรือ Out of phase ในแนวแกนเพลา

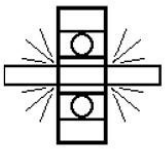
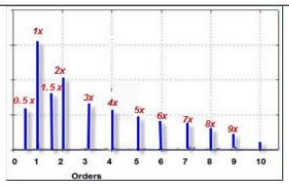
รูปที่19 แสดงสเปกตรัมการเยื้องศูนย์แบบแนวมุม

7.2.3 การหลวมคลอนทางกล (Mechanical looseness) โดยทั่วไปเมื่อเครื่องจักรหมุนมีการใช้งานสักระยะหนึ่งย่อมสามารถที่จะเกิดการหลวมคลอนที่โครงสร้างหรือที่ชิ้นส่วนได้ ซึ่งการหลวมคลอนนี้จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น โดยการหลวมคลอนทางกล สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ (1) การหลวมคลอนที่โครงสร้างฐานรองรับเครื่องจักร (2) การหลวมคลอนของโครงสร้างหรือการคลายตัวของสกรู และ (3) การหลวมคลอนเพลาสวมแบริ่ง การสึกหรอภายในแบริ่ง การขาดสารหล่อลื่นในแบริ่ง โดยสามารถตรวจสอบความผิดปกติได้จากการวัดการสั่นสะเทือน

ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1X และ มุมเฟสในแนวตั้ง(V) ระหว่างฐาน(Foot) กับ ฐานรองรับ(Base) ต่างกัน 180 องศา

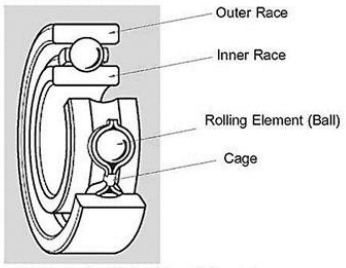
รูปที่20 แสดงสเปกตรัมการหลวมคลอนที่โครงสร้างฐานรองรับเครื่องจักร

ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1X, 2X, 3X อาจมีจนถึง 8X แต่ไม่เกิน 8X บางกรณีอาจปรากฏขนาดการสั่นสะเทือนที่ 0.5X
รูปที่21 แสดงสเปกตรัมการหลวมคลอนของโครงสร้างหรือการคลายตัวของสกรู		

ปัญหา และ เฟส	สเปกตรัม	รายละเอียด
		ขนาดการสั่นสะเทือนสูงที่ 1X, 2X, 3X อาจมีจนถึง nX (เกิน 8X ขึ้นไป) บางกรณีอาจปรากฏ ขนาดการสั่นสะเทือนที่ 0.5X
รูปที่22 แสดงสเปกตรัมการหลวมคลอนเพลาสวมแบริ่ง การสึกหรอภายในแบริ่ง การขาดสารหล่อลื่นในแบริ่ง โดยสามารถตรวจสอบความผิดปกติได้จากการวัดการสั่นสะเทือน		

7.2.4. ความเสียหายของตลับลูกปืน สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดการสั่นสะเทือนสูงผิดปกติ มาจากการประกอบและติดตั้ง และ สึกหรอของอุปกรณ์ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน ส่งผลให้ตลับลูกปืน (Bearing) ได้รับภาระมากผิดปกติส่งผลให้ เกิดการชำรุดเสียหาย และ ตลับลูกปืนยังเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญกับเครื่องจักรหมุน หากเกิดความเสียหายจะทำให้เครื่องจักรต้องหยุดใช้งาน หรือ ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้ เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน (Vibration meter) และ เครื่องมือวิเคราะห์การสั่นสะเทือนแบบ FFT (FFT vibration analyzer) จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติเพื่อดูแนวโน้มความเสียหายของตลับลูกปืน (Vibration meter and Bearing monitoring) หรือ นำค่า

สเปกตรัม มาวิเคราะห์สัญญาณเพื่อหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับตลับลูกปืน โดยต้องทราบความถี่ความเสียหายของแบริ่งโดยจะมีอยู่ 4 ความถี่ คือ ความถี่ที่แสดงถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับ รังลูกปืน (FTF), ความถี่ที่แสดงถึงความเสียหายของ เม็ดลูกปืน(BSF), ความถี่ที่แสดงถึงความเสียหายที่รางในของแบริ่ง (BPFI) และ ความถี่ที่แสดงถึงความเสียหายที่รางนอกของแบริ่ง (BPFO) ซึ่งสามารถหาได้ตามสมการด้านล่าง



- ความถี่รังลูกปืน (Fundamental Train Frequency : FTF)
- ความถี่เม็ดลูกปืน (Ball Spin Frequency: BSF)
- ความถี่รางใน (Ball Pass Frequency Inner Race: BPFI)
- ความถี่รางนอก (Ball Pass Frequency Outer Race: BPFO)

รูปที่22 ความถี่ที่แสดงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับแบริ่งที่ตำแหน่งต่างๆ

สมการ สำหรับคำนวณหาความถี่ความเสียหายของตลับลูกปืน

- ความถี่รังลูกปืน (Fundamental Train Frequency : FTF)

$$FTF = \frac{1}{2}\frac{RPM}{60}\left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cos(a)\right) \quad (1)$$

- ความถี่เม็ดลูกปืน (Ball Spin Frequency: BSF)

$$BSF = \frac{D}{2d}\frac{RPM}{60}\left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \cos^2(a)\right) \quad (2)$$

- ความถี่รางใน (Ball Pass Frequency Inner Race: BPFI)

$$BPFI = \frac{n}{2}\frac{RPM}{60}\left(1 + \frac{d}{D}\cos(a)\right) \quad (3)$$

- ความถี่รางนอก (Ball Pass Frequency Outer Race: BPFO)

$$BPFO = \frac{n}{2}\frac{RPM}{60}\left(1 - \frac{d}{D}\cos(a)\right) \quad (4)$$

โดย D = เส้นผ่าศูนย์กลาง Pitch (Pitch diameter), d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดลูกปืน (element diameter) , a = มุมสัมผัส (Contact angle), n = จำนวนเม็ดลูกปืน, RPM = ความเร็วรอบเครื่องจักร ต่อนาที

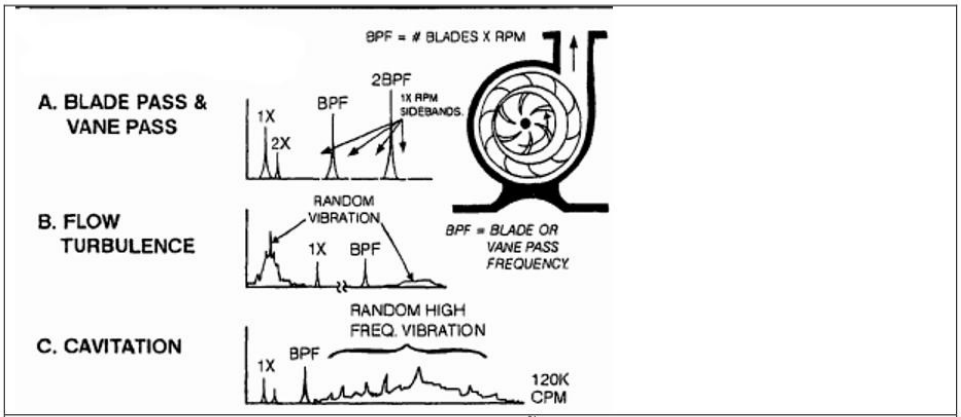
7.2.5 ความผิดปกติของของไหล โดยเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ลำเลียงของไหล เช่น น้ำ น้ำมัน ลม และก๊าซ ส่วนมากจะเกิดการสั่นสะเทือน และ มีเสียงดังจากการทำงาน ซึ่งเกิดจากแรงของของไหลกระทบกับใบพัด, ใบกังหัน หรือ แผ่นครีบของปั๊ม โดยการสั่นสะเทือนที่ผิดปกตินั้นจะแสดงออกมาในรูปของความถี่ใบพัด (Blade Pass Frequency, BPF) โดยความถี่ BPFมีค่าดังสมการ 5

$$BPF = N.B.\ x\ RPM \tag{5}$$

โดย N.B. คือ จำนวนใบพัด หรือ ใบกังหัน (Number of Blade)

7.2.5.1. การเกิดคาวิเตชั่น (Cavitation) หรือ การเกิดฟองอากาศภายในของเหลว เกิดจากการทำงานของปั๊มที่ ปริมาณ(Capacity) มากเกินไป หรือ ความดันทางด้านดูด(Suction pressure) ต่ำผิดปกติ และการเกิดการไหลย้อนกลับ(Recirculation) เกิดจากการทำงานของปั๊มที่ปริมาณน้อยเกินไป หรือความดันด้านท่อดูดสูงเกินกว่าย่านปกติ ส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นที่ตัวปั๊ม

7.2.5.2. การไหลปั่นป่วน(Turbulaence) เกิดจากการต้านทานการไหลของของไหล ทำให้การไหลของของไหล ไหลไม่สะดวก ลักษณะมีการขีดขวางทางไหล หรือ การไหลผ่านการหักมุมฉาก การไหลผ่านรูขนาดเล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียดสี มีเสียงดัง เป็นต้น



รูปที่23 ความถี่ที่แสดงความเสียหายที่เกิดขึ้นกับความผิดปกติของของไหล

<u>การทดลองที่1:</u> การเตรียมตัวเพื่อตรวจวัดการสั่นสะเทือน

วัตถุประสงค์: เข้าใจหลักการสำรวจเครื่องจักรและจัดทำฐานข้อมูลเพื่อตรวจวัดการสั่นสะเทือน

ขั้นตอนการทดลอง:

1. สำรวจเครื่องจักร และ บันทึกข้อมูลเครื่องจักร
2. จัดทำฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บค่าการสั่นสะเทือนเครื่องจักร ด้วยโปรแกรม VibTrend
3. ถ่ายโอนข้อมูลลงเครื่องมือวัด ยี่ห้อ TPI 9080

<u>ตารางบันทึกข้อมูล</u>

ตารางที่1: ตารางบันทึกข้อมูลของชุดปั๊ม

ชื่อเครื่องจักร								
รหัสเครื่องจักร						**มอเตอร์**	เบอร์แบริ่งด้าน DE	
ความเร็วรอบ(RPM)							เบอร์แบริ่งด้านNDE	
กำลังไฟฟ้า (Kw)						**ปั๊ม**	เบอร์แบริ่งด้าน DE	
ชนิดฐาน							เบอร์แบริ่งด้านNDE	
มอเตอร์						**<u>รูป:</u>**		
ปั๊ม								

ตารางที่2: ตารางบันทึกข้อมูลของชุดโบเวอร์

ชื่อเครื่องจักร								
รหัสเครื่องจักร						**มอเตอร์**	เบอร์แบริ่งด้าน DE	
ความเร็วรอบ(RPM)							เบอร์แบริ่งด้านNDE	
กำลังไฟฟ้า (Kw)						**ปั๊ม**	เบอร์แบริ่งด้าน DE	
ชนิดฐาน							เบอร์แบริ่งด้านNDE	
มอเตอร์						**<u>รูป:</u>**		
โบเวอร์								

ตารางที่ 3 บันทึกข้อมูลสำหรับชุดปั๊ม

วว/ดด/ปป	ขนาดการสั่นสะเทือน (mm/sec,rms)									
	มอเตอร์					ปั๊ม				
จุดวัด										
วว/ดด/ปป	ขนาดการสั่นสะเทือน (g,rms)									
	มอเตอร์					ปั๊ม				
จุดวัด										
หมายเหตุ:										

ตารางที่ 4 บันทึกข้อมูลสำหรับชุดโบวเวอร์

วว/ดด/ปป	ขนาดการสั่นสะเทือน (mm/sec,rms)									
	มอเตอร์					ปั๊ม				
จุดวัด										
วว/ดด/ปป	ขนาดการสั่นสะเทือน (g,rms)									
	มอเตอร์					ปั๊ม				
จุดวัด										
หมายเหตุ:										

การทดลองที่2: การกำหนดมาตรฐานและจัดทำรายงานการวัดการสั่นสะเทือน

วัตถุประสงค์: 1. เข้าใจหลักการกำหนด มาตรฐานการประเมินสภาพเครื่องจักร และ จัดทำรายงานได้อย่างถูกต้อง

2. สามารถวิเคราะห์ความเสียหายจากสัญญาณการสั่นสะเทือน สเปกตรัม เบื้องต้น ได้

ชื่อเครื่องจักร							รหัสเครื่องจักร								
มอเตอร์							ปั๊ม						ISO.....		
ความเร็วรอบ							แบริ่ง(DE/NDE)						mm/sec,rms		
กำลัง(kW)							จำนวนใบพัด						เตือน		
แบริ่ง(DE/NDE)							คัปปลิ้ง						อันตราย		
วว/ดด/ปป	มอเตอร์							ปั๊ม							ประเมิน
	ขนาดการสั่น(mm/sec,rms)					g,rms(max)		ขนาดการสั่น(mm/sec,rms)					g,rms(max)		
	NDE		DE			NDE	DE	DE		NDE			DE	NDE	
	H	V	A	H	V	H	H	H	V	A	H	V	H	H	
ATTACH: Spectrum Analysis															
ปัญหา			เสียสมดุลย์			โครงสร้างคลวมคลอน				คาวิเตชั่น					
			เยื้องศูนย์เพลา			หลวมคลอนการหมุน				อื่น					
ปัญหา			เสียสมดุลย์			โครงสร้างคลวมคลอน				คาวิเตชั่น					
			เยื้องศูนย์เพลา			หลวมคลอนการหมุน				อื่น					

การถ่วงสมดุล โรเตอร์ แบบหนึ่งระนาบ (Single plane balancing)

วัตถุประสงค์

1 เข้าใจหลักการถ่วงสมดุลโรเตอร์ แบบหนึ่งระนาบ แบบ Polar plot

2. เข้าใจหลักการประเมิน การถ่วงสมดุลด้วยมาตรฐาน ต่างๆ

3. สามารถใช้ซอฟแวร์ ในการถ่วงสมดุลโรเตอร์แบบหนึ่งระนาบได้

หลักการ

โดยปกติเครื่องจักรหมุนหรืออุปกรณ์ที่มีการหมุนอาทิเช่น โบลเวอร์(Blower), พัดลมอุตสาหกรรม (Industrial fan), โรเตอร์ต่างๆ (Rotor) เป็นต้น เมื่อเกิดการหมุนย่อมส่งผลให้เครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนไม่มากก็น้อย เนื่องจากผลกระทบจากแรงหนีศูนย์ (Centrifugal force, Fc)



โบลเวอร์(Blower)



พัดลมอุตสาหกรรม (Industrial Fan)



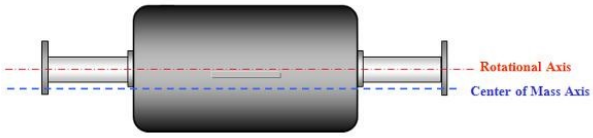
โรเตอร์ของมอเตอร์ (Motor Rotor)



พูเล่ (Pulley)

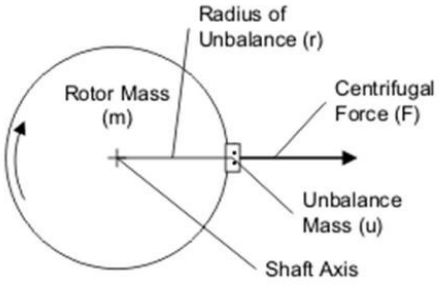
รูปที่1 แสดงตัวอย่าง เครื่องจักรหมุนและอุปกรณ์หมุนที่พบในอุตสาหกรรม

ซึ่งโดยปกติแล้วนั้น ความไม่สมดุล ของเครื่องจักรเกิดจาก เพลา, ใบพัด, Rotor หรือ วัตถุหมุนต่างๆ จะเกิดความไม่สมดุลขึ้น เมื่อมีมวลไม่สมมาตรซึ่งเกิดจากการที่มีมวลเกิน หรือมวลเดิมหายไปทำให้เกิดแรงเหวี่ยงที่ไม่สมดุลเกิดขึ้น ทำให้เส้นแกนของมวล (Center of Gravity Axis – c.m.) เลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมไม่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับ เส้นแกนของการหมุน (Rotational Axis) ดังรูปที่2



รูปที่2 แสดงลักษณะความไม่สมดุลของโรเตอร์

โดยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Force)หนีศูนย์กลาง จะเกิดขึ้นเมื่อชิ้นส่วนมีการหมุน แรงเหวี่ยงนี้จะกระทำต่อมวลของส่วนหมุนโดยพยายามเหวี่ยงมวลต่าง ๆ ออกจากแนวแกนหมุนเป็นวงกลม เมื่อชิ้นส่วนนั้นมีมวลเท่ากันตลอด แรงเหวี่ยงนั้นก็จะกระทำต่อจุดศูนย์กลางของส่วนหมุนเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ชิ้นส่วนหมุนอยู่ในสภาวะสมดุล แต่ถ้าหากส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดมีมวลมากกว่าส่วนอื่น ๆ ภายในชิ้นส่วนหมุนนั้น แรงเหวี่ยงนี้ก็จะกระทำต่อมวลของส่วนนั้นมากกว่าส่วนอื่น ๆ แรงเหวี่ยงนี้ก็จะพยายามดึงชิ้นส่วนทั้งระบบไปทางใดทางหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดการไม่สมดุลขึ้นในเครื่องจักรนั้น



รูปที่3 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force)

สมการแรงหนีศูนย์กลางคือ

$$F_c = ur\omega^2 \qquad 1$$

โดย Fc = แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force)

u = มวลไม่สมดุล (Unbalance mass)

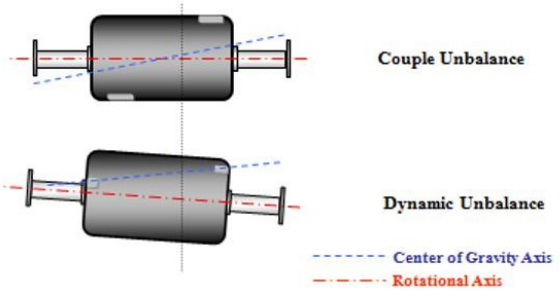
r = ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางการหมุน ถึง มวลไม่สมดุล (Radius of unbalance)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)

จากสมการที่1 พบว่า ถ้าเครื่องจักรที่มีความเร็วการหมุนสูง จะทำให้เครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือน เนื่องจากการเสียสมดุลมากนั้นเอง

โดยปกติเมื่อกล่าวถึง การเสียสมดุลของเครื่องจักรหมุน สามารถจำแนกได้เป็น 2 จำพวก คือ

1. การเสียสมดุลสถิต (Static unbalance) เกิดขึ้นเมื่อ เส้นแกนของมวล ขนานกับ เส้นแกนของการหมุน ดังรูปที่2
2. การเสียสมดุลพลวัตร (Dynamics unbalance) เกิดขึ้นเมื่อ เส้นแกนของมวลไม่ขนาน และ ไม่ตัดกับเส้นแกนของการหมุน หรืออยู่ต่างระนาบกัน



รูปที่4 แสดงสภาพปัญหา Dynamic unbalance กับ Couple unbalance

ในการแก้ปัญหาการเสียสมดุลนั้น กระทำได้โดยการถ่วงสมดุลเครื่องจักร ซึ่งสามารถจำแนกการถ่วงสมดลได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การทำการถ่วงสมดุลย์ ด้วยแท่นถ่วงสมดุลย์ (Shop Balancing) โดยวิธีการนี้ ต้องมีการถอดอุปกรณ์ส่วนหมุน อาทิ โรเตอร์, ใบพัด เป็นต้น ไปทำการถ่วงสมดุลที่แท่นถ่วงสมดุล โดยข้อดีคือเหมาะกับเครื่องจักรที่ถูกนำมาซ่อมบำรุงที่หน่วยงาน(Shop) อาทิ การซ่อมทำมอเตอร์ในกระบวนการตรวจสอบโรเตอร์ ต้องมีการทำการถ่วงสมดุลโรเตอร์ แล้วจึงค่อยนำมาประกอบเข้ากับ ส่วนอื่นๆ เป็นต้น แต่การถ่วงสมดุลแบบแท่นสมดุลมีข้อเสียคือ ไม่สามารถทำการถ่วงสมดุลที่ความเร็วใช้งาน(Operating speed) ได้ นอกจากนั้นยังต้องถอดชิ้นส่วนที่จะทำการสมดุลออกจากตัวเครื่องจักรก่อน



รูปที่5 แสดงแท่นถ่วงสมดุลแบบสายพาน

2. การทำการถ่วงสมดุลย์ภาคสนาม (Field Balancing) คือการถ่วงสมดุลย์ ชิ้นส่วนหมุนของเครื่องจักร เช่น ใบพัด, Rotor, พูเล่ย์, จานเกียร์บนตัวของเครื่องจักรนั้น ๆ โดยไม่ต้องถอดออกมา โดยวิธีการถ่วงสมดุลภาคสนามนั้น วิธีการที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ

   2.1. การถ่วงสมดุล 1-ระนาบ (Single plane balance) เป็นวิธีการแก้ไขความไม่สมดุลย์สถิตย์ (Static Unbalancing) ซึ่งเหมาะกับชิ้นส่วนที่มีลักษณะที่มีความหนา ไม่มาก หรือพวกจานหมุนต่าง ๆ (Disc-shaped rotor) เช่น พัดลม, ใบพัดของปั๊ม, พูเล่ย์, จานเกียร์ ต่าง ๆ เป็นต้น

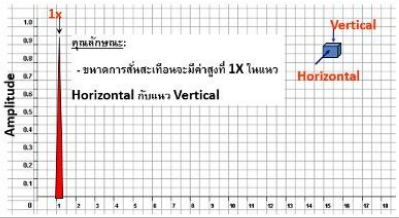
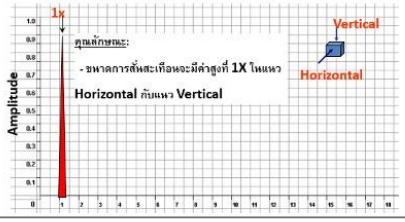
   2.2. การถ่วงสมดุล 2 –ระนาย (Two plane balance) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไขความไม่สมดุล แบบ Dynamic Unbalance และ Couple Unbalance โดยวิธีการนี้ ซึ่งเหมาะกับชิ้นส่วนหมุนของเครื่องจักรที่มีความหนา หรือความยาวมาก ๆ เช่น ลูกกลิ้งต่าง ๆ ของ Spindle, Rotor bar เป็นต้น



รูปที่6 ลักษณะการถ่วงสมดุลแบบภาคสนาม

ขั้นตอนก่อนการแก้ปัญหาการเสียสมดุล

1. การตรวจสอบปัญหาการเสียสมดุลของเครื่องจักรหมุนสามารถทำได้ด้วยเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนแบบ FFT โดยจะได้สัญญาณสเปกตรัมที่มีค่าเท่ากับ 1X หรือ ที่ความถี่เท่ากับ ความเร็วรอบของเครื่องจักร หรือ เพลาหมุน ตามรูป...

Problem	Spectrum	Phase
Static unbalance		In phase (± 30 degree)
Dynamic unbalance		Out of phase

การทดลองที่1: Vibration analysis for rotor unbalance

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาการประเมินปัญหาการเสียสมดุลของเครื่องจักรหมุน กับผลกระทบกับความเร็วรอบ

ขั้นตอนการทดลอง:

1. ติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือน เข้ากับชุดจำลองการสั่นสะเทือน
2. ตั้งค่า พารามิเตอร์ภายในเครื่องวัดการสั่นสะเทือน รุ่น fieldpaqII
3. เปิดสวิทช์ ชุดจำลองการสั่นสะเทือนตั้งค่าความเร็วรอบตามตาราง

ตารางที่1 แสดงค่าความเร็ว(rpm) กับ ขนาดการสั่นสะเทือน (mm/sec) โดยน้ำหนัก rotor

นำหนัก	ความเร็วรอบ (rpm)	ขนาดการสั่นสะเทือน (g)	Phase, องศา
1 กรัม	500		
	1000		
	1500		
	2000		
	2500		
	3000		
1.5 กรัม	500		
	1000		
	1500		
	2000		
	2500		
	3000		

วิเคราะห์ผล:

1) นำผลการทดลอง Plot ระหว่าง mm/sec,rms กับ rpm ที่มวล (m) เปลี่ยนแปลง แล้วสรุปพฤติกรรมที่เกิดขึ้น
2) ปัญหาการเสียสมดุลของชุดจำลองความเสียหายเป็น การเสียสมดุลแบบสถิตย์ หรือแบบพลวัตร เพราะเหตุใด

2. การตรวจสอบหาความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency)

เนื่องจากในทางปฏิบัติ ปัญหาการเสียสมดุล อาจเกิดการพ้องกับความถี่ธรรมชาติ (natural frequency, fn) แล้วเกิดการสั่นพ้อง(resonance)ซึ่งในการถ่วงสมดุลเครื่องจักรหมุนจะต้องทำการแก้ปัญหาการสั่นพ้อง ก่อนที่จะทำการแก้ปัญหาการเสียสมดุล โดยวิธีการทดสอบหาความถี่ธรรมชาติสามารถกระทำได้โดยการใช้วิธี Coast-down test คือการกระตุ้นการสั่นสะเทือนโดยใช้แรงหนีศูนย์ ด้วยวิธีการปรับความเร็ว

รอบการหมุนของโรเตอร์แล้ววัดการสั่นสะเทือน โดยทำการตรวจสอบผลตอบสนองของระบบว่า มีค่า Peak หรือ ค่าสูงสุดเกิดที่ตำแหน่งใด นั่นแสดงว่า ความนั้นๆ คือความถี่ธรรมชาติ(Natural frequency) ของระบบ

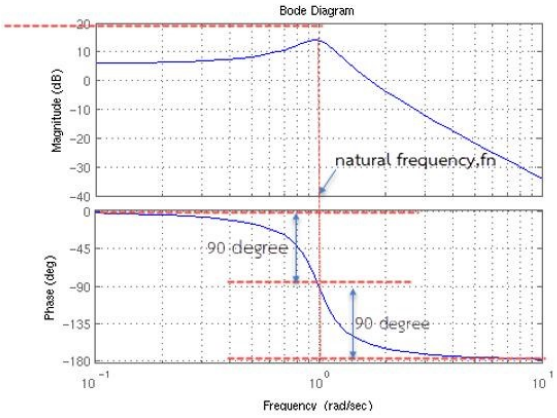
สมการความถี่ธรรมชาติ

$$fn = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \qquad 2$$

โดย fn = ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency)

k = ค่าความแข็ง (Stiffness)

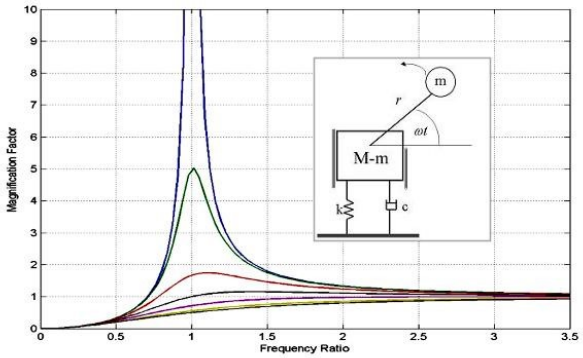
m = มวลของวัตถุ (mass)



รูปที่7 แสดงตัวอย่างแผนภาพโบด

รูปที่7 แสดงแผนภาพโบด แสดงผลตอบสนอง จากแผนภาพเมื่อการตอบสนองเกิดการ เปลี่ยนองศา 180 องศา จะเป็นตำแหน่งที่เกิดปรากฏการณ์ รีโซแนนซ์ และเมื่ออุปกรณ์เกิดการหมุนรอบแกนของวัตถุที่มีมวลหากขาดความสมดุลในการหมุนจะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น เช่น การหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์ เป็นต้น ดังรูปที่ 8 สมมุติให้มวลดังกล่าวแทนด้วย m และให้ M แทนมวลรวมของระบบ r เป็นระยะเยื้องศูนย์ ของมวล m ที่เคลื่อนที่รอบแกนด้วยความเร็วเชิงมุม ω หากการเคลื่อนที่ของระบบมีเฉพาะในแนวดิ่ง แรงที่กระทำกับระบบและการตอบสนองในรูปไร้มิติของระบบที่สภาวะคงตัว คือ

$$f(t) = m\omega^2 r \sin \omega t \qquad (17)$$



รูปที่8 กราฟการตอบสนองของระบบเนื่องจากการที่หมุนไม่สมดุล

และ

$$\frac{MX}{m'r_c} = \frac{(\omega/\omega_n)^2}{\sqrt{\left[1-(\omega/\omega_n)^2\right]^2 + (2\zeta\omega/\omega_n)^2}} \tag{18}$$

และความต่างเฟส คือ

$$\phi = \tan^{-1}\frac{2\zeta\omega/\omega_n}{1-(\omega/\omega_n)^2} \tag{19}$$

ผลการตอบสนองของระบบเนื่องจากการสั่นของฐานและการเสียดุลในการหมุน แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งถ้า เครื่องจักรหมุน เกิดมีแรงกระทำทำกับ $\omega = \omega_n$ จะทำให้การตอบสนองการสั่นสะเทือน มีค่าเข้าสู่ ∞ กล่าวคือ จะเกิดปรากฏการณ์ เรโซแนนซ์ (Resonance) นั่นเอง

การทดลองที่2: Resonance testing

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาการทดสอบหาความถี่ธรรมชาติ โดยใช้วิธีการ Coast-down test

ขั้นตอนการทดลอง:

2.1 ติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือน เข้ากับชุดจำลองการสั่นสะเทือน

2.2 ทำการปรับความเร็วรอบโรเตอร์ แล้วจดบันทึกผล

ตารางที่2 แสดงค่าความถี่ธรรมชาติ

ความเร็วรอบ	ขนาดการสั่นสะเทือน (หน่วย.....)	องศา (Degree)	หมายเหตุ

วิเคราะห์ผล:

1) สรุปผลกระทบของความถี่ธรรมชาติ กับ การสั่นสะเทือน

2) หากต้องการแก้ไข การเกิดการสั่นพ้อง หรือ รีโซแนนซ์ ควรทำอย่างไร

การทดลองที่ 3 การแก้ปัญหาการเสียสมดุลแบบ Single plane balance แบบ Polar plot

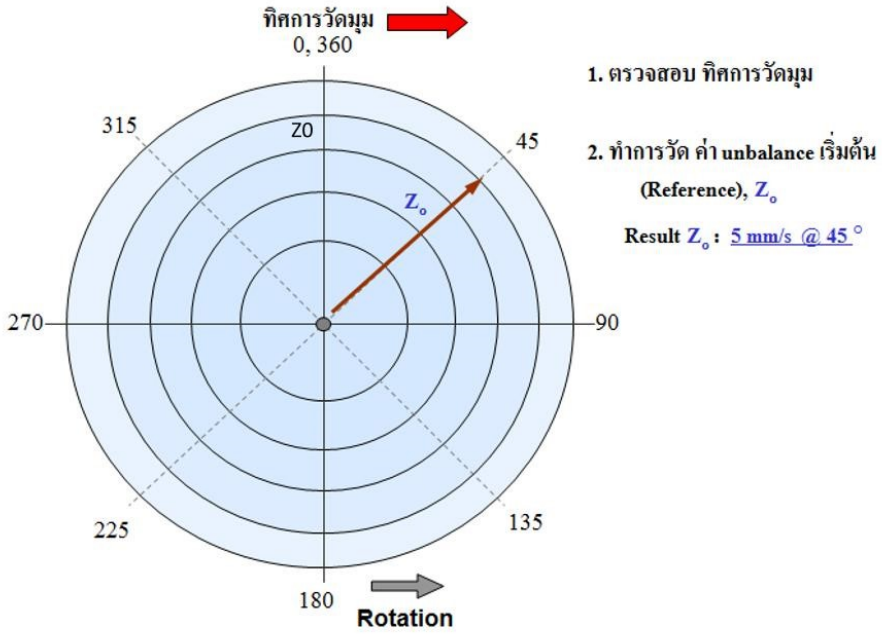
วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาวิธีการถ่วงสมดุลโรเตอร์แบบ Single plane balance โดยใช้วิธี Polar polt

อุปกรณ์ที่นักศึกษาต้องเตรียมมา: - เครื่องมือวัดมุม , วงเวียน, ไม้โปรแทรกเตอร์

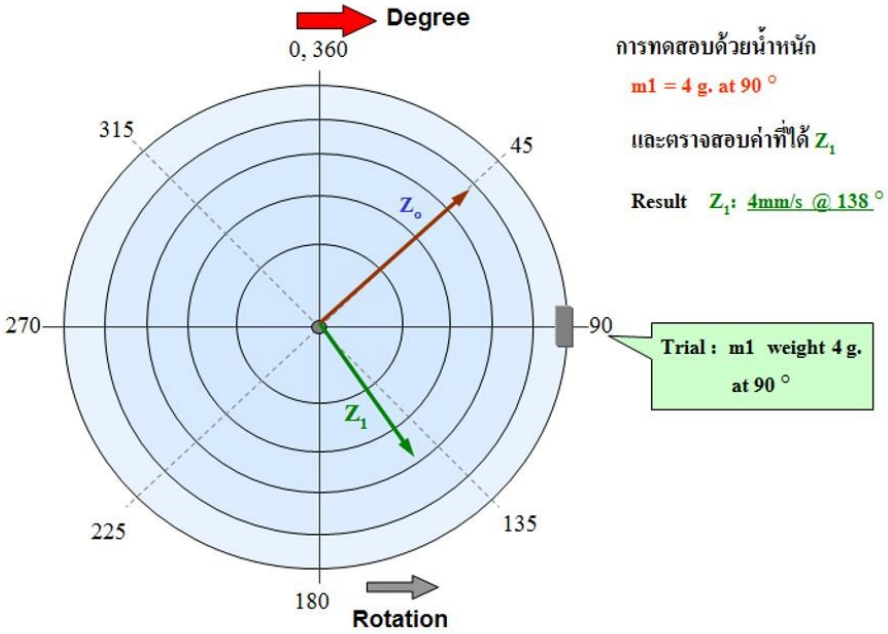
ขั้นตอนการทดลอง:

1. ตรวจสอบ ทิศการวัดมุม โดยดูทิศทางการหมุนของเพลา :

2. ทำการวัด ค่า unbalance เริ่มต้น (Reference), Zo



3. การทดสอบด้วยน้ำหนัก และการประมาณน้ำหนักที่จะใช้ และตรวจสอบค่าที่ได้ Z1



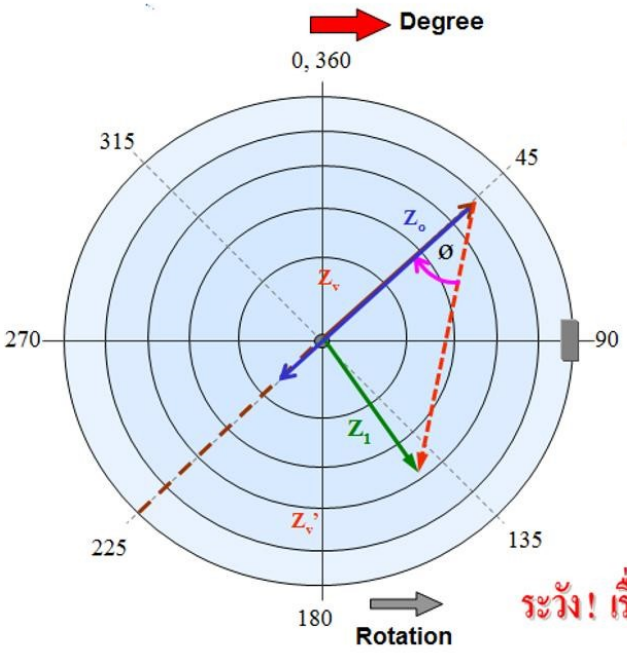
$$m_{trial} = 30 \frac{m_{rotor}}{r_{trial}}$$

m_{trial} = มวลของ Trial Weight, grams

m_{rotor} = มวลของ Rotor, kg.

r_{trial} = รัศมีของมวลที่จำทำการทดสอบ, mm

4. คำนวณหา ø และมุมที่จะติดตั้ง มวลที่ใช้แก้ไข unbalance

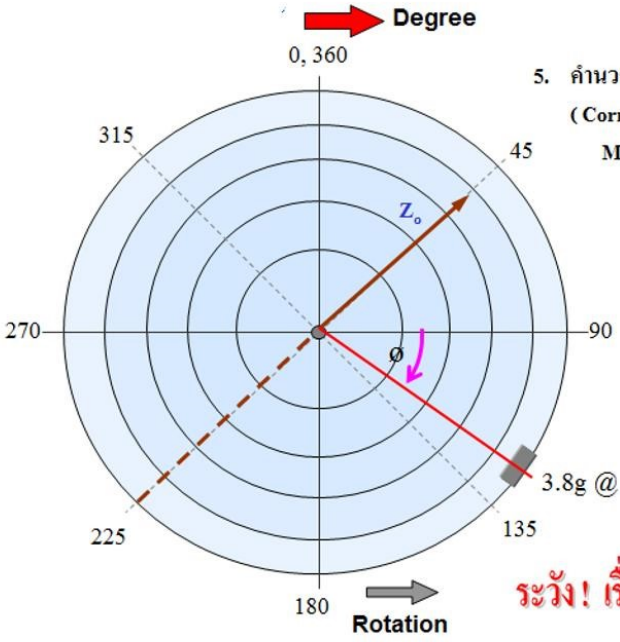


3. คำนวณหา Ø :

Ø = +38 °

ระวัง ! เรื่องทิศทางของการวัดมุม

5. คำนวณหา มวลที่ใช้แก้ไข unbalance



5. คำนวณหา มวลที่ใช้แก้ไข unbalance

(Correction Weight, Mc)

Mc = m_1 x (Z_o / Z_v)

= 4 x (5 / 5.2)

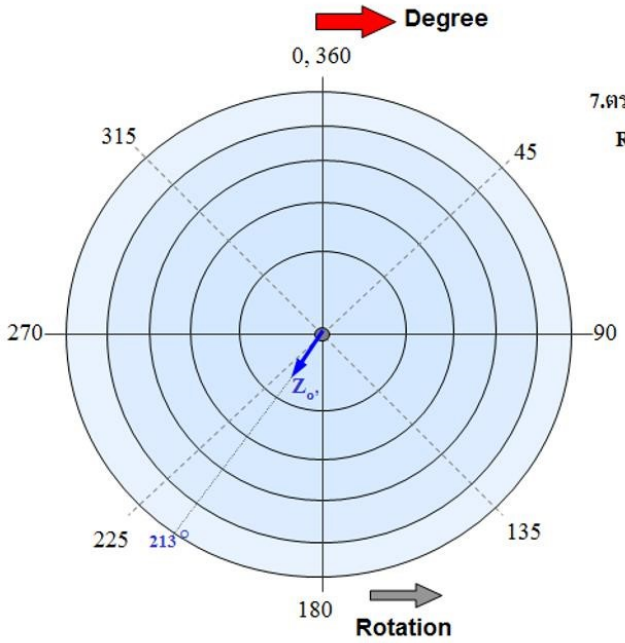
= 3.8 g.

6. ทำการติดตั้งมวลที่ใช้ แก้ไข unbalance บนเครื่องจักร

3.8g @ 90 + 38 = 128 °

ระวัง ! เรื่องทิศทางของการวัดมุม

6. ทำการติดตั้งมวลที่ใช้แก้ไข unbalance บนเครื่องจักร
7. ตรวจสอบค่าที่ได้ หลังการแก้ไข Zo'

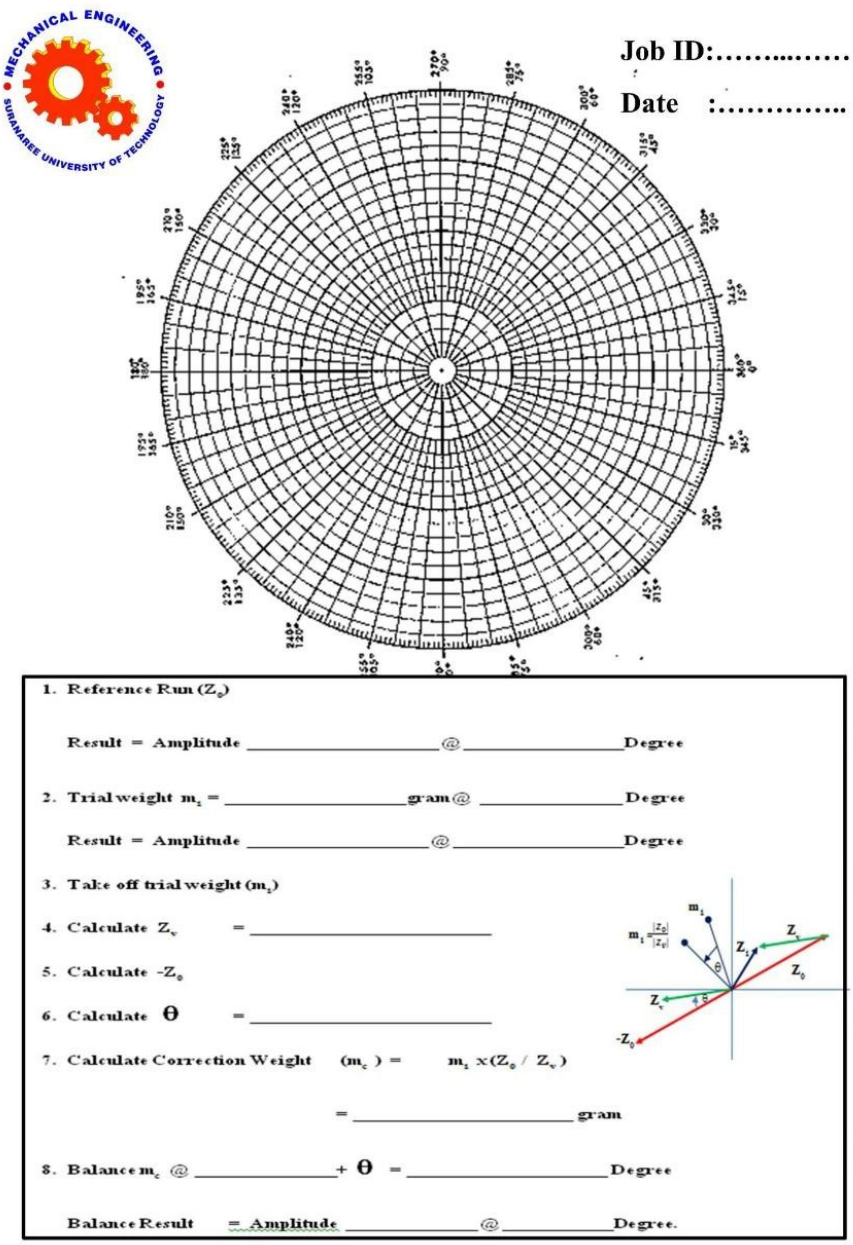


7.ตราจสอบค่าที่ได้ หลังการแก้ไข $Z_{o'}$

Result $Z_{o'}$: 0.2mm/s @ 213 °

8. เปรียบเทียบผลที่ได้กับ Specification เพื่อตัดสินใจว่าจะ Trim Balance ต่อหรือไม่

วิเคราะห์ผล : แสดงขั้นตอนการถ่วงสมดุลใน Polar plot และ แสดงค่าการสั่นสะเทือนสุดท้าย



รูปที่9 ตัวอย่าง Polar plot สำหรับ ใช้ในการทำการถ่วงสมดุลเครื่องจักร

ปฏิบัติการระบบควบคุม

การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิของเตาอบ

(The temperature controller design of chamber)

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบจากผลการทดลอง

1.2 เพื่อศึกษาการควบคุมของอุณหภูมิของเตาอบโดยวิธี ON/OFF และ PID controller

1.3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม MATLAB/Simulink และ RAPCON platform

2. ระบบควบคุม

มนุษย์เชื่อวาระบบทางกายภาพใดๆ ก็ตาม สามารถอธิบายพฤติกรรมทางพลวัตได้อย่างสมบูรณ์ด้วยสมการ ทางคณิตศาสตร์และมนุษย์ก็สามารถพยากรณ์สิ่งที่จะเดขึ้นกับระบบได้จากสมการคณิตศาสตร์ดังกล่าวรวมทั้งบังคับ ควบคุมให้สิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปนั้นเป็นไปตามความต้องการอย่างอัตโนมัติเราเรียกสมการคณิตศาสตร์ดังกล่าวว่า“แบบจำลองทางคณิตศาสตร์Mathematical models)” การควบคุมการสั่งให้ระบบมีพฤติกรรมที่ต้องการนั้นจะอาศัยตัวควบคุม (Controller) ที่ได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกายภาพ

ระบบ(System) คือ การทำงานร่วมกันเพื่อจุดประสงค์เดียวกันให้เกิดผลสำเร็จ

ระบบควบคุม(Control System) คือ การจัดองค์ประกอบส่วนต่างๆ ให้มีการทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อหรือปรับปรุงให้ระบบทำงานตามที่ต้องการ

พลานต์(Plant) คือ สิ่งที่จะถูกควบคุมอาจเป็นเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการท

การรบกวน(Disturbance) คือ สัญญาณการรบกวนที่เข้ามาในระบบทำให้ค่าเอาต์พุตของระบบเปลี่ยนไป

การควบคุมป้อนกลับ(Feedback) คือ การพยายามลดค่าแตกต่างระหว่างเอาต์พุตกับค่าอ้างอิง(Set point) หรืออินพุต

ระบบการควบคุมป้อนกลับ(Feedback Control System) คือ ระบบการควบคุมที่รักษาค่าเอาต์พุตได้ใกล้เคียงกับค่าอินพุต โดยมีการเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองนี้ ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุม(Controller)

โครงสร้างของการควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open-loop control system)

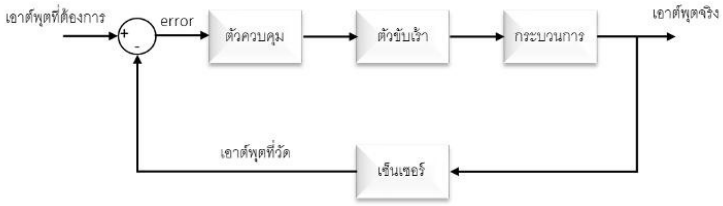
เป็นระบบที่ค่าเอาต์พุตไม่มีผลต่อการ ควบคุมขบวนการของระบบ คือ ไม่มีการนำเอาค่าเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานที่คงที่สำหรับอินพุตอ้างอิงแต่ละตัวให้ความแม่นยำของระบบขึ้นอยู่กับการปรับแต่ง (Calibration) ถ้ามีการรบกวนในระบบวงเปิด ระบบจะไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ การควบคุมแบบวงเปิดในทางปฏิบัติจะเหมาะกับงานที่รู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต และต้องไม่มีการรบกวนทั้งภายในและภายนอก เพราะระบบไม่มีการป้อนกลับแสดงได้ดังรูปที่ 1 ข้อสังเกตว่าระบบควบคุมใดก็ตามที่มีการทำงานบนพื้นฐานของเวลาหรือทำงานตามเวลาที่กำหนดจะเป็นการควบคุมแบบวงเปิด ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ที่เห็นได้ชัด ได้แก่ เครื่องซักผ้า คือ การแช่ผ้า การซัก และการล้าง โดยเครื่องจะทำงานตามเวลา เครื่องไม่ได้มีการวัดเอาต์พุตซึ่งคือ ความสะอาดของเสื้อผ้าหรือการควบคุมสัญญาณไฟจราจรก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการควบคุมแบบวงเปิด



รูปที่ 1. ระบบควบคุมแบบเปิด

2.2 ระบบควบคุมแบบปิด (Closed-loop control system)

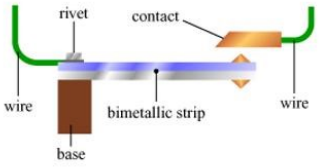
เป็นระบบที่นำสัญญาณจากเอาต์พุตของระบบ ป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองเปรียบเทียบนั้นจะเป็นค่าผิดพลาด(Error)เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนเข้าตัวควบคุม (Controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและทำให้เอาต์พุตของระบบเข้าสู่ค่าที่ต้องการ (Set point) แสดงระบบควบคุมแบบปิดได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ระบบควบคุมแบบปิด

ตัวอย่างการควบคุมแบบวงปิดได้แก่ ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิจริงภายในห้องจะถูกวัดและนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงหรืออุณหภูมิที่ต้องการแล้วสั่งการให้เทอร์มอสแตต (Thermostat) เปิด

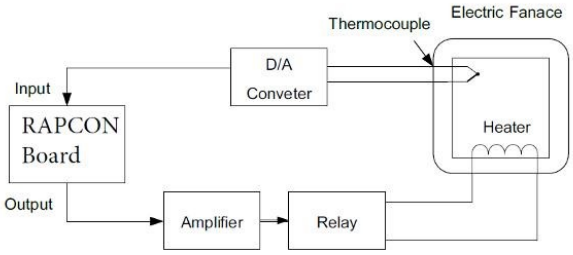
หรือปิด อุปกรณ์ทำความร้อนหรือทำความเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในห้องไว้ในระดับต้องการโดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพอุณหภูมิภายนอกห้อง หรือจะเป็นการควบคุมด้วยวิธีไฮดรอลิก ได้แก่ การใช้ทุ่นลอย สำหรับควบคุมระดับน้ำหรือวิธีควบคุมด้วยความร้อน ได้แก่ การใช้แถบโลหะสองชนิดผนึกติดกัน สำหรับควบคุมความร้อน เนื่องจากโลหะต่างชนิดกัน จะยืดหดไม่เท่ากัน แต่เมื่อถูกผนึกติดกันแล้วมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทำให้แถบโลหะนี้โก่งงอ เมื่อตรึงปลายหนึ่งเอาไว้แล้ว เอาไว้แล้ว การโก่งงอนี้ทำให้อีกปลายหนึ่งใช้เป็นสวิตช์ไฟฟ้าได้ เครื่องแบบนี้มักจะใช้ควบคุมอุณหภูมิในตู้เย็นหรือปรับอากาศให้มีอุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิลดลงจนเย็นเกินไปปลายแถบโลหะจะถ่างออกจากปุ่มสัมผัส ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุด แสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. การใช้แถบโลหะสองชนิดผนึกติดกัน สำหรับควบคุมความร้อน

3. การควบคุมอุณหภูมิในเตาอบด้วยลวดความร้อน (heater)

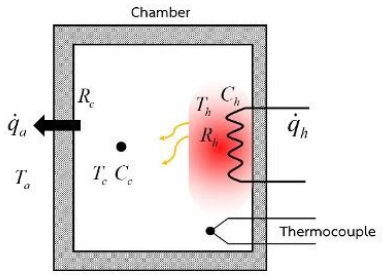
ตัวอย่างเป็นระบบใช้ RAPCON board เป็นตัวควบคุมระบบโดยเทอร์โมคัปเปิล ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิ จากนั้นท าการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) และส่งผ่านชุดเชื่อมต่อ(Interface) เพื่อป้อนไปที่ RAPCON board ซึ่งจะทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ได้ในขณะนั้น (Real Time) กับค่าที่ต้องการ (Set- Point) ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมสัญญาณควบคุมจาก RAPCON board จะถูกส่งต่อไปที่ยังวงจรขยาย (Amplifier) เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการทำงานของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจะควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อปรับเปลี่ยนให้อุณหภูมิในเตาเปลี่ยนแปลงไปสู่ค่าเป้าหมายที่ต้องการ ระบบการควบคุมเตาเผาดังแสดงในภาพที่ 4



รูปที่ 4. แผนภาพกระบวนการควบคุมอุณหภูมิในปฏิบัติการ

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเตาอบ (Mathematical modelling of chamber)

ในการปรับจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุมเพื่อให้ผลตอบสนองของอุณหภูมิเป็นไปตามต้องการนั้นเป็นเรื่องยากในทางปฏิบัติ จึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเตาอบ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ทางพลวัตของอุณหภูมิกับอินพุตของระบบ และทำการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะอธิบายในรูปแบบของฟังชั่นถ่ายโอน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเตาอบเป็นผลจากการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) โดยที่ค่าอัตราความร้อนต่อหน่วยพื้นที่หรือเรียกว่า Heat flux จะถูกสร้างโดยตัวทำความร้อน (Heater) เมื่อกระบวนการภายในเตาถูกให้พลังอย่างต่อเนื่องจะทำให้อุณหภูมิในเตาเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากเมื่อในเตามีอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกเตาจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนจากเตาสู่ภายนอก แผนภาพของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4. แบบจำลองทางกายภาพของเตาอบบไฟฟ้า

เมื่อ T_h คือ อุณหภูมิของขดลวดความร้อน

T_c คือ อุณหภูมิของเตาอบ

T_a คือ อุณหภูมิภายนอกเตาแบบ

R_h คือ ความต้านทานความร้อนของขดลวดความร้อน

C_h คือ ความจุความร้อนของขดลวดความร้อน

C_c คือ ความจุความร้อนของเตาอบ

q_h คือ Heat flux ของขดลวดความร้อน

q_a คือ Heat flux ที่สูญเสียจากเตาอบ

q_c คือ Heat flux ที่ถ่ายเทผ่านสู่ผนังเตาอบ

จากรูปที่ 5

พิจารณาการถ่ายเทความร้อนของ Heater ภายในเตาและการสูญเสียความร้อน โดยสมดุลความร้อนภายในเตา ตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ จะได้ว่า

$$\Delta u = q_h - q_c \tag{1}$$

เมื่อ

$$q_c = \frac{T_h - T_c}{R_h} \ , \ u = C_h \frac{dT_h}{dt}$$

$$C_h \frac{dT_h}{dt} = q_h - \frac{T_h - T_c}{R_h} \tag{2}$$

เมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนระหว่างเตาอบกับผนังเตาจะพบว่า

$$\Delta u = q_c - q_a$$

เมื่อ $\dot{q}_a = \frac{T_c - T_a}{R_c}$, $\Delta \dot{u} = C_c \frac{dT_c}{dt}$

$$C_c \frac{dT_c}{dt} = \frac{T_h - T_c}{R_h} - \frac{T_c - T_a}{R_c} \tag{3}$$

จากสมการที่ 2 ทำการแปลงลาปลาซจะได้ว่า

$$C_h R_h s T_h(s) = R_h q_h(s) - T_h(s) - T_c(s)$$

$$(C_h R_h s + 1) T_h(s) = R_h q_h(s) - T_c(s)$$

$$T_h(s) = \frac{R_h}{(C_h R_h s + 1)} q_h(s) - \frac{1}{(C_h R_h s + 1)} T_c(s) \tag{4}$$

จากสมการที่ 3 ทำการแปลงลาปลาซจะได้ว่า

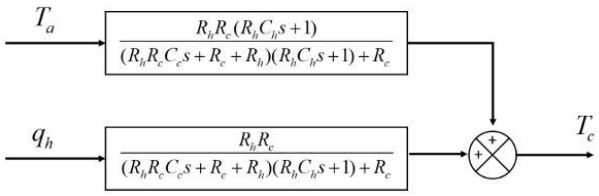
$$C_c s T_c(s) = \frac{T_h(s) - T_c(s)}{R_h} - \frac{T_c(s) - T_a(s)}{R_c}$$

$$R_h R_c C_c s T_c(s) = R_c T_h(s) - R_c T_c(s) - R_h T_c(s) + R_h T_a(s)$$

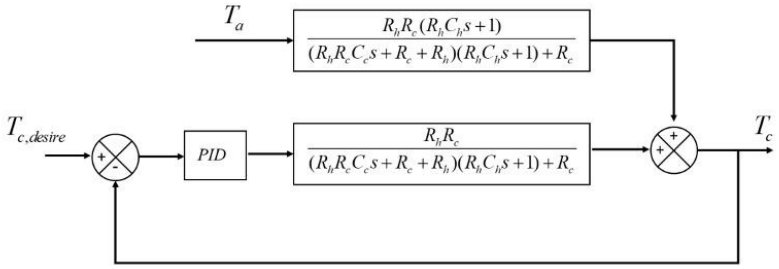
$$T_h(s) = (\frac{R_h R_c C_c s + R_c + R_h}{R_c}) T_c(s) - R_h T_a(s) \tag{5}$$

พิจาณาสมการที่ 4 และ 5 จากนั้นจัดรูปแบบสมการจะได้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในเตากับอินพุตและอุณหภูมิภายนอกเตาดังสมการที่ 6 ซึ่งสามารถเขียนในรูปของบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

$$T_c(s) = \frac{R_h R_c}{(R_h R_c C_c s + R_c + R_h)(R_h C_h s + 1) + R_c} q_h(s) + \frac{R_h R_c (R_h C_h s + 1)}{(R_h R_c C_c s + R_c + R_h)(R_h C_h s + 1) + R_c} T_a(s) \tag{6}$$



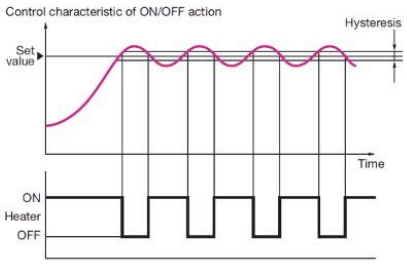
รูปที่ 5. บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบวงเปิด



รูปที่ 6. บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิแบบวงปิด

4. ตัวควบคุมแบบเปิดปิด (ON/OFF Control)

เมื่อเราทราบพฤติกรรมของระบบและแบบจำลอง สามารถใช้วิธีสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ วิธีแรกในการควบคุมคือการควบคุมโดยการเปิด / ปิดการทำงานอย่างง่ายที่ลวดความร้อน โดยจะเปิดเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้น้อยกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ (ข้อผิดพลาด> 0) และปิดเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มากกว่าอุณหภูมิที่ต้องการอุณหภูมิ (ข้อผิดพลาด <0) รูปที่ 5 แสดงการควบคุมฮีตเตอร์โดยวิธี ON/OFF



รูปที่ 5. การควบคุมฮีตเตอร์แบบ ON/OFF

รูปแบบการควบคุมที่แสดงข้างต้นไม่ได้ใช้ความรู้ใดๆ ของแบบจำลองของระบบและการป้อนกลับ พฤติกรรมของการควบคุมแบบนี้นั้นค่อนข้างใช้งานง่าย เริ่มแรกเตาอบเย็นเกินไปทำให้คอนโทรลเลอร์เปิดฮีตเตอร์ ทำให้เตาอบร้อนขึ้น ใช้เวลาสักพักเพื่อให้อุณหภูมิของเตาอบถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ณ จุดนี้ฮีตเตอร์จะถูกปิดเนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้นเกินระดับที่ต้องการ ในขณะที่เตาสูญเสียความร้อนไปสู่สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิจะลดลงจนกว่าอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า ค่าที่ต้องการจะทำให้ฮีตเตอร์ทำงาน การควบคุมเปิด / ปิดนี้จะส่งผลให้ฮีตเตอร์ถูกเปิดและปิดอย่างรวดเร็วและการแกว่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นรอบอุณหภูมิที่ต้องการ

5. ตัวควบคุมแบบ PID (PID controller)

การควบคุมระบบแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วน (P-controller) สัญญาณควบคุมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสัญญาณความผิดพลาดที่เกิดจากผลต่างระหว่างค่าสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบที่ต้องการควบคุม จะมีคุณสมบัติของระบบควบคุมดังนี้

- ลดค่า Rise Time (tr) ทาให้ระบบทางานเร็วขึ้นในช่วงแรก
- เพิ่ม Over Shoot (Mp) ทาให้ระบบแกว่งในช่วงเริ่มต้น แต่ส่งผลให้ค่า Steady State Error ลดลง

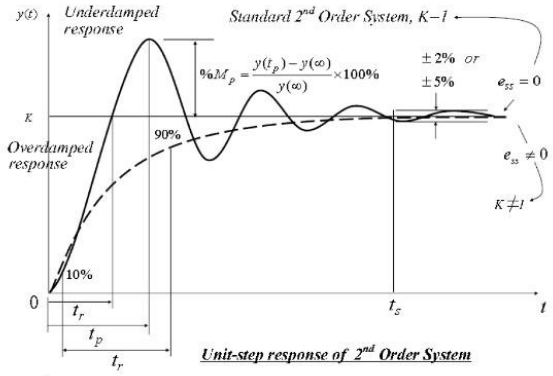
ตัวควบคุมแบบอินทิกรัล (I-controller) จะขึ้นอยู่กับค่าในอดีตไม่เหมือนกับตัวควบคุมแบบสัดส่วนซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าปัจจุบัน ตัวควบคุมแบบอินทิกรัลใช้เพื่อต้องการลดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว ขณะเดียวกันเสถียรภาพของระบบก็จะลดน้อยลงด้วย การควบคุมแบบอินทิกรัลเป็นการเพิ่มอันดับให้กับระบบตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ (D-controller) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นการใช้ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับตัวควบคุมแบบสัดส่วน เราเรียกว่า PD-controller ถ้าตัวควบคุมแบบสัดส่วนใช้ร่วมกับอินทิกรัลเรียกว่า PI-controller และถ้าใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับตัวควบคุมแบบอินทิกรัลและตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ จะเรียกว่า PID-controller โดยตัวควบคุมแบบอนุพันธ์จะช่วยเพิ่มค่าความหน่วงให้กับระบบที่ต้องการจะควบคุม ทาให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ขณะเดียวกันจะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากตัวควบคุมแบบอนุพันธ์เป็นสัญญาณที่เกิดจากการหาอนุพันธ์ของสัญญาณความผิดพลาด ดังนั้น ถ้าสัญญาณความผิดพลาดนั้นมีสัญญาณการรบกวนมาก สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะกระเพื่อมค่อนข้างมากเนื่องจากค่าความชันของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงแปลงค่อนข้างมาก ซึ่งจะทาให้ระบบควบคุมของเราไม่มีเสถียรภาพได้

6. การตอบสนองชั่วครู่และการตอบสนองในสภาวะคงตัว

การออกแบบระบบควบคุมให้มีสมรรถนะที่ดีตามต้องการจะกาหนดผลการตอบสนองไว้ก่อน โดยทั่วไประบบไม่สามารถตอบสนองได้อย่างทันที โดยจะแสดงการตอบสนองชั่วครู่ซึ่งอาจมีการสั่นไกวหรือมีการหน่วงใน ช่วงแรกก่อนที่จะเข้าสู่การตอบสนองในสภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไป การตอบสนองของระบบควบคุมขึ้นอยู่กับ ลักษณะการใช้งานระบบเป็นหลัก ซึ่งโดยทั่วไประบบควรมีการตอบสนองที่รวดเร็วและมี

อัตราการหน่วงที่เหมาะสม การกำหนดคุณลักษณะของการตอบสนองชั่วครู่ต่ออินพุต แสดงได้ดังรูปที่ 6 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

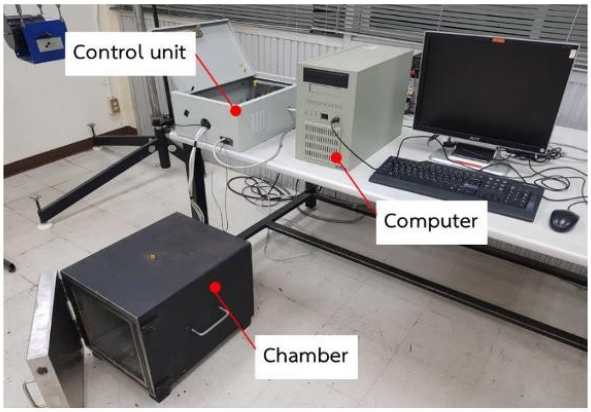
1. Rise time *(t_r)* ช่วงเวลาที่การตอบสนองไต่ระดับจาก 10% ถึง 90% ของค่าสุดท้าย
2. Maximum Overshoot *(M_p)* ค่าสูงสุดของการตอบสนองที่วัดจากค่าสุดท้าย
3. Settling time *(t_s)* ช่วงเวลาที่การตอบสนองเริ่มเข้าสู่ค่าสุดท้ายภายในช่วงที่กำหนด 2% หรือ 5%
4. Delay time *(t_d)* ช่วงเวลาที่การตอบสนองมีค่าครึ่งหนึ่งของค่าท้ายสุด
5. Peak time *(t_p)* ช่วงเวลาที่การตอบสนองมีค่าสูงสุด
6. Steady-state error (e_{ss}) ค่าผิดพลาดของการตอบสนองในสภาวะคงตัวเทียบกับค่าอ้างอิง



รูปที่ 6 Response and transient characteristics of 2nd order system

7. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. เตาอบไฟฟ้า
2. Heater
3. คอมพิวเตอร์และโปรแกรม MATLAB/Simulink 2017a
4. RAPCON platform (Real-Time Controller)
5. Thermocouple 0-1400 C



รูปที่ 8 อุปกรณ์การทดลอง

ตารางการทดลองที่ 1 การควบคุมอุณหภูมิแบบ ON/OFF

Ambient Temperature ($^{\circ}C$)	Max Temperature ($^{\circ}C$)	Time ON (sec)	Time OFF (sec)

ตารางการทดลองที่ 2 การออกแบบตัวควบคุม PID

K_p	K_I	K_D

ตารางการทดลองที่ 3 ผลตอบสนองของระบบเมื่อใช้ตัวควบคุม PID

	Set Point	Rise time (s)	Settling time (s)	%Overshoot	Peak time (s)	Steady state error
Simulation						
Actual						

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายหลักการทำงานของระบบควบคุมแบบเปิดปิด (ON/OFF control)
2. จงอธิบายหลักการทำงานของระบบควบคุมแบบพีไอดี (PID control)
3. ยกตัวอย่างข้อดี ข้อเสีย ของระบบควบคุมทั้งสองแบบที่ใช้ในการทดลอง
4. การปรับจูนตัวควบคุมแบบ PID ในการทดลองใช้วิธีใด

ปฏิบัติการ

การฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนพลาสติก

(Plastic Injection Molding)

วัตถุประสงค์:

1. เพื่อศึกษา และ เข้าใจหลักการพื้นฐานกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนพลาสติกด้วยวิธีการฉีดเข้าแบบ
2. เพื่อศึกษา และ เข้าใจตัวแปรพื้นฐานในการควบคุมกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ในกระบวนการฉีดขึ้นรูป

บทนำ:

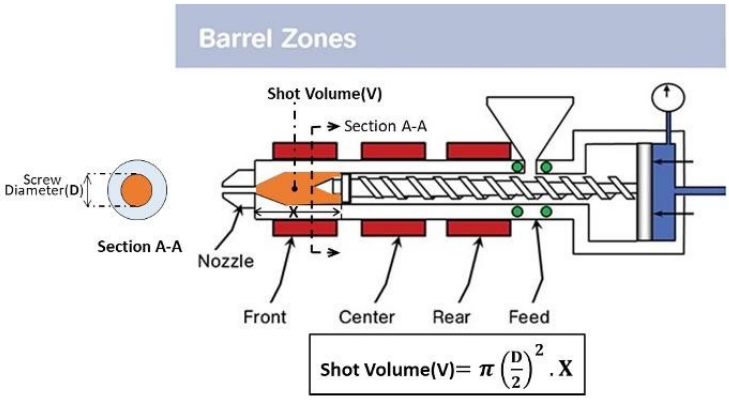
ให้นักศึกษาศึกษาเนื้อหา และ ทำความเข้าใจเนื้อหา จาก VDO ที่ได้ให้ไว้ก่อนเข้าเรียนปฏิบัติการ

การทดลอง:

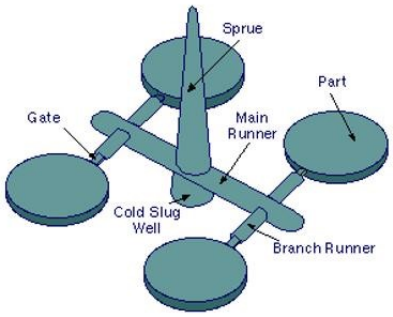
การแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองผลของปริมาณการฉีด(Shot Size) กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ และ ผลของแรงดันย้ำ(Holding Pressure) ต่อการหดตัวของชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

<u>ผลของปริมาณการฉีดต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ฉีดขึ้นรูปได้</u>:

1. จากแผนภาพส่วนของกระบอกฉีด ของเครื่องฉีดพลาสติก ในรูปที่ 1 ทำการทดลองจะทำการปรับตั้งระยะการฉีด(Shot Size, **X**) เพื่อให้ได้ลักษณะการฉีดผลิตภัณฑ์ 3 ลักษณะคือ (1) ฉีดเต็มแม่พิมพ์พอดี (Optimal Shot Size, X_{OP}) (2) ฉีดไม่เต็มแม่พิมพ์(Short Shot, X_{SS}) และ (3) ฉีดล้นแม่พิมพ์(Over Shot, X_{OS}) ให้บันทึกค่า X_{OP} X_{SS} และ X_{OS} ลงในตารางบันทึกผล
2. ทำการฉีดชิ้นงาน แต่ละแบบ จำนวน 3 ครั้ง นำชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปได้ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้ง 3 ครั้ง ไปชั่งน้ำหนัก(W_i) นำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย และ บันทึกผลการทดลอง
3. อธิบายลักษณะชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ ทั้ง 3 แบบ ว่ามีลักษณะ และ จุดสังเกต เป็นแบบไหน
4. ทำการ พล็อตกราฟ ระหว่าง ค่า ระยะการฉีด(X_{ij}) กับ ค่าน้ำหนักเฉลี่ย($\bar{W}$)ของชิ้นงานทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 1 แผนภาพกระบอกฉีดเครื่องฉีดพลาสติก



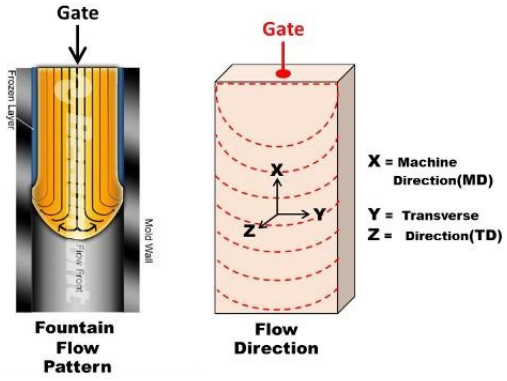
รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นงานที่ผลิตขึ้นรูปได้จากกระบวนการฉีดเข้าแบบ

ลักษณะการฉีด	ระยะการฉีด (X)(mm)	W_1(g)	W_2(g)	W_3(g)	$\bar{W}$(g)	ลักษณะทางกายภาพชิ้นงาน
ฉีดเต็มพอดี (Optimal Shot, X_{OP})						
ฉีดไม่เต็ม (Short Shot, X_{SS})						
ฉีดล้น (Over Shot, X_{OS})						

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองลักษณะการฉีด

ผลของแรงดันย้ำ(Holding Pressure) ต่อการหดตัวของชิ้นงาน:

รูปที่ 3 แสดงทิศทางการไหล(Flow Direction) ของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ ระหว่างการฉีดขึ้นรูป โดยปกติการไหลเติมเต็มในแม่พิมพ์(Mold Filling) ของน้ำพลาสติกหลอมเหลวจะเป็นแบบการไหลของน้ำพุ(Fountain Flow) โดยพลาสติกจะเติมเต็ม จากบริเวณประตูทางเข้า(Gate) ไปจนถึงปลายสุดของแม่พิมพ์ โดยทิศทางการไหลของพลาสติกหลอมเหลวที่กระทำกับระนาบของแม่พิมพ์จะมี 2 ทิศทาง คือ (1) ทิศทางตามแนวการไหล(X) หรือ เรียกว่า ทิศทางตามเครื่องฉีด(Machine Direction, MD) และ (2) ทิศทางตั้งฉากกับการไหล(Y, Z) หรือ ที่เรียกว่า Transverse Direction, TD โดยปกติค่า % การหดตัวของพลาสติกระหว่างการเย็นตัว(Mold Shrinkage) จากของเหลว เป็น ของแข็งทั้ง 2 ทิศทางจะมีค่าไม่เท่ากับ โดยปกติค่า % การหดตัวตามแนว MD จะมีค่ามากกว่า แนว TD เล็กน้อย นอกจากนั้นค่า % การหดตัวจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดังย้ำ(Holding Pressure) ด้วย ในการทดลองนี้จะได้ศึกษา ผลของแรงดันย้ำ ต่อ ต่อค่า % การหดตัวของชิ้นงาน โดยมีการทดลองดังต่ไปนี้



รูปที่ 3 ละกษณะการไหล(Flow Pattern) ของพลาสติกระหว่างการฉีดเข้าแม่พิมพ์

1. ทำการฉีดชิ้นงาน โดยการตั้งค่า ความดันย้ำการฉีดต่างกัน 3 ค่าแรงดัน คือ สูง ปานกลาง และ ต่ำ โดยทำการฉีดชิ้นงาน 3 ชิ้นงาน
2. เลือกตัดชิ้นงาน จากชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปได้ วัดขนาด X_o, Y_o และ Z_o โดยใช้ วีเนียร์(Veneer Caliper) ในการวัด โดยบันทึกค่าการวัดให้ได้ในตำแหน่งการวัดที่ทศนิยมตำแหน่งที่ 3(X.XXX) บันทึกผลการวัดเป็นค่าการวัดขนาดชิ้นงานที่ฉีดขึ้นรูปได้

3. ทิ้งชิ้นงานให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นงานที่เย็นตัวแล้ว 24 ชั่วโมงไปวัดขนาดอีกครั้ง เช่นเดียวกับข้อ 2 บันทึกค่าการวัดเป็น X_{24}, Y_{24} และ Z_{24}
4. คำนวณค่าการหดตัวเชิงเส้นตรง(Linear Shrinkage, Δ) โดยคำนวณจากผลต่างของค่า การวัดที่ 0 และ 24 ชั่วโมง เปรียมเทียบค่าการหดตัวเชิงเส้นตรงของ X, Y และ Z
5. คำนวณค่าการหดตัวเชิงปริมาตร(Volume Shrinkage, ΔV) โดยการ คำนวณจากผลคูณของ ΔX, ΔY และ ΔZ
6. พล็อตกราฟระหว่าง ค่า การหดตัวเชิงเส้นตรง การหดตัวเชิงปริมาตร กับ ค่าแรงดันย้ำ(Holding Pressure) ในการฉีดขึ้นรูป
7. อภิปรายผลการทดลองที่ได้

บันทึกค่าการทดตัวชิ้นงานหลังถอดแบบ(t = 0 hour):

ระยะการฉีด (mm)	แรงดันย้ำ (%)	X_o (mm)	Y_o (mm)	Z_o (mm)
---------	---------			
---------	---------			
---------	---------			

บันทึกค่าการทดตัวชิ้นงานหลังถอดแบบ(t = 24 hour):

ระยะการฉีด (mm)	แรงดันย้ำ (%)	X_{24} (mm)	Y_{24} (mm)	Z_{24} (mm)
---------	---------			

---------	---------			
---------	---------			

ปฏิบัติการระบบควบคุม

การควบคุมความเร็วรอบสาหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดี

(Speed Control of DC Motor with PID Controller)

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาการควบคุมแบบวงเปิด (Open-loop control) และการควบคุมแบบวงปิด (Closed-loop control) ที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID: Proportional, Integral and Derivative)

1.2 เพื่อศึกษาการควบคุมความเร็วรอบสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.3 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม MATLAB/Simulink และ RAPCON platform

2. ระบบควบคุม

มนุษย์เชื่อว่าระบบทางกายภาพใดๆ ก็ตาม สามารถอธิบายพฤติกรรมทางพลวัตได้อย่างสมบูรณ์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และมนุษย์ก็สามารถพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นกับระบบได้จากสมการคณิตศาสตร์ดังกล่าว รวมทั้งบังคับควบคุมให้สิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปนั้น เป็นไปตามความต้องการอย่างอัตโนมัติ เราเรียกสมการคณิตศาสตร์ดังกล่าวว่า “**แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models)**” การควบคุมสั่งการให้ระบบมีพฤติกรรมที่ต้องการนั้น จะอาศัยตัวควบคุม (controller) ที่ได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกายภาพ

ระบบ (System) คือ การทำงานร่วมกันเพื่อจุดประสงค์เดียวกันให้เกิดผลสำเร็จ

ระบบควบคุม (Control System) คือ การจัดองค์ประกอบส่วนต่างๆ ให้มีการทำงานสัมพันธ์กันเพื่อบังคับ หรือปรับปรุงให้ระบบทำงานตามที่ต้องการ

พลานต์ (Plant) คือสิ่งที่จะถูกควบคุม อาจเป็นเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน

การรบกวน (Disturbance) คือ สัญญาณการรบกวนที่เข้ามาในระบบ ทำให้ค่าเอาต์พุตของระบบเปลี่ยนไป

การควบคุมป้อนกลับ (Feedback) คือ การพยายามลดค่าแตกต่างระหว่างเอาต์พุตกับค่าอ้างอิง (Set point) หรืออินพุต

ระบบการควบคุมป้อนกลับ (Feedback Control System) คือ ระบบการควบคุมที่รักษาค่าเอาต์พุตได้ใกล้เคียงกับค่าอินพุต โดยมีการเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองนี้ ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุม (Controller)

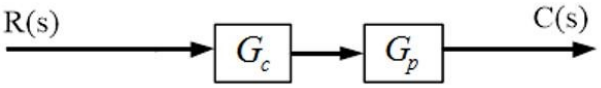
โครงสร้างของการควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 ระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open-loop control system) เป็นระบบที่ค่าเอาต์พุตไม่มีผลต่อการควบคุมขบวนการของระบบ คือ ไม่มีการนำเอาค่าเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานที่คงที่สำหรับอินพุตอ้างอิงแต่ละตัว ทำให้ความแม่นยำของระบบขึ้นอยู่กับการปรับแต่ง (Calibration) ถ้ามีการรบกวนในระบบวงเปิด ระบบจะไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ การควบคุมแบบวงเปิดในทางปฏิบัติจะเหมาะกับงานที่รู้ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต และต้องไม่มีการรบกวนทั้งภายในและภายนอก เพราะระบบไม่มีการป้อนกลับ ดังแสดงในรูปที่ 1

ข้อสังเกตว่าระบบควบคุมใดก็ตามที่มีการทำงานบนพื้นฐานของเวลาหรือทำงานตามเวลาที่กำหนดจะเป็นการควบคุมแบบวงเปิด ตัวอย่างการควบคุมในลักษณะนี้ที่เห็นได้ชัด ได้แก่

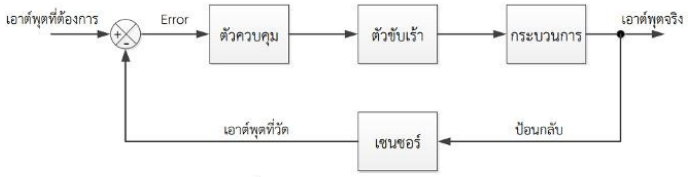
2.1.1. เครื่องซักผ้า คือ การแช่ผ้า การซัก และการล้าง โดยเครื่องจะทำงานตามเวลาเครื่องไม่ได้มีการวัดเอาต์พุต ซึ่งคือความสะอาดของเสื้อผ้า

2.1.2. การควบคุมสัญญาณไฟจราจร เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการควบคุมแบบวงเปิด



รูปที่ 1 ระบบควบคุมแบบเปิด

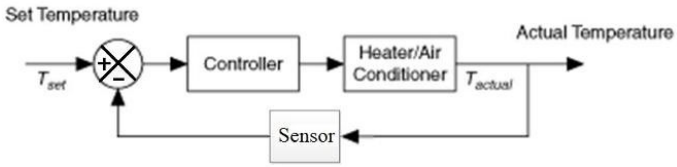
2.2 ระบบควบคุมแบบวงปิด (Closed-loop control system) เป็นระบบที่นำสัญญาณจากเอาต์พุตของ ระบบป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมา เปรียบเทียบนั้นจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนเข้าตัวควบคุม (Controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่ เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ และทำให้เอาต์พุตของระบบเข้าสู่ค่าที่ต้องการ (Set point) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบควบคุมแบบปิด

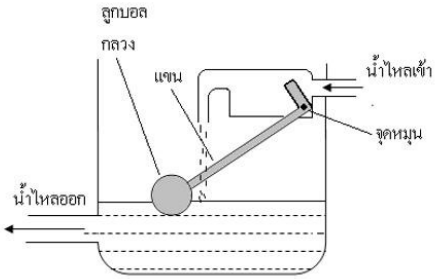
ตัวอย่างการควบคุมแบบวงปิด ได้แก่

2.2.1. ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิจริงภายในห้องจะถูกวัดและนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิงหรืออุณหภูมิที่ต้องการ แล้วสั่งการให้เทอร์โมสตัต(Thermostat) เปิดหรือปิดอุปกรณ์ทำความร้อนหรือทำความเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในห้องไว้ในระดับต้องการโดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพอุณหภูมิภายนอกห้อง



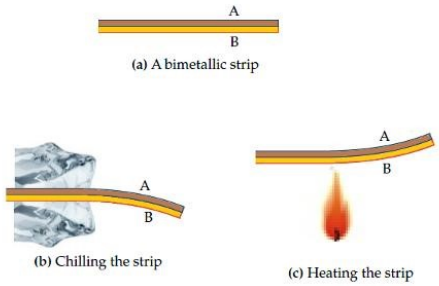
รูปที่ 3 ระบบทำความร้อนหรือทำความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในห้อง

2.2.2. การควบคุมระดับน้ำ โดยการใช้ลูกลอย



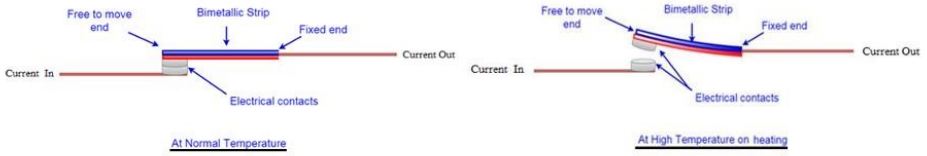
รูปที่ 4 การควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติแบบกลไกล้วน

2.2.3. การควบคุมด้วยความร้อน ได้แก่ การใช้แถบโลหะสองชนิด(Bimetal) ผนึกติดกัน สำหรับควบคุมความร้อน เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นโลหะต่างชนิดกันจะยืดหดไม่เท่ากัน เมื่อถูกผนึกติดกันแล้วมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้แถบโลหะนี้โก่งงอ เมื่อตรึงปลายหนึ่งเอาไว้ การโก่งงอนี้จะทำให้อีกปลายหนึ่งใช้เป็นสวิตช์ไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

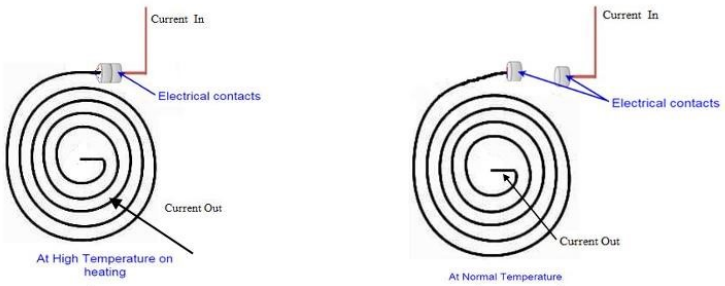


รูปที่ 5 โลหะ Bimetal มีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวไม่เท่ากัน

เครื่องแบบนี้มักจะใช้ควบคุมอุณหภูมิในตู้เย็น หรือห้องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิลดลงจนเย็นเกินไปปลายแถบโลหะจะถ่างออกจากจุดสัมผัส ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



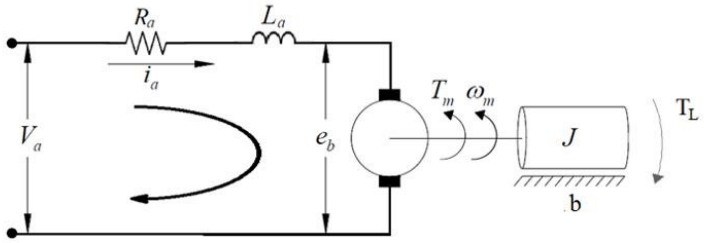
รูปที่ 6 การใช้แถบโลหะสองชนิดผนึกติดกัน สำหรับควบคุมความร้อน



รูปที่ 7 ขดโลหะ Bimetal ควบคุมอุณหภูมิในตู้เย็นหรือเครื่องปรับอากาศ

3. การวิเคราะห์วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet DC motor) สามารถเขียนเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างทางไฟฟ้าและโครงสร้างทางกล ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 Permanent magnet DC motor model

ซึ่งสามารถแยกโครงสร้างต่าง ๆ ได้ ตามสัญลักษณ์ ต่อไปนี้

V_a armature voltage (V) R_a armature resistance (Ω) L_a armature inductance (H)

i_a armature current (A) ω_m rotation speed (rad/s) J moment of inertia (kg.m^2)

e_b back electromotive force voltage (V) T_m motor torque (N.m)

K_b back electromotive force coefficient (V.s/rad) K_t torque coefficient (N.m/A)

B coefficient of viscous friction (N.m.s/rad) T_d external load disturbance (N.m)

สมการทางไฟฟ้าและสมการทางกลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงได้ดังสมการที่ (1)-(4)

$$V_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + e_b(t) \quad (1)$$

$$e_b(t) = K_b \omega_m(t) \quad (2)$$

$$T_m(t) = K_t i_a(t) \quad (3)$$

$$J \frac{d\omega_m(t)}{dt} + B\omega_m(t) + T_L(t) = T_m(t) \quad (4)$$

การแปลงลาปลาส (Laplace transform) สมการที่ (1)-(4) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5)-(8) ตามลำดับ

$$V_a(\mathrm{s}) = R_a I_a(\mathrm{s}) + sL_a I_a(\mathrm{s}) + E_b(\mathrm{s}) \quad (5)$$

$$E_b(\mathrm{s}) = K_b \omega_m(\mathrm{s}) \quad (6)$$

$$T_m(\mathrm{s}) = K_t I_a(\mathrm{s}) \quad (7)$$

$$sJ\omega_m(\mathrm{s}) + B\omega_m(\mathrm{s}) + T_L(\mathrm{s}) = T_m(\mathrm{s}) \quad (8)$$

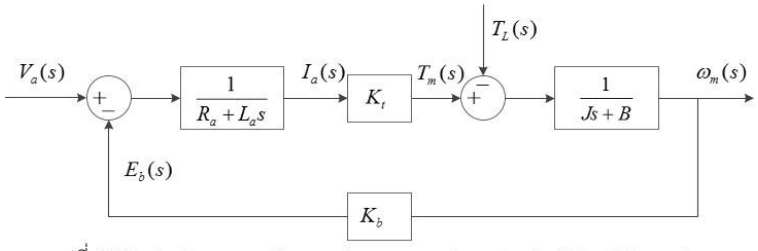
ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงมุมและแรงดันไฟฟ้าอินพุต แสดงได้ดังสมการที่ (9)

$$\frac{\omega_m(\mathrm{s})}{V_a(\mathrm{s})} = \frac{K_t}{L_a J s^2 + (R_a J + L_a B)s + (R_a B + K_b K_t)} \quad (9)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเชิงมุมและแรงดันไฟฟ้าอินพุต แสดงได้ดังสมการที่ (10)

$$\frac{\theta_m(\mathrm{s})}{V_a(\mathrm{s})} = \frac{K_t}{\mathrm{s}(L_a J s^2 + (R_a J + L_a B)s + (R_a B + K_b K_t))} \quad (10)$$

บล็อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิด ดังแสดงในรูปที่ 9

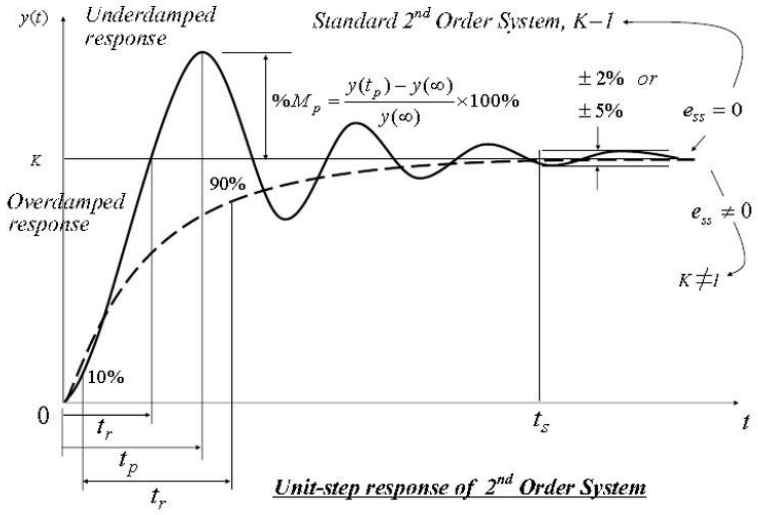


รูปที่ 9 Block diagram of open-loop speed control of the DC motor

4. การตอบสนองชั่วครู่และการตอบสนองในสภาวะคงตัว

การออกแบบระบบควบคุมให้มีสมรรถนะที่ดีตามต้องการ จะต้องกำหนดผลการตอบสนองที่ต้องการไว้ก่อน โดยทั่วไประบบจะไม่สามารถตอบสนองได้อย่างทันที โดยจะแสดงการตอบสนองชั่วครู่ซึ่งอาจมีการสั่นไกวหรือมีการหน่วงในช่วงแรกก่อนที่จะเข้าสู่การตอบสนองในสภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไป การตอบสนองของระบบควบคุมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานระบบเป็นหลัก ซึ่งโดยทั่วไประบบควรมีการตอบสนองที่รวดเร็วและมีอัตราการหน่วงที่เหมาะสม การกำหนดคุณลักษณะของการตอบสนองชั่วครู่ต่ออินพุต ดังแสดงในรูปที่ 10 และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีดังนี้

1. Rise time (t_r) ช่วงเวลาที่การตอบสนองไต่ระดับจาก 10% ถึง 90% ของค่าสุดท้าย
2. Maximum Overshoot (M_p) ค่าสูงสุดของการตอบสนองที่วัดจากค่าสุดท้าย
3. Settling time (t_s) ช่วงเวลาที่การตอบสนองเริ่มเข้าสู่ค่าสุดท้ายภายในช่วงที่กำหนด 2% หรือ 5%
4. Delay time (t_d) ช่วงเวลาที่การตอบสนองมีค่าครึ่งหนึ่งของค่าสุดท้าย
5. Peak time (t_p) ช่วงเวลาที่การตอบสนองมีค่าสูงสุด
6. Steady-state error (e_{ss}) ค่าผิดพลาดของการตอบสนองในสภาวะคงตัวเทียบกับค่าอ้างอิง



รูปที่ 10 Response and transient characteristics of 2nd order system

5. ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID-controller)

การควบคุมระบบแบบป้อนกลับโดยใช้

ตัวควบคุมแบบสัดส่วน (P-controller) สัญญาณควบคุมจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสัญญาณความผิดพลาดที่เกิดจากผลต่างระหว่างค่าสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาต์พุตของระบบที่ต้องการควบคุม จะมีสมบัติของระบบควบคุมดังนี้

- ลดค่า Rise Time (tr) ทำให้ระบบทำงานเร็วขึ้นในช่วงแรก
- เพิ่ม Over Shoot (Mp) ทำให้ระบบแกว่งในช่วงเริ่มต้น แต่ส่งผลให้ค่า Steady State Error ลดลง

ตัวควบคุมแบบอินทิกรัล (I-controller) จะขึ้นอยู่กับค่าในอดีตไม่เหมือนกับตัวควบคุมแบบสัดส่วนซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าปัจจุบัน ตัวควบคุมแบบอินทิกรัลใช้เพื่อต้องการลดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว ขณะเดียวกันเสถียรภาพของระบบก็จะลดน้อยลงด้วย การควบคุมแบบอินทิกรัลเป็นการเพิ่มอันดับให้กับระบบ

ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ (D-controller) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้น

การใช้ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับตัวควบคุมแบบสัดส่วน เราเรียกว่า PD-controller ถ้าตัวควบคุมแบบสัดส่วนใช้ร่วมกับอินทิกรัลเรียกว่า PI-controller และถ้าใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับตัวควบคุมแบบอินทิกรัล และตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ จะเรียกว่า PID-controller

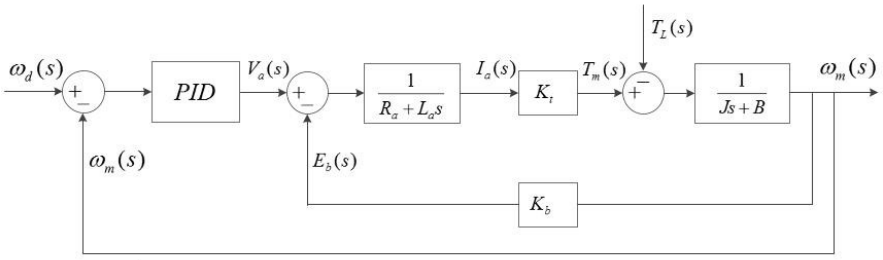
โดยตัวควบคุมแบบอนุพันธ์จะช่วยเพิ่มค่าความหน่วงให้กับระบบที่ต้องการจะควบคุม ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ขณะเดียวกันจะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากตัวควบคุมแบบอนุพันธ์เป็นสัญญาณที่เกิดจากการหาอนุพันธ์ของสัญญาณความผิดพลาด ดังนั้นถ้าสัญญาณความผิดพลาดนั้นมีสัญญาณการรบกวนมาก สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะกระเพื่อมค่อนข้างมากเนื่องจากค่าความชันของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงแปลงค่อนข้างมาก ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมของเราไม่มีเสถียรภาพได้

สมการของตัวควบคุมแบบสัดส่วน ตัวควบคุมแบบอินทิกรัลและตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ ที่มีอินพุตเป็นสัญญาณความผิดพลาด แสดงได้ดังสมการที่ (11) และการแปลงลาปลาส สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (12)

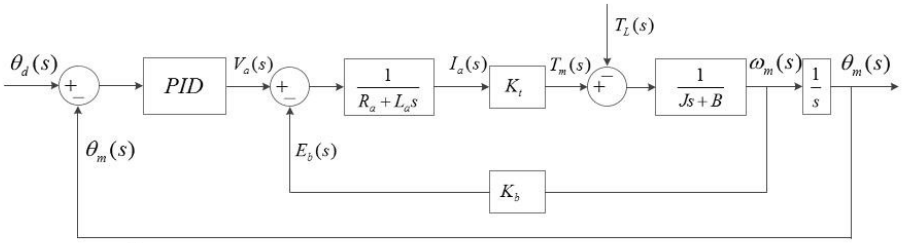
บล็อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ พีไอดี ดังแสดงในรูปที่ 11 และบล็อกไดอะแกรมการควบคุมเชิงตำแหน่งสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ดังแสดงในรูปที่ 12

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t)dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \tag{11}$$

$$U(s) = \left(K_P(s) + \frac{K_I}{s} + K_D s \right) E(s) \tag{12}$$



รูปที่ 11 Block diagram of closed-loop speed control of the DC motor

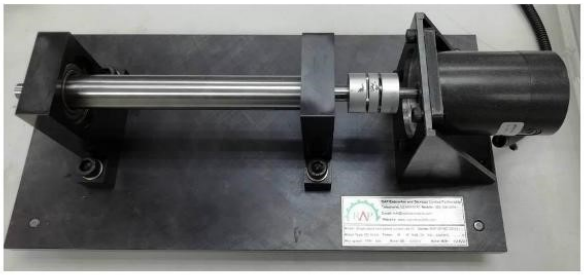


รูปที่ 12 Block diagram of closed-loop position control of the DC motor

6. เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ 4 ชุด (โปรแกรม MATLAB/Simulink และโปรแกรม RAPCON)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแม่เหล็กถาวร 1 ชุด
3. RAPCON platform 1 ชุด
4. เซนเซอร์วัดความเร็วรอบแบบแสง
5. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 1 ชุด
6. ค่าตัวแปรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการทดลอง

R_a = 2.5 (Ω)	K_b = 0.057 (V.s/rad)	K_t = 0.052 (N.m/A)
L_a = 0.0025 (H)	J = 140x10^{-7} (kg.m^2)	B = 1x10^{-6} (N.m.s/rad)



รูปที่ 13 เครื่องส่งกำลัง

6.1 หลักการทำงาน เมื่อเราควบคุมมอเตอร์หมุนขับเพลาที่ติดตั้งอยู่ระหว่างแบริ่งลูกปืน 2 ตัว ด้วยความเร็วรอบความเร็วหนึ่ง ถ้ามีแรงกระทำกับเพลาจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลง การที่จะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้นตามที่ต้องการจะควบคุม คือจะต้องเพิ่มปริมาณแรงดันไฟฟ้า

7. ขั้นตอนการทดลอง

7.1 ตอนที่ 1 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิด

7.1.1 การ Simulation

เมื่อไม่มีโหลด

1. เปิดโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อสร้างบล๊อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิด ตามรูปที่ 9 และต่ออุปกรณ์การทดลอง

2. ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตที่ 4V , 5V และ 6V ตามลำดับ บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1 คอลัมน์ที่ 2 และบันทึกกราฟผลการทดลอง ในระหว่างการทดลองให้นักศึกษาสังเกตความเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต (ความเร็วรอบ) ต่ออินพุต (แรงดันไฟฟ้า) แล้วตอบคำถามท้ายการทดลองข้อ 1

เมื่อมีโหลด

3. ใส่โหลดเข้าไปในโปรแกรมตามค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุตที่ 4V , 5V และ 6V ตามลำดับ และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1 คอลัมน์ที่ 3 และบันทึกกราฟผลการทดลอง ในระหว่างการทดลองให้นักศึกษาสังเกตความเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต (ความเร็วรอบ) ต่ออินพุต (แรงดันไฟฟ้า)

ตารางที่ 1 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิด

Input voltage ; V (Volt)	Output speed ; ω_m (rpm) (Simulation) ไม่มีโหลด	Output speed ; ω_m (rpm) (Simulation) มีโหลด
4V		
5V		
6V		

7.1.2 การ measured

1. เปิดโปรแกรม MATLAB/Simulink ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิดที่ 500 rpm เมื่อยังไม่มีโหลด บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 2 และบันทึกกราฟผลการทดลอง แล้วตอบคำถามท้ายการทดลองข้อ 2

2. ใส่โหลดเข้าไปที่เพลาขับ ในระหว่างการทดลองให้นักศึกษาสังเกตความเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต (ความเร็วรอบ) ต่ออินพุต (แรงดันไฟฟ้า) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 3 และบันทึกกราฟผลการทดลอง

ตารางที่ 2 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิดที่ 500 rpm

Load	Input voltage ; V (Volt) (measured)	Output speed ; ω_m (rpm)
0 N		
0.5 N		
1 N		
2 N		

7.2 ตอนที่ 2 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด

7.2.1 การ Simulation

1. เปิดโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อสร้างบล๊อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด ตามรูปที่ 11

2. ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดที่ 500 rpm โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3 และบันทึกกราฟผลการทดลอง แล้วตอบคำถามท้ายการทดลองข้อ 3

ตารางที่ 3 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดและใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี

ลักษณะการควบคุมความเร็วรอบ 500 rpm	Rise time (t_r) (sec)	Maximum Overshoot (M_p) (%)	Setting time (t_s) (sec)	Steady-state error (e_{ss}) (%)
P-control (Kp=1.4)				
P-control (Kp=1.5)				
P-control (Kp=1.6)				
P-control (Kp=1.7)				
P-control (Kp=1.8)				
PI-control (Kp=1.4, Ki=0.01)				
PI-control (Kp=1.5, Ki=0.03)				
PI-control (Kp=1.6, Ki=0.05)				
PI-control (Kp=1.7, Ki=0.07)				
PI-control (Kp=1.8, Ki=0.09)				
PID-control (Kp=1.4, Ki=0.01, Kd=0.0001)				

PID-control (Kp=1.5, Ki=0.03, Kd=0.0002)				
PID-control (Kp=1.6, Ki=0.05, Kd=0.0003)				
PID-control (Kp=1.7, Ki=0.07, Kd=0.0004)				
PID-control (Kp=1.8, Ki=0.09, Kd=0.0005)				

7.2.2 การ measured

3. เปิดโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อสร้างบล๊อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด

4. ต่ออุปกรณ์การทดลองและปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ 500 rpm แล้วทำการปรับแต่งอัตราขยายให้ได้ผล ตอบสนองดังนี้ Setting time < 1 sec , Maximum overshoot ≈ 0% , Steady-state error ≈ 0% บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4 และบันทึกกราฟผลการทดลอง

5. ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดที่ 500 rpm ในกรณีมีโหลด บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4 และบันทึกกราฟผลการทดลองแล้วตอบคำถามท้ายการทดลองข้อ 4

ตารางที่ 4 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ความเร็วรอบ 500 rpm กรณีมีโหลด

Load	Input voltage ; V (Volt)	Kp	Ki	Kd	Output speed ; ω_m (rpm)
0 N					
0.5 N					
1 N					
2 N					

7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

8. คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิดในกรณีในไม่มีโหลด เมื่ออินพุต (แรงดันไฟฟ้า) มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อระบบอย่างไร

2. โหลดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิดอย่างไร

3. จงอธิบายอิทธิพลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ Kp , Ki และ Kd ว่ามีผลต่อระบบควบคุมแบบวงปิด อย่างไร

4. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงเปิดและวงปิด

เอกสารอ้างอิง

1. จิระพล ศรีเสริฐผล, "**Control system laboratory**", Suranaree University of Technology, 2013.

2. สราวุฒิ สุจิตรจร, "**การควบคุมอัตโนมัติ**", Pearson, 2003.

3. Katsuhiko Ogata, "**Modern control engineering fifth edition**", Pearson, 2010.

INTRODUCTION TO PNEUMATIC SYSTEMS



SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING

Institute of Engineering

Introduction to Pneumatic Systems

Introductions

เอกสารชุดนี้จะเน้นให้นักศึกษาได้เข้าใจการทำงานของระบบที่ใช้ในการให้กำลังเพื่อเกิดการเคลื่อนที่หรือให้กำลังกับระบบอัตโนมัติ ซึ่งระบบลมหรือระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Systems) นี้ถือว่าเป็นหนึ่งของตัวกระตุ้น (Actuator) ที่นิยมใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยระบบลมหรือนิวเมติกส์นี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการกำลังไม่มากนักแต่สามารถที่จะควบคุมการทำงานได้ง่ายรวดเร็ว ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น และสามารถที่จะใช้ในห้องสะอาดได้ สำหรับข้อดีของระบบนิวเมติกส์เหนือกว่าระบบให้กำลังอื่นๆ นั้นมีดังนี้

* เป็นระบบส่งผ่านการเคลื่อนที่ซึ่งมีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับระบบไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ หรือเฟืองเป็นต้น
* การออกแบบระบบนิวเมติกส์ ถือว่าสร้างและออกแบบได้ง่ายกว่าระบบส่งผ่านการเคลื่อนที่อื่น
* แรงกระทำที่ส่งผ่านด้วยระบบนี้สามารถที่จะปรับให้มีขนาดที่เหมาะสม รวมถึงสามารถที่จะปรับระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ให้เหมาะสมกับระบบได้ ทำให้เกิดแรงกระแทกน้อยและส่งผ่านแรงที่เหมาะสมกับกำลังที่ต้องการ
* อุปกรณ์มาตรฐานทั่วไปในระบบนิวเมติกส์จะมีความทนทาน มีการสึกหรอน้อยกว่าระบบการเคลื่อนที่อื่น เช่นสายพาน โซ่ หรือมอเตอร์ เป็นต้น
* แม้ว่าจะมีน้ำหนักเบาแต่แรงที่กระบอกลม (Pneumatic Cylinder) นี้ทำได้เมื่อเทียบต่อน้ำหนักแล้วถือว่าสูงมาก จึงนับว่าเป็นระบบที่มีความแข็งแรงมากระบบหนึ่ง
* ในปัจจุบันนี้อุปกรณ์ต่างๆ มีให้เลือกอย่างหลากหลาย เราสามารถเลือกกระบอกสูบได้ทั้งที่เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเคลื่อนที่เชิงมุมเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องแบบ air motor หรือจะเคลื่อนที่เป็นจังหวะแบบ indexer ก็ได้
* เป็นระบบที่มีความอ่อนตัวสูง สามารถที่จะปรับแปลงระบบได้ง่าย เหมาะสมที่จะใช้กับระบบที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

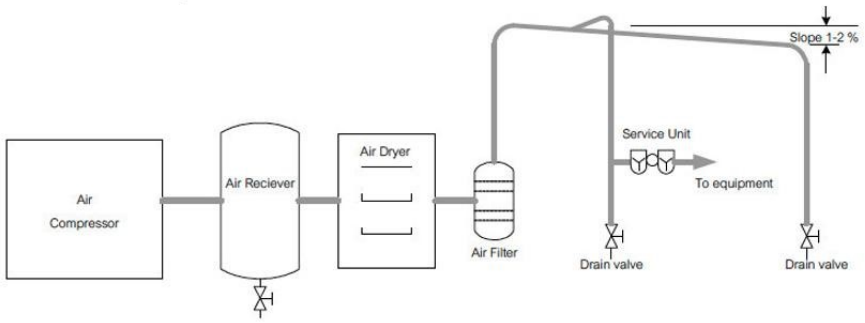
เอกสารประกอบการปฏิบัติการนิวเมติกส์ชุดนี้จะกล่าวแนะนำถึงระบบการทำงานโดยเน้นถึงการเขียนและอ่านแผนภาพรวมถึงความสามารถที่จะติดตั้งระบบได้ตามแผนภาพที่กำหนด ซึ่งโดยภาพรวมเอกสารชุดนี้จะกล่าวถึงในเรื่องต่อไปนี้คือ

- ❖ แนะนำระบบนิวเมติกส์ที่ใช้ในระบบการผลิตอัตโนมัติอุตสาหกรรม
- ❖ ให้นักศึกษาเข้าใจถึงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบนิวเมติกส์
- ❖ ให้นักศึกษาเข้าใจในการอ่านและการเขียนแผนภาพ แสดงการเชื่อมต่อระบบนิวเมติกส์ รวมถึงสามารถที่จะติดตั้งระบบนิวเมติกส์ตามแผนภาพได้

อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ในระบบนี้มีอยู่มากมาย ซึ่งเราไม่สามารถกล่าวถึงได้ทั้งหมดในเอกสารนี้ ดังนั้นในภาคผนวกของเอกสารจะสรุปรายละเอียดต่างๆ และมีแหล่งข้อมูลเพื่อให้นักศึกษาสามารถที่ จะนำไปศึกษาได้ต่อไป

Air Distribution System

ในระบบนิวเมติกส์จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลายประเภทที่มีหน้าที่ในส่วนต่างๆ อย่างไรก็ตาม ระบบแรกที่จำเป็นต้องมีคือระบบจ่ายลม เพื่อที่จะสามารถจ่ายลมที่ความดันและอัตราการไหลที่ ต้องการได้อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการทำงาน ในระบบจ่ายลมนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้ อุปกรณ์สร้างความดันให้อากาศ อุปกรณ์เก็บอากาศความดันสูง อุปกรณ์ทำให้อากาศแห้งและ อุปกรณ์กรองอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบนิวเมติกส์

โดยรายละเอียดของอุปกรณ์เหล่านี้ มีดังนี้

อุปกรณ์สร้างความดัน หรือเครื่องอัดอากาศ (compressor) อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่อัดอากาศให้ มีความดันสูงขึ้น โดยปกติเครื่องอัดอากาศ จะเป็นแบบลูกสูบ แบบโรตารีและแบบเครื่องจักรกังหัน (Turbo-compressor) โดยส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์เหล่านี้จะใช้กำลังจากมอเตอร์ในการทำงาน สำหรับ กำลังของเครื่องอัดอากาศที่จำเป็นต้องใช้ก็จะขึ้นกับความดันของอากาศที่ต้องการจ่ายให้กับอุปกรณ์ ต่างๆ และอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ รูปที่ 2 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบโรตารีที่นิยมใช้ใน อุตสาหกรรม



รูปที่ 2 เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี

ถังเก็บความดัน (Air Receiver) จะเป็นอุปกรณ์ที่กักเก็บอากาศความดันสูงไว้ในถัง เพื่อที่จะสามารถ จ่ายลมได้อย่างต่อเนื่อง ที่ระดับความดันที่กำหนด ถ้าไม่มีถังเก็บความดันนี้ อากาศที่ออกจากเครื่อง อัดอากาศจะต้องเข้าสู่อุปกรณ์ต่างๆ โดยตรง ซึ่งถ้ามีการใช้อากาศน้อยจะทำให้ความดันในระบบสูงขึ้น หรือถ้าเราใช้อากาศมาก ความดันในระดับจะต่ำอัตราการไหลก็จะต่ำด้วย ดังนั้นถังเก็บความดันถือ เป็นอุปกรณ์สำคัญที่จำเป็นที่จะต้องมีใช้ในระบบจ่ายลม ดังนั้นสำหรับระบบที่ไม่ใหญ่มากนักเราจะพบ ว่าเครื่องอัดอากาศและถังเก็บอากาศมักจะเป็นระบบเดียวกัน ดังที่เราจึงพบเห็นอุปกรณ์ในรูปที่ 3 อยู่ ทั่วไป



รูปที่ 3 ระบบเครื่องอัดอากาศและถังเก็บความดัน

อุปกรณ์ทำให้อากาศแห้ง (Air Dryer) เนื่องจากการที่เครื่องอัดอากาศนำอากาศรอบๆ ข้างมาทำให้ ความดันสูงขึ้น ทำให้ไอน้ำที่อยู่ในอากาศได้รับการอัดเข้ารวมเข้าอยู่กับอากาศในระบบด้วย ซึ่งไอน้ำในอากาศนี้เมื่อเย็นตัวลง จะทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งน้ำในสภาพของเหลวนี้มีความจำเป็น ที่จะต้องกำจัดออกไป เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันในระบบหรือทำให้เกิดการเสียหายในระบบต่อไปได้ โดย ทั่วไปในระบบจ่าย

ลมจึงจะต้องติดตั้งเครื่องทำให้อากาศแห้งเข้าไปด้วย ซึ่งเทคโนโลยีการทำให้อากาศ แห้งหรือการแยกน้ำออกจากอากาศนั้นอาจใช้ได้หลายแบบ เช่นผ่านเครื่องทำความเย็นให้ไอน้ำกลั่นตัวและแยกน้ำในสภาพของเหลวออกไป การใช้สารเคมีดูดความชื้น หรืออื่นๆ ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในราย ละเอียดในที่นี้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีอุปกรณ์ทำให้อากาศแห้งแล้ว แต่ภายในระบบก็จะต้องมีอุปกรณ์ ถ่ายน้ำออกจากระบบ (Drainer) ติดตั้งที่จุดต่างๆ ในระบบ เนื่องจากเราไม่สามารถทำให้อากาศเป็น อากาศแห้งอย่างสมบูรณ์ได้ ด้วยอุปกรณ์นี้ จึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเป็นระยะ รูปที่ 4 แสดง ส่วนประกอบของเครื่องทำอากาศให้แห้ง



รูปที่ 4 เครื่องทำอากาศให้แห้ง

อุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) เมื่ออากาศแห้งดีแล้วอุปกรณ์สุดท้ายก่อนที่จะจ่ายอากาศออกไปให้อุปกรณ์อื่นๆ จะเป็นตัวกรองอากาศ เพื่อป้องกันฝุ่นหรือสิ่งสกปรกต่างๆ เข้าสู่ระบบลมของเรา ซึ่งตัว กรองนี้มักจะใช้แผ่นกรองที่เปลี่ยนหรือทำความสะอาดได้ ดังนั้นอุปกรณ์นี้จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจ สอบสภาพอย่างสม่ำเสมอ เพราะหากสกปรกหรืออุดตันจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบเกิน ความจำเป็นหรือทำให้ระบบเสียหายจากการทำงานด้วยอากาศที่สกปรกได้ อุปกรณ์ปรับความดัน หรือในบางกรณีจะติดตั้ง Service Unit โดยอุปกรณ์ปรับความดัน (Pressure Regulator) จะทำหน้าที่ทำให้ความดันในสายลมหลังจากอุปกรณ์นี้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ไม่ว่าก่อนที่ อากาศจะเข้าสู่อุปกรณ์นี้จะมีความดันสูงกว่าที่ต้องการเท่าใดก็ตาม การติดตั้งอุปกรณ์นี้จะทำให้เรา สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีค่าคงที่ได้ ไม่ว่าความต้องการใช้อากาศของระบบ ทั้งหมดในขณะนั้นมากหรือน้อยก็ตาม สำหรับ service unit จะเป็นการรวมอุปกรณ์กรองอากาศ ปรับ ความดันและถ่ายน้ำออกจากระบบ เป็นอุปกรณ์ชุดเดียวกัน ซึ่งแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 Pneumatic Service Unit

ในระบบจ่ายลมนี้ ยังอาจประกอบด้วยอุปกรณ์อื่นๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้เป็นไปตามความต้องการของสภาพอากาศที่ระบบต้องการ หรือข้อกำหนดของอากาศที่อุปกรณ์ ต้องการใช้ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ จะไม่ขอกล่าวในเอกสารนี้

Pneumatic Cylinder

หลังจากที่มีระบบจ่ายลมให้กับระบบแล้ว อากาศความดันสูงที่ได้มาจะทำหน้าที่มาขับเคลื่อนกระบอกลม เพื่อสร้างการเคลื่อนที่และแรงตามที่ต้องการ โดยทั่วไปกระบอกสูบของเราจะแบ่งเป็นเป็น สองแบบคือ

1. กระบอกสูบที่เคลื่อนที่เชิงเส้น
2. กระบอกสูบที่เคลื่อนที่เชิงมุม

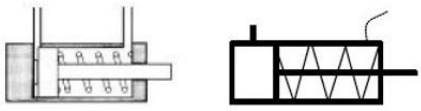
โดยรายละเอียดและสัญลักษณ์ของกระบอกสูบแบบต่างๆ เป็นดังต่อไปนี้

กระบอกสูบเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Cylinder)

กระบอกสูบประเภทนี้จะอาศัยแรงจากอากาศมาเพื่อการขับเคลื่อนลูกสูบและก้านสูบ โดยก้านสูบจะ เคลื่อนที่ตามแนวกระบอกสูบเป็นเส้นตรง ซึ่งลูกสูบเชิงเส้นที่เราพบเห็นทั่วไปจะมีประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

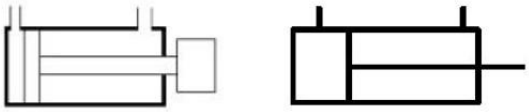
Single Action Linear Cylinder ทรงกระบอกประเภทนี้ แรงดันลมจะกระทำเพียงด้านเดียวของลูกสูบ เพื่อให้ลูกสูบและก้านสูบเคลื่อนที่ออกหรือในบางกรณีอาจจะเป็นการเคลื่อนที่เข้า เมื่ออากาศที่มีความ ดันสูงกระทำกับลูกสูบจะทำให้เกิดแรงขึ้นถ้าแรงกระทำนี้มากกว่าแรงจากสปริงลูกสูบและก้านสูบก็จะเคลื่อนที่และทำงานตามที่ต้องการได้ ถ้าหากว่าเรายังคงอากาศความดันสูงไว้อยู่ในสายลูกสูบก็จะคงตำแหน่งเดิมไว้ จนกระทั่งมีการปล่อยอากาศออกไปจากสายลมสู่บรรยากาศ แรงของสปริงที่ถูกอัดอยู่ จะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับ ในรูปที่ 6 ได้แสดงลักษณะและสัญลักษณ์ของกระบอกสูบแบบนี้ ข้อดีของกระบอกสูบแบบนี้คือลิ้นที่ควบคุมการไหลของอากาศจะไม่ซับซ้อน เพียงแต่กำหนดให้ปล่อยอากาศ ความ

ดันสูงและคงสภาพไว้ หากต้องการให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก และถ้าตัดลมแล้วปล่อยลมออกลูกสูบ ก็จะเคลื่อนที่กลับเอง อย่างไรก็ตามข้อเสียของลูกสูบแบบนี้คือต้องใช้อากาศที่มีความดันสูงเพราะต้อง เอาชนะแรงสปริง



รูปที่ 6 กระบอกสูบแบบกระทำด้านเดียวและคืนกลับด้วยสปริง

Double Acting Cylinder กระบอกสูบแบบนี้จะมีลมเข้ามาผลักลูกสูบได้ทั้งสองด้านของลูกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกสูบแบบนี้คือจะทำการปล่อยอากาศความดันสูงไปที่ ด้านหนึ่งของลูกสูบ ส่วนอีกด้านหนึ่งของลูกสูบให้อากาศมีความดันเป็นความดันบรรยากาศ ดังนั้นลิ้น ควบคุมจะมีความซับซ้อนกว่าแบบแรก แต่เนื่องจากไม่มีแรงอื่นมากระทำ จึงสามารถใช้แรงดันอากาศ ในสายที่ต่ำว่าได้ การเคลื่อนที่จะนุ่มนวลกว่า



รูปที่ 6 ลูกสูบแบบแรงกระทำสองด้าน

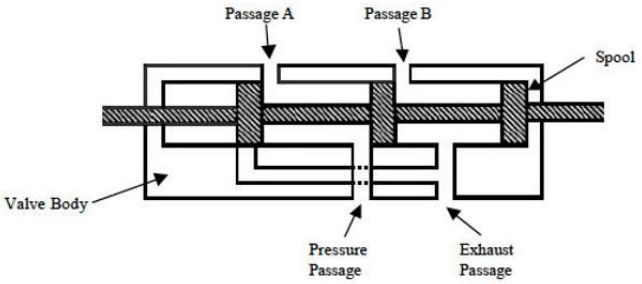
กระบอกสูบเคลื่อนที่เชิงมุม จะเป็นกระบอกสูบที่ลูกสูบมีการเคลื่อนเป็นการหมุนรอบแกน ซึ่งส่วนมาก แล้วจะออกแบบมาให้เป็นมุมการเคลื่อนที่ที่คงที่ เช่นเคลื่อนที่ไป 90 องศา หรือ 180 องศา สำหรับการ เคลื่อนที่ในองศาอื่นๆ นั้นสามารถที่จะดูรายละเอียดจากผู้ผลิตรายต่างๆ ได้ ในรูปที่ 7 แสดงกระบอกสูบแบบหมุน



รูปที่ 7 กระบอกสูบแบบหมุน

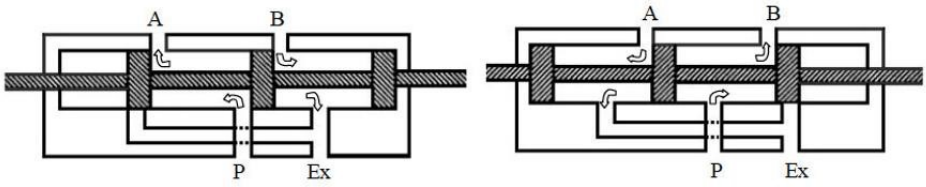
Pneumatic Direction Control Valves

เพื่อเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของอากาศที่จะเข้าสู่หรือออกจากกระบอกสูบ เราจะใช้ลิ้นหรือวาล์วควบคุมทิศทาง หรือ directional control valve ในวาล์วจะมีส่วนที่มีการเคลื่อนที่ทำหน้าที่เปิดช่องทางเพื่อเชื่อมต่อท่ออากาศ หรือปิดช่องทางเพื่อหยุดการไหลของอากาศ ซึ่งช่องเหล่านี้จะอยู่ ภายในตัววาล์ว ซึ่งผลก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทาการไหลของอากาศให้เป็นไปตามที่เรา ต้องการได้ ลักษณะของช่องทางการเคลื่อนที่และช่องอากาศจะเป็นตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ส่วนประกอบของ Directional Control Valve

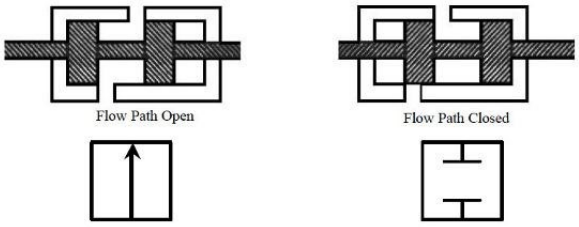
จากรูปที่ 8 การเคลื่อนที่ของ spool จะสลับการเชื่อมต่อท่ออากาศความดันสูง(supply pressure) เข้า กับท่อเชื่อมกับอุปกรณ์ (cylinder port) หรือสลับให้ท่อเชื่อมกับอุปกรณ์ต่อเชื่อมกับท่ออากาศออก (exhaust port) จากรูปจะเห็นว่าเมื่อ spool อยู่ในตำแหน่งที่ท่ออากาศความดันสูงต่อเชื่อมกับ port A จะทำให้ port B ต่อกับ exhaust port จะทำให้ลมดันด้าน A และลมถูกไล่ออกทางด้าน B ทำให้ กระบอกสูบเคลื่อนที่ออก ดังแสดงในรูปที่ 9 และในทำนองกลับกันเมื่อ spool เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งสุด ทางอีกด้านหนึ่ง ท่ออากาศความดันสูงจะต่อเชื่อมกับ port B และ port A จะเชื่อมต่อกับ exhaust port ในลักษณะนี้ กระบอกสูบจะถูกดันกลับ ทำให้ด้วย directional control valve ในวงจรนิวเมติกส์ เรา สามารถควบคุมให้กระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือออกได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 9 การควบคุมกระบอกสูบเข้าหรือออก

Two-Way Directional Valve

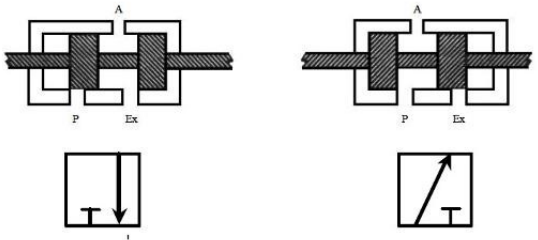
วาล์วควบคุมการไหลแบบสองทางนี้จะประกอบด้วย port 2 อัน ที่ต่อเชื่อมกันผ่านด้วยทางผ่านอากาศ ซึ่งทางผ่านอากาศนี้อาจจะเปิดหรือปิดไว้เพื่อให้อากาศผ่านได้หรือไม่ได้ เมื่อ spoon อยู่ที่ ปลายด้านหนึ่งจะทำให้ port A และ port B เชื่อมต่อซึ่งกันและกัน แต่ถ้า spoon อยู่ที่ตำแหน่งปลายอีก ด้านหนึ่งจะทำให้เกิดการขวางช่องต่อระหว่าง port A และ port B ทำให้ทั้งสอง port นี้ไม่ได้เชื่อมต่อ กัน ทำให้ two-way directional valve จะทำหน้าที่เหมือนกับการปิดและเปิดการเชื่อมต่อของ port ทั้ง สอง ลักษณะของวาล์วแบบนี้แสดงในทั้งตำแหน่งเปิดและปิดในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การทำงานของ Two-Way Directional Control Valve

Three-Way Directional Valve

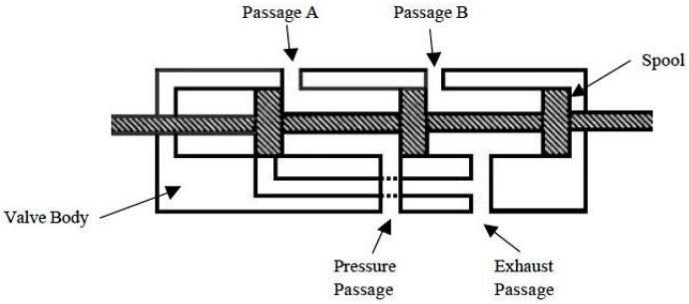
วาล์วควบคุมการไหลแบบสามทางประกอบด้วย port ทั้งหมด 3 port ที่เชื่อมต่อกันผ่านช่องใน ตัววาล์ว ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งในรูปจะแสดงด้วย port A, port P และ port Ex ถ้า port A เชื่อมต่อกับ actuator, port P เชื่อมต่อกับอากาศแรงดันและ port Ex เป็น port ปล่อยอากาศ วาล์วนี้มีหน้าที่ที่จะปล่อยให้อากาศมีความดันจาก P ไปสู่กระบอกสูบทาง port A หรือระบายลมจากกระบอกสูบผ่านทาง A ออกไปทาง Exhaust ดังนั้นหน้าที่ของวาล์วนี้จะทำหน้าที่ปล่อยให้อากาศที่มีแรงดันไปที่กระบอกสูบ หรือระบายอากาศออกจากกระบอกสูบ ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของ spool ว่าจะไปอยู่ที่ตำแหน่งปลายสุด ด้านใด ดังแสดงในรูปที่ 11 สำหรับวาล์วแบบนี้มักจะนิยมใช้กับกระบอกสูบที่เป็นแบบ single acting ที่มีสปริงดันกลับ โดยการให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ออกจะให้อากาศแรงดันสูงจาก port P ผ่านไปทาง port A แล้วออกไปที่กระบอกสูบ และในตอนเคลื่อนก้านสูบกลับจะระบายอากาศจากกระบอกสูบผ่าน port A ออกไปทาง exhaust port



รูปที่ 11 Three-Way Directional Valve

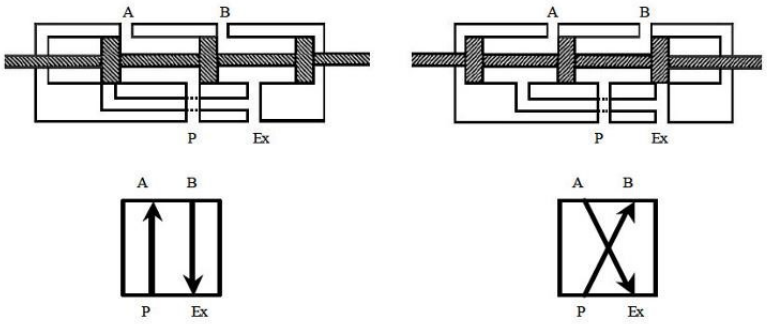
Four-Way Directional Valve

วาล์วแบบนี้จะเป็นวาล์วที่เราพบมากที่สุดในระบบนิวเมติกส์สำหรับระบบควบคุมอัตโนมัติอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการควบคุมกระบอกสูบแบบ double acting โดยวาล์วแบบนี้จะมี port อากาศแรงดันหนึ่งช่อง มี port ที่ไปที่กระบอกสูบจำนวน 2 port และมี port ระบายอากาศหนึ่ง port วาล์ว เหล่านี้เรียกว่าวาล์วแบบสี่ทาง เพราะว่ามีช่องเชื่อมต่ออากาศที่แตกต่างกันทั้งหมดสี่ช่องทางภายในตัว วาล์ว ดังที่แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 Four Way Directional Control Valve

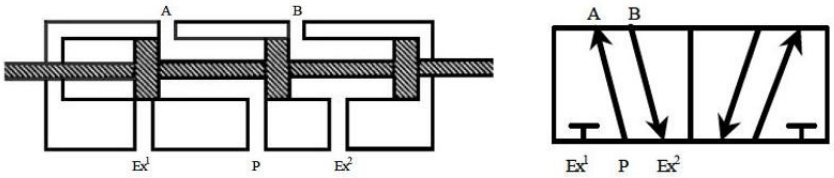
วาล์วนี้จะทำหน้าที่ทำให้ลูกสูบของกระบอกสูบเคลื่อนที่โดยการที่เมื่อ spool อยู่ที่ตำแหน่งสุด ของปลายด้านหนึ่ง มันจะเชื่อมต่อ port แรงดันอากาศกับ port หนึ่งที่ส่งอากาศต่อไปที่กระบอกสูบ ส่วนอีกสายหนึ่งที่ไปที่กระบอกสูบจะเชื่อมต่อกับ exhaust port และเมื่อ spool เคลื่อนที่ไปอีกด้านหนึ่ง จะทำให้เกิดการสลับจ่ายลมที่มีแรงดันไปที่กระสูบในทิศทางตองกันข้ามและปล่อยอากาศจากอีกด้าน หนึ่งผ่านออกไปที่ exhaust port ดังนั้นเราจะพบว่าวาล์วนี้จะมีช่องทางเชื่อมต่อที่เป็นไปได้ทั้งหมด 4 ช่องทางตามชื่อของวาล์วนี้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การทำงานของ Four Way Directional Control Valve

Five-Port / Four-Way Directional Valve

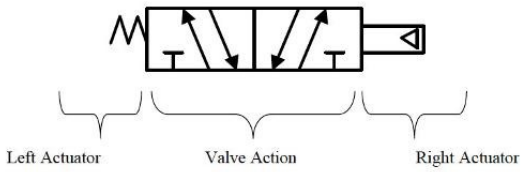
Four-way valves สามารถที่จะพบเห็นในรูปแบบที่มี port ทั้งหมดจำนวน 5 port ซึ่งจะประกอบด้วย port อากาศแรงดันหนึ่งช่อง มี port ที่ไปที่กระบอกสูบจำนวน 2 port และมี port ระบายอากาศจำนวน 2 port ซึ่งเรามักจะเรียกวาล์วนี้ว่า วาล์ว 5 port 4 ทาง ซึ่งสิ่งที่เพิ่มขึ้นมาคือทำให้ อากาศที่ระบายออกจากกระบอกสูบแบบ double acting แต่ละด้านมีช่องทางระบายอากาศของตนเอง ตามที่แสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 Five-Port / Four-Way Directional Valve

Schematic Symbols for Directional Valves

Directional valve เป็นวาล์วที่ควบคุมให้อากาศไหลไปในทิศทางที่กำหนด วาล์วเหล่านี้ไม่ได้ ปรับลดความดันอากาศลง มันเป็นเพียงวาล์วที่ปรับเปลี่ยนการไหลของอากาศที่มีแรงดันให้ไหลไปสู่ กระบอกสูบในทิศทางที่กำหนด ตามที่แสดงในรูปที่ 15



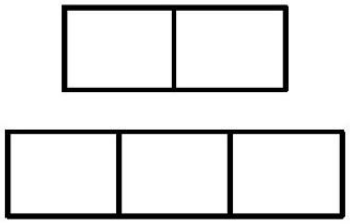
รูปที่ 15 สัญลักษณ์สมบูรณ์ของ Directional Valve

ตามมาตรฐาน ANSI ได้มีการกำหนดสัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางการไหลไว้ว่าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนดังนี้

1. Position Boxes

วาล์วทุกอัน จะประกอบด้วยตำแหน่งการทำงานของวาล์วตั้งแต่สองตำแหน่งขึ้นไป ตำแหน่ง หรือ position นี้จะยอมให้อากาศไหลผ่านได้หนึ่งเส้นทางขึ้นไป ยกตัวอย่างดังที่แสดงในรูปที่ 15 จะ เป็นแบบ single solenoid spring return valve จะให้ตำแหน่งการทำงานได้สองตำแหน่ง ตำแหน่ง หนึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อ solenoid ทำงาน ส่วนอีกตำแหน่งจะเกิดขึ้นเมื่อ solenoid ไม่ทำงานและแรงจาก สปริงจะดันวาล์ว

กลับไปที่อีกตำแหน่งหนึ่ง ตามมาตรฐาน ANSI สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของวาล์ว แต่ละตำแหน่งจะเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม จำนวนสี่เหลี่ยมที่เขียนจะแทนแต่ตำแหน่งที่วาล์วสามารถทำงาน ได้ ดังนั้นถ้าวาล์วในรูปที่ 16 มีรูปกล่องสี่เหลี่ยมสองรูป มันก็จะเป็นวาล์วแบบ 2 ตำแหน่ง ในรูปที่ 13 แสดงสัญลักษณ์ของวาล์วแบบสองและสามตำแหน่ง

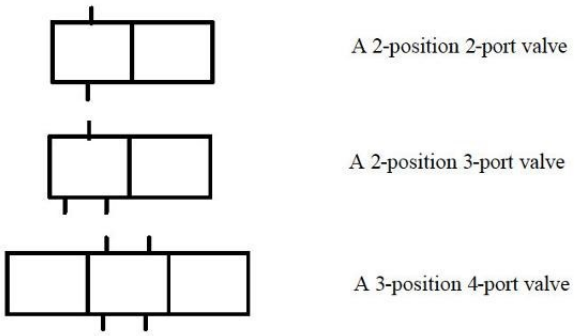


รูปที่ 16 สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งการทำงานของวาล์ว

โดยทั่วไปวาล์วที่ใช้งานกันอยู่จะมีสองหรือสามตำแหน่ง อย่างไรก็ตามเมื่อมีความต้องการ พิเศษเราอาจจะพบวาล์วที่มี 4 หรือ 5 หรือแม้แต่ 6 ตำแหน่ง ได้ถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์

2. Valve Ports

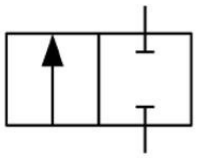
จุดเชื่อมของวาล์วหรือ valve port เป็นการแสดงว่าในเวลาหนึ่งจะมีจุดเชื่อมต่อกับวาล์วนั้นจำนวนเท่าใดและในทิศทางใดบ้าง การเขียน valve port จะเขียนเป็นสัญลักษณ์เป็นเส้นตรงสั้นๆ นอกกล่องแสดงตำแหน่ง แต่ส่วนมาก port นี้จะแสดงไว้ที่ตำแหน่งเพียงตำแหน่งเดียว หรือที่กล่องหรือ ตำแหน่งเดียว และจะใส่ในตำแหน่งที่เป็นตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของวาล์ว ซึ่งตัวอย่างการเขียน port แสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 สัญลักษณ์ของ valve port

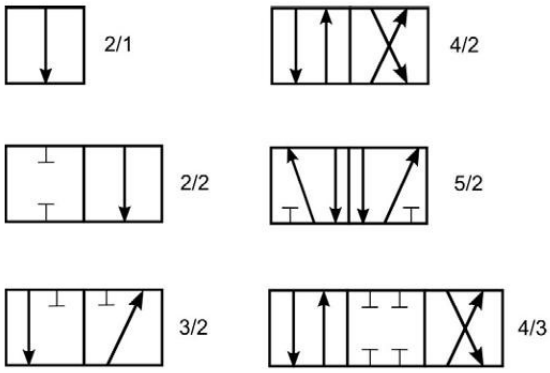
3. Flow Paths

เส้นทางการไหลหรือ flow path จะแสดงภายในรูปสี่เหลี่ยมแต่ละรูป ภายในจะต้องมี สัญลักษณ์การเชื่อมต่อระหว่าง port โดยจะแสดงการเชื่อมต่อและทิศทางการไหลของอากาศด้วยลูก ศร และถ้า port ใดถูกปิดอยู่จะใช้สัญลักษณ์รูปตัว T แสดงอยู่ที่ port นั้น ซึ่งเส้นแสดงเส้นทางการไหล มีตัวอย่างของวาล์วแบบ 2 position, 2 port แสดงในรูปที่ 18 ซึ่งหมายความว่าที่ตำแหน่งปกติ port ทั้งสองจะปิด แต่เมื่อมีการกระทำที่วาล์วจะทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่าง port ทั้งสอง



รูปที่ 18 สัญลักษณ์แสดง flow path

นอกเหนือจากมาตรฐาน ANSI ซึ่งเป็นมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาแล้ว ในอุตสาหกรรม ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการใช้มาตรฐานของยุโรปสำหรับสัญลักษณ์ของระบบ Pneumatic ซึ่ง ปัจจุบันใช้มาตรฐาน ISO 1219 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันในหลายๆ ด้าน สิ่งที่แตกต่างกันสำหรับวาล์ว ควบคุมการไหลคือวิธีการเรียกชื่อวาล์ว โดยจะใช้การเรียกเป็นแบบใช้ตัวเลข x/y โดย x เป็นจำนวน port และ y เป็นจำนวน position ตัวอย่างเช่นวาล์วในรูปที่ 18 ตามมาตรฐาน ANSI จะเรียก 2 position, 2 port valve แต่สำหรับมาตรฐาน ISO 1219 จะเรียก valve 2/2 รูปที่ 19 แสดงการเรียก วาล์วตามมาตรฐาน ISO



รูปที่ 19 การเรียกชื่อวาล์วตามมาตรฐาน ISO 1219

Symbols for Valve Actuators

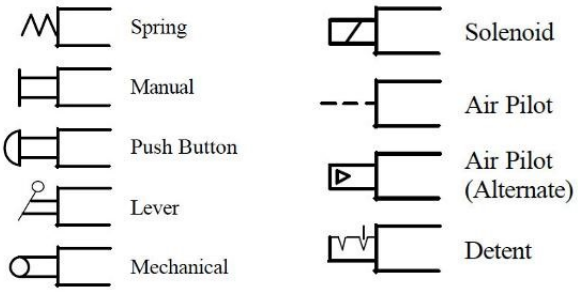
สัญลักษณ์ที่ใช้กับ valve actuators จะเขียนที่ปลายด้านข้างทั้งสองด้านของ valve boxes โดยกฎการเขียน actuator นี้จะต้องเขียนที่ด้านข้างที่มี actuator เสมอ โดย actuator อาจจะเป็นแบบ mechanical หรือ electrical ก็ได้ พิจารณาตัวอย่างแสดงในรูปที่ 20 สำหรับวาล์ว 5/2 solenoid with spring return



รูปที่ 20 วาล์ว 5/2 solenoid with spring return

จากรูปที่ 20 สัญลักษณ์นี้แสดงให้เห็นวาล์ว 5/2 ปลายด้านหนึ่งเป็น solenoid และอีกด้าน หนึ่งเป็นสปริง โดยในสภาวะปกติเริ่มต้นวาล์วนี้จะอยู่ในตำแหน่งที่ด้านสปริงทำงานคือมีเส้นทาง ต่อตามเส้นทางในกล่องด้านซ้ายมือซึ่งเป็นด้านที่มีสปริงอยู่ วาล์วนี้จะเปลี่ยนสภาวะเป็นการมีเส้นทาง ต่อเป็นไปตามเส้นทางในรูปสี่เหลี่ยมขวามือก็ต่อเมื่อ solenoid ที่อยู่ทางขวาของกล่องทำงาน

สำหรับ actuator ของวาล์วนั้นมีอยู่หลายแบบ ซึ่งสัญลักษณ์ที่เราพบมากจะแสดงในรูปที่ 21 จะสังเกตว่า actuator แบบที่ใช้อากาศจะมีอยู่ 2 แบบ



รูปที่ 21 Valve Actuator แบบต่างๆ

นอกเหนือจากสัญลักษณ์ที่ใช้แสดง actuator ในรูปที่ 21 แล้วเราพบว่าจะมีวาล์วบางแบบที่มี actuator มากกว่าหนึ่งชนิด เช่นจะมีทั้ง solenoid และ spring กระทำอยู่ที่ปลายด้านเดียวกัน ดังที่ แสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 22 Valve แบบ 3 ตำแหน่งแบบ double solenoid, spring center

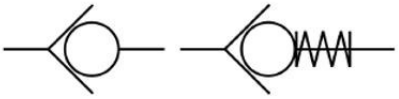
ในภาคผนวกจะมีการแสดงวาล์วควบคุมการไหลแบบอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ เพิ่มเติมอีก

Pneumatic Auxiliary Devices

นอกเหนือจากระบบจ่ายลม วาล์วควบคุมการไหล และวาล์วควบคุมการไหลแล้วในระบบ pneumatic ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบเพื่อช่วยให้การควบคุมสะดวกและ ง่ายยิ่งขึ้น ในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ที่พบเป็นประจำในระบบ pneumatic สำหรับอุตสาหกรรม

Check Valve

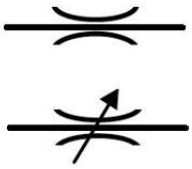
วาล์วไหลทางเดียวเป็นการบังคับให้อากาศไหลไปได้ในทิศทางเดียวจะไหลกลับไม่ได้ สัญลักษณ์ที่ใช้จะเป็นรูปลูกศรและวงกลม ดังที่แสดงในรูปที่ 23 ซึ่งในรูปอากาศจะไม่สามารถไหลจาก ทางขวาไปทางซ้ายได้ แต่จะสามารถไหลจากทางซ้ายไปทางขวาได้ และในรูปด้านขวามือจะเป็นแบบที่ มีสปริงกดทับไว้ เพื่อต้องมีความดันอากาศมากกว่าแรงกดของสปริงอากาศจึงจะสามารถไหลจากทาง ซ้ายไปทางขวาได้



รูปที่ 23 Check Valve

Restriction or Orifice

อุปกรณ์นี้จะเป็นอุปกรณ์ขวางการไหล ทำให้อากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์นี้จะสามารถไหลได้ช้าลงในทั้งสองทิศทางการไหล ไม่ว่าไหลไปหรือกลับ อุปกรณ์นี้มักจะติดตั้งในกรณีที่ไม่ต้องการให้ลูกสูบเคลื่อนที่เร็วเกินไปนักในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นการป้องการกระแทกของลูกสูบได้ อุปกรณ์แบบนี้จะมีสองแบบคือแบบคงที่หรือ Fixed Restricts และแบบปรับได้ หรือ Adjustable Restriction โดยแบบที่ปรับได้ผู้ใช้สำหรับปรับแต่งปริมาณอากาศที่จะให้ค่อยๆไหลผ่านได้ สัญลักษณ์ ของอุปกรณ์ทั้งสองแบบแสดงในรูปที่ 24 โดยสัญลักษณ์ที่มีลูกศรไขว้ทับจะเป็นแบบปรับได้

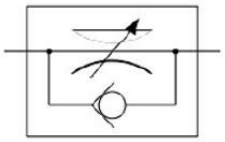


รูปที่ 24 Restriction

Flow Control Valve

วาล์วควบคุมการไหล วาล์วนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า speed control valve โดยวาล์วนี้จะบังคับการไหลของอากาศให้ช้าลงในทิศทางการไหลทิศทางหนึ่ง แต่จะไม่ควบคุมการไหลในทิศทางตรงกันข้าม ในรูปที่ 25 แสดงวาล์วควบคุมการไหล ให้อากาศที่ไหลจากซ้ายไปขวาจะไม่มีการลดอัตราการไหล แต่ เมื่อไหลจากทางขวาไปทางซ้ายจะถูกบังคับให้ไหลอย่างช้าๆผ่าน restriction วาล์วนี้ติดตั้งเพื่อต้องการ ที่จะทำให้

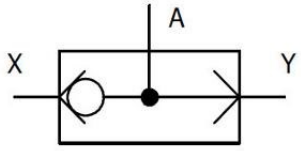
การเคลื่อนที่ของลูกสูบในจังหวะเคลื่อนที่ไปทางด้านหนึ่ง มีความเร็วต่างจากความเร็วที่ เคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกัน



รูปที่ 25 Flow Control Valve

Shuttle Valve

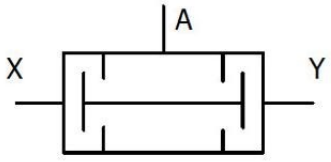
เป็นวาล์วที่มี port 3 port โดยจะมีอากาศเข้า 2 port และอากาศออกอีก 1 port ซึ่งไม่ว่าอากาศจะไหล เข้ามาในทิศทางใดก็ตามจะมีอากาศไหลออกไปทาง port อากาศออกเสมอ และถ้าไม่มีอากาศที่มีความดันไหลทาง port อากาศขาเข้าเลย อากาศจะสามารถไหลย้อนกลับไปได้ ซึ่งวาล์วนี้จึงทำหน้าที่เหมือน OR Valve นั่นคือไม่ว่าจะมีลมเข้าที่ port ใดก็จะมีลมออกที่ port ออกเสมอ โดยสัญลักษณ์ของวาล์วนี้ได้แสดงในรูปที่ 26



รูปที่ 26 Shuttle Valve (OR Valve)

Two Pressure Valve

เป็นวาล์วที่มี port 3 port โดยจะมีอากาศเข้า 2 port และอากาศออกอีก 1 port ซึ่งการที่จะมีอากาศไหลออกไปที่ทางออกได้ จะต้องมีอากาศไหลเข้ามาที่ port ทางเข้าทั้งสองพร้อมกันเท่านั้น แต่ ถ้ามีอากาศไหลมาที่ทางเข้าเพียงทางใดทางหนึ่งอากาศนั้นจะไม่สามารถไหลออกไปที่ทางออกไปได้ ทำให้ valve นี้ทำหน้าที่เหมือนกับ AND Valve คือจะมีอากาศออกได้ ต้องมีอากาศมาที่ทางเข้าทั้งสอง พร้อมกันเท่านั้น สัญลักษณ์ของวาล์วนี้แสดงในรูปที่ 27

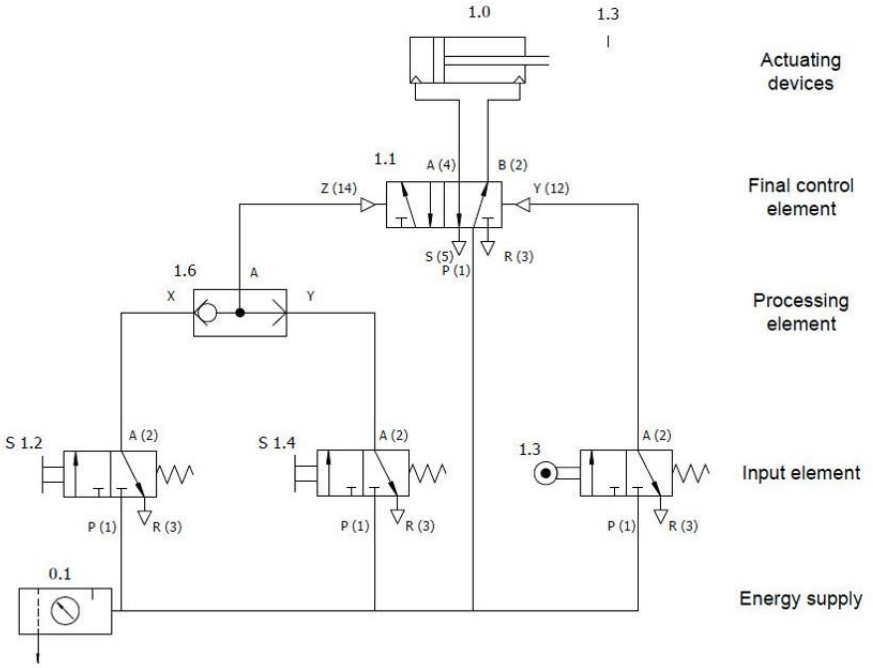


รูปที่ 27 Two Pressure Valve (AND Valve)

นอกเหนือจากอุปกรณ์ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีอุปกรณ์ประกอบต่างๆ อีก เช่น timer, counter, vacuum generator, presser sensor เป็นต้น เนื่องจากเอกสารนี้กล่าวถึงนิวเมติกส์ในเบื้องต้นเท่านั้น เราจึงจะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดในที่นี้ อย่างไรก็ตาม สำหรับอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ และหน้าที่การ ทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ pneumatic นี้จะแสดงอยู่ในภาคผนวกของเอกสารชุดนี้

Pneumatic Diagram Example

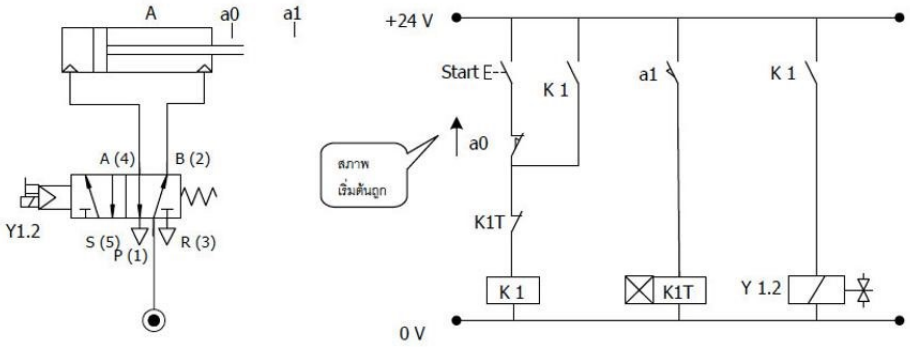
รูปที่ 28 แสดงแผนภาพการต่อวงจรของนิวเมติกส์ โดยหลักการเขียนแผนภาพนี้เราจะเขียน actuator ไว้ด้านบนสุด และเรียงลำดับลงไปเรื่อยๆ จนถึงหัวจ่ายลม ดังที่แสดงในรูป การกำหนด หมายเลขของอุปกรณ์ต่างๆ ก็จะไล่ลำดับลงไปตั้งแต่บนสุด จนกระทั่งถึงอุปกรณ์สุดท้าย วงจรนี้เป็น วงจรสำหรับ actuator เพียงอันเดียว เราจึงกำหนดหมายเลขเป็น 1.0 ถ้ามีกระบอกลมในระบบเพิ่มอีก หนึ่งอัน กระบอกลมที่เพิ่มมาจะใช้หมายเลข 2.0 ไปเรื่อยๆ สำหรับวาล์วที่เป็น final control element ซึ่งจะอยู่ติดกับลูกสูบ จึงได้หมายเลขเป็น 1.1 จากนั้นอุปกรณ์ที่ต่อกับอุปกรณ์นี้ก็จะได้รับหมายเลข 1.3 ต่อไปเรื่อยๆ ส่วนอุปกรณ์หมายเลข 1.3 เป็น roller switch ซึ่งตำแหน่งที่มันจะติดตั้งจะต้องเป็น ตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปสุด ตรงตำแหน่งที่เขียนเลข 1.3 ไว้ การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มเมื่อ กด switch S1.2 หรือ S1.4 ก็ได้ลูกสูบจะเคลื่อนที่ออก และเมื่อเคลื่อนที่ออกสุดจนถึง limit switch มัน จะถูกสั่งให้เคลื่อนที่กลับและจบรอบการทำงาน



รูปที่ 28 Pneumatic Diagram

Electro Pneumatic Diagram Example

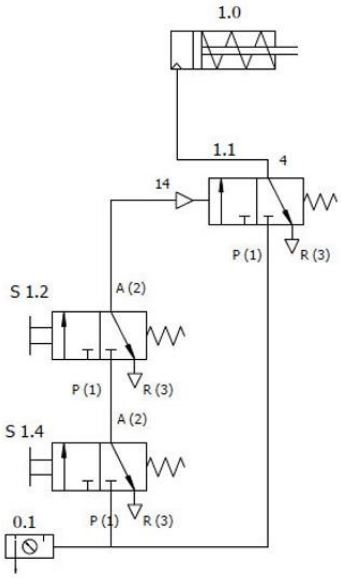
สำหรับวงจรนิวเมติกส์ที่ควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า จะมีวงจรเพื่ออธิบายการทำงานอยู่สองวงจรคือวงจรลมและวงจรไฟฟ้า ซึ่งรูปที่ 29 แสดงตัวอย่างการทำงานควบคุมการทำงานของกระบอก สูบ โดยใช้ timer หน่วงเวลา โดยจะหน่วงเวลาหลังจากที่เคลื่อนที่ออกไปสุดแล้ว 2 วินาที แล้วจึง เคลื่อนที่กลับ สำหรับในรูป สัญลักษณ์ K จะแทน relay coil ส่วน Y จะเป็น solenoid actuator ของ valve เราจะเห็นว่าการต่อสายลมจะลดความยุ่งยากลงไปมาก เมื่อเทียบกับระบบที่ใช้ลมควบคุมเพียง อย่างเดียว และหากเราใช้ PLC ในการควบคุมระบบ เราจะพบว่าการต่อสายไฟจะลดความยุ่งยากไป ได้เป็นอย่างมาก



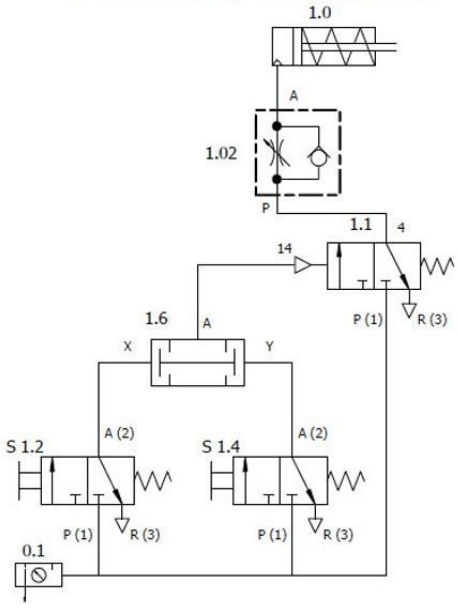
รูปที่ 29 ตัวอย่าง Electro Pneumatic Diagram

Laboratory Exercise

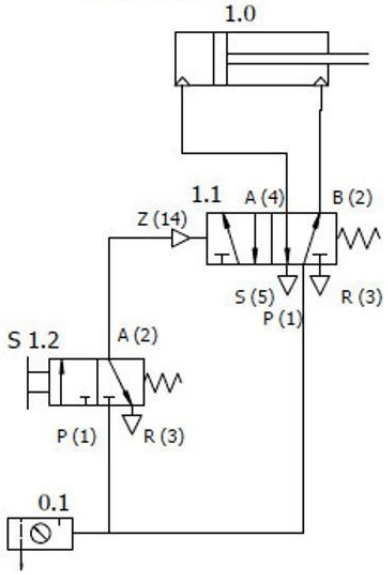
Ex.1 Single acting cylinder



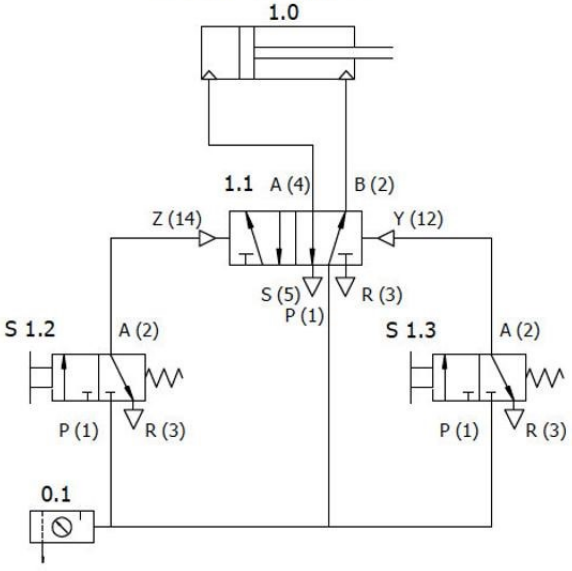
Ex.2 AND function, one way flow control



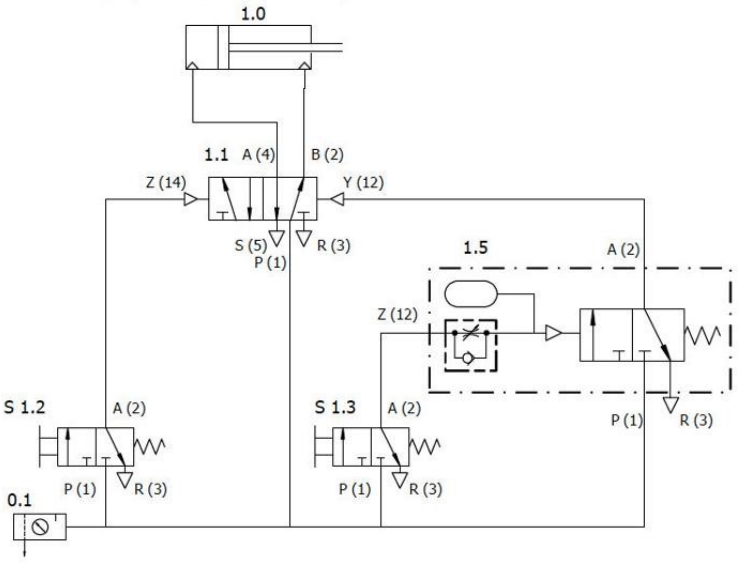
Ex.3 Double acting cylinder with single pilot



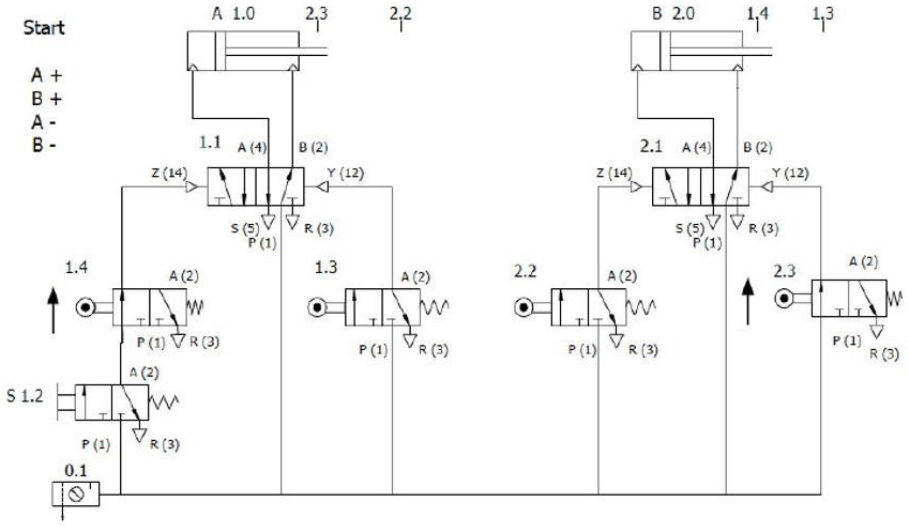
Ex.4 Double acting cylinder with double pilot



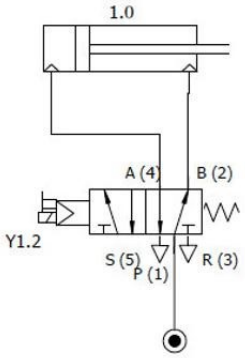
Ex.5 Double acting cylinder with time delay valve



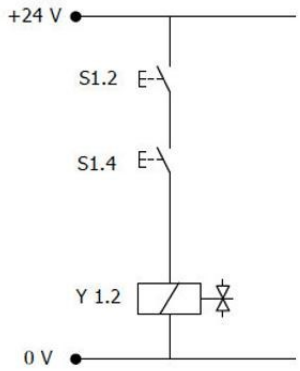
Ex.6 Sequence Control



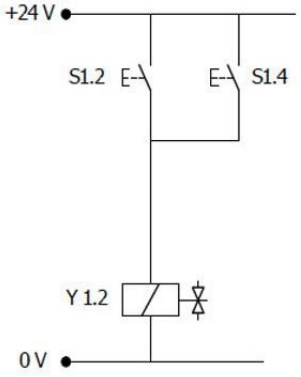
Electro-Pneumatic วงจรลมสำหรับข้อ 7, 8 และ 9



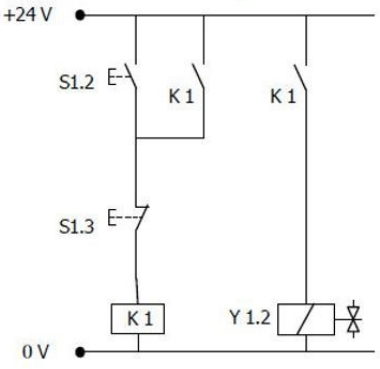
Ex.7 Single solenoid with serial switch



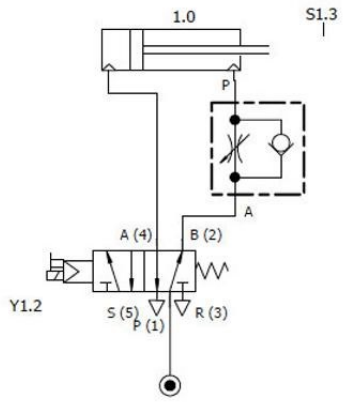
Ex.8 Single solenoid with parallel switch



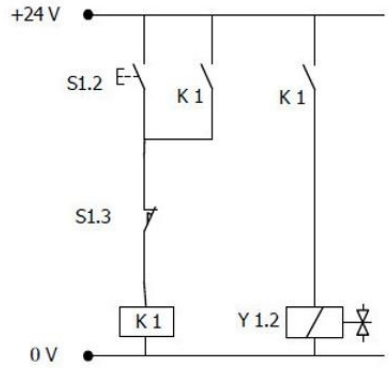
Ex.9 Single solenoid with relay



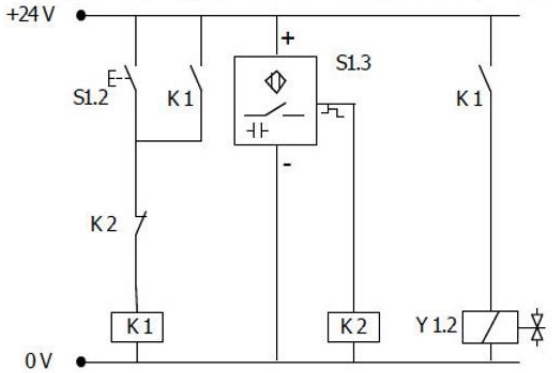
Electro-Pneumatic วงจรลมสำหรับข้อ 10 และ 11

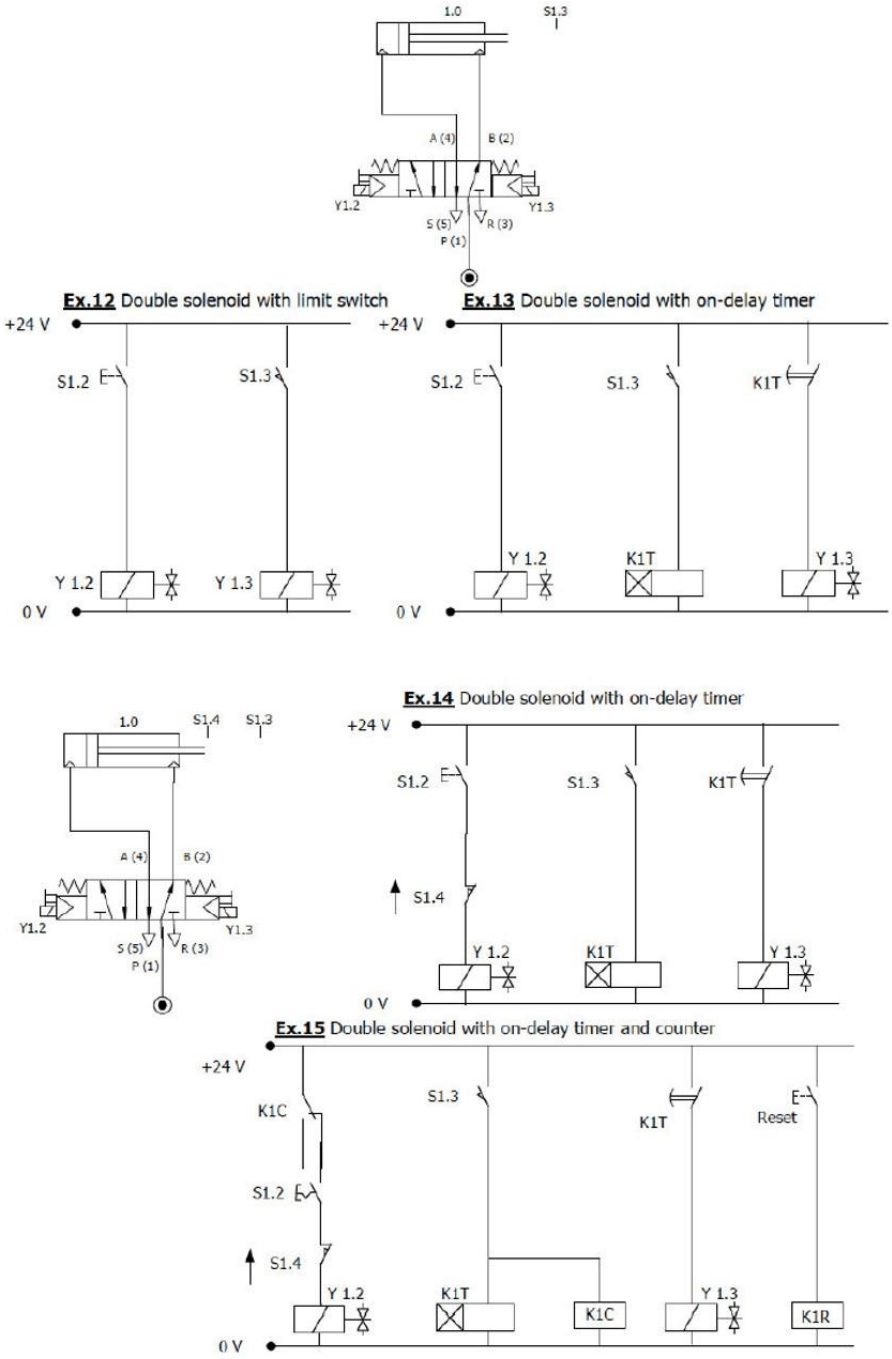


Ex.10 Single solenoid with limit switch

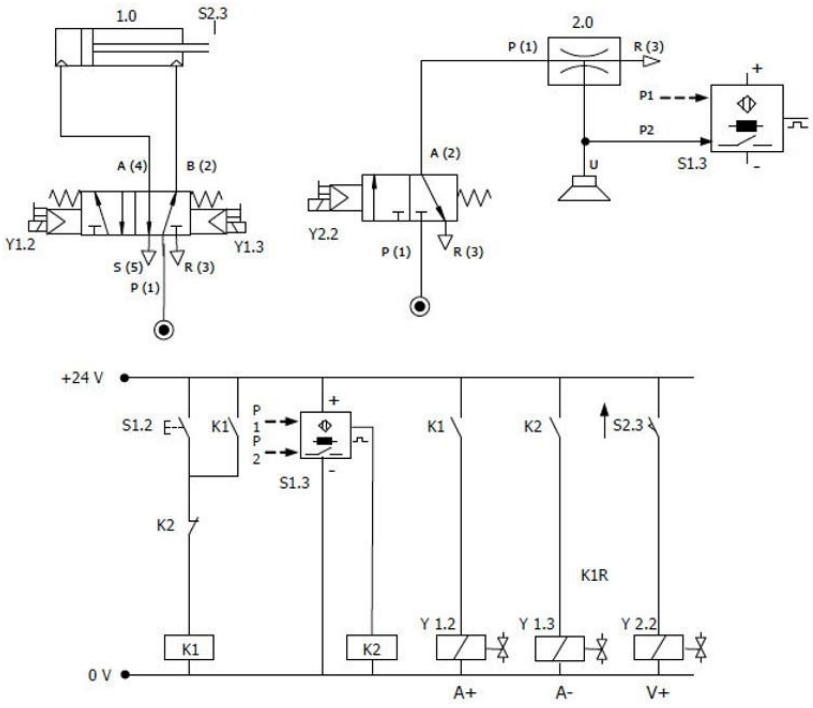


Ex.11 Single solenoid with proximity switch




1.0
S1.3
A (4)
B (2)
Y1.2
Y1.3
S (5)
R (3)
P (1)
Ex.12 Double solenoid with limit switch
+24 V
S1.2
S1.3
Y 1.2
Y 1.3
0 V
Ex.13 Double solenoid with on-delay timer
+24 V
S1.2
S1.3
K1T
Y 1.2
K1T
Y 1.3
0 V
1.0
S1.4
S1.3
A (4)
B (2)
Y1.2
Y1.3
S (5)
R (3)
P (1)
Ex.14 Double solenoid with on-delay timer
+24 V
S1.2
S1.3
K1T
S1.4
Y 1.2
K1T
Y 1.3
0 V
Ex.15 Double solenoid with on-delay timer and counter
+24 V
K1C
S1.3
K1T
Reset
S1.2
S1.4
Y 1.2
K1T
K1C
Y 1.3
K1R
0 V

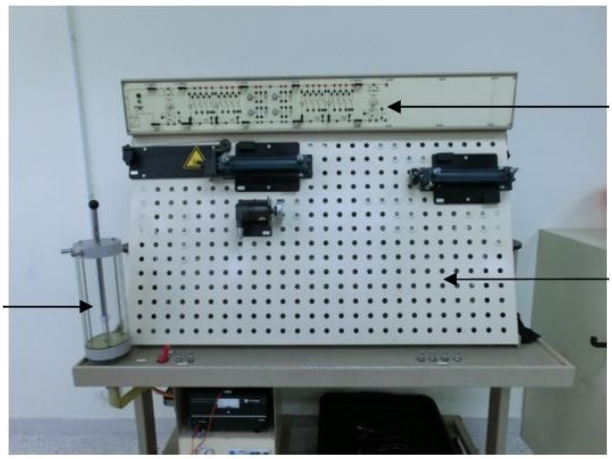
Ex.16 Double solenoid and vacuum generator with pressure switch



ระบบไฮดรอลิกส์

เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือทดลองประกอบไปด้วย แผงฝึกสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ ส่วนชุดต้นกำลังประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ปั๊มน้ำมันแบบเกียร์ ถังเก็บน้ำมัน และวาล์วควบคุมความดัน ส่วนควบคุมประกอบด้วย วาล์วชนิดต่าง ๆ ทั้งแบบควบคุมทางกลและควบคุมด้วยไฟฟ้า (ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 V.DC)



รูปที่ 1 แผงฝึกระบบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2 ต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์

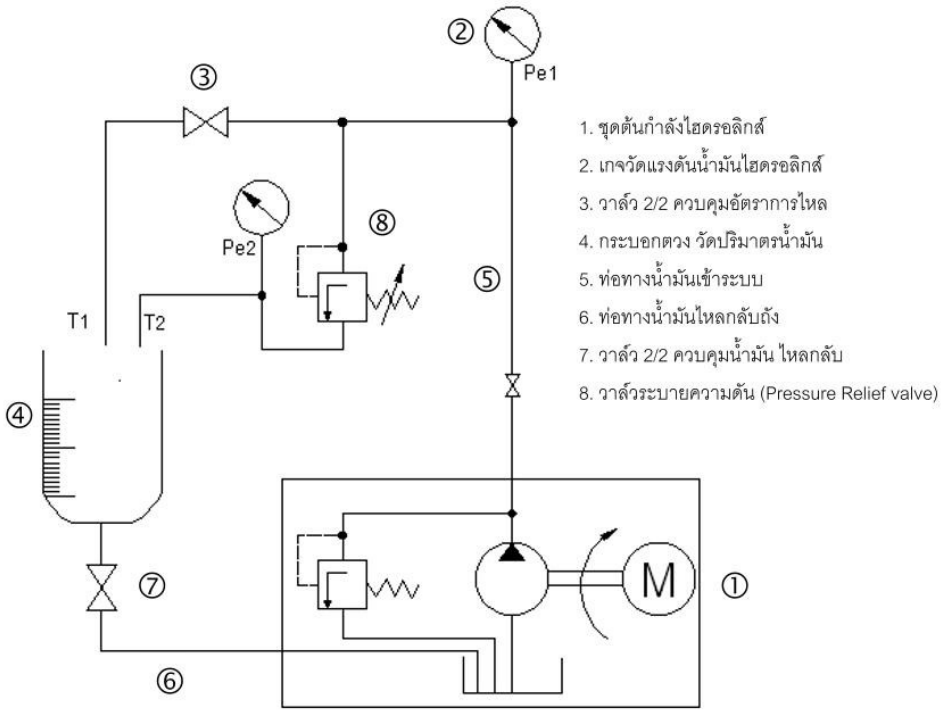
การทดลองที่ 1 การต่อวาล์วระบายความดัน (Pressure Relief valve)

<u>จุดประสงค์</u> เพื่อให้รู้จักหน้าที่ของวาล์วระบายความดันสำหรับวงจรไฮดรอลิกส์

<u>ทฤษฎี</u>

ปั๊มในระบบไฮดรอลิกส์ มีหน้าที่สร้างอัตราการไหลโดยความเร็วรอบของปั๊มขึ้นอยู่กับมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งนำมาต่อเพื่อขับปั๊ม ความดันที่เกิดขึ้นมาจากการต้านการไหลของอุปกรณ์ในระบบซึ่งถือว่าเป็นภาระงาน (load) การควบคุมความดันเพื่อป้องกันการเสียหายกับอุปกรณ์และอันตรายที่อาจจะเกิดกับผู้ปฏิบัติงาน จำเป็นต้องใช้วาล์วระบายความดันเพื่อรักษาระดับความดันให้เหมาะสม

วาล์วระบายความดัน (Pressure Relief valve) หรือเรียกว่าวาล์วควบคุมความดันก็ได้หน้าที่ควบคุมความดันให้อยู่ในระดับเดียวกันกับวงจร สัญลักษณ์ตามรูปหมายเลข 8 สปริงมีลูกศรทับ หมายถึง สปริงสามารถปรับตั้งค่าได้ เส้นประแสดงสัญญาณน้ำมันสำหรับสั่งเปิดวาล์ว ลูกศรอยู่ในช่องสี่เหลี่ยมแสดงถึงทิศทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ การทำงานถ้าแรงดันในระบบสูงกว่าค่าความแข็งของสปริง จะทำให้น้ำมันไหลไปตามตำแหน่งเส้นประ เรียกว่าสัญญาณไพลอต ไปกระทำกับกลไกของวาล์ว เพื่อเปิดทางน้ำมันให้ไหลออกด้าน T2 (จากสัญลักษณ์ ถ้ามีสัญญาณ ไพลอต น้ำมันไฮดรอลิกส์จะไหลผ่านลูกศรในช่องสี่เหลี่ยม ออกทางตำแหน่ง T2 ทำให้แรงดันน้ำมันในระบบลดลงและคงที่เท่ากับค่าที่ปรับตั้ง)



รูปที่ 4 การต่อวงจรวาล์วระบายความดัน

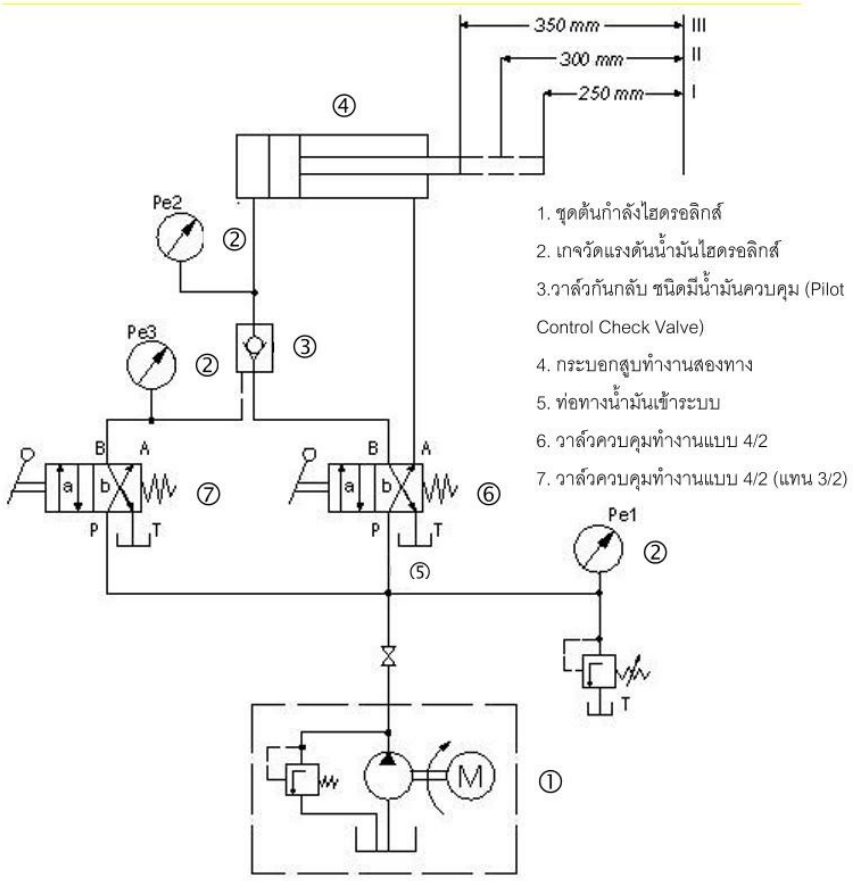
การทดลองที่ 2 การควบคุมกระบอกสูบด้วยวาล์ว 4/2 และวาล์วกันกลับชนิดที่ควบคุมด้วยน้ำมัน (Pilot controlled check valve)

<u>จุดประสงค์</u> เพื่อให้นักศึกษาต่อวงจรและการทำงานของกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทิศทาง โดยใช้วาล์วแบบ 4/2 ร่วมกับวาล์วกันกลับ

<u>ทฤษฎี</u>

การควบคุมกระบอกสูบด้วยวาล์ว 4/2 ทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ไปกลับได้ เพียง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่กระบอกสูบเลื่อนออกสุดและกลับเข้าสุด (ตำแหน่งเดิม) ไม่สามารถค้างสภาวะ ณ ตำแหน่งใด ๆ ได้ หากต้องการให้กระบอกสูบหยุดที่ตำแหน่งใด ๆ ต้องใช้วาล์วกันกลับชนิดที่ควบคุมด้วยน้ำมัน (Pilot controlled check valve) เป็นตัวกำหนดสัญญาณ เปิดน้ำมันที่วาล์วกันกลับ (Check valve)

วาล์วกันกลับชนิดควบคุมด้วยน้ำมัน สัญลักษณ์ของวาล์ว ดังรูปที่ 5 โดยปกติวาล์วชนิดนี้จะกำหนดให้น้ำมันไหลได้ทางเดียว ถ้าหากต้องการให้วาล์วกำหนดการไหลในทิศทางตรงข้าม ต้องอาศัยสัญญาณน้ำมันที่มีแรงดัน เป็นตัวสั่งเพื่อให้วาล์วยก เปิดทางน้ำมันได้



รูปที่ 5 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์ว 4/2 และวาล์วกันกลับ

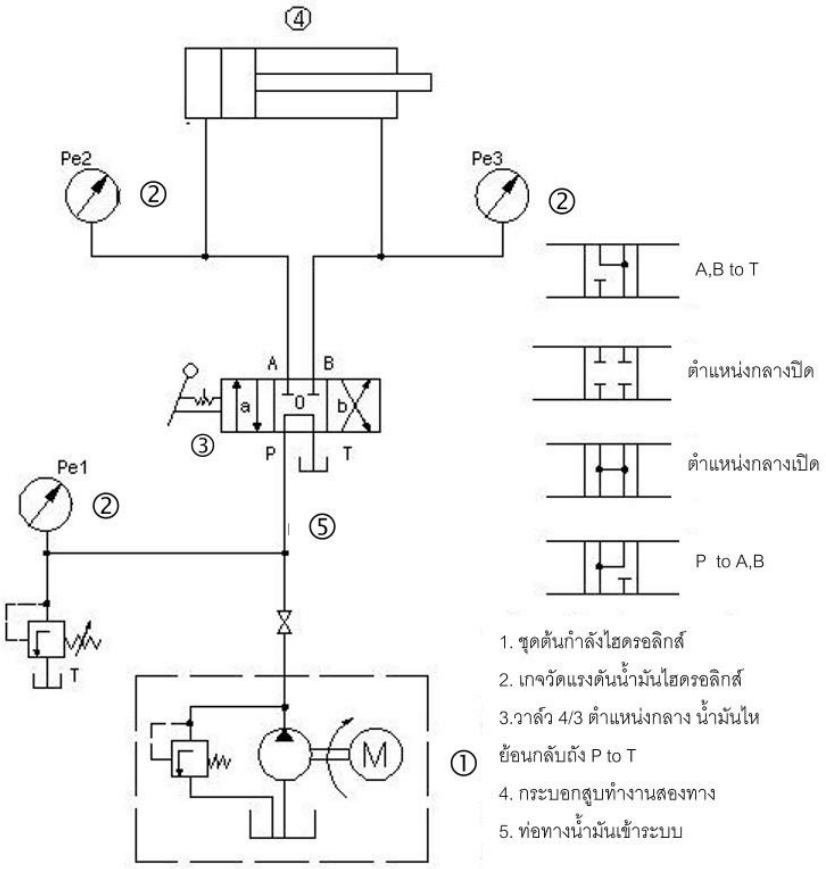
ทดลองยที่ 3 การควบคุมกระบอกสูบด้วย วาล์ว 4/3

<u>จุดประสงค์</u> เพื่อให้นักศึกษารู้จักวาล์ว 4/3 รูปแบบต่างๆ ในระบบไฮดรอลิกส์ และสามารถเลือกมาใช้ตามความเหมาะสมของงาน

<u>ทฤษฎี</u>

การควบคุมกระบอกสูบด้วยวาล์ว 4/2 มีผลกับกระบอกสูบเคลื่อนที่ไปกลับได้ เพียง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่กระบอกสูบเลื่อนออกสุดและกลับเข้าสุด (ตำแหน่งเดิม) ไม่สามารถค้างสภาวะ ณ ตำแหน่งใด ๆ ได้ หากต้องการให้กระบอกสูบหยุดที่ตำแหน่งใด ๆ วาล์ว 4/3 สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

วาล์ว 4/3 สัญลักษณ์ตามวงจร รูปที่ 6 มี 5 รูปแบบ คือ 1.แบบตำแหน่งกลาง P to T (P ต่อกับ T) 2.แบบตำแหน่งกลาง A,B toT (AและB ต่อกับ T) 3.แบบตำแหน่งกลางปิด (P,A,B และ T ไม่ต่อถึงกัน) 4.แบบตำแหน่งกลางเปิด (P,A,B และ T ต่อถึงกัน) และ 5.แบบตำแหน่งกลาง P to A,B (P ต่อ AและB) ที่ตัววาล์ว 4/3 ประกอบด้วย 3 ตำแหน่ง ซึ่งแทนสัญลักษณ์ด้วยช่องสี่เหลี่ยม ได้แก่ ตำแหน่งกลางของวาล์วหรือตำแหน่งพักวาล์ว (แทนด้วย 0) หมายถึง ตำแหน่งที่ไม่มีการเลื่อนของวาล์วไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ตำแหน่งทำงาน คือตำแหน่ง a และ b การทำงาน ถ้า a เลื่อนทับตำแหน่ง 0 หรือ b เลื่อนทับตำแหน่ง 0 ทำให้น้ำมันไหลตามทิศทางของลูกศร เพื่อควบคุมการทำงานของกระบอกสูบต่อไป



รูปที่ 6 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบโดยใช้วาล์ว 4/3

ทดลองที่ 4 การควบคุมการทำงาน ด้วยระบบไฟฟ้า

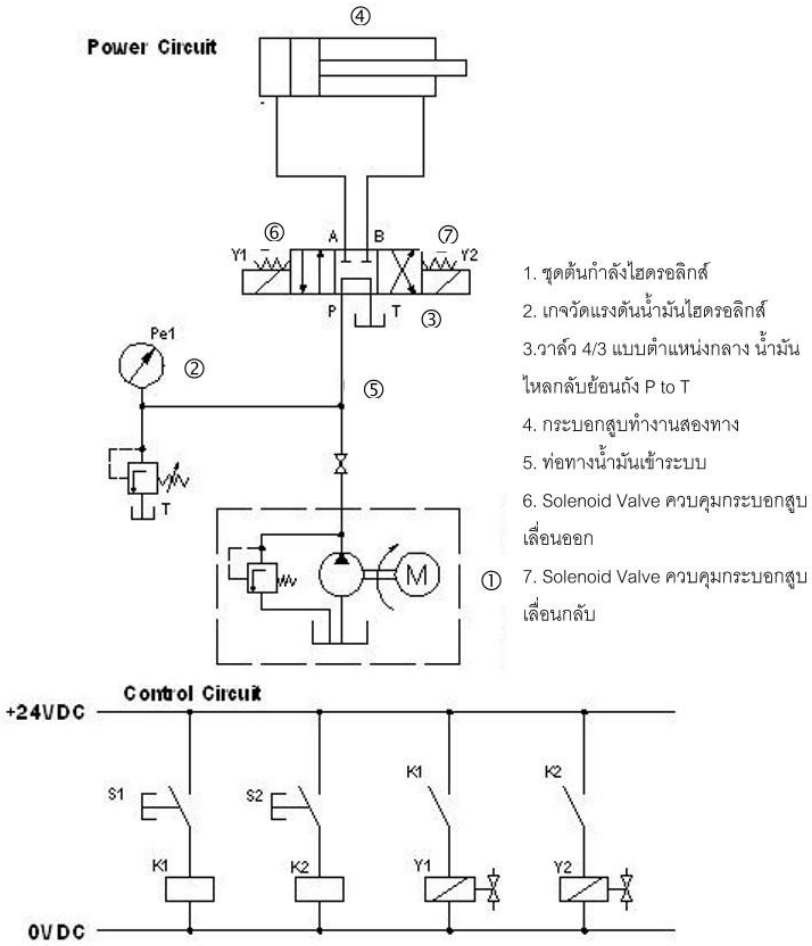
<u>จุดประสงค์</u> เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์

<u>ทฤษฎี</u>

การควบคุมไฮดรอลิกส์นอกจากจะควบคุมด้วยวิธีทางกลได้แล้ว ยังสามารถควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าได้เช่นกัน ซึ่งเรียกว่า Electro–Hydraulics โดยวาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ จะใช้โซลินอยล์วาล์ว (Solenoid valve) เป็นตัวเปิด –ปิด น้ำมันซึ่งอาศัยสัญญาณทางไฟฟ้า สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ขนาด 24 VDC

โซลินอยล์วาล์ว (Solenoid Valve) คืออุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่นำมาติดตั้งแทนการควบคุมการเลื่อนตำแหน่งของวาล์วด้วยวิธีทางกล โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้า และเกิดการเปลี่ยนทิศทางของตำแหน่งภายในตัววาล์วเป็นผลให้น้ำมันไฮดรอลิกส์ไหลไปตามตามทิศทางที่ถูกควบคุม โซลินอยล์ที่นำติดตั้งที่ตัววาล์ว ถ้าติดด้านใดด้านหนึ่ง เรียกว่า Single Solenoid Valve โดยด้านตรงข้ามจะติดตั้งสปริงเพื่อให้วาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งเดิมกรณีไม่มีสัญญาณไฟป้อนให้กับโซลินอยล์ แต่ถ้าติดทั้งสองด้านของวาล์ว เรียกว่า Double Solenoid Valve เพื่อควบคุมวาล์วให้สามารถเลื่อนได้ทั้งสองทิศทาง

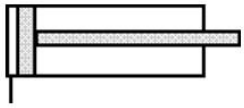
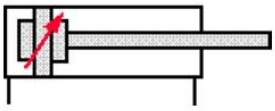
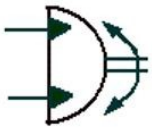
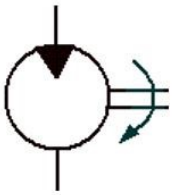
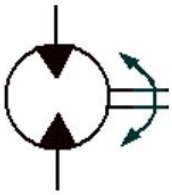
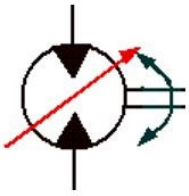
สำหรับการออกแบบวงจร Electro-Hydraulics จะแบ่งเป็น 2 วงจร คือ **1.วงจรกำลัง** (Power Circuit) ซึ่งเกี่ยวข้องอุปกรณ์ทำงานที่ใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์ เช่น วาล์วควบคุมทิศทาง, กระบอกสูบ **2.วงจรควบคุม** (Control Circuit) คือวงจรที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด เช่น โซลินอยล์วาล์ว สวิตช์ รีเลย์



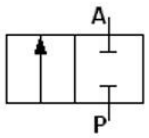
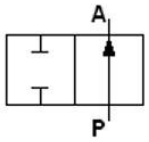
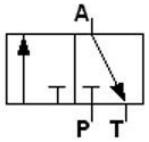
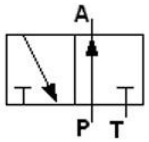
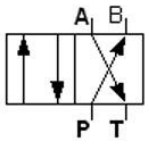
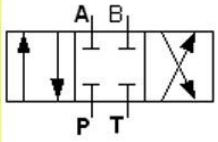
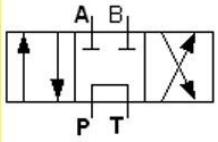
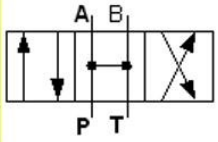
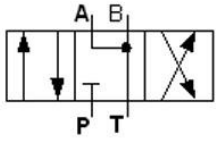
รูปที่ 7 การต่อวงจรควบคุมกระบอกสูบด้วยวาล์ว 4/3 ชนิดมีโซลีนอยล์วาล์ว

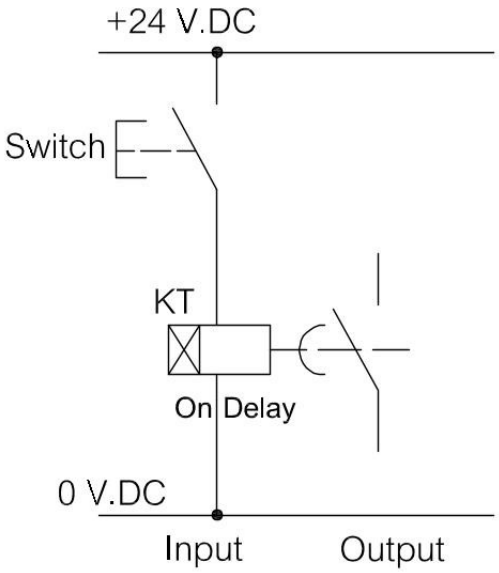
สัญลักษณ์อุปกรณ์ไฮดรอลิกส์

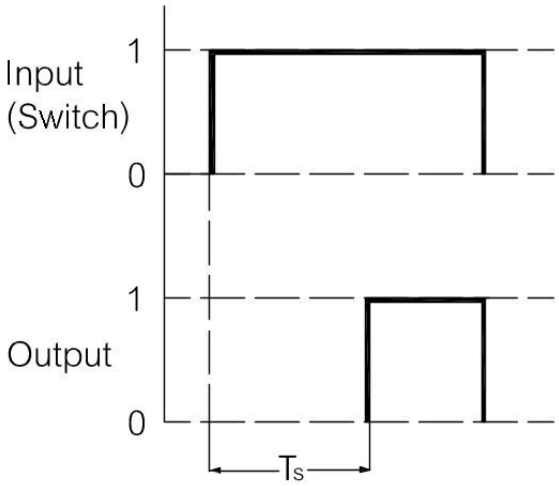
สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิกส์

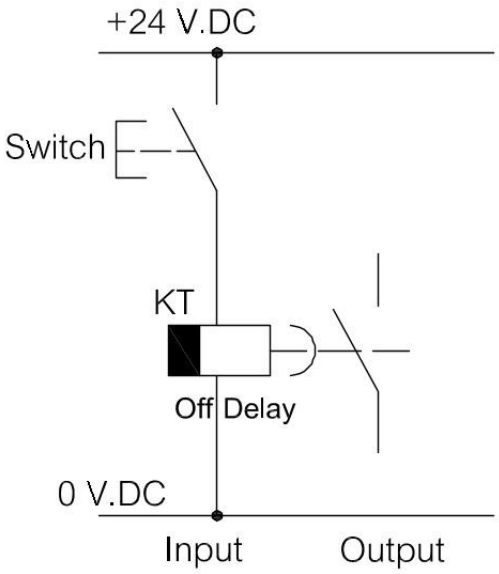
สัญลักษณ์	ความหมาย
	กระบอกสูบทำงานทางเดียว (Single acting cylinder)
	กระบอกสูบทำงานทางเดียวแบบกล้องส่อง (Telecopic single acting cylinder)
	กระบอกสูบทำงานสองทางแบบมีกันกระแทก (Double acting cylinder with cushion)
	มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบหมุนสลับ (Oscilating hydraulic motor)
	มอเตอร์ไฮดรอลิกส์หมุนทิศทางเดียว (Hydraulic motor)
	มอเตอร์ไฮดรอลิกส์หมุนได้สองทิศทาง
	มอเตอร์ไฮดรอลิกส์หมุนได้สองทิศทาง ปรับอัตราการไหลได้

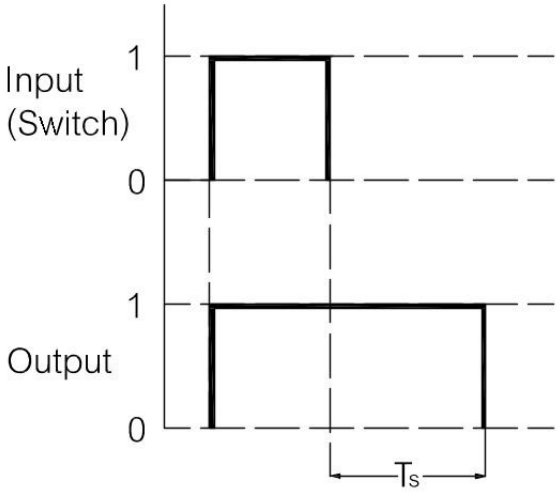
สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง

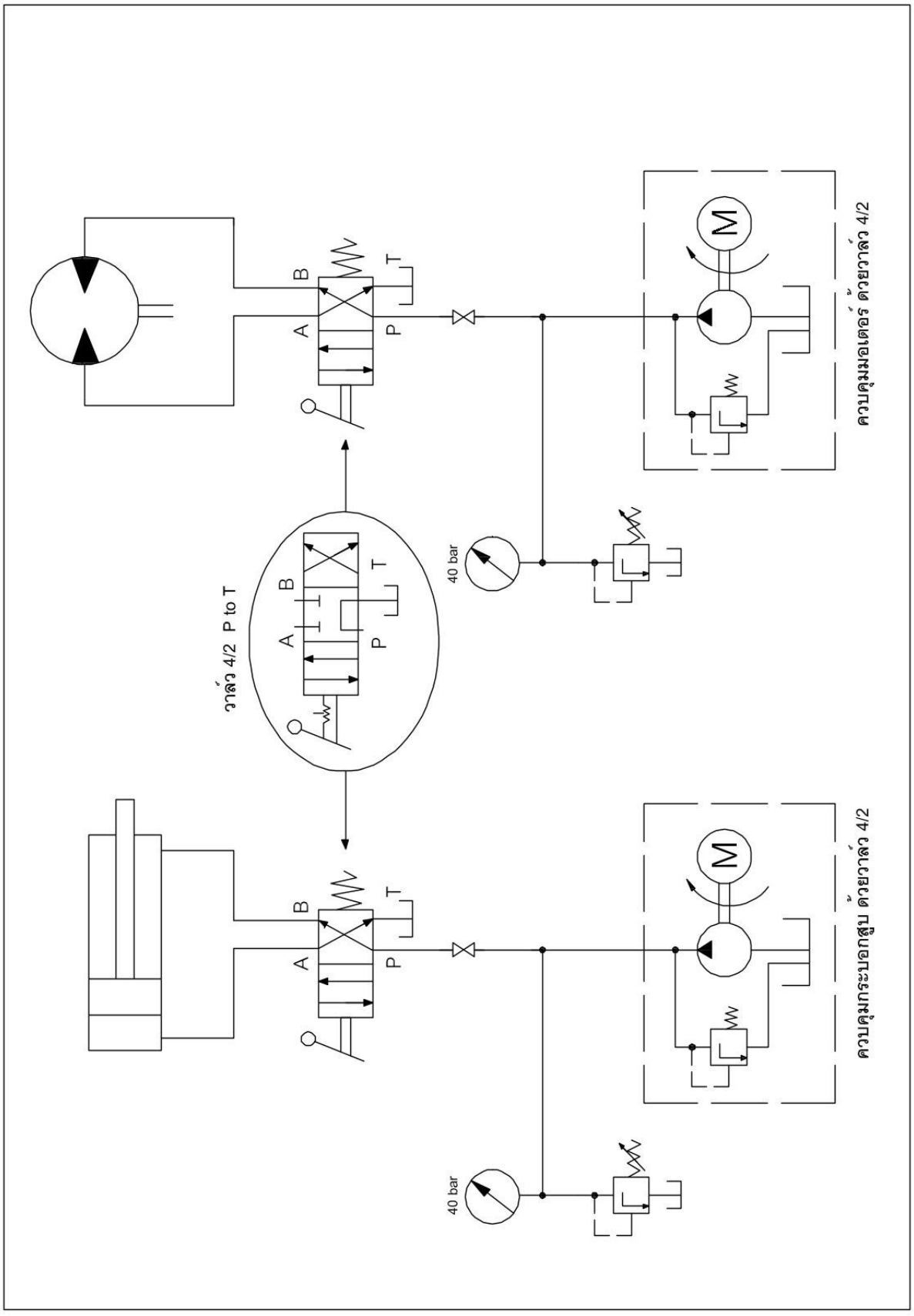
	วาล์วควบคุม 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด 2/2 D.C.V.–Normally closed
	วาล์วควบคุม 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด 2/2 D.C.V.–Normally open
	วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด 3/2 D.C.V.–Normally closed
	วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด 3/2 D.C.V.–Normally open
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง 4/2 D.C.V.
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิด 4/3 D.C.V. Closed center
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางรู P และ T ต่อกัน 4/3 D.C.V. Tandem center
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางเปิด 4/3 D.C.V. Open center
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางรู A B และ T ต่อกัน 4/3 D.C.V. A B T connect center

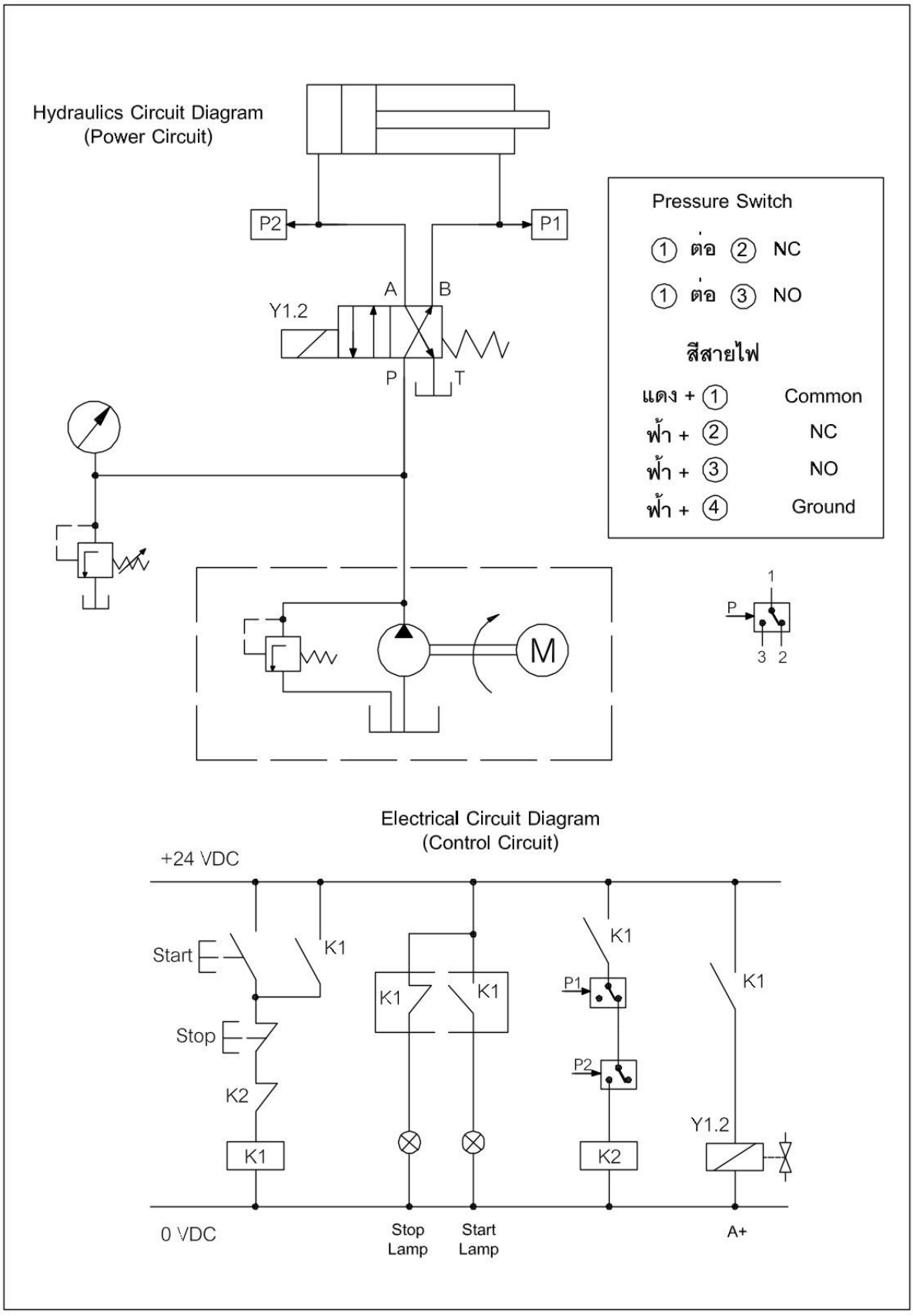

+24 V.DC
Switch
KT
On Delay
0 V.DC
Input
Output


Input
(Switch)
1
0
Output
1
0
Ts

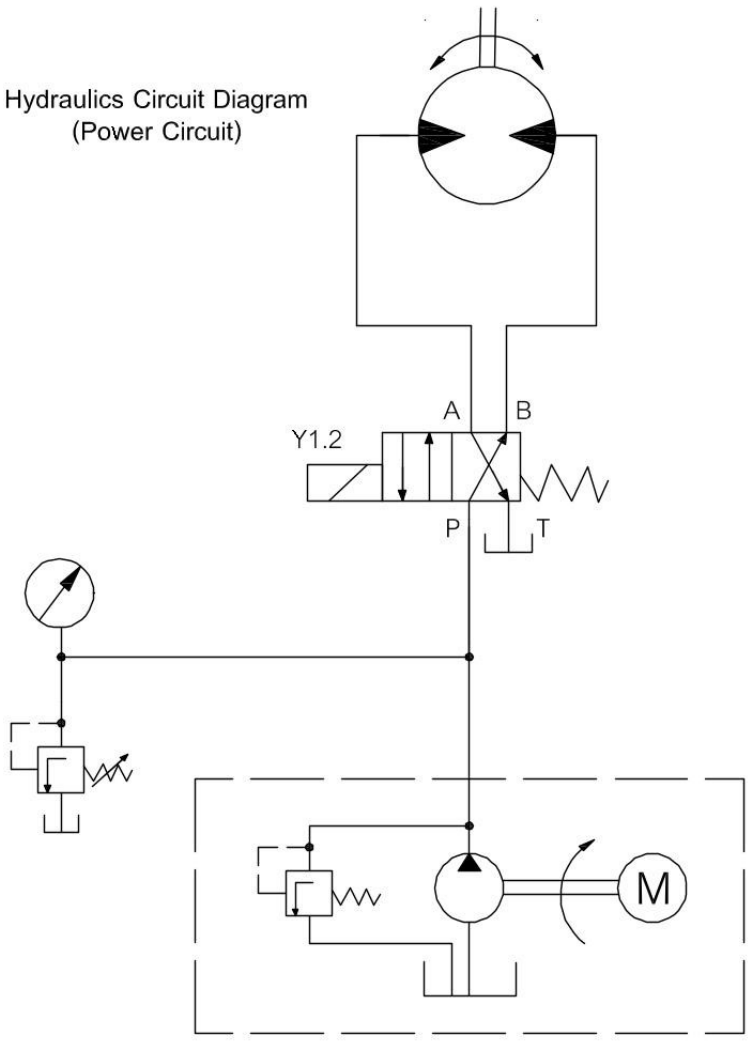

+24 V.DC
Switch
KT
Off Delay
0 V.DC
Input
Output


Input
(Switch)
1
0
Output
1
0
Ts

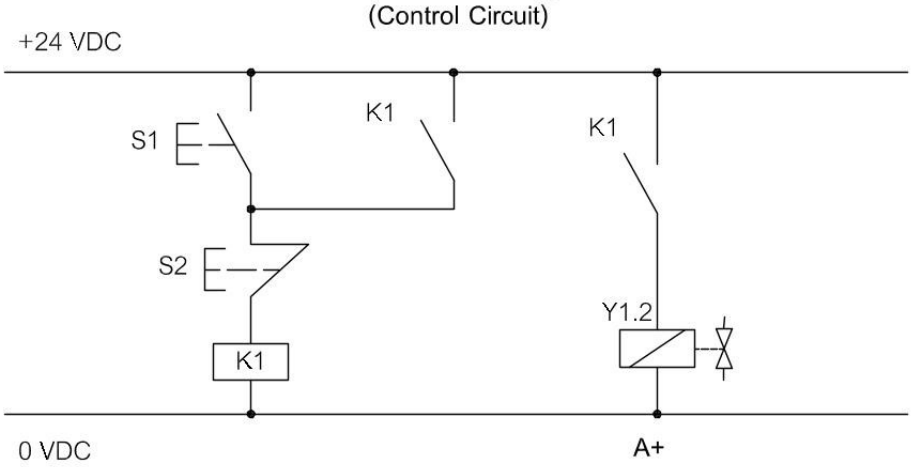

ควบคุมมอเตอร์ ด้วยวาล์ว 4/2
ควบคุมกระบอกสูบ ด้วยวาล์ว 4/2
วาล์ว 4/2 P to T
40 bar
40 bar
A
B
P
T
M

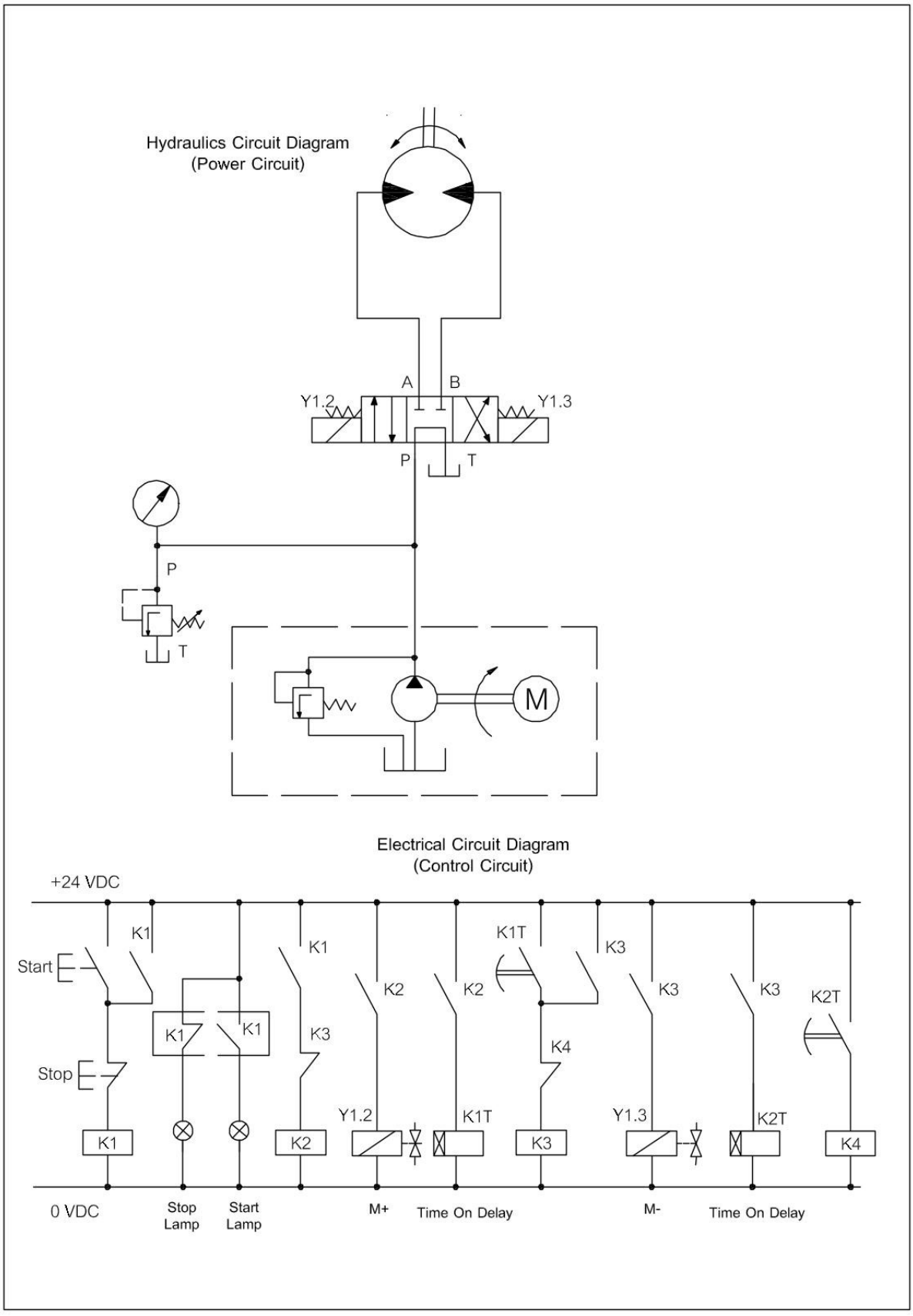

Hydraulics Circuit Diagram
(Power Circuit)
P2
P1
A
B
Y1.2
P
T
M
Pressure Switch
① ต่อ ② NC
① ต่อ ③ NO
สีสายไฟ
แดง + ① Common
ฟ้า + ② NC
ฟ้า + ③ NO
ฟ้า + ④ Ground
1
P
3 2
Electrical Circuit Diagram
(Control Circuit)
+24 VDC
Start
K1
Stop
K2
K1
K1
K1
K1
P1
P2
K2
K1
Y1.2
0 VDC
Stop
Lamp
Start
Lamp
A+

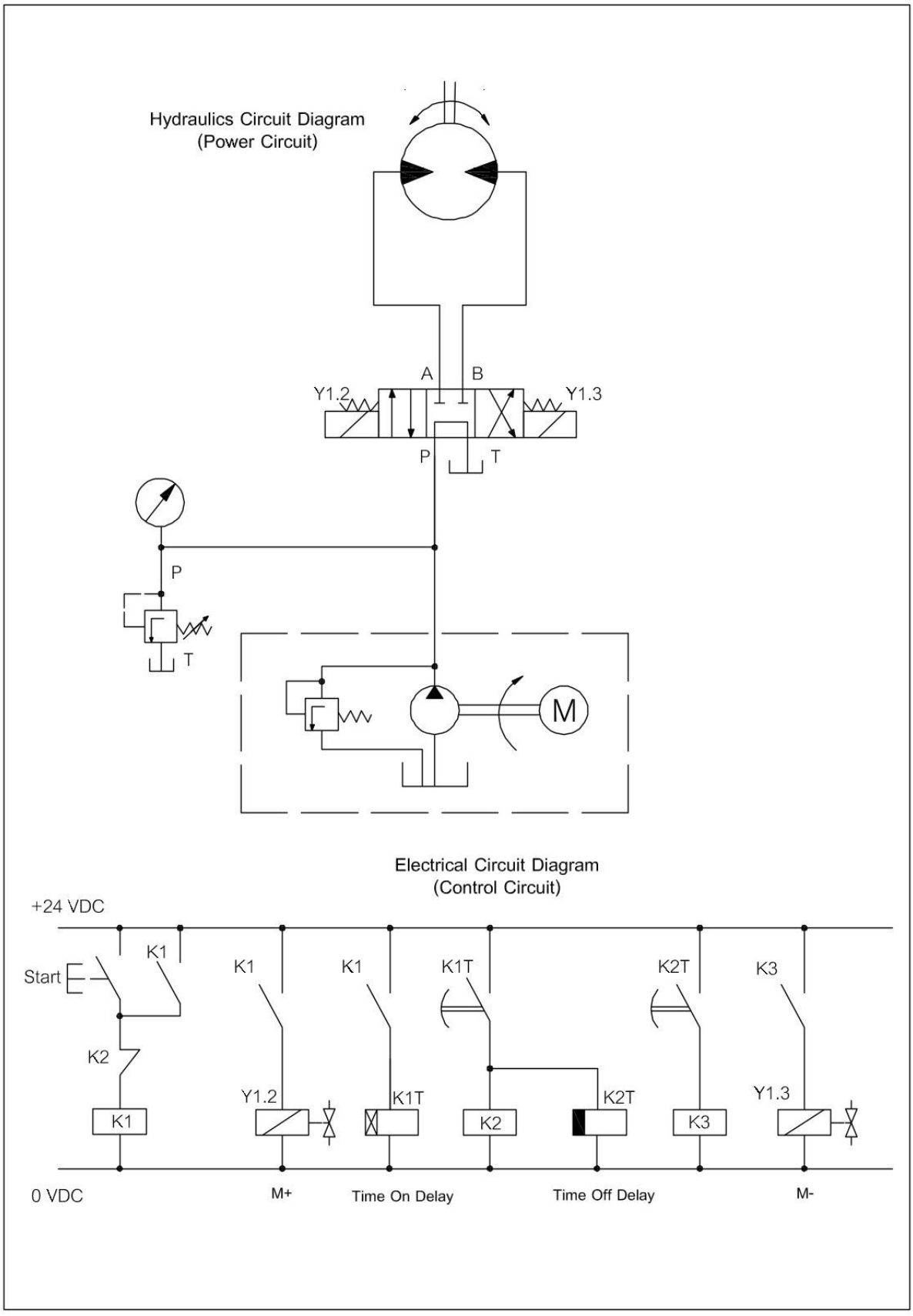
Hydraulics Circuit Diagram
(Power Circuit)



Electrical Circuit Diagram
(Control Circuit)




Hydraulics Circuit Diagram
(Power Circuit)
A
B
Y1.2
Y1.3
P
T
P
T
M
Electrical Circuit Diagram
(Control Circuit)
+24 VDC
Start
Stop
K1
K1
K1
K1
K3
K2
K2
K1T
K3
K3
K3
K2T
K4
Y1.2
K1T
Y1.3
K2T
K1
K2
K3
K4
0 VDC
Stop
Lamp
Start
Lamp
M+
Time On Delay
M-
Time On Delay


Hydraulics Circuit Diagram
(Power Circuit)
A
B
Y1.2
Y1.3
P
T
P
T
M
Electrical Circuit Diagram
(Control Circuit)
+24 VDC
Start
K1
K2
K1
K1
Y1.2
K1
K1T
K1T
K2
K2T
K2T
K2T
K3
K3
Y1.3
0 VDC
M+
Time On Delay
Time Off Delay
M-

GENERAL

This section provides procedures for the conduct of normal operation of the SOCATA Model TB 9 airplane.

The normal procedures for optional systems are given in Section 9 "Supplements" of this manual.

AIRSPEEDS FOR SAFE OPERATIONS (IAS)

Following speeds are those important for safe operation of airplane.

These data are valid for standard airplane used at maximum weight in normal conditions.

- Best rate of climb	
. Flaps retracted	78 KIAS
. Flaps in landing position	62 KIAS
- Best angle of climb	
. Flaps retracted	67 KIAS
. Flaps in landing position	59 KIAS
- Operating speed in turbulent air	122 KIAS
- Maximum speed with flaps in take-off position	95 KIAS
- Maximum speed with flaps in landing position	95 KIAS
- Final approach speed (flaps in landing position)	65 KIAS
- Maximum demonstrated crosswind	25 kt

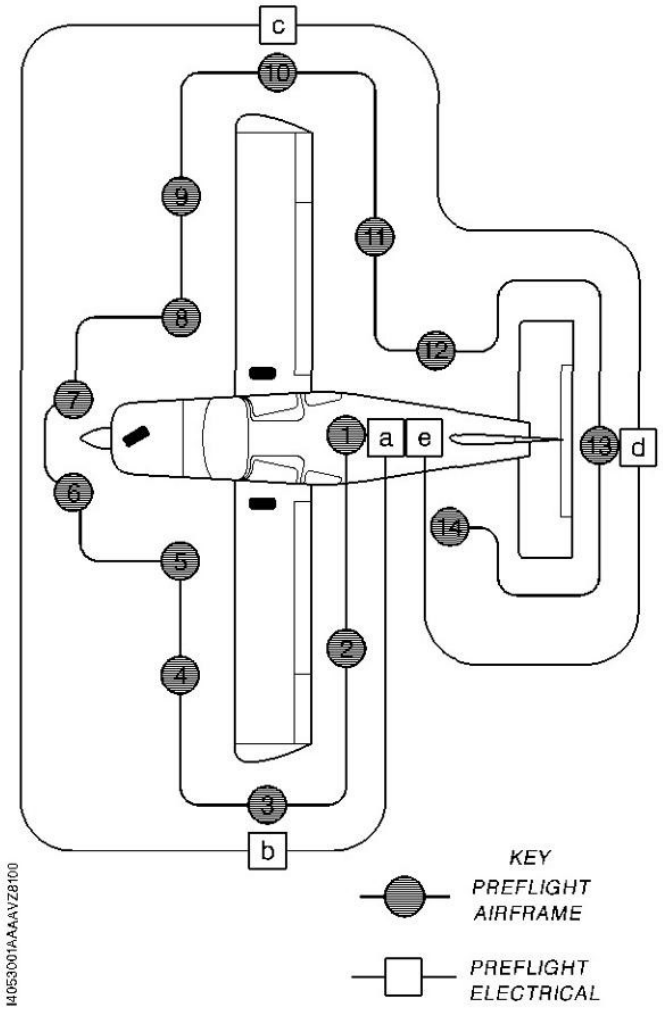


Figure 4.1 - PREFLIGHT INSPECTIONS

PREFLIGHT INSPECTIONS (See Figure 4.1)

AIRFRAME

1 - Cabin

Pilot door	OPEN
Controls lock	REMOVED
Magneto selector	OFF
Mixture	IDLE CUT-OFF
Main switch	ON
Flaps	LANDING
Pitch trim	TAKE-OFF
Fire extinguisher (if installed)	Check pressure
Main switch	OFF
Fuel selector	OPEN (L.H.)

Proceed with the external preflight inspection moving clockwise around the aircraft.

2 - L.H. wing trailing edge

Flap and aileron	Check controls, hinges, plays, deflections

3 - L.H. wing

Wing tip (lights and landing lights if installed)	Undamaged

4 - L.H. wing leading edge

Wing	Free from frost, snow, ice
Pitot	Cover removed, clean, unobstructed
Tie-down	REMOVED
Stall warning device	Clean, check deflection
Fuel tank	Check level
Fuel tank cap	SECURED
Fuel tank draining	Fuel free from water and sediment
Fuel tank drain	Check CLOSED

5 - L.H. main landing gear

Chocks	REMOVE
Tire	Check condition
Shock absorber	Normal position
Fairing	Check condition, cleanliness and normal position

6 - Forward fuselage

Windshield and window panels	Clean
Engine cowling attachment	Check
Oil	Check level and absence of leak
Propeller	Clean, good condition
Propeller cone	Check (no slack)
Air intakes	Clean
Oil pump breather	Unobstructed
Exhaust pipe	Check
Fuel filter draining	Fuel free from water and sediment
Fuel filter drain	Check CLOSED

7 - Nose landing gear

Towing fork	REMOVE
Tire	Check
Shock absorber	Normal position
Fairing	Check condition, cleanliness and normal position

8 - R.H. main landing gear

Chocks	REMOVE
Tire	Check for condition
Shock absorber	Normal position
Fairing	Check condition, cleanliness and normal position

9 - R.H. wing leading edge

Fuel tank draining	Fuel free from water and sediment
Fuel tank drain	Check CLOSED
Fuel tank	Check level
Fuel tank cap	SECURED
Tie-down	REMOVED
Wing	Free from frost, snow and ice

10 - R.H. wing

Wing tip (and lights if installed)	Undamaged

11 - R.H. wing trailing edge

Flap and aileron	Check controls, hinges, plays, deflections

12 - R.H. rear fuselage

R.H. door lock	UNLOCKED
Static port	Cover removed, clean
Window panels	Clean

13 - Stabilizers

Fin	Check
Rudder	Check controls, hinges, plays, frictions
Stabilator and stabilator tab	Check controls, hinges, deflections, plays, frictions
Tail cone [and light if installed (Pre-MOD.151)]	Good condition

14 - L.H. rear fuselage

Static port	Cover removed, clean
Baggage compartment door	SECURED
Window panels	Clean

ELECTRICAL SYSTEMS

a - Cabin

"ALTr FLD" switch-breaker	OFF
Fuel pump	OFF
Main switch	ON
Advisory panel	Tested
Fuel gages	Check
Flaps	RETRACT
Instrument lights (if installed)	ON
Navigation lights (if installed)	ON
Anticollision lights (if installed)	ON
Strobe lights (if installed)	ON
Recognition lights (if installed) (Post-MOD.151)	ON
Pitot heating (if installed)	ON
Landing and taxi lights (if installed)	ON

b - L.H. wing

Navigation light (if installed)	Illuminated
Anticollision light (if installed)	Flashing
Recognition light (if installed) (Post-MOD.151)	Illuminated
Landing and taxi lights (if installed)	Illuminated

WARNING

**DO NOT TOUCH PITOT DIRECTLY.
IT CAN BE HOT ENOUGH TO BURN SKIN**

Heated pitot (if installed)	Check heat
Stall warning device	Aural warning

NOTE:
Landing and taxi lights and Pitot heating "OFF" before carrying on inspection will prevent battery from being run down.

c - R.H. wing

Navigation light (if installed)	Illuminated
Recognition light (if installed) (Post-MOD.151)	Illuminated
Anticollision light (if installed)	Flashing

d - Airplane rear part

Navigation light (if installed) (Pre-MOD.151)	Illuminated
Strobe light (if installed)	Flashing
Anticollision light (if installed)	Flashing

e - Cabin

Navigation lights (if installed)	OFF
Strobe lights (if installed)	OFF
Anticollision lights (if installed)	OFF
Recognition lights (if installed) (Post-MOD.151)	OFF
Pitot heating (if installed)	OFF
Landing and taxi lights (if installed)	OFF
Instrument lights (if installed)	OFF
Main switch	OFF

BEFORE STARTING ENGINE

Preflight inspection	Carried out
Doors	CLOSED, check catches in place
Main switch	OFF
Parking brake	Set
Seats, seat belts, shoulder harnesses	ADJUSTED and SECURE
Flight controls	Check operation
Pitch trim	Check deflection
Fuel selector	OPEN (L.H. or R.H.)
Circuit breakers (side panel)	Closed
Magneto selector	OFF
"Radio master" (if installed)	OFF
Alternate static source (if installed)	PUSHED

ENGINE STARTING

Anticollision lights (if installed)	ON

NORMAL PROCEDURE :

Carburetor heating	OFF
Mixture	FULL RICH
Main switch	ON
Fuel pump	ON
Pump warning light	ON
Fuel pressure	Green sector
Injection	Throttle operated a few times
Throttle	1/4 OPEN
Area	Clear
Magneto / start selector	START (30 sec. maxi)

When the engine starts :

Magneto selector	BOTH
Oil pressure	Green sector

> If no oil pressure indication after 30 sec., shutdown engine.

Fuel pump	OFF
Engine	1000 to 1200 RPM during heating

HOT ENGINE :

Same procedure as normal procedure, but without injection.

COLD WEATHER PROCEDURE :

Carburetor heating	OFF
Mixture	FULL RICH
Main switch	ON
Fuel pump	ON
Pump warning light	ON
Fuel pressure	Green sector

Injection	Throttle operated 10 to 15 times
Throttle	1/4 OPEN
Area	Clear
Magneto / start selector	START (30 sec. maxi)

When the engine starts :

Magneto selector	BOTH
Oil pressure	Green sector

If no oil pressure indication after 30 sec., shutdown engine.

Fuel pump OFF

Engine

- 1200 RPM until oil temperature pointer moves
- 1500 RPM until oil temperature pointer reaches 50 % of yellow sector
- 2000 RPM until oil temperature pointer reaches the green sector

FAILED STARTING :

Failed starting may be due to excess fuel resulting from repeated injection producing black smoke and back fire.

Proceed as follows :

Mixture	IDLE CUT-OFF
Throttle	FULL POWER
Magneto / start selector	START (30 sec. maxi)

Then, resume normal procedure without injection.

AFTER STARTING ENGINE

ELECTRICAL POWER CHECK :

"ALTr FLD" switch-breaker OFF
- "ALTr" warning light — ON
- Voltmeter — Yellow sector

"ALTr FLD" switch-breaker ON
- "ALTr" warning light — OFF
- Voltmeter — Green sector

Turn and bank indicator (if installed)	ON
Vacuum gage (if installed)	Checked
Advisory panel test	Positive
"Radio master" (if installed)	ON
All radios and navaids	ON
Fuel selector	Set to fullest tank
Flaps	Checked and RETRACTED

TAXIING

Parking brake	Release
Brakes	Checked
Flight instruments	Checked
Taxi light (if installed)	As required

Avoid exceeding 1200 RPM as long as the oil temperature indicator pointer is within yellow sector.

Steering the airplane with the rudder pedals only is generally sufficient. The combined use of the rudder pedals and the brakes permits, if necessary, tight turns.

Check operation of gyroscopic instruments (horizontal attitude, heading and turn and bank indicators) by means of alternate turns.

ENGINE RUN-UP

Parking brake	Set
Engine control friction	Adjusted
Oil temperature	Green sector
Oil pressure	Green sector
Fuel pressure	Green sector
Mixture	FULL RICH
Carburetor heating	OFF
Fuel selector	Set to fullest tank
MAGNETO CHECK :	
Throttle	1800 RPM
Magneto selector	L. then BOTH R. then BOTH
Maximum RPM drop on each magneto	175 RPM
Maximum difference between magnetos	50 RPM
CARBURETOR HEATING CHECK :	
Carburetor heating	ON
Carburetor temperature indicator (if installed)	Increase
Carburetor heating	OFF

BEFORE TAKE-OFF

Seats, seat belts, shoulder harnesses	Check
Doors	LOCKED
Controls	Free
Pitch trim	TAKE-OFF
Flaps	TAKE-OFF
Magneto selector	BOTH
Carburetor heating	OFF
Mixture	FULL RICH
Fuel selector	Check set to fullest tank

Fuel pump	ON
Oil temperature	Green sector
Oil pressure	Green sector
Fuel pressure	Green sector
Voltmeter	Green sector
Altimeter	Set
Heading indicator (if installed)	Set
Horizontal attitude gyro (if installed)	Set
Parking brake	RELEASE - Light OFF
Cabin blower (if installed)	OFF
Landing lights (if installed)	As required
Navigation lights (if installed)	As required
Pitot heating (if installed)	As required
Transponder (if installed)	As required

TAKE-OFF

Lined up on runway	Check heading indicator Check stand-by compass
Smoothly apply full power	
Airspeeds	See Section 5 "Take-off performance"
STANDARD AIRSPEEDS :	
Rotation	65 KIAS
Initial climb	65 KIAS
WHEN SAFELY AIRBORNE :	
Brakes	Apply
AT 300 ft :	
Climb speed	73 KIAS
Flaps	RETRACT
AT 1000 ft :	
Fuel pump	OFF
External lights (if installed)	As required

CLIMB

Mixture	FULL RICH
Throttle	FULL POWER
Optimum climb speed	80 KIAS

NOTE:
Climb can also be carried out at higher speeds (better visibility towards front, better engine cooling) and lower power ratings (lower noise level)

CAUTION

CLIMB AT BEST ANGLE OF CLIMB SHOULD BE USED ONLY IN EXCEPTIONAL CASES SINCE THE ENGINE IS LESS COOLED

CRUISE

Power	Adjusted
Pitch trim	Adjusted
Mixture	Adjusted

Normal cruise between 60 % and 75 %, see Section 5 "Performance".

Adjust mixture on "FULL RICH" for power higher than 75 %.

RECOMMENDATIONS :

In practice, it is recommended to change tank every half-hour when observing fuel pressure and not to exceed a fuel imbalance of 12.4 U.S Gallons (47 litres).

During take-off from high elevation airport or during prolonged climbs, roughness or loss of power may result from overrichness.

In such a case, adjust mixture control only enough to obtain smooth operation and not for economy.

Rough operation due to overrich fuel / air mixture is most likely to be encountered at altitudes above 5000 ft.

CAUTION

ALWAYS ENRICH MIXTURE BEFORE INCREASING POWER

Flight into known icing conditions is PROHIBITED

Unintentional icing conditions : see Section 3 "Emergency procedures", Paragraph "Icing".

Leave icing conditions as soon as possible.

Remember to replace the carburetor heating control in OFF position after leaving the icing area.

DESCENT

Power setting as required for descent.

Every 1500 ft, apply engine power to prevent excess engine cooling and spark plugs fouling.

If descent with reduced throttle :

Carburetor heating	ON
Seats, seat belts, shoulder harnesses	ADJUSTED and SECURE

APPROACH - LANDING

FINAL :

Airspeed	76 KIAS
Flaps	TAKE-OFF
Fuel pump	ON
Mixture	FULL RICH
Carburetor heating	ON or OFF as required

Brakes	Checked
Seats, seat belts, shoulder harnesses	ADJUSTED and SECURE
Landing lights (if installed)	ON
SHORT FINAL :	
Flaps	LANDING
Airspeed	See Section 5 "Landing Performance"
Standard airspeed	67 KIAS

GO-AROUND

Carburetor heating	OFF
Smoothly apply full power	
Airspeed	73 / 80 KIAS
When climb rate is positive :	
Flaps	TAKE-OFF
Airspeed	73 KIAS
Flaps	RETRACTED
Climb	78 KIAS

AFTER LANDING

Fuel pump	OFF
Flaps	RETRACTED
Landing light (if installed)	OFF
Taxi light (if installed)	As required
Trim	TAKE-OFF
Radio equipment	As required
Pitot heating (if installed)	OFF
Carburetor heating	OFF

SHUT-DOWN / SECURING AIRPLANE

Parking brake	Set
Turn and bank indicator (if installed)	OFF
Anticollision lights (if installed)	OFF
Taxi light (if installed)	OFF
Navigation lights (if installed)	OFF
"Radio master" (if installed)	OFF
Throttle	REDUCED

WARNING

THE TEST HEREAFTER MUST BE IMPERATIVELY CARRIED OUT WITH ENGINE POWER LOWER THAN 1000 RPM ; THE FAILURE TO OBSERVE THIS RULE MAY LEAD TO EXHAUST SYSTEM DAMAGE

Magnetos cut-off test (*)	OFF, then BOTH
Throttle	900 to 1000 RPM
Mixture	IDLE CUT-OFF

(*) Depending on the kind of operation, it is not necessary to perform this test more than once a day, but just before securing the airplane.

AFTER ENGINE STOPS :

Magneto selector	OFF
"ALTr FLD" switch-breaker	OFF
Main switch	OFF
Fuel selector	OFF
Control lock	Installed
Chocks / Tie-downs	Installed

STALLS

CAUTION

ATTEMPT PRACTICE STALLS ONLY WITH SUFFICIENT ALTITUDE FOR RECOVERY

Power-on stalls require an extremely steep pitch attitude. If the center of gravity is at or near its aft limit, a slight tendency toward wing rocking or a wing drop may occur when the stabilator is deflected near its stop.

Aerodynamic warning (pre-stall buffet) is low with power idle and more pronounced at higher power settings. Stall recovery can be effected immediately by easing the stick forward. Altitude loss is minor in all cases and is minimized by prompt application of power at the onset of the stall.

The stall warning horn will sound from 5 to 10 knots before stall speed.

FLIGHT WITH CROSSWIND

TAKE-OFF :

Apply full power before brake release.

Aileron control moved into wind.

Keep the airplane on runway centerline using the rudder.

Maintain nose-wheel on ground up to 65 KIAS.

Lift-off cleanly in order to avoid subsequent touch-down.

LANDING :

When landing in a strong crosswind, use the landing flap setting.

Although the crab or combination method of drift correction may be used, the wing low method gives the best control. Maximum bank angle close to the ground is 15°.

After touch-down, keep the nose-wheel on the ground, hold a straight course using rudder pedals.

FLIGHT IN TURBULENT AIR

Maximum airspeed	128 KIAS
Recommended airspeed	108 KIAS
Seats, seat belts, shoulder harnesses	ADJUSTED and SECURE

USE OF DOORS

In windy or gusty conditions, the doors should be firmly held during opening and closing and should be closed and locked immediately after entering or leaving the airplane.

The doors must be closed and locked for all taxiing and flight operations.

การทดลองกัดชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC)

1.วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้เข้าใจและมีพื้นฐานในการเขียน NC Code (G Code, M Code) เพื่อควบคุมเครื่องจักร CNC
2) เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน การกำหนดค่าพื้นฐานต่างๆ ที่จำเป็นในการใช้เครื่องจักร CNC
3) เพื่อให้สามารถกัดชิ้นงานพื้นฐานด้วยเครื่องจักร CNC ได้

2.ทฤษฎี

2.1 เครื่องจักร CNC

เครื่องจักรกลการผลิตขั้นพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ เครื่องกลึง เครื่องไส และเครื่องกัด เป็นต้น



รูปที่ 1 เครื่องจักรกล CNC

เครื่องจักรดังกล่าวมีบทบาทในการพัฒนาอุตสาหกรรมและเป็นเครื่องจักรกลที่จำเป็นในโรงงานต่าง ๆ เพื่อการสร้างชิ้นงาน ในอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำและความสม่ำเสมอของชิ้นงาน คอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำงานของเครื่องและช่วยเพิ่มผลผลิต ในขณะเดียวกัน ความสามารถในการโปรแกรม เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เครื่องจักรกลการผลิตที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุมเรียกว่า เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC) โดยแยกตามประเภทของเครื่องได้เป็น เครื่องกลึงซีเอ็นซี และเครื่องกัดซีเอ็นซี เป็นต้น

เครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจาก Computer Numerical Control คือเครื่องจักรกลการผลิตที่คอมพิวเตอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ สำหรับใช้ควบคุมการทำงาน โดยมี

อักษร C ย่อมาจาก Computer หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องจักร

อักษร N ย่อมาจาก Numerical หมายถึง ตัวเลข 0 ถึง 9 ตัวอักษร หรือ โค้ด เช่น A, B, C ถึง Z และสัญลักษณ์อื่นๆ เครื่องหมาย + หรือ - เป็นต้น

อักษร C ย่อมาจาก Control หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่า หรือตำแหน่งจริงที่ต้องการ เพื่อให้เครื่องจักรกลทำงาน ให้ได้ค่าตามที่กำหนด

ดังนั้นเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะมีคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลขและอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อน และในขณะเดียวกันจะใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่งหรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนให้

2.1.1 องค์ประกอบของเครื่องจักรกล

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนหลักดังนี้

1) ชุดควบคุม

ชุดควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์ ของเครื่องจักรซีเอ็นซี เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม (Store) และแก้ไขดัดแปลงโปรแกรม (Edit) ได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำการควบคุมเครื่องจักรให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรม (โปรแกรมเอ็นซี)

2) กลไกการเคลื่อนที่

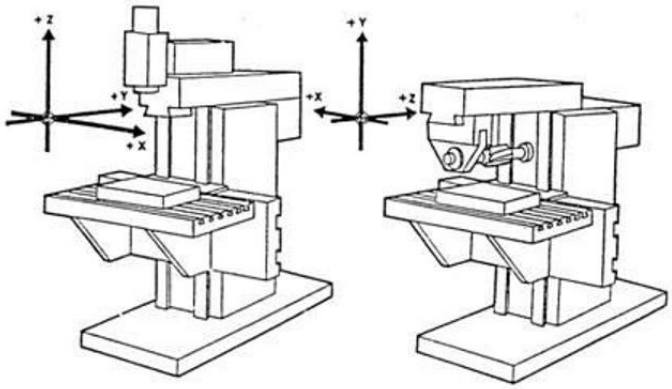
กลไกการเคลื่อนที่ ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) ซึ่งเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ ได้ โดยใช้บอลสกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่าง ๆ

3) ตัวเครื่องจักรกล

ตัวเครื่องจักรกลคือ โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลักเช่น แท่นเครื่อง แท่นติดสปินเดิล (Spindle Head) และมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor) เป็นต้น

2.1.2 การอ้างอิงระบบแกน

เครื่องจักรซีเอ็นซีแบบ 3 แกนจะมีการอ้างอิงระบบแกนในแบบคาร์ทีเซียน 3 มิติ โดย ทั่วไปจะออกแบบให้โต๊ะงานเคลื่อนที่ในแกน X และ Y ส่วนแกน Z จะเป็นส่วนของ Spindle ที่เป็นส่วนเคลื่อนที่ด้วยเหตุผลด้านขนาดและความมั่นคงของเครื่องจักร โดยการอ้างอิงแกนจะยึดการเคลื่อนที่ของ Spindle เป็นหลัก ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การอ้างอิงระบบแบบ 3 แกน

2.2 องค์ประกอบของโปรแกรม

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับคำสั่งเป็นภาษาที่ระบบควบคุมเข้าใจ สำหรับกลุ่มโค้ดหลักที่ใช้ในโปรแกรม NC ได้แก่ G Code และ M Code ซึ่งเป็นมาตรฐานในการควบคุมการทำงานซึ่งประกอบด้วย

1) ตัวอักษร (character) เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานหรือกำหนดเงื่อนไข (ตารางที่ 1) ซึ่งจะอยู่ด้านหน้าของคำสั่งย่อยที่เรียกว่า word

2) คำ (word) เป็นกลุ่มของตัวอักษร ที่ประกอบขึ้นเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงาน

3) บล็อก (Block) เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี เป็นการนำ word หลาย ๆ คำมาประกอบกัน เช่น N10 G90 G80 G17 บล็อกนี้มี 4 word

N15 G01 X1.0 Y1.5 G18 บล็อกนี้มี 5 word

4) โปรแกรม (program) เป็นการรวมหลาย ๆ บล็อก ที่เขียนตามลำดับการทำงานเพื่อให้ เครื่องซีเอ็นซีทำงานตามขั้นตอนให้ได้ชิ้นงานตามที่กำหนด

ตารางที่ 1. ลักษณะการใช้งานของ Character ตามมาตรฐานของ EIA RS-274 B (อาจแตกต่างกันตามยี่ห้อ)

ตัวอักษร (character)	การใช้งานและความหมาย
A	การหมุนรอบแนวแกน X
B	การหมุนรอบแนวแกน Y
C	การหมุนรอบแนวแกน Z
D	(1) การหมุนรอบแนวแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สาม
E	(1) หมุนรอบแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สอง
F	อัตราป้อน
G	การจัดเตรียมการทำงาน
H	ไม่ระบุ

I	(1) ขนาดรอบแนวแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน X
J	(1) ขนาดรอบแนวแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y
K	(1) ขนาดรอบแนวแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z
L	ไม่กำหนด
M	คำสั่งช่วยการทำงาน
N	หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม
O	ไม่กำหนด
P	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน X
Q	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Y
R	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Z
S	ความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัด
T	เรียกเครื่องมือตัด
U	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน X
V	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Y
W	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Z
X	การเคลื่อนที่ในแนวแกน X
Y	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y
Z	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

รหัส G Code

G Code เป็นคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์สั่งการให้เครื่องจักรกล CNC ทำการไส กัดหรือกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการ โดยการกระทำดังกล่าวคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องทราบทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือเส้นโค้งวงกลม หน่วยความยาวที่ใช้ และการบอกตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบ Absolute หรือ Increment เป็นต้น

รหัส M Code

นอกจาก G Code แล้ว จะต้องมีคำสั่งอื่นๆ อีกที่เครื่องจักรกล CNC ต้องใช้ในกระบวนการไส กัดหรือกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการต่างๆ เช่น การสั่งให้มือจับเครื่องมือ(Spindle) หมุนหรือยุดหมุนในทิศทางที่ต้องการ การเปลี่ยนเครื่องมือ (Tool) การเปิดปิดน้ำหล่อเย็น(Coolant) การหยุดโปรแกรม เป็นต้น โดยคำสั่งเหล่านี้กำหนดให้ใช้เป็น M Code

ตารางที่ 2. ตัวอย่างรหัส G Code และ M Code

ตัวอย่างรหัส G เพื่อเตรียมการทำงานสำหรับงานกัด	**ตัวอย่างรหัส M** เพื่อโปรแกรมให้เครื่องจักรกระทำการบางอย่างที่พิเศษ
G00 การเคลื่อนที่เร็ว G01 ลิเนียร์อินเตอร์โพเลชัน (การเคลื่อนที่เชิงเส้นและมีการป้อน) G02 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (circular interpolation) (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน)	M00 หยุดโปรแกรม M01 หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข M02 จบโปรแกรม M03 หัวจับหมุนตามเข็มนาฬิกา

ตามเข็มนาฬิกา G03 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (circular interpolation) (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน) ทวนเข็มนาฬิกา G17 การเลือกระนาบ XY G18 การเลือกระนาบ XZ G19 การเลือกระนาบ ZY G28 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง G40 ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด G41 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย G42 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา G43 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าบวก G44 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าลบ G49 ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด G54 ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน G70 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว G71 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร G76-79 ไม่มีการกำหนดไว้ G80 ยกเลิกการทำไซเกิล G81 เจาะไซเกิล G83 เจาะไซเกิลรูลึก G84 การต๊าปเกลียวขวาแบบไซเกิล (right hand tapping canned cycle) G85 การคว้านรู G90 การให้ตำแหน่งในแบบสัมบูรณ์ G91 การให้ตำแหน่งแบบอินครีเมนทอล (Incremental) G92 การตั้งค่ารีจีสเตอร์หรือตั้งค่าซีโร่ชิฟต์ G99 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง	M04 หัวจับหมุนทวนเข็มนาฬิกา M05 หัวจับหยุด M06 เปลี่ยนเครื่องมือ M07 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดมาก) M08 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดน้อย) M09 ปิดหล่อน้ำเย็น M10 การล็อคโดยอัตโนมัติ M11 การคลายล็อคโดยอัตโนมัติ M30 สิ้นสุดโปรแกรม M98 เรียกโปรแกรมย่อย M99 จบโปรแกรมย่อยและกลับไปยังโปรแกรมหลัก

3. เครื่องมือและวัสดุ

1) เครื่องกัด CNC

2) แผ่นอะลูมิเนียม

4. การทดลอง

จะเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับการกัดชิ้นงานจริงด้วย NC Code ที่เขียนมาจากโปรแกรม CAD/CAM รวมทั้งการศึกษาความหมายของคำสั่ง NC Code ดังกล่าวโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการจับยึดชิ้นงานทดลองที่เตรียมไว้เข้ากับฐานจับชิ้นงานของเครื่อง

2) ทำการกำหนดจุดเริ่มต้นการทำงานของเครื่องบนชิ้นทดลอง โดยกำหนดให้จุดเริ่มต้นอยู่บริเวณผิวด้านบนในตำแหน่งจุดกึ่งกลางของชิ้นงาน

3) ทำการโหลด G Code จากคอมพิวเตอร์เพื่อเข้าสู่ชุดควบคุมของเครื่อง

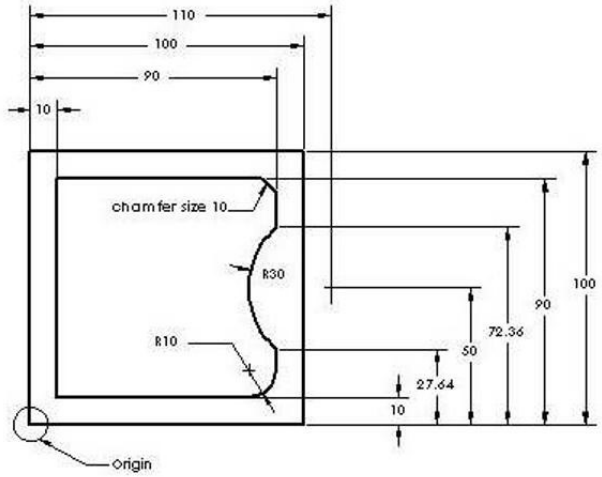
4) ทำการจำลองรัน G Code ดังกล่าวเพื่อตรวจสอบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการกัดชิ้นงานจริง

5) หลังจากนั้นสั่งให้เครื่องทำการกัดชิ้นงานทดสอบดังกล่าว ในระหว่างการกัดชิ้นงานดังกล่าวให้สังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องประกอบกับส่วนของโปรแกรม รอจนเสร็จ แล้วค่อยคลายแท่นจับยึดชิ้นงานเพื่อนำชิ้นงานทดสอบออกมาจากตัวเครื่อง

5. การวิเคราะห์

ทำการสังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องประกอบกับในส่วนของโปรแกรมที่เขียนมาจากโปรแกรม CAD/CAM ดังกล่าว แล้วทำการอธิบาย NC Code ดังกล่าวจนครบทุก Block ที่กำหนดให้

ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรมด้วย คำสั่งของ HAIDENHAIN



(Endmill DIA 12 mm.Milling depth 0.5 mm WP thickness 10 mm.)

0 BEGIN PGM TEST MM	หัวโปรแกรม
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-10	การกำหนด minimum point
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	การกำหนด maximum point
3 TOOL CALL 1 Z S1200	เลือกใช้ tool หมายเลข 1 ความเร็วหัวกัด 1200 รอบ/ นาที
4 L X-50 Y-50 Z+50 R0 F MAX M13	ทำการเคลื่อนที่หัวกัดไปยังพิกัด โดยอ้างอิงที่ตำแหน่งศูนย์กลางดอกกัดด้วยความเร็วสูงสุดและเปิดให้หัวกัดหมุนพร้อมเปิดน้ำหล่อเย็น
5 L X-10 Y+0 Z-0.5 F MAX	ทำการเคลื่อนที่หัวกัดไปยังพิกัด ด้วยความเร็วสูงสุด
6 L X+10 Y+10 RL F200	เข้ากัดชิ้นงานด้วยความเร็ว 200 มม./นาที โดยชดเชยรัศมี tool ด้านซ้าย
7 L Y+90	กัดชิ้นงานไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 200 มม./นาที

8 L X+90	กัดชิ้นงานไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 200 มม./นาที (ด้านประกอบมุมด้านที่ 1)
9 CHF 10	คำสั่งลบมุมเป็นเส้นตรงขนาด 10 มม.
10 L Y+72.36	กัดชิ้นงานไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 200 มม./นาที (ด้านประกอบมุมด้านที่ 2) (จุดเริ่มต้นของส่วนโค้ง)
11 CC X+110 Y+50	กำหนดพิกัด X Y จุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง
12 C X+90 Y+27.64 DR+ F 150	กัดชิ้นงานโค้งแบบทวนเข็มนาฬิกาไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 150 มม./นาที (จุดสิ้นสุดของส่วนโค้ง)
13 L Y+10 F200	กัดชิ้นงานไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 200 มม./นาที (ด้านประกอบมุมด้านที่ 1)
14 RND R10	คำสั่งลบมุมเป็นเส้นตรงขนาดรัศมี 10 มม.
15 L X-10	กัดชิ้นงานไปยังพิกัดด้วยความเร็ว 200 มม./นาที (ด้านประกอบมุมด้านที่ 2)
16 L Z+150 R0 F MAX	ยกหัวกัดขึ้นแนวแกน Z ด้วยความเร็วสูงสุด
17 M30	หยุดหัวกัด ปิดน้ำหล่อเย็น
18 END PGM TEST MM	ท้ายโปรแกรม

คำถามท้ายการทดลอง

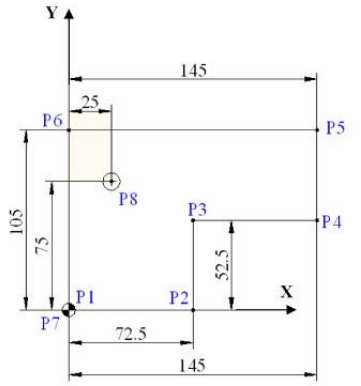
1) M-Code มีหน้าที่อย่างไร

2) G Code คืออะไร

3) ความเร็ว Feed คืออะไร

4) จงอธิบายความหมายของคำสั่ง G0 X-4.58 Y5.75 Z4.05 S1500 M3

5) จงกำหนดพิกัดแบบสัมบูรณ์แต่ละจุดของชิ้นงานต่อไปนี้



จุด	แกน X	แกน Y
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		
P7		
P8		

MINI CNC

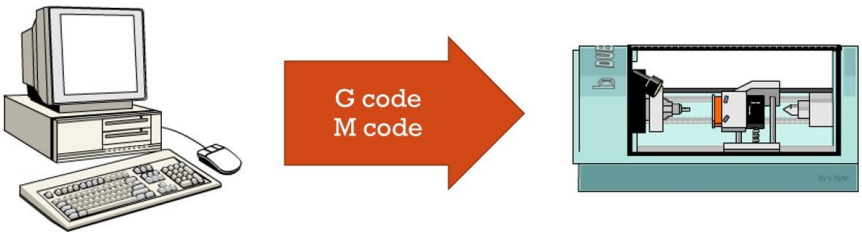


WHAT IS CNC?

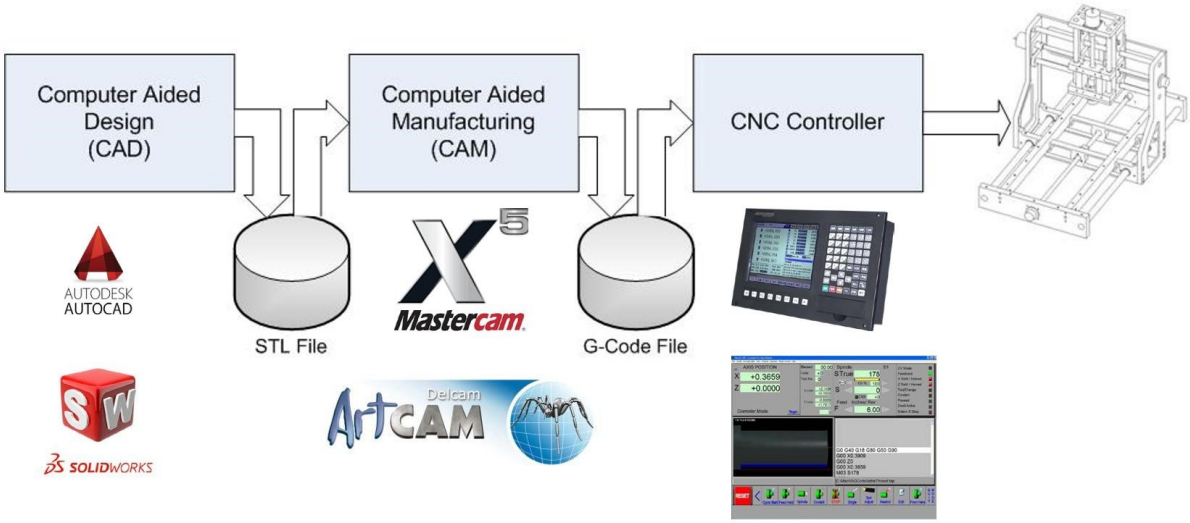
C N C
COMPUTER NUMERICAL CONTROL

CNC (Computer Numerical Control)

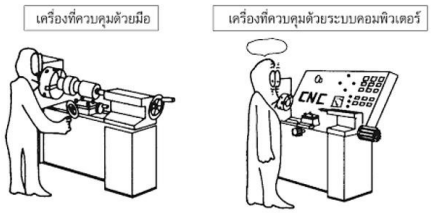
การควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้รวดเร็วถูกต้องและเที่ยงตรง



FLOW WORK

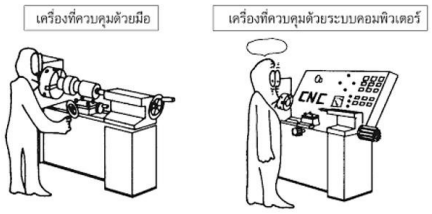


ADVANTAGE OF CNC?



- สามารถผลิตชิ้นงานได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน
- ชิ้นงานมีความเที่ยงตรง แน่นอน เพราะควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม **CNC** เหมาะสำหรับการผลิตแบบ **Mass Production**
- พนักงานประจำเครื่องไม่ต้องอาศัยทักษะที่สูงมากในการควบคุมเครื่องจักร **CNC** ยกเว้นพนักงานที่ทำหน้าที่ **Set up** งาน.
- สามารถจำลองการทำงานของโปรแกรมได้ก่อนรันชิ้นงานจริง ช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดจากความผิดของโปรแกรมได้.
- มีซอร์ฟแวร์มากมายช่วยในการสร้างโปรแกรม **CNC** ซึ่งทำให้การสร้างโปรแกรมในการควบคุมเครื่องจักร **CNC** ไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป.

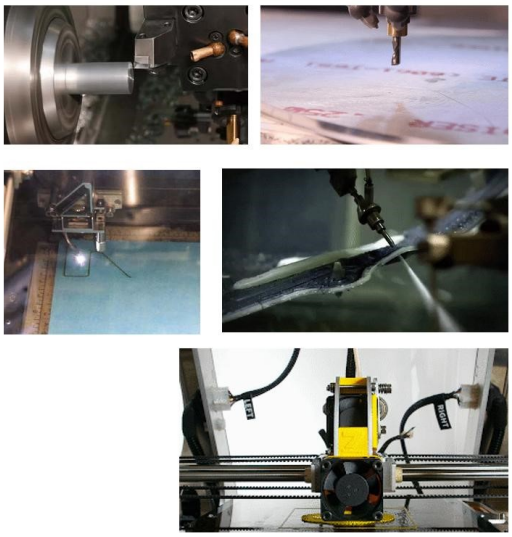
DISADVANTAGE OF CNC?



- เครื่องจักร **CNC** มีราคาแพงกว่าเครื่องจักรที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบ **Manual** มาก ต้องคำนึงถึงต้นทุนและความคุ้มค่าของการลงทุนอย่างถี่ถ้วน.
- ค่าบำรุงรักษา, อะไหล่มีราคาแพง รวมถึงต้องใช้ช่างที่ชำนาญและค่าจ้างแพงในการซ่อมบำรุง
- พนักงานควบคุมเครื่อง **CNC** โดยเฉพาะที่มีทักษะที่สามารถ **Setup** ชิ้นงานได้ มักจะมีการเปลี่ยนงานบ่อยเพื่อรับค่าจ้างที่สูงกว่า เนื่องจากความต้องการของตลาดยังสูงอยู่.

APPLICATION OF CNC MACHINING TOOL

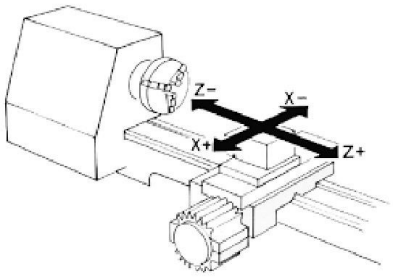
- **CNC Lathe machine** (เครื่องกลึง)
- **CNC Milling machine** (เครื่องกัด)
- **CNC Grinding machine** (เครื่องเจียระไน)
- **CNC Laser cutting machine**
- **CNC Water jet cutting machine**
- **3D Printer**



COORDINATE SYSTEM

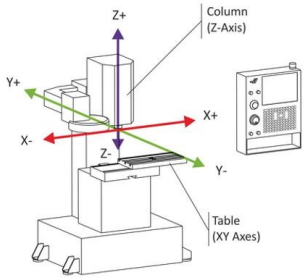
- CNC Lathe machine



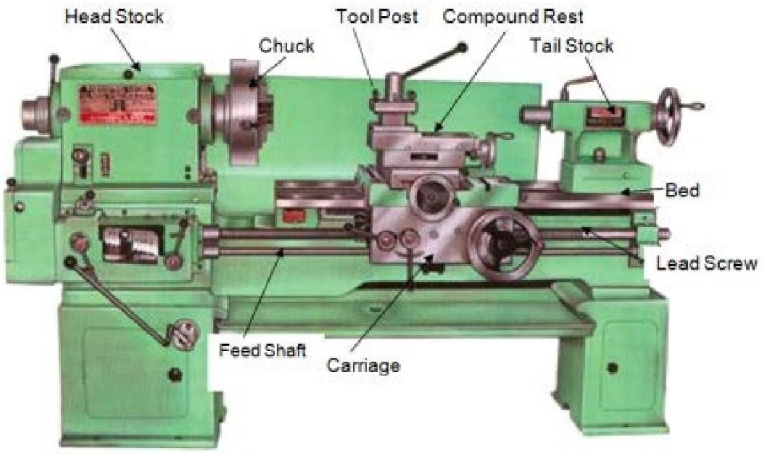


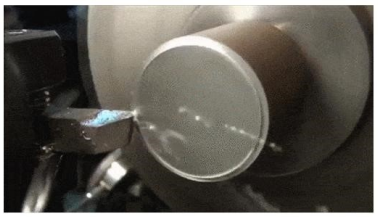
- CNC Milling machine

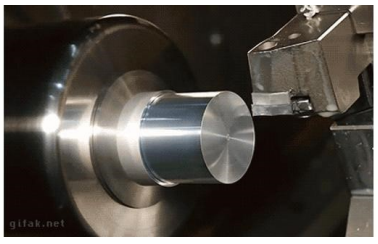




LATHE MACHINE

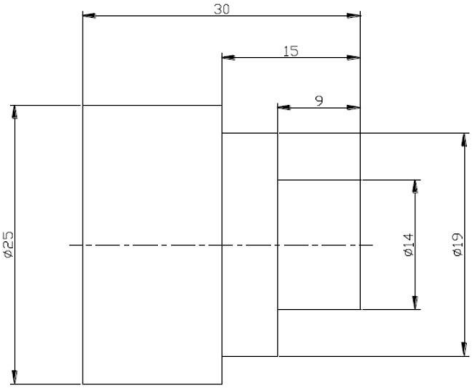


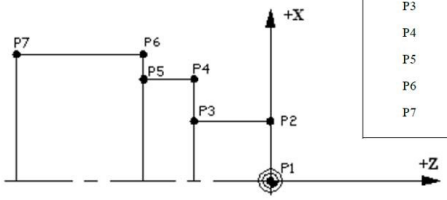




การกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์

- แบบสัมบูรณ์ หรือ แบบแอบโซลูท (**Absolute Positioning**) คือ การเคลื่อนที่ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่จุดทั้งสองยังใช้จุดอ้างอิงเดิมหรือจุดอ้างเดียวกัน
- จุดอ้างอิงจะเป็นจุด **Origin** หรือ ที่ **X = 0 , Y = 0** และ **Z = 0** หรือ (**X , Y , Z**) = (0 , 0 , 0)

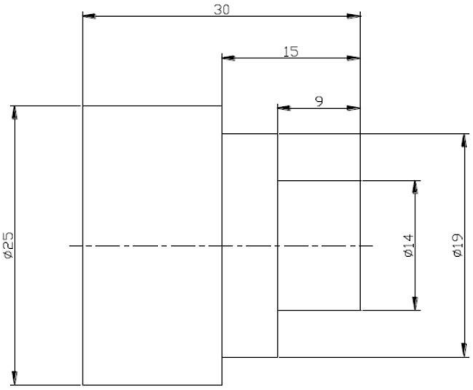


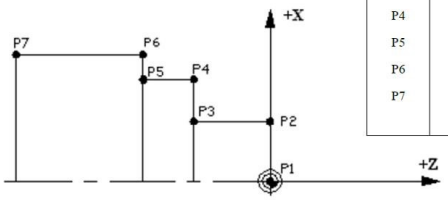


Point	X	Z	หมายเหตุ
P1	0	0	จุดเริ่มต้น
P2	14.0	0	
P3	14.0	-9.0	
P4	19.0	-9.0	
P5	19.0	-15.0	
P6	25.0	-15.0	
P7	25.0	-30.0	

การกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบสัมพัทธ์

- แบบสัมพัทธ์ (**Incremental Positioning**) คือ การเคลื่อนที่จากจุด หรือตำแหน่งปัจจุบัน ไปยังจุดถัดไป โดยอ้างอิงจากตำแหน่งปัจจุบัน หรือ เป็นระยะห่างระหว่างสองจุด โดยมีเครื่องหมาย บวก (+) และเครื่องหมายลบ(-) ระบุ บอกทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวแกนนั้น ๆ โดยอ้างอิงจากตำแหน่งปัจจุบันหรือจุดเริ่มต้นของเส้นนั้น ๆ





Point	X	Z	หมายเหตุ
P1	0	0	จุดเริ่มต้น
P2	14.0	0	
P3	0	-9.0	
P4	5.0	0	
P5	0	-6.0	
P6	6.0	0	
P7	0	-15.0	

G CODE

รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
G00	การเคลื่อนที่เร็ว
G01	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง โดยมีอัตราป้อน
G02	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศทวนเข็มนาฬิกา
G04	การหยุดนิ่งชั่วขณะ
G20	กำหนดหน่วยของการเคลื่อนที่เป็นนิ้ว
G21	กำหนดหน่วยของการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร
G27	การตรวจการเคลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
G28	การเคลื่อนไปยังจุดอ้างอิงแบบอัตโนมัติ
G30	การเคลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิงที่ 2, 3 และ 4
G32	การกลึงเกลียว
G40	ยกเลิกการชดเชยรัศมีของปลายเม็ดมีด
G41	เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย
G42	เป็นคำสั่งชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา

รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
G70	วัฏจักรการกลึงละเอียด
G71	วัฏจักรการกลึงปอก
G72	วัฏจักรการกลึงปาดหน้า
G73	วัฏจักรการกลึงปอกตามเส้นขอบรูป
G74	การเจาะลึกตามแนวแกน Z
G75	การเจาะลึกตามแนวแกน X
G76	วัฏจักรการตัดเกลี่ยวผสม
G90	วัฏจักรการตัดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
G92	วัฏจักรการตัดเกลียว
G96	การควบคุมความเร็วคงที่
G97	ยกเลิกการควบคุมความเร็วคงที่
G98	อัตราป้อน/นาที
G99	อัตราป้อน/รอบ

G CODE

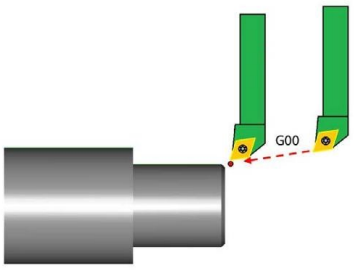
- G00 : การเคลื่อนที่เร็ว

  Ex. G00 X_ Z_

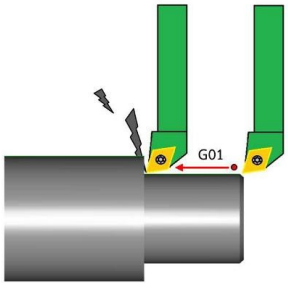
- G01 : การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน

  Ex. G01 X_ Z_ F__

  F: Feed rate (mm/min)



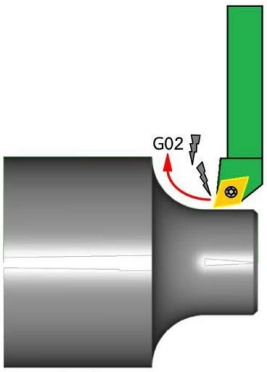
ที่มา: ฉัตรชัย 2559



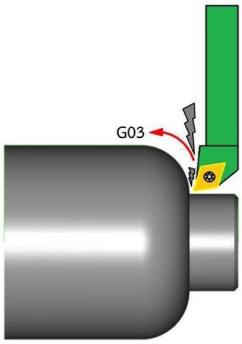
ที่มา: ฉัตรชัย 2559

G CODE

- G02 : การเคลื่อนที่เร็วในแนวเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- G03 : การเคลื่อนที่เร็วในแนวเส้นโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา



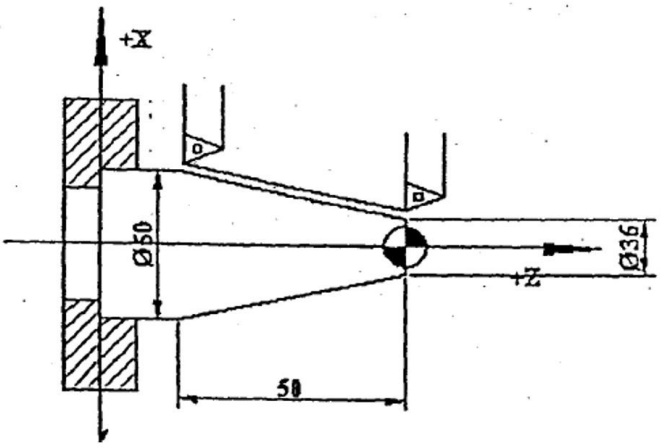
ที่มา: ฉัตรชัย 2559

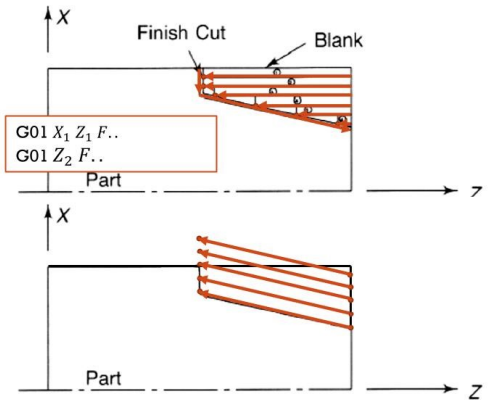


ที่มา: ฉัตรชัย 2559

G CODE







G CODE

- G71 : วัฏจักรการกลึงปอก

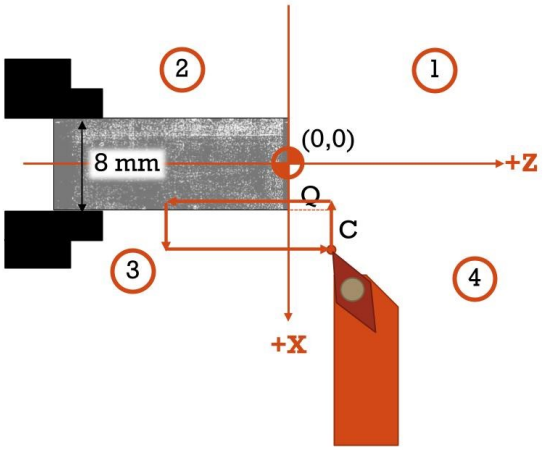
  Ex. G71 X__ Z__ C__ Q__ H__

  X, Z : Final Diameter, depth

  C,Q : Safe point (2mm)

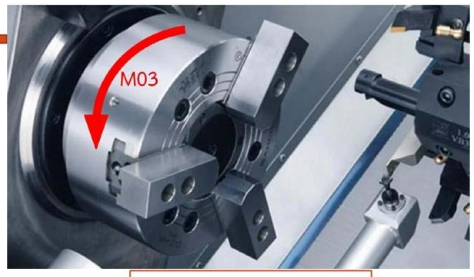
  H : Cutting step (0.2-0.5mm)

```
G00 X12 Z2
G71 X6 Z-5 C2 Q2 H0.5
```



M CODE

รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
M00	การหยุดโปรแกรม
M01	การหยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข
M02	การสิ้นสุดโปรแกรม
M03	เพลาจับยึดเครื่องมือหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	เพลาจับยึดเครื่องมือหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดเพลาจับยึดเครื่องมือ
M06	เปลี่ยนเครื่องมือตัด
M07	เปิดน้ำหล่อเย็นแบบฉีดเป็นฝอย
M08	เปิดน้ำหล่อเย็นแบบทั่วไป
M09	ปิดน้ำหล่อเย็น
M10	การล็อคโดยอัตโนมัติ
M11	การคลายล็อคโดยอัตโนมัติ
M30	สิ้นสุดโปรแกรม

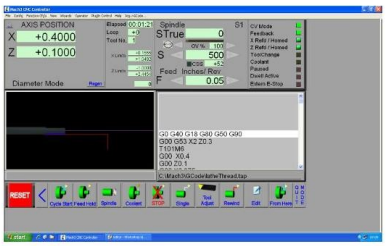


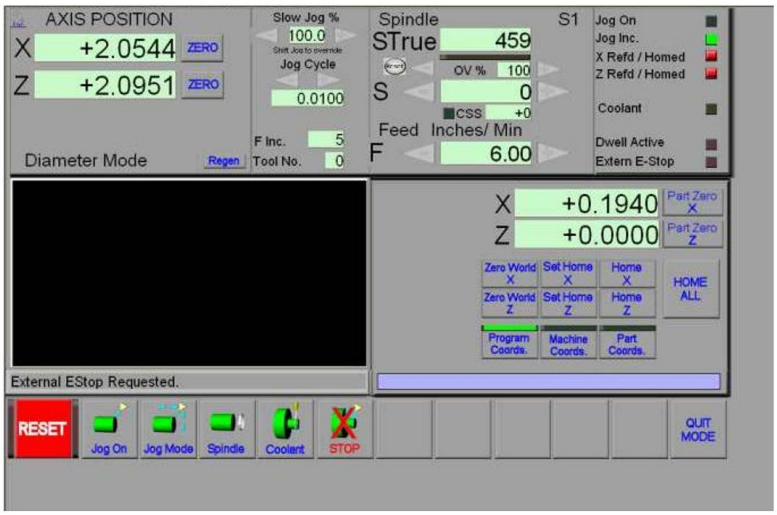
M03 S1200

PROGRAM





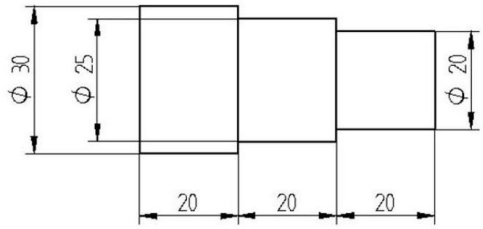




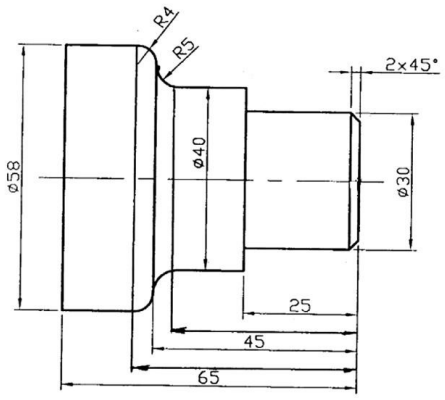
จุดประสงค์ของปฏิบัติการ

1. เพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ CNC
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ CNC พื้นฐานได้
3. เพื่อให้นักศึกษาได้ทดลองปฏิบัติงานจริงกับเครื่องจักร

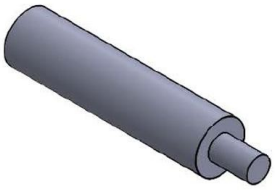
EXERCISE 1

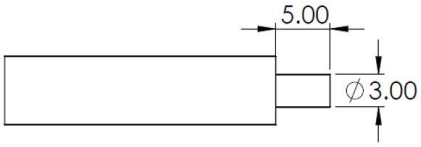


EXERCISE 2

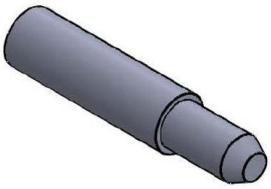


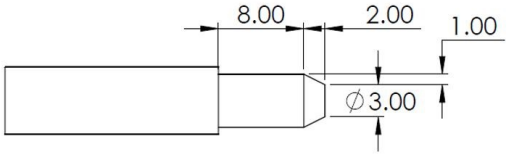
EXERCISE 3





EXERCISE 4





ECU Tuning Lab

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของ ECU (Electronic Control Unit)
2. เพื่อศึกษาวิธีการใช้งานเครื่อง G-Scan 3 ในการวิเคราะห์รถยนต์ผ่าน OBD II (On-board Diagnostic)
3. เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับการจำลองการตัดสายสัญญาณของรถทดสอบ (Toyota Corolla Cross)

รายละเอียดปฏิบัติการ

ปฏิบัติการ ECU Tuning Lab เป็นปฏิบัติการที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการระบบทำงานของกล่อง ECU (Electronic Control Unit) โดยใช้เครื่อง G-Scan 3 ในการทดสอบเป็นเครื่องมือที่สามารถเชื่อมต่อกับรถยนต์ผ่านช่องเชื่อมต่อ OBD II โดยทำการทดสอบหรือจำลองเหตุการณ์ในขณะที่รถยนต์นั้นมีความผิดปกติเกิดขึ้น

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล่องอีซียู (ECU) หรือ Electronic Control Unit เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นฐานมาจากคอมพิวเตอร์ รูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดประมาณฝ่ามือ หน้าที่หลักทำงานคล้ายกับสมองของรถยนต์ โดยทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ รอบตัวรถ เพื่อนำมาประมวลผล และใช้ในการควบคุมการการสั่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ รวมไปถึงการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ เช่นระบบอัดอากาศ (Turbo) ระบบปรับความยาวท่อร่วมไอดีแปรผัน ระบบวาล์วแปรผัน การทำงานของระบบปรับอากาศ พัดลมระบายความร้อน ระบบควบคุมไอน้ำมันเชื้อเพลิง รวมถึงระบบกันขโมย (Immobilizer)



รูปที่ 1 ตัวอย่างกล่อง ECU (Electronic Control Unit)

กล่องอีซียู (ECU) แบ่งได้ 3 ประเภทหลักคือ

1. **กล่อง Standard** หรือเรียกง่ายๆ ว่ากล่องเดิมนั่นเอง ซึ่งถูกติดตั้งมาเป็นมาตรฐานในรถยนต์ทั่วไป โดยข้อดีของกล่องเดิมคือ ถูกปรับแต่งมาให้มีความสมดุล มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันที่ดี รวมถึงสามารถเข้าศูนย์เพื่อแก้ไขเมื่อมีปัญหาได้

2. **กล่อง Modify** หรือกล่องแต่ง ที่ถูกเขียนโปรแกรมเสริมเพิ่มเติมขึ้นมาจากค่ามาตรฐานของโรงงาน และมีการอัพเกรดโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่เราใส่เพิ่มเข้าไปในเครื่องยนต์ ยี่ห้อที่เป็นที่นิยมเช่น Nismo , Mugen , Mine's เป็นต้น



รูปที่ 2 ตัวอย่างกล่อง Modify

- **ข้อดี** คือ เพิ่มแรงม้า แรงบิด , กล่องแต่งส่วนใหญ่เขียนโปรแกรมเพิ่มเติมจากสำนักแต่งที่มีความน่าเชื่อถือ ใช้งานได้ง่าย
- **ข้อเสีย** คือ มีราคาแพง , ต้องหามือสองตามเชียงกงหรือเว็บต่างประเทศ , ถูกเขียนโปรแกรมมาให้เหมาะกับบางเครื่องยนต์เท่านั้น

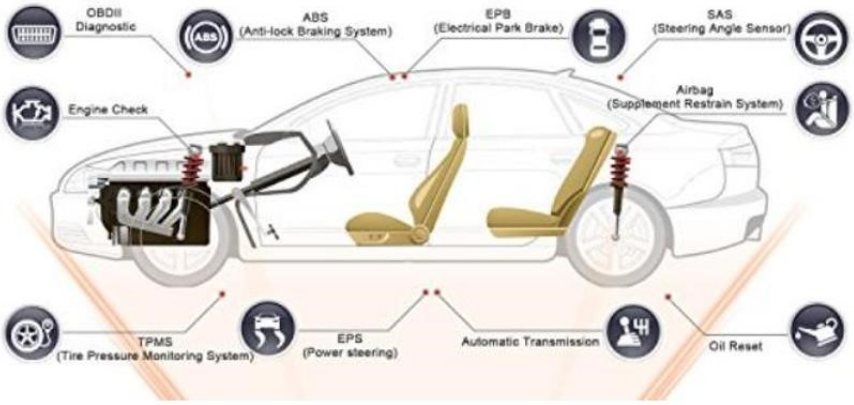
3. **กล่อง ECU ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้ด้วยตนเอง** โดยกล่องตัวนี้เมื่อซื้อมาจะไม่มีการเขียนโปรแกรมมาให้ แต่จะมี Software มาให้ เพื่อสามารถให้ผู้ใช้มีอิสระในการเขียนข้อมูลสั่งการระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้เอง หรือที่เรียกติดปากว่าการจูนกล่อง โดยสำหรับกล่องแต่งในประเภทนี้ สามารถแบ่งตามการใช้งานได้ 2 ประเภทคือ
   - **กล่องพ่วง (Piggy back)** คือ กล่องที่สามารถต่อพ่วงกับกล่องเดิมได้เลย สามารถเขียนโปรแกรมลงกล่องพ่วงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้มากกว่าเดิม ยี่ห้อที่ได้รับความนิยมเช่น AEM , Unichip ,Vipec หรือกล่องสายพันธุ์ไทยอย่าง Data-Tec , KKT และ ECU=SHOP เป็นต้น
   - **กล่อง Stand Alone** คือ กล่องที่ติดตั้งใช้งานแทนตัวกล่องเดิมได้เลย โดยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า มักจะใช้สำหรับการแข่งขัน และมีราคาที่สูงกว่ามาก เช่น F-Con , Motec , ECU=SHOP เป็นต้น



รูปที่ 3 ตัวอย่างกล่อง Stand Alone

OBD (On-board Diagnostics)

เป็นระบบวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์พร้อมแจ้งเตือนคนขับเพื่อบอกสาเหตุถึงความผิดพลาดทั้งในส่วนของซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ การวิเคราะห์และแจ้งเตือนแบบ OBD นั้น ถือเป็นมาตรฐานที่ผู้ผลิตรถยนต์ต้องปฏิบัติตามเพื่อให้รถยนต์ทุกค่ายมีความสอดคล้องกัน โดยในอดีตนั้น รถยนต์ทุกค่ายจะต้องมีระบบ OBD I (OBD Level 1)



รูปที่ 4 ตัวอย่าง sensor ตามจุดต่างๆของรถยนต์

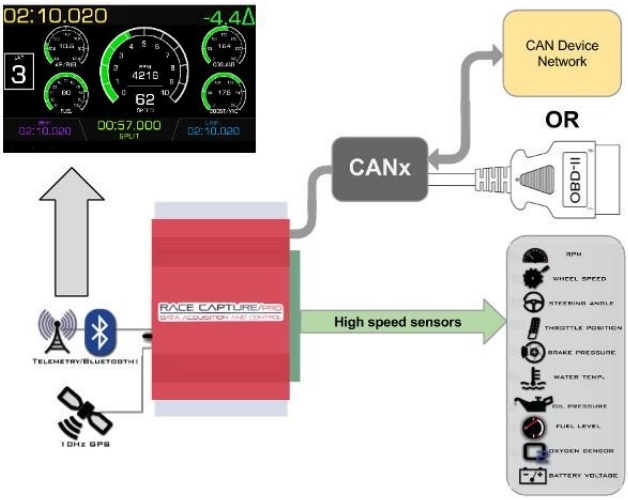
ระบบ OBD I นั้น เป็นระบบวิเคราะห์เครื่องยนต์เบื้องต้น เมื่อ ECU ตรวจพบว่า เครื่องยนต์หรือระบบใดๆ มีการทำงานที่ผิดปกติ จะปรากฏหลอดไฟกระพริบที่แผลหน้าปัด แต่จะไม่แจ้งสาเหตุว่าความผิดปกตินั้น เกิดขึ้นเพราะอะไร ซึ่งนี่ก็คือข้อด้อยของระบบ OBD I

ระบบ OBD I ได้เริ่มเข้ามามีบทบาทตั้งแต่ต้นปี ค.ศ.1980 โดยฟังก์ชั่น OBD นั้น จะถูกฝังอยู่ใน ECU และจะตรวจสอบการทำงานของระบบต่างๆ อย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้น สมาพันธุ์ยานยนต์นานาชาติหรือ SAE จึงได้เล็งเห็นความสำคัญของระบบ OBD และได้มีการผลักดันให้ผู้ผลิตรถยนต์พัฒนาระบบ OBD ให้มีความสอดคล้องและมีความล้ำสมัยมากขึ้น จนกระทั่งกลายมาเป็น OBD II ที่เราสามารถพบเห็นได้อย่างแพร่หลายในรถยนต์ยุคปัจจุบัน

ระบบ OBD II นั้น ได้รับการพัฒนาต่อยอดมาจาก OBD I สำหรับ OBD II นั้น นอกจากจะสามารถแจ้งเตือนถึงความผิดปกติแล้ว ยังสามารถบ่งบอกสาเหตุของปัญหาได้อีกด้วย จึงถือว่าเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้รถยนต์โดยตรง รวมไปถึงศูนย์บริการที่ทำหน้าที่ตรวจสอบรถยนต์ ปกติแล้ว ปลั๊ก OBD II จะถูกติดตั้งไว้ภายในห้องโดยสาร ด้านล่างของคอนโซล

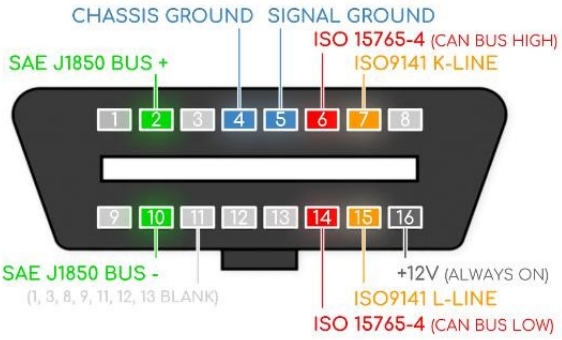


รูปที่ 5 ตัวอย่างตำแหน่งติดตั้งปลั๊ก OBD II โดยตำแหน่งของพอร์ต OBDII จะแตกต่างกันไปในรถยนต์แต่ละรุ่น โดยส่วนมากแล้ว จะอยู่ด้านล่างของโคนโซลฝั่งคนขับ

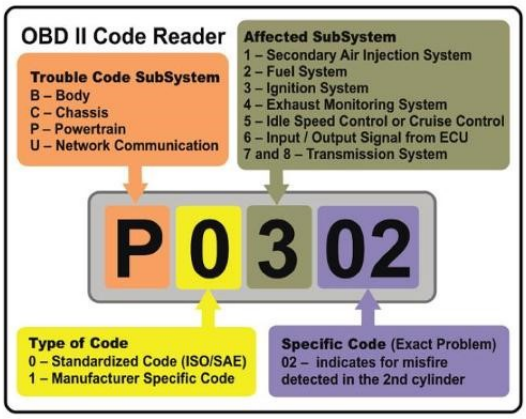


รูปที่ 6 พื้นฐานการทำงานของระบบ OBD II

นอกจากระบบ OBD II จะสามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนความผิดปกติได้แล้ว อีกหนึ่งวัตถุประสงค์ที่ SAE บังคับใช้ระบบ OBD II กับรถยนต์ทุกประเภทนั้น ก็เกี่ยวข้องโดยตรงกับมาตรฐานมลพิษทางไอเสีย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากรถยนต์คันหนึ่ง มีระบบการเผาไหม้ที่ผิดปกติ หรือมีระบบกรองไอเสียที่ผิดปกติ จนทำให้มีปริมาณไอเสียเกินมาตรฐาน ระบบ OBD II จะแจ้งเตือนโดยการโชว์ไฟเตือนที่แผงหน้าปัดโดยทันที เพื่อให้ผู้ขับขี่จะได้นำรถยนต์เข้าไปตรวจสอบที่ศูนย์บริการเพื่อหาสาเหตุต่อไป



รูปที่ 7 ตำแหน่ง PIN ของปลั๊ก OBD II



รูปที่ 8 ค่าที่อ่านได้จากพอร์ต OBDII จะเป็นโค้ดสี่หลัก
โดยเราสามารถทราบถึงปัญหาเบื้องต้นได้โดยการอ้างอิงจากรูปด้านบน

OBD II Scanner ในปัจจุบันนี้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อเป็นการตรวจวัดค่าต่างๆ ที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์รอบเครื่องยนต์ (รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล) ถือเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ในรถยนต์ยุคปัจจุบัน และที่สำคัญ การใช้เครื่องมือสแกนเนอร์ จะทำให้เราสามารถตรวจสอบความผิดปกติและวิเคราะห์ความผิดพลาด เป็นผลให้สามารถทำการแก้ไขปัญหาและซ่อมแซมเครื่องยนต์ได้อย่างตรงจุด



รูปที่ 9 เครื่อง G-SCAN 3

ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบนี้เป็นการจำลองเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นกับรถยนต์ โดยที่ผู้ขับขี่จะทราบเพียงไฟแสดงสถานะบนหน้าปัดของผู้ขับขี่ แต่จะไม่ทราบว่าไฟที่แสดงขึ้นมานั้นบอกอะไรผู้ขับขี่ได้บ้าง และหมายถึงความอันตรายของผู้ขับขี่อย่างไร



รูปที่ 10 สัญลักษณ์บนหน้าปัดของรถยนต์

โดยปกติแล้วไฟแสดงสถานะหน้าปัดถ้าเป็นสีแดง คือ อันตรายต้องจอดรถยนต์ทันที ถ้าเป็นสีเหลือง คือ ขับต่อไปได้แต่ต้องระมัดระวัง และนำรถเข้าศูนย์บริการเพื่อเช็คหาสาเหตุต่อไป แต่ในการทดสอบของปฏิบัติการ คือ ต้องนำอุปกรณ์ G-SCAN 3 มาเชื่อมต่อเข้ากับกล่อง OBD II เพื่อสแกนหาสาเหตุและวิเคราะห์ให้ได้ว่าจะมีกรณีใดบ้างที่จะทำให้เกิดสัญลักษณ์นี้สามารถแก้ไขเบื้องต้นได้

แบบทดสอบของปฏิบัติการนี้

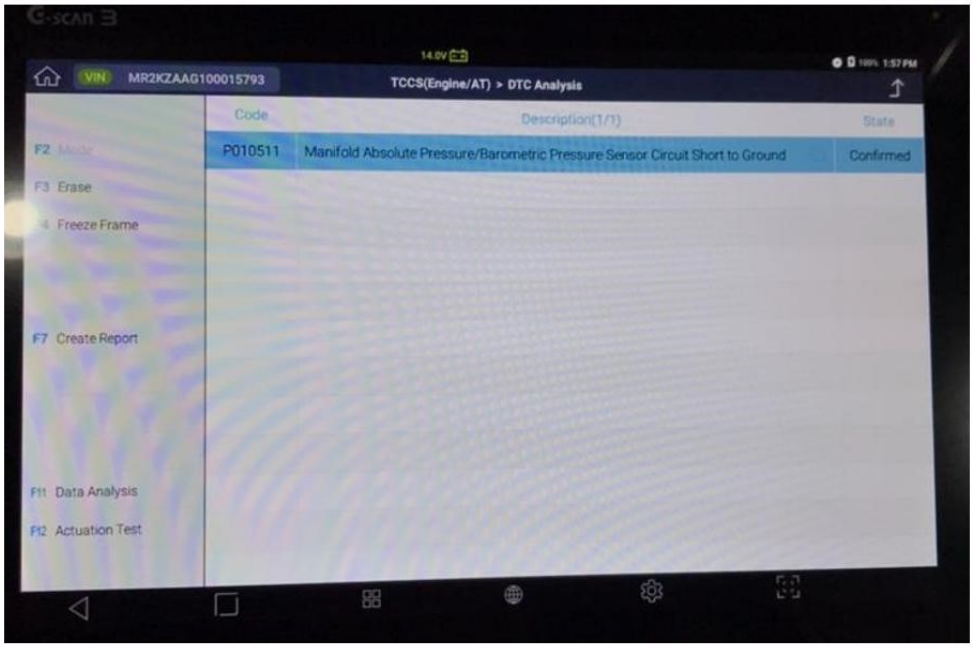


รูปที่ 11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองความเสียของรถยนต์

1. ให้หาความหมายของอักษรตัวย่อที่อยู่ในรูปที่ 11 อย่างน้อย 10 อย่าง พร้อมรูปภาพประกอบ
2. หาความหมายของ Code ที่แสดงดังต่อไปนี้
   - Code P010511 คือ
   - Code P319100 คือ
   - Code P223713 คือ
   - Code P044313 คือ
   - Code P011015 คือ
   - Code P035113 คือ
   - Code U013187 คือ
   - Code P011515 คือ



รูปที่ 12 ตัวอย่างประโยชน์ของ OBD II



รูปที่ 13 ตัวอย่าง Code เมื่อจำลองการตัดสัญญาณของระบบ