มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
พ.ศ. 2564
Thai Electrical Code
2021

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย :
ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
ที่ติดตั้งบนหลังคา
พ.ศ. 2565
Thai Electrical Code :
Solar Rooftop Power Supply Installations
2022

มาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้า
ในสถานที่ทำงาน
พ.ศ. 2565
Electrical Safety in The Workplace
2022

มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า
พ.ศ. 2565
Lightning Protection Standard
2022

มาตรฐาน
ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
และโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน
EMERGENCY LIGHTING SYSTEM AND
EMERGENCY EXIT SIGN LUMINAIRE STANDARD
มาตรฐาน วสท. 2004-56
EIT Standard 2004-15

มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
Fire Alarm System Standard
2 nd Revision
January 2019

มาตรฐาน
ดาตาเซนเตอร์สำหรับประเทศไทย
Thailand Data Center Standard

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า
ในสถานที่เฉพาะ :
บริเวณสถานพยาบาล
Electrical Installation : Medical Location
EIT 2006-52

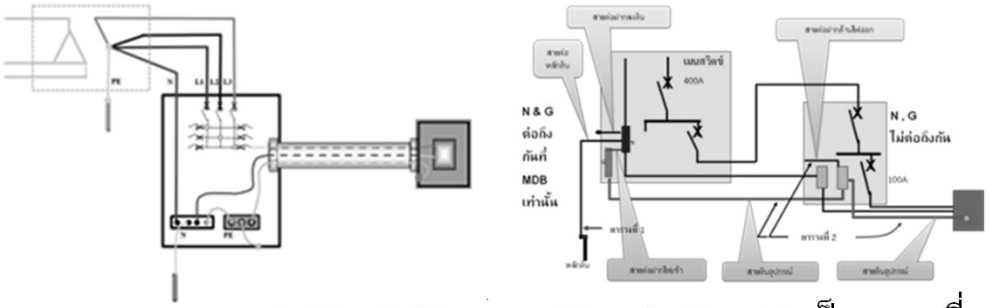
องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

- ความปลอดภัยทางไฟฟ้า
- กฎหมาย มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น กฎกระทรวง วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS
- พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า
- ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
- มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS
- มาตรฐาน การออกแบบ การติดตั้ง การเลือกใช้ และการบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- การคำนวณหาแรงดันตก
- การคำนวณหากระแสลัดวงจร
- การบริหารการออกแบบ การติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษา

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

- การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเบื้องต้น
- แบบไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย



- การป้องกันอนตรายจากกระแสไฟฟา ไฟฟาชอต (Electric Shock) เป็นภาวะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสู่ร่างกายมีผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็ง อาจทำให้เกิดอาการเกร็งและจับแน่น จนไม่สามารถสะบัดให้หลุดออกจากกระแสไฟฟ้าที่ถูกดูดได้ อีกส่วนหนึ่งคือปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสู่ร่างกาย ในเวลาหนึ่งที่อาจทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้น ความรุนแรงของการเกิดไฟฟ้าช็อตจะถูกกำหนดโดย 3 องค์ประกอบ คือ

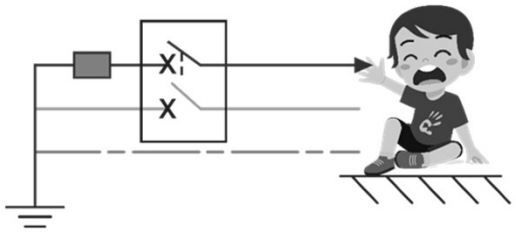
1. ปริมาณกระแสที่ไหล
2. ระยะเวลาที่กระแสไหลผ่าน
3. เส้นทางหรือส่วนที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสู่ร่างกายลงดินครบวงจร เราจึงถูกไฟฟ้าช็อต

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

○ การถูกไฟฟ้าช็อตจากการสัมผัส

1. การสัมผัสโดยตรง (Direct Contact)



การป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโดยตรง

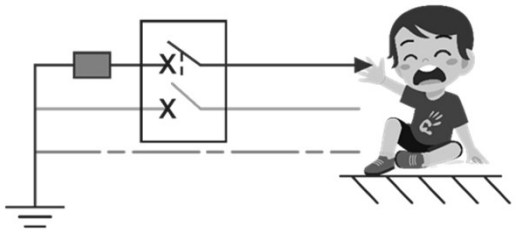
1. การตรวจสอบความเป็นฉนวนของส่วนที่นำกระแสไฟฟ้า
2. การกั้น หรือ ส่วนการกั้น หรือ การใส่ตู้ หรือ ฝาครอบที่ปลอดภัย
3. สิ่งกีดขวางหรือการทำรั้วกั้น เครื่องกั้นและเครื่องหมายเป็นสิ่งที่กั้นไม่ให้เข้าถึงส่วนหรือพื้นที่ที่อันตราย หรือเป็นการบ่งชี้ด้วยเครื่องหมายให้ทราบถึงส่วนหรือพื้นที่ที่อันตรายไม่ให้เข้าถึง
4. อยู่ในระยะที่ไม่สามารถเอื้อมถึงได้
5. การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
6. การใช้อุปกรณ์ป้องกัน เพื่อตัดกระแสไฟฟ้ารั่ว

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

○ การถูกไฟฟ้าช็อตจากการสัมผัส

1. การสัมผัสโดยตรง (Direct Contact)



การป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโดยตรง

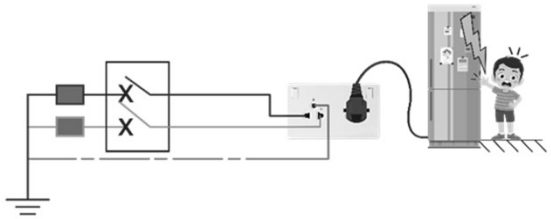
1. การตรวจสอบความเป็นฉนวนของส่วนที่นำกระแสไฟฟ้า
2. การกั้น หรือ ส่วนการกั้น หรือ การใส่ตู้ หรือ ฝาครอบที่ปลอดภัย
3. สิ่งกีดขวางหรือการทำรั้วกั้น เครื่องกั้นและเครื่องหมายเป็นสิ่งที่กั้นไม่ให้เข้าถึงส่วนหรือพื้นที่ที่อันตราย หรือเป็นการบ่งชี้ด้วยเครื่องหมายให้ทราบถึงส่วนหรือพื้นที่ที่อันตรายไม่ให้เข้าถึง
4. อยู่ในระยะที่ไม่สามารถเอื้อมถึงได้
5. การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
6. การใช้อุปกรณ์ป้องกัน เพื่อตัดกระแสไฟฟ้ารั่ว

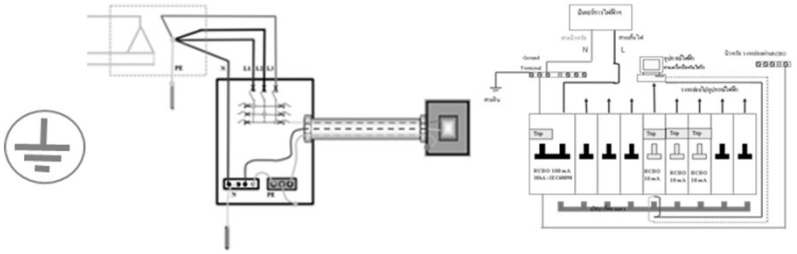
องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

○ การถูกไฟฟ้าช็อตจากการสัมผัส

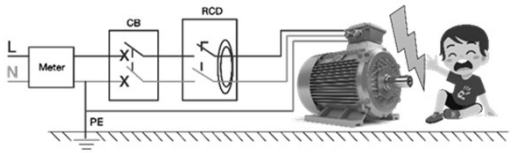
2. การสัมผัสโดยอ้อม (Indirect Contact)





การป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโดยอ้อม

1. การต่อสายไฟของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ลงดิน
2. ติดตั้งเครื่องปลดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
3. ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มสองชั้น
4. ใช้แรงดันไฟฟ้าระดับต่ำพิเศษ
5. ใช้เครื่องตัดไฟรั่วหรืออุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว



องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

○ ความรุนแรงของการบาดเจ็บจากไฟฟ้าช็อกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของกระแสไฟฟ้า โดยไฟฟ้ากระแสตรง ความถี่กระแสไฟฟ้าสูงจะมีอันตรายน้อยกว่าไฟฟ้ากระแสสลับหรือความถี่ไฟฟ้าต่ำ
2. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ที่สูงจะทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายมาก โดยถ้าสัมผัสกระแสไฟฟ้าที่มีค่าความต่างศักย์ที่มากกว่า 600 โวลต์จะสามารถทำให้เกิดการบาดเจ็บจนทำให้เสียชีวิตได้
3. ระยะเวลาที่สัมผัสไฟฟ้า ยิ่งสัมผัสนาน กระแสไฟฟ้าจะยิ่งเข้าสู่ร่างกายและเกิดการบาดเจ็บมาก
4. ตำแหน่งของร่างกายที่สัมผัสไฟฟ้า โดยพิจารณาจากทางเข้าทางออกของกระแสไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านอวัยวะภายใน ก็จะเกิดอันตรายมากกว่า

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

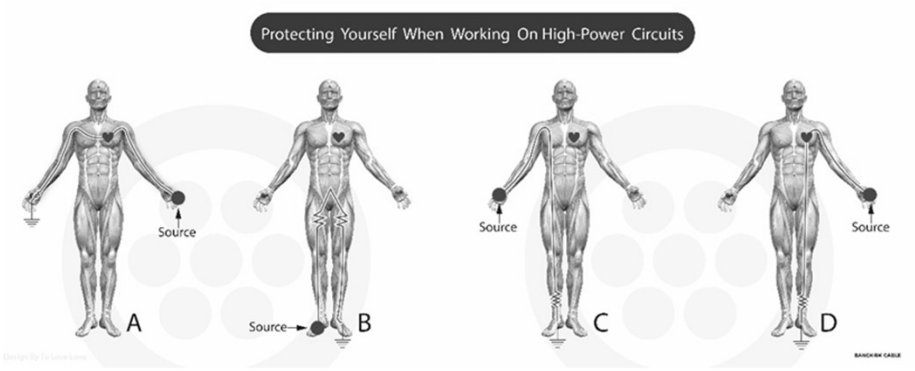
❖ ความปลอดภัยทางไฟฟ้า

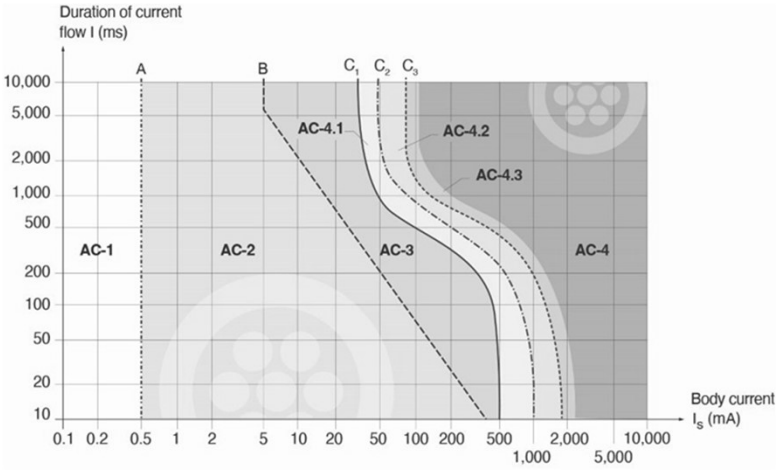
○ การปฐมพยาบาลเบื้องต้น สำหรับผู้ที่ถูกไฟฟ้าช็อต หรือ ไฟดูด

1. การตั้งสติ โดยการสำรวจรอบๆ ว่ายังคงมีต้นเหตุ คือ กระแสไฟฟ้า หรือ สายไฟ หรือ ตัวนำที่ไปสัมผัสกับส่วนมีไฟหรือไม่ ต้องหาไม้หรือฉนวน เขี่ยเอาสายไฟ หรือ ตัวนำที่สัมผัสอยู่นั้นๆ ออกให้ห่างก่อน
2. การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากบริเวณที่ถูกไฟดูด ไฟช็อตให้เร็วที่สุด เพื่อการปฐมพยาบาลเบื้องต้น
3. ตรวจดูหัวใจว่าหยุดเต้นหรือไม่ เพราะกระแสไฟฟ้าแรงสูงที่ไหลผ่านหัวใจอาจทำให้คลื่นหัวใจหยุดเต้นได้ โดยใช้นิ้วมือคลำดูจากการเต้นของชีพจรบริเวณคอ ถ้าหัวใจหยุดเต้น ต้องทำการนวดหัวใจไปพร้อมๆกับการผายปอด
4. หลังจากช่วยเหลือผู้ป่วยเบื้องต้นแล้ว ให้นำส่งโรงพยาบาลโดยเร็วที่สุด

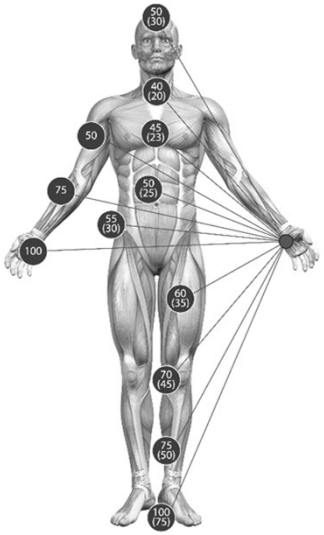
องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

○ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะผ่านร่างกาย





กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและปริมาณกระแสที่ไหลผ่านเข้าสู่ร่างกาย



อิมพีแดนซ์ระหว่างทั้งสองมือกับอวัยวะส่วนต่างๆ

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ กฎหมาย มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น กฎกระทรวง วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าควรคำนึงถึงลักษณะงานและกฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

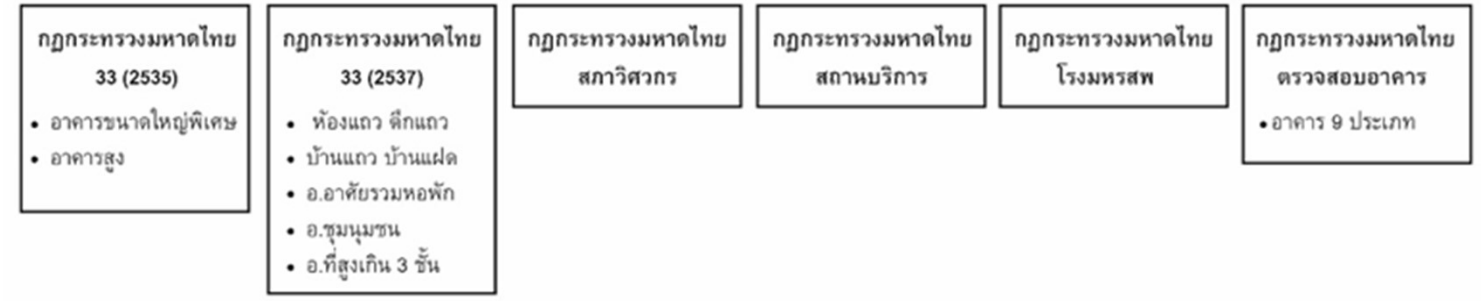
o งานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง พรบ.สถาปนิก พ.ศ.2543

o งานวิศวกรรมไฟฟ้า พรบ.สภาวิศวกร พ.ศ.2542 และกฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ.2565

o งานวิศวกรรมเครื่องกล

o งานวิศวกรรมสุขาภิบาล

o งานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (ควรพิจารณาเรื่อง Carbon Neutrality เป็นองค์ประกอบหลักด้วย)



รูปที่ ตัวอย่างกฎหมายกระทรวงมหาดไทยที่เกี่ยวข้อง

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

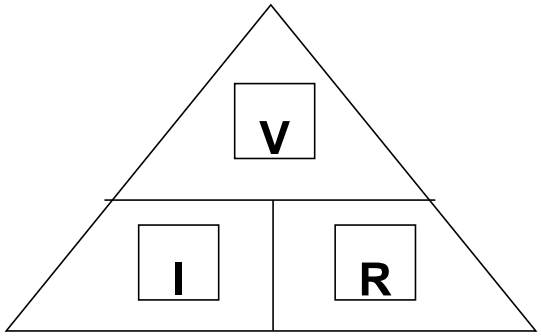
❖ **กฎหมาย มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น กฎกระทรวง วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS**

1. EIT: Engineering Institute of Thailand (มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์)
2. IEC: International Electro technical Commission
3. TIS: Thai Industrial Standards
4. NEC: National Electrical Code

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

ความสัมพันธ์กันของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และ ความต้านทาน

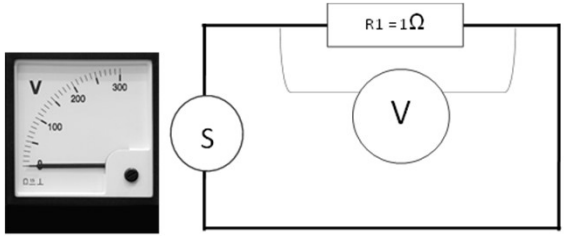


แรงดันไฟฟ้า (V หรือ E = voltage : V)

กระแสไฟฟ้า (I = current : A)

ความต้านทาน (R = resistance : Ω)

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจาก โวลต์มิเตอร์



การวัดค่ากำลังไฟฟ้าจาก วัตต์อาวร์มิเตอร์ หรือ kWh meter

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์ของ ความต้านทาน

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

ความนำไฟฟ้า (Conductance, G) คือ ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของตัวนำ มีค่าเท่ากับค่าส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ นั่นคือ มีหน่วยเป็น 1 / Ω หรือ ซีเมนส์ (S)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

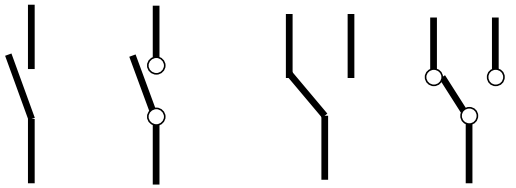
สภาพที่นำไฟฟ้า (Conductivity) คือ ความสามารถในการนำไฟฟ้าสภาพที่นำไฟฟ้า คือ ส่วนกลับของสภาพที่ต้านทานของสารนั้น มีหน่วยเป็น (โอห์ม.เมตร)$^{-1}$ หรือ ซีเมนส์ต่อเมตร (S/m)

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

สวิตช์ไฟฟ้าทางเดียว และ สวิตช์ 2 ทาง

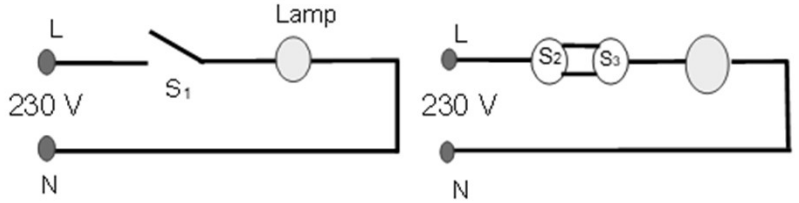
•สวิตช์สองทาง หรือ สวิตช์ 3 ทาง หรือ ที่นิยมเรียกว่า สวิตช์บันได เป็นสวิตช์ที่ใช้เปิด – ปิดวงจรจาก 2 พื้นที่

• ในการใช้งาน โดยลักษณะงานที่นิยมใช้จะเป็นบริเวณบันได ด้านล่าง และ ด้านบนที่มีใช้งานสวิตช์บันได ซึ่งสัญลักษณ์ของสวิตช์ไฟฟ้ามีดังนี้



สวิตช์ทางเดียว สวิตช์ไฟฟ้า 2 ทาง

วงจรการต่อสวิตช์ไฟฟ้าแบบทางเดียวและแบบสองทางเพื่อควบคุมหลอดไฟ



องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์ของ ความต้านทาน

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

ความนำไฟฟ้า (Conductance, G) คือ ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของตัวนำ มีค่าเท่ากับค่าส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ นั่นคือ มีหน่วยเป็น 1 / Ω หรือ ซีเมนส์ (S)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

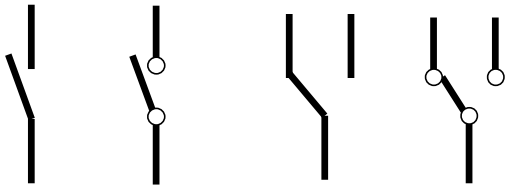
สภาพที่นำไฟฟ้า (Conductivity) คือ ความสามารถในการนำไฟฟ้าสภาพที่นำไฟฟ้า คือ ส่วนกลับของสภาพที่ต้านทานของสารนั้น มีหน่วยเป็น (โอห์ม.เมตร)$^{-1}$ หรือ ซีเมนส์ต่อเมตร (S/m)

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

สวิตช์ไฟฟ้าทางเดียว และ สวิตช์ 2 ทาง

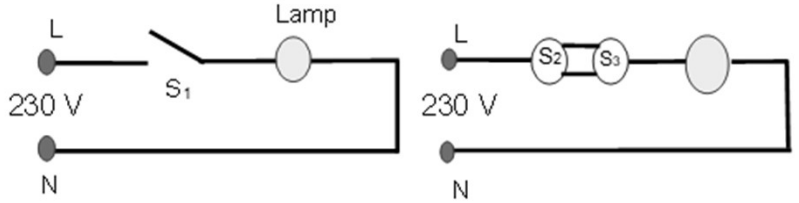
•สวิตช์สองทาง หรือ สวิตช์ 3 ทาง หรือ ที่นิยมเรียกว่า สวิตช์บันได เป็นสวิตช์ที่ใช้เปิด – ปิดวงจรจาก 2 พื้นที่

• ในการใช้งาน โดยลักษณะงานที่นิยมใช้จะเป็นบริเวณบันได ด้านล่าง และ ด้านบนที่มีใช้งานสวิตช์บันได ซึ่งสัญลักษณ์ของสวิตช์ไฟฟ้ามีดังนี้



สวิตช์ทางเดียว สวิตช์ไฟฟ้า 2 ทาง

วงจรการต่อสวิตช์ไฟฟ้าแบบทางเดียวและแบบสองทางเพื่อควบคุมหลอดไฟ

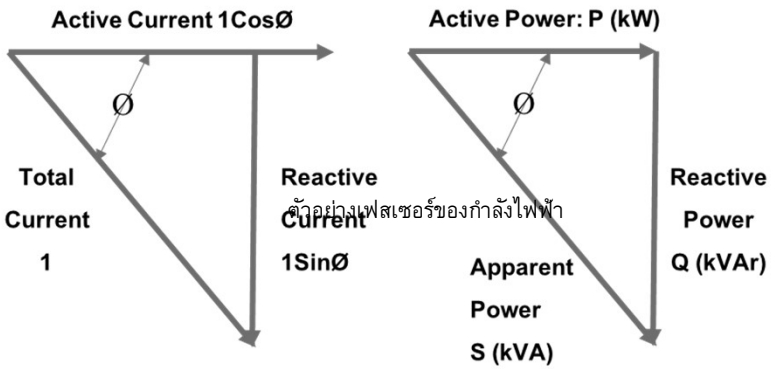


องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า จากการไหลของกระแสไฟฟ้าสลับผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า จะเกิดเป็นกำลังไฟฟ้า โดยรูปแบบของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น มี 3 ส่วน ดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (Active power : P) (watt :W หรือ kW) หรือ real power
2. กำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก (Reactive power : Q) (var หรือ kvar)
3. กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากการรวมกันทางเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงและกำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก(Apparent power : S) VA หรือ kVA



ตัวอย่างเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง $P = VI\cos\phi$ หรือ I^2R : (kW)

กำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก $Q = VI\sin\phi$: kvar

กำลังไฟฟ้ารวม $S = VI$: kVA

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$kVA^2 = (kW)^2 + (kvar)^2$$

$$(S)kVA = \sqrt{kW^2+kVar^2}$$

จากกำลังไฟฟ้าในแต่ละส่วน สามารถคำนวณหาค่า power factor ได้จากนิยามที่มาดังนี้

Power factor = Real power / Apparent power

= kW / kVA

$= \phi$

ได้ kW $= kVA\cos\phi$

หรือ kvar $= kVA\sin\phi$

$= kW\tan\phi$

ดังนั้น P.F 1 phase = W / VI

P.F 3 phase $= W / \sqrt{3}\,VI$

Power factor (P.F) = P / S

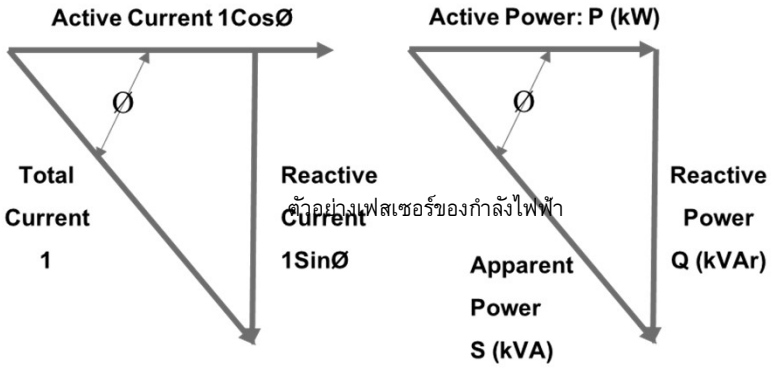
= Watt / VA = W / VA

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า จากการไหลของกระแสไฟฟ้าสลับผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า จะเกิดเป็นกำลังไฟฟ้า โดยรูปแบบของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น มี 3 ส่วน ดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (Active power : P) (watt :W หรือ kW) หรือ real power
2. กำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก (Reactive power : Q) (var หรือ kvar)
3. กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากการรวมกันทางเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงและกำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก(Apparent power : S) VA หรือ kVA



ตัวอย่างเฟสเซอร์ของกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง $P = VI\cos\phi$ หรือ I^2R : (kW)

กำลังไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก $Q = VI\sin\phi$: kvar

กำลังไฟฟ้ารวม $S = VI$: kVA

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$kVA^2 = (kW)^2 + (kvar)^2$$

$$(S)kVA = \sqrt{kW^2+kVar^2}$$

จากกำลังไฟฟ้าในแต่ละส่วน สามารถคำนวณหาค่า power factor ได้จากนิยามที่มาดังนี้

Power factor = Real power / Apparent power

= kW / kVA

$= \phi$

ได้ kW $= kVA\cos\phi$

หรือ kvar $= kVA\sin\phi$

$= kW\tan\phi$

ดังนั้น P.F 1 phase = W / VI

P.F 3 phase $= W / \sqrt{3}\,VI$

Power factor (P.F) = P / S

= Watt / VA = W / VA

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต ทำหน้าที่สร้างโรงไฟฟ้า เขื่อน หรือว่าจ้างให้เอกชนสร้างโรงไฟฟ้าที่ระดับไฟฟ้า 69kV, 115kV, 230kV และ 500kV กฟผ.จะขายหรือส่งต่อให้ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกับการไฟฟ้านครหลวง
2. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะดูแลรวม 74 จังหวัดทั่วประเทศไทย กฟภ.จะจำหน่ายส่งต่อให้ผู้ใช้ไฟทั้งรายเล็กอย่างประชาชนทั่วประเทศและลูกค้ารายใหญ่ต่างๆ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก เช่น โรงงาน โรงแรม เป็นต้น ที่มีระดับแรงดันไฟฟ้า 220V, 380V, 22kV และ 33kV โดยเริ่มตั้งแต่จังหวัดระนองลงไปทางใต้ของประเทศไทย โดยมีพิกัดการส่งจ่ายไฟฟ้าดังนี้

22kV, 33kV, 69kV, 115kV

220V / 380V, 22kV / 220 – 380V, 33kV / 220 – 380V

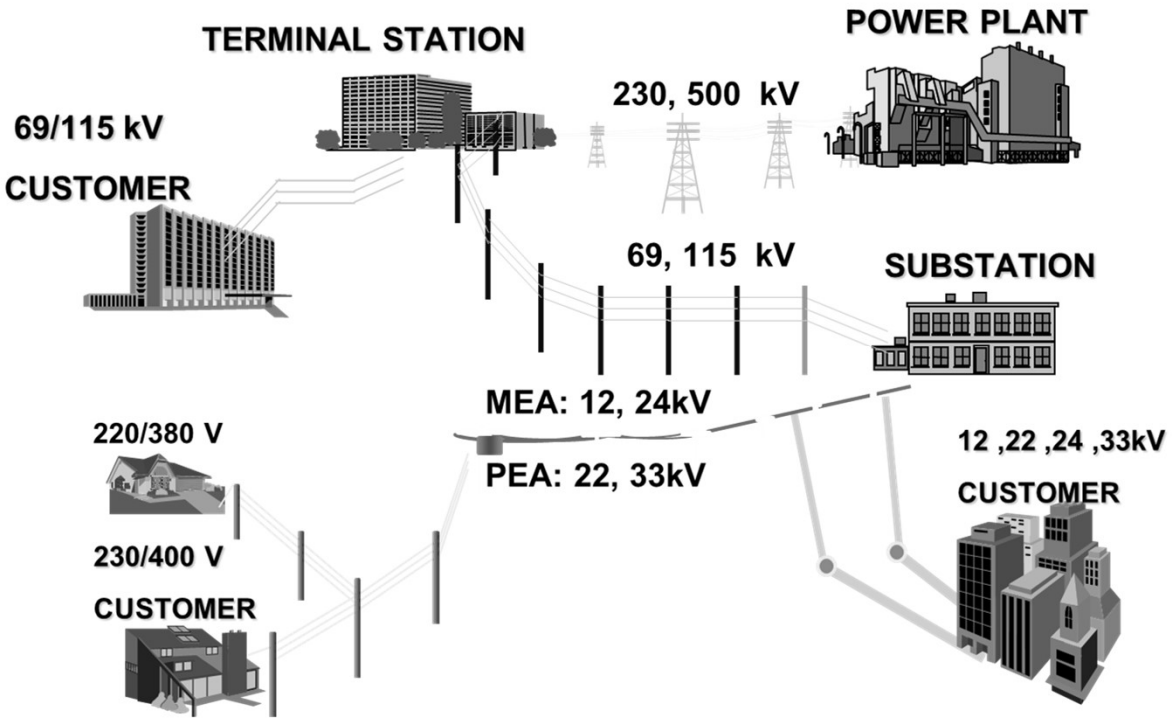
3. การไฟฟ้านครหลวง จะดูแลกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี กฟน.จะจำหน่ายส่งต่อให้ผู้ใช้ไฟทั้งรายเล็กอย่างประชาชนและลูกค้ารายใหญ่ต่างๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้า 220V, 380V, 12kV และ 24kV โดยแรงดัน 12kV จะจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในเกาะรัตนโกสินทร์ โดยมีพิกัดการส่งจ่ายไฟฟ้าดังนี้

- 220V
- 220V / 380V
- 12kV / 220 – 380V
- 24kV / 220 – 380V
- 69kV
- 115kV
- 230kV

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

แผนผังระบบการจ่ายไฟฟ้าในประเทศไทย



มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
พ.ศ. 2564
Thai Electrical Code
2021

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย :
ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
ที่ติดตั้งบนหลังคา
พ.ศ. 2565
Thai Electrical Code :
Solar Rooftop Power Supply Installations
2022

มาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้า
ในสถานที่ทำงาน
พ.ศ. 2565
Electrical Safety in The Workplace
2022

มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า
พ.ศ. 2565
Lightning Protection Standard
2022

มาตรฐาน
ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน
และโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน
EMERGENCY LIGHTING SYSTEM AND
EMERGENCY EXIT SIGN LUMINAIRE STANDARD
EIT Standard 2004-15

มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
Fire Alarm System Standard
2 nd Revision
January 2019

มาตรฐาน
ดาต้าเซนเตอร์สำหรับประเทศไทย
Thailand Data Center Standard

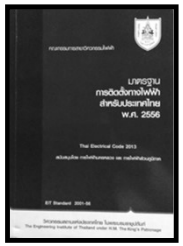
มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า
ในสถานที่เฉพาะ :
บริเวณสถานพยาบาล
Electrical Installation : Medical Location
EIT 2006-52

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS

- บทที่ 1 นิยามและข้อกำหนดทั่วไป
- บทที่ 2 มาตรฐานสายไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- บทที่ 3 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย
- บทที่ 4 การต่อลงดิน
- บทที่ 5 การเดินสายและวัสดุ
- บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า

เป็นมาตรฐานหลักสำหรับงานออกแบบและงานติดตั้งทางไฟฟ้า



- บทที่ 7 บริเวณอันตราย
- บทที่ 8 สถานที่เฉพาะ
- บทที่ 9 อาคารชุด อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ
- บทที่ 10 บริภัณฑ์เฉพาะงาน
- บทที่ 11 ว่าง
- บทที่ 12วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต
- บทที่ 13 อาคารเพื่อการสาธารณะใต้ผิวดิน
- บทที่ 14 การติดตั้งไฟฟ้าชั่วคราว

ใช้เป็นมาตรฐานเสริมสำหรับงานออกแบบและงานติดตั้งทางไฟฟ้าที่เพิ่มเติมจากบทที่ 1 ถึง 6

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำและเรื่องทั่วไป

ขอบเขต วัตถุประสงค์ มาตรฐานอ้างอิง นิยาม

บทที่ 2 รูปแบบของการต่อ PV Array9

รูปแบบของการต่อ PV Array การออกแบบทางกล

บทที่ 3 ประเด็นด้านความปลอดภัย

ข้อกำหนดทั่วไป การป้องกันการเกิดไฟดูด (electric shock) การป้องกันกระแสเกิน การป้องกันความผิดพร่องลงดิน (Protection Against Earth Faults) การป้องกันผลกระทบจากฟ้าผ่าและแรงดันเกิน (Protection Against Effect of Lightning and Overvoltage)

บทที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

ข้อกำหนดทั่วไป แรงดันสูงสุดของ PV array ข้อกำหนดสำหรับส่วนประกอบ ข้อกำหนดจุดติดตั้งและวิธีการติดตั้ง การทดสอบการทำงานหลักการติดตั้ง (Commissioning)

บทที่ 5 ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

ขอบเขต ข้อกำหนดการติดตั้ง อันตรายจากไฟฟ้า อันตรายจากแก๊สระเบิด (Explosion Gas Hazard) ประเด็นความปลอดภัยสำหรับระบบกักเก็บพลังงาน ตัวอย่างรูปแบบการเชื่อมต่อระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่และระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 6 การทำสัญลักษณ์และเอกสาร

การทำสัญลักษณ์ของบริภัณฑ์ ข้อกำหนดสำหรับป้าย การระบุว่ามีระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลสำหรับเจ้าหน้าที่ดับเพลิง ป้าย/สัญญาณสำหรับอุปกรณ์ตัดวงจร

เอกสาร

สารบัญ

ภาคที่ 1 นิยาม 1

ภาคที่ 2 ไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน

ขอบเขต การเตรียมการและการจดบันทึก การให้แสงสว่างฉุกเฉิน ความส่องสว่างขั้นต่ำเพื่อการหนีภัย ความสม่ำเสมอของการส่องสว่างและดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป ช่วงเวลาการส่องสว่างในภาวะฉุกเฉิน การออกแบบการให้แสงสว่างฉุกเฉิน โคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ลักษณะการติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ระยะห่างสูงสุดระหว่างโคมไฟฟ้าแสงสว่าง

ภาคที่ 3 ไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน

ขอบเขต การเตรียมการและการจดบันทึก องค์ประกอบของโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน องค์ประกอบภาพและรูปร่างของโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน ช่วงเวลาการส่องสว่างในภาวะฉุกเฉิน การออกแบบการให้แสงสว่าง โคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน การติดตั้งโคมไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน และระยะห่าง

ภาคที่ 4 การจ่ายกำลังไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

ขอบเขต แหล่งจ่ายไฟฟ้า เครื่องประจุแบตเตอรี่ การทำงานของอินเวอร์เตอร์ ระบบการเดินสายและข้อกำหนดของวงจร

ภาคที่ 5 ระบบแบตเตอรี่

ขอบเขต ชนิดของแบตเตอรี่ ความจุของแบตเตอรี่ ระบบแบตเตอรี่ในตัว ระบบแบตเตอรี่ส่วนกลาง การคำนวณขนาดแบตเตอรี่ การคำนวณขนาดเครื่องประจุแบตเตอรี่ (ชาร์จเจอร์)

ภาคที่ 6 การตรวจสอบและบำรุงรักษา

ขอบเขตการตรวจสอบ การตรวจสอบ การตรวจสอบเป็นวาระต่าง ๆ

การตรวจสอบกรณีใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าส่วนกลาง ใบรับรองและสมุด

สารบัญ

อธิบายรหัสหนังสือ ขอบเขตความรับผิด สารจากนายก

บทนำ

คณะกรรมการอำนวยการ คณะกรรมการนโยบายมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการผู้จัดทำมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ภาคที่ 1 ทั่วไป

ขอบเขต การใช้งานมาตรฐานนี้ คำจำกัดความ การสอดคล้องกับมาตรฐานอื่น

ภาคที่ 2 ความต้องการทั่วไป

ขอบเขต พื้นฐานการออกแบบ ส่วนประกอบของระบบ ตำแหน่งติดตั้งบริภัณฑ์แผงควบคุมและสายสัญญาณ การทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัย

ภาคที่ 3 การแบ่งโซนตรวจจับ และโซนแจ้งสัญญาณ

เกณฑ์การแบ่งโซนตรวจจับเริ่มสัญญาณ ขนาดและจำนวนโซนอุปกรณ์ตรวจจับ ระบบสามัญ ระบบที่สามารถระบุตำแหน่งได้ เกณฑ์การแบ่งโซนแจ้งสัญญาณ

ภาคที่ 4 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

ตำแหน่งติดตั้งทั่วไป ตำแหน่งติดตั้งในสถานที่เฉพาะ พื้นที่ยกเว้นการป้องกัน

ภาคที่ 5 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

ทั่วไป อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจุด อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดเส้น

ภาคที่ 6 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

ทั่วไป อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดสุ่มตัวอย่างอากาศหลายจุด อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดภาพวิดีโอ

ภาคที่ 7 อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิง

ทั่วไป ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจจับ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ อุปกรณ์ตรวจจับเปลวเพลิงชนิดภาพวิดีโอ

ภาคที่ 8 ข้อกำหนดการติดตั้ง

ทั่วไป แหล่งจ่ายไฟฟ้า การต่อเข้ากับระบบที่ติดตั้งไว้แล้ว แผงควบคุมและแสดงผลเพลิงไหม้ แผงแสดงผลย่อย การพิสูจน์สัญญาณ อุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ อุปกรณ์แสดงผลระยะไกล สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับการควบคุมระบบร่วมทำงานให้ความปลอดภัยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ การเดินสายตัวนำ

ภาคที่ 9 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณ

ทั่วไป ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์แจ้งสัญญาณ

ภาคที่ 10 ปฏิบัติการตรวจสอบ ทั่วไป

ปฏิบัติการตรวจสอบการติดตั้ง การรับรองของผู้ติดตั้งเอกสารของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การบำรุงรักษา

สารบัญ

บทที่ 1 ขอบเขต

บทที่ 2 คำนิยาม

บทที่ 3 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ชั้นของระบบป้องกันฟ้าผ่า การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า

บทที่ 4 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

ทั่วไป ระบบตัวนำล่อฟ้า ระบบตัวนำลงดิน ระบบรากสายดิน องค์ประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่า วัสดุและมิติ

บทที่ 5 ระบบป้องกันฟ้าผ่าภายใน

ทั่วไป การประสานให้ศักย์เท่ากันของการป้องกันฟ้าผ่า การพิจารณาระยะการแยก (S) และฉนวนทางไฟฟ้าสำหรับระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

บทที่ 6 การบำรุงรักษาและการตรวจพินิจระบบป้องกันฟ้าผ่า

ทั่วไป วัตถุประสงค์ของการตรวจพินิจ ขอบเขตของการตรวจพินิจ ลำดับของการตรวจพินิจ

6 – 2 การทดสอบ การจัดทำเอกสารการตรวจพินิจ การบำรุงรักษา

บทที่ 7 มาตรการป้องกันการบาดเจ็บต่อสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว

มาตรการป้องกันจากแรงดันสัมผัส มาตรการป้องกันจากแรงดันช่วงก้าว

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์

บทที่ 2 ขอบเขตและความสัมพันธ์กับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

ทั่วไป ความสัมพันธ์ของดาตาเซนเตอร์กับพื้นที่อื่น ๆ ในอาคาร

บทที่ 3 อ้างอิง

บทที่ 4 นิยาม คำย่อ และหน่วยที่ใช้

บทที่ 5 การใช้พื้นที่และโครงสร้างพื้นฐาน

องค์ประกอบหลักและโทโพโลยี (topology) สถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมโยธา ระบบไฟฟ้า ระบบปรับสภาพอากาศ ระบบสนับสนุนอื่น ๆ สำหรับดาตาเซนเตอร์

บทที่ 6 ข้อกำหนดห้องหรือพื้นที่ทางเข้าของเคเบิล

ข้อกำหนดทั่วไป ตำแหน่งที่ตั้ง จำนวนและการเข้าออกห้องหรือพื้นที่ทางเข้า การออกแบบทางสถาปัตยกรรมและโยธา ระบบปรับสภาพอากาศ (HVAV) ไฟฟ้า การป้องกันอัคคีภัย

บทที่ 7 การทดสอบเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า (เว้นว่าง)

บทที่ 8 ข้อกำหนดงานสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมโยธา

การออกแบบทางสถาปัตยกรรม โยธาและระบบพื้นยก แรคและตู้

บทที่ 9 ข้อกำหนดงานวิศวกรรมไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้า วงจรจ่ายไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากำลัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟฟ้า การกระจายไฟฟ้าสาธารณูปโภคไฟฟ้าการต่อฝากและการต่อลงดิน (Bonding and Grounding) วงจรตาข่ายประสาน (Mesh BN)

บทที่ 10 ข้อกำหนดงานวิศวกรรมเครื่องกล

ระบบปรับสภาพอากาศ (HVAC)

บทที่ 11 ข้อกำหนดงานระบบป้องกันอัคคีภัย

ข้อกำหนดทั่วไป ระบบตรวจจับแบบอัตโนมัติ ระบบดับเพลิงด้วยการฉีดสาร สะอาดดับเพลิง

บทที่ 12 ข้อกำหนดงานระบบความมั่นคง (เว้นว่าง)

บทที่ 13 ข้อกำหนดงานระบบอาคารอัตโนมัติ (เว้นว่าง)

บทที่ 14 ข้อกำหนดงานโทรคมนาคม

ระบบเคเบิลและโทรคมนาคมของดาตาเซนเตอร์ ระบบการเดินเคเบิลของดาตาเซนเตอร์

บทที่ 15 ข้อกำหนดงานเทคโนโลยีสารสนเทศ (เว้นว่าง)

บทที่ 16 การตรวจสอบและบำรุงรักษาดาตาเซนเตอร์

ทั่วไป ลำดับขั้นตอนและกระบวนการตรวจสอบก่อนเริ่มใช้งานจริง รูปแบบของการตรวจสอบก่อนใช้งาน การทดสอบ

บทที่ 17 การจัดประเภทดาตาเซนเตอร์

ขนาดกำลังและความต้องการ การทำงานทดแทนกันได้ ขนาดกำลังและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ ประเภทระบบไฟฟ้าและเครื่องกล ประเภทและระดับชั้นระบบสายสัญญาณ

สารบัญ

บทที่ 5 การใช้พื้นที่และโครงสร้างพื้นฐาน และทำเลที่ตั้ง การใช้พื้นที่ พื้นที่ทำงาน และความต่อเนื่องของงานในแต่ละพื้นที่ ความมั่นคงปลอดภัย ห้องทางเข้าสำหรับโทรคมนาคม ศูนย์สั่งการ หน่วยงานช่วยเหลือและสนับสนุน ห้องเครื่องพิมพ์ พื้นที่ขนถ่ายพัสดุ ห้องเก็บพัสดุ การจัดเก็บวัสดุและพัสดุ สำนักงานวิศวกรรมและการบริหารจัดการ ทำเลที่ตั้ง

บทที่ 10 ข้อกำหนดงานระบบวิศวกรรมเครื่องกล

กฎหมาย ข้อบังคับ มาตรฐานอ้างอิงและนิยาม ระบบปรับสภาพอากาศ ระบบประปาและการระบายน้ำ ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

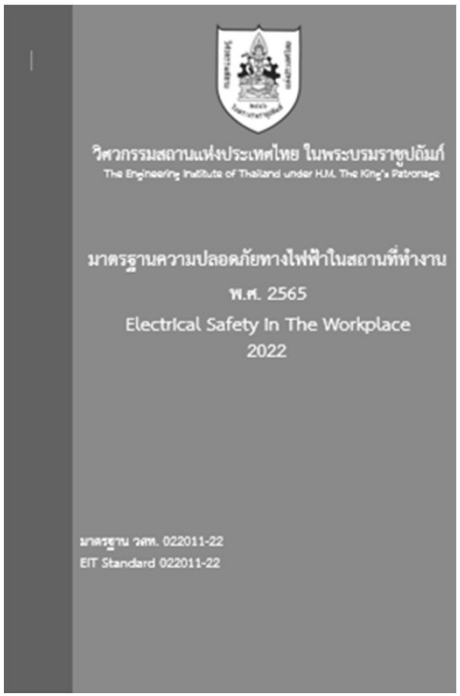
บทที่ 12 ข้อกำหนดระบบความมั่นคง

ข้อกำหนดทั่วไป การวางแผนและออกแบบระบบความมั่นคง การควบคุมการเข้าออก ระบบแจ้งเตือน ระบบเฝ้าตรวจ ระบบแสงสว่าง

บทที่ 13 ระบบอาคารอัตโนมัติและการควบคุม

ทั่วไป การเฝ้าตรวจ การควบคุม

บทที่ 15 เทคโนโลยีสารสนเทศ ความเชื่อถือได้ของโครงสร้างพื้นฐานเครือข่าย



สารบัญ

บทที่ 1 ข้อปฏิบัติในการทำงานด้วยความปลอดภัย
คำจำกัดความ ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการปฏิบัติและขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางไฟฟ้า ข้อกำหนดการสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานให้มีความปลอดภัยทางไฟฟ้า ข้อกำหนดสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับอันตรายทางไฟฟ้า
บทที่ 2 ข้อกำหนดการบำรุงรักษาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
ทั่วไป ข้อกำหนดความต้องการทั่วไปสำหรับการบำรุงรักษา สถานีย่อย ชุดประกอบสวิตช์เกียร์ แผงสวิตช์ แผงย่อย ศูนย์ควบคุมมอเตอร์ และสวิตช์แยกวงจรการเดินสายไฟฟ้าภายในอุปกรณ์ควบคุม ฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เครื่องจักรกลชนิดหมุน บริเวณอันตราย (จำแนกประเภท) แบตเตอรี่และห้องแบตเตอรี่ บริภัณฑ์และเครื่องมือไฟฟ้าชนิดหยิบยกได้ อุปกรณ์ความปลอดภัยและอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล
บทที่ 3 ข้อกำหนดความต้องการความปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์พิเศษ
ข้อกำหนดทั่วไป ข้อกำหนดความต้องการความปลอดภัยเกี่ยวกับแบตเตอรี่และห้องแบตเตอรี่ ข้อปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

สารบัญ

บทที่ 1 ขอบเขต
บทที่ 2 การอ้างอิงทางมาตรฐาน
บทที่ 3 นิยาม
บทที่ 4 การประเมินคุณลักษณะโดยทั่วไป
บทที่ 5 การป้องกันเพื่อความปลอดภัย
การป้องกันไฟฟ้าช็อก การป้องกันอัคคีภัย
บทที่ 6 การเลือกและการติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้า
กฎทั่วไป ระบบการเดินสาย อุปกรณ์ป้องกันและควบคุม บริภัณฑ์อื่นๆ ระบบไฟฟ้านิรภัย
บทที่ 7 การทวนสอบ
การทวนสอบเบื้องต้น การทวนสอบตามคาบเวลา

สารบัญ

บทที่ 7 บริเวณอันตราย (ฉบับเต็ม)
ทั่วไป บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และ ประเภทที่ 3 ข้อกำหนดการเดินสาย บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 ข้อกำหนดการเดินสาย บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 ข้อกำหนดการเดินสาย บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 ระบบที่ปลอดภัยในตัว (Intrinsically Safe Systems) บริเวณอันตราย โซน 0, โซน 1 และ โซน 2 (Zone 0, 1, and 2 Locations) โซน 20 โซน 21 และโซน 22 บริเวณอันตรายสำหรับฝุ่นไหม้ได้
หรือเส้นใย/ละอองจุดติดได้ บริเวณอันตราย – บริเวณเฉพาะ อู่ยานยนต์พาณิชย์เพื่อการซ่อมและจัดเก็บ โรงจอดอากาศยาน สถานีจ่ายเชื้อเพลิง คลังเก็บสารติดไฟกิจกรรมงานพ่นสี งานชุบ งานเคลือบ กระบวนการในงานพิมพ์ โดยใช้สารติดไฟหรือสารไหม้ไฟได้ สถานพยาบาล

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ มาตรฐาน การออกแบบ การติดตั้ง การเลือกใช้ และการบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้า

สำหรับบริภัณฑ์ไฟฟ้าถือเป็น subset หรือส่วนหนึ่งในระบบไฟฟ้า บริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC 60038 ได้แบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้าดังนี้

<1,000 V = บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

>1 kV – 35 kV = บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

>35 kV – 230 kV = บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันสูง

บริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่มีดังนี้

: แผงสวิตช์แรงดันปานกลาง (MV Switchgear)

: หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

: ตัวปรับปรุงประกอบกำลัง

: แผงสวิตช์แรงดันต่ำ (LV Switchgear)

: อุปกรณ์ป้องกัน เซอร์กิตเบรกเกอร์ เครื่องตัดไฟรั่ว

: สายไฟฟ้า แรงดันปานกลาง (MV Cable)

: ช่องเดินสาย ท่อร้อยสาย อุปกรณ์ประกอบและกล่องต่อสายไฟ

: สายไฟฟ้า แรงดันต่ำ (LV Cable)

: สายทนไฟฟ้า แรงดันต่ำ (LV Fire Resistant Cable)

: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ มาตรฐาน การออกแบบ การติดตั้ง การเลือกใช้ และการบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้า

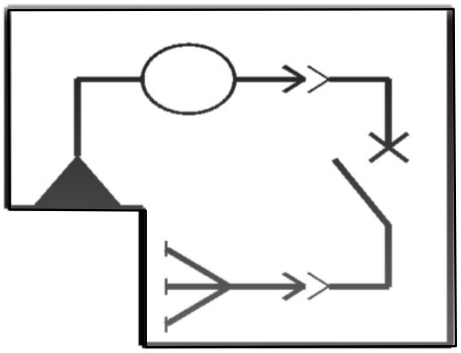
แผงสวิตช์แรงดันปานกลาง (MV Switchgear)

แผงสวิตช์แรงดันปานกลาง (MV Switchgear) หรือ สวิตช์เกียร์และคอนโทรลเกียร์ แรงดันปานกลาง (Medium-voltage switchgear and control gear) ถือเป็นหนึ่งในบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่รับไฟจากทางการไฟฟ้าฯ หรือรับไฟจากสถานีไฟฟ้า ในประเทศไทยมีความเข้าใจผิดสำหรับบริภัณฑ์ไฟฟ้าในส่วนของแผงสวิตช์แรงดันปานกลางอยู่ เยอะมาก คือเรื่องการเรียกชื่อ Ring Main Unit: RMU จริงๆ แล้วคือ MV Switchgear สาเหตุที่มีความเข้าใจผิดในจุดนี้เนื่องจาก ทางการไฟฟ้าจะมีการจ่ายไฟหนึ่งใน ring loop จึงเรียกว่า ring main unit

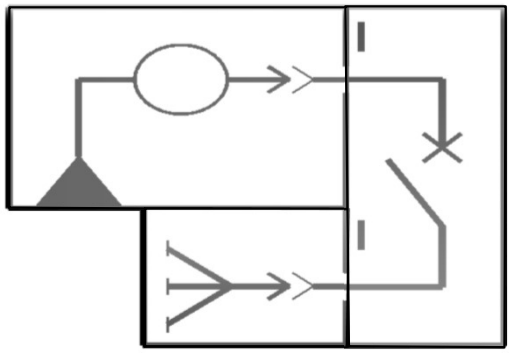
- แรงดันไฟฟ้าต่ำ : LV (Low Voltage) $\leq$ 1000 Vac (1 kV)
- แรงดันไฟฟ้าปานกลาง MV (Medium Voltage) 1 kV $\leq$ 35 kV
- HV (High Voltage) 35 kV $\leq$ 230 kV
- EHV (Extra High Voltage) 230 kV $\leq$ 800 kV
- UHV (Ultra High Voltage) =1200 kV (practiced in USA)

“ M.V Switchgear ”

ประเภท AIS และ GIS

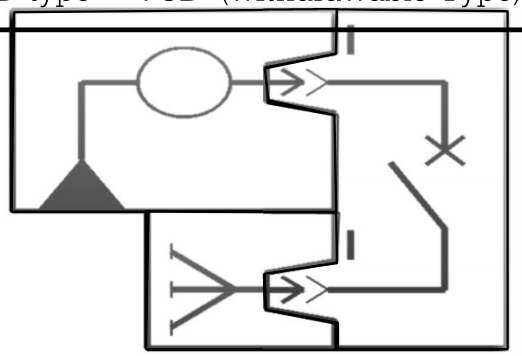


Cubicle Switchgear

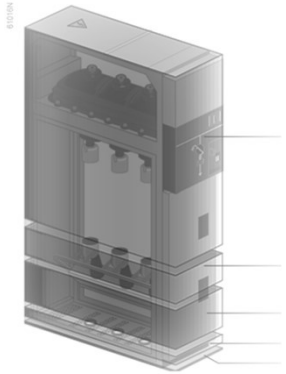


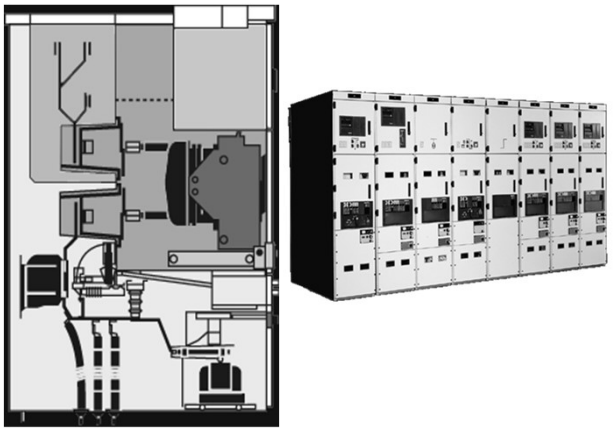
Compartmented Switchgear

C.B type = VCB (withdrawable Type)



Metal-Clad Switchgear





เรื่องหลัก ๆ ของสวิตช์เกียร์ที่ระดับไฟฟ้าแรงดันปานกลาง มีดังนี้

IEC 62271-1 HV Switchgear and controlgear: Common Specifications

IEC 62271-100 HV Switchgear and controlgear: AC. Circuit breaker

IEC 62271-102 HV Switchgear and controlgear: AC. disconnectors and earthing switches

IEC 62271-105 HV Switchgear and controlgear: AC. switch-fuse combinations

IEC 62271-200 HV Switchgear and controlgear: AC. metal-enclosed swg and controlgear for rated voltages above 1 kV $\geq$ 52 kV

IEC 62271-203 HV Swg and controlgear: AC. Gas-insulated metal-enclosed swg and controlgear for rated voltages above 52 kV

IEC 61958 HV prefabricated switchgear and controlgear assemblies - Voltage presence indicating systems

IEC 60529 Degrees of Protection (IP)

IEC 60044-8 Instrument transformers – Electronic current transformers

IEC 600444-1 Instrument transformers – Current transformers

IEC 600444-2 Instrument transformers – Inductive voltage transformers

IEC 60255 Electrical Relays

แนวทางในการเลือกสวิตช์เกียร์ฯ

- การเลือกที่ค่าพิกัด โดยการเลือกตามคุณลักษณะสมบัติของระบบ รวมทั้งที่จะพัฒนาในอนาคต การพิจารณา ถึงสภาพบรรยากาศ ,ภูมิอากาศในท้องถิ่นและการใช้งานที่ระดับความสูงไม่เกิน 1000 เมตร
- หน้าที่ที่กำหนดโดยสภาพความผิด ควรจะถูกกำหนด โดยการคำนวณกระแสไฟฟ้าผิดพร่องในสถานที่ที่สวิตช์ เกียร์ที่จะอยู่ในระบบ การอ้างอิงจาก IEC60909-0,1
- การจ่ายกระแสเกินแบบชั่วคราวหรือต่อเนื่อง จากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการให้บริการ
- การพิจารณาขนาดพิกัดกระแสและระยะเวลาของ แบตเตอร์รี่ชาร์ตเจอร์ หรือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง เพื่อใช้จ่ายไฟให้กับรีเลย์และวงจรที่เกี่ยวข้องของสวิตช์เกียร์ฯ เพื่อความปลอดภัยและการใช้งานที่สะดวก

ข้อมูลในการสอบถามและสั่งซื้อ

1) รายการของระบบ : แรงดันไฟฟ้าปกติและสูงสุด, ความถี่, ชนิดของระบบการต่อลงดิน
2) สภาพการบริการ ถ้าแตกต่างจากมาตรฐาน สภาพเบี่ยงเบนไปจากเงื่อนไขบริการตามปกติหรือพิเศษ หรือมีผลกระทบต่อการดำเนินงานที่น่าพอใจของอุปกรณ์ใดๆ
3) รายละเอียดของการติดตั้งและส่วนประกอบ

- การติดตั้งภายใน หรือ ภายนอก เพื่อการพิจารณาค่าดัชนี IP
- จำนวนเฟส
- จำนวนบัสบาร์ ที่แสดงใน single line diagram
- พิกัดแรงดัน
- พิกัดความถี่
- พิกัดระดับความเป็นฉนวน
- พิกัดกระแสปกติของบัสบาร์และวงจรจ่ายกระแส
- พิกัด short-time withstand current
- พิกัดระยะเวลาของการเกิดกระแสลัดวงจร (1 วินาที)
- พิกัด peak withstand current
- พิกัดค่าของส่วนประกอบ
- ระดับการป้องกันสำหรับสิ่งห่อหุ้มและการกั้น
- ไดอะแกรมวงจร

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงแรงดัน ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแปลงแรงดันจากสูงลงมาต่ำ เช่น 115 kV แปลงลงที่ 12 kV หรือ 24 kV, 24 kV แปลงลงที่ 230 V – 400 V และ 22 kV แปลงลงที่ 230 V – 400 V เป็นต้น หม้อแปลงไฟฟ้าจะทำการแปลงแรงดันเป็นหลัก ซึ่งมีผลกับพิกัดกระแสด้วย โดยจะมีความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กับกระแสทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานกับการวัดค่าของมิเตอร์จะมีทั้งหม้อแปลงแรงดันและหม้อแปลงกระแส

แรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่าย	กฟน.(MEA)	กฟภ.(PEA)
ระบบแรงดันสูง	> 15000 kVA 69 kV/115 kV 3 Ph 3W	> 10000 kVA 115 kV 3 Ph 3W
ระบบแรงดันปานกลาง	$\geq$ 300 kVA – 15000 kVA 12 kV / 24 kV 3Ph 3W	$\geq$ 250 kVA – 10000 kVA 22 kV / 33 kV 3Ph 3W
ระบบแรงดันต่ำ	< 300 kVA 240 V/416 V	< 250 kVA 220 V/380 V
แรงดันวัดได้ที่ขั้ว	220 V / 380 V	220 V / 380 V
แรงดันระบุ เพื่อการคำนวณ	230 V / 400 V	230 V /400 V

มาตรฐานหม้อแปลงไฟฟ้า

- มอก.384 / TIS 384 โดยมีการใช้ตามมาตรฐาน IEC 60076 และ IEEE ดังนี้

· IEC 60076 Power Transformer

· IEC 60076-1 Part 1: General

· IEC 60076-2 Part 2: Temperature Rise

· IEC 60076-3 Part 3: Insulation Level and Dielectric Tests

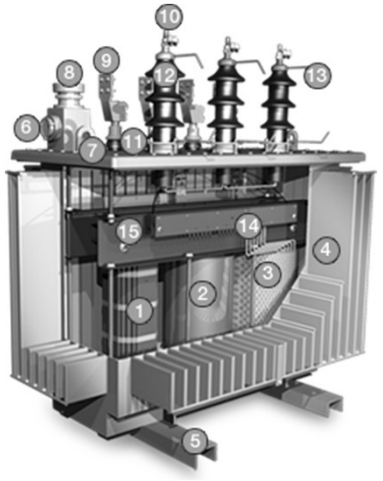
· IEC 60076-4 Part 4: Lightning and Switching Impulse

· IEC 60076-5 Part 5: Withstand Short Circuit

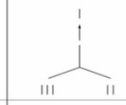
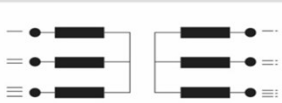
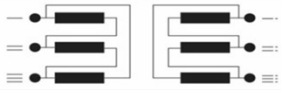
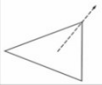
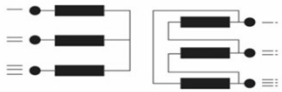
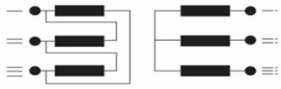
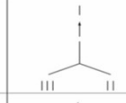
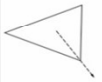
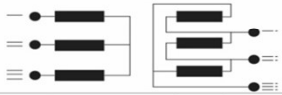
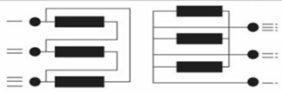
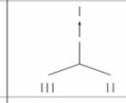
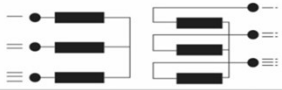
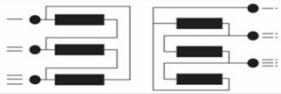
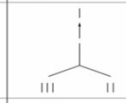
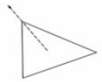
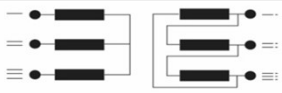
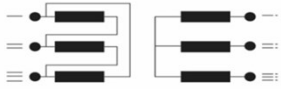
· IEC 60076-1 Part 11: Dry-type Transformer

· IEEE C57.12.00: General Requirements for Liquid-Immersed

ส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันและแห้ง



- เวคเตอร์กรุ๊ป (Vector Group) คือการบอกวิธีการต่อขดลวดภายในหม้อแปลง 3 เฟส โดยบ่งชี้บอกถึงมุมต่างเฟส (Phase Shift) ระหว่างขดลวดด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิและแรงต่ำหรือทุติยภูมิ เมื่อเราวัดแรงดันที่ขั้วของหม้อแปลงชนิด 1 เฟส เทียบกันจะไม่เกิด Phase Angle Different ระหว่างขดลวดแรงสูงกับแรงต่ำ แต่สำหรับหม้อแปลง 3 เฟส สามารถเลือกต่อขดลวดภายในหม้อแปลงด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิหรือแรงต่ำหรือทุติยภูมิ ได้หลายรูปแบบซึ่งทำให้เกิด Phase Angle Different ระหว่างด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิได้

Phasor symbols	Terminal markings and phase displacement diagram		Winding connections
	HV winding	LV winding	
Yy0			
Ddo			
Yd1			
Dy1			
Yd5			
Dy5			
Yy6			
Dd6			
Yd11			
Dy11			

สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน

การหมุนเวียนของตัวระบายความร้อน	สัญลักษณ์
โดยวิธีธรรมชาติ (Natural)	N
โดยวิธีขับหรืออัด (Forced)	F
ตัวกลางระบายความร้อน	สัญลักษณ์
น้ำมัน	O
ก๊าซ	G
น้ำ	W
อากาศ	A

กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า (Power Loss)

หม้อแปลงมีกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าอยู่ 2 ส่วนคือ

(ก) กำลังสูญเสียไฟฟ้าไม่มีโหลด คือกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลง (Core Loss) เมื่อใช้งานหม้อแปลงที่แรงดันพิกัด โดยที่ขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจรไว้ กำลังสูญเสียไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสาเหตุจาก Eddy Current Loss และ Hysteresis Loss ซึ่งค่า No Load Loss นี้มีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดและความถี่พิกัด

(ข) กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือกำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด

ประเภทการทดสอบ

- การทดสอบประจำ (Routine Test)
- การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)
- การทดสอบพิเศษ (Special Test)

การทดสอบประจำ (Routine Test) สำหรับหม้อแปลงน้ำมัน หม้อแปลงทุกลูกต้องผ่านการทดสอบประจำเพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงไม่มีการชำรุด เสียหาย ระหว่างการผลิตประกอบด้วย

การทดสอบอัตราส่วนของแรงดัน (Ratio Test): IEC 60076-1

การทดสอบขั้วหรือสัญลักษณ์กลุ่มเวคเตอร์ (Polarity and Vector Group Test): IEC 60076-1

การวัดความต้านทานของขดลวด (Winding Resistance Measurement): IEC 60076-1

การทดสอบการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและกระแสขณะไม่มีโหลด (No Load Loss & No-Load Current Test): IEC 60076-1

การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน (Induced Potential Test): IEC 60076-3

การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเกินจากแหล่งจ่ายตัวอื่น (Applied Potential Test):IEC60076-3

การทดสอบรอยรั่วซึมของน้ำมัน (Oil Leak Test): IEC 60076-1

การทดสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน (Oil Dielectric Strength Test): IEC 60156 or ASTM D877-02

ประเภทการทดสอบ

การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test) เป็นการนำหม้อแปลงต้นแบบแต่ละขนาด มาทำการทดสอบเพื่อแสดงว่าหม้อแปลงแต่ละขนาดได้มีการออกแบบที่ดี ประกอบด้วย

การทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ (Impulse Voltage Withstand Test): IEC 60076-4

การทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise Test): IEC 60076-2

การทดสอบพิเศษ (Special Test) เป็นการทดสอบตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้ซื้อ ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นพอสมควร ประกอบด้วย

การทดสอบความทนทานต่อการลัดวงจร (Short Circuit Withstand Test): IEC 60076-5

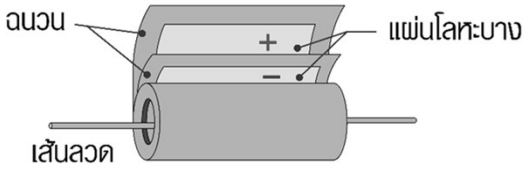
การทดสอบความดังของเสียงรบกวน (Audible Sound Level Test): IEC 60076-10

ตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลง

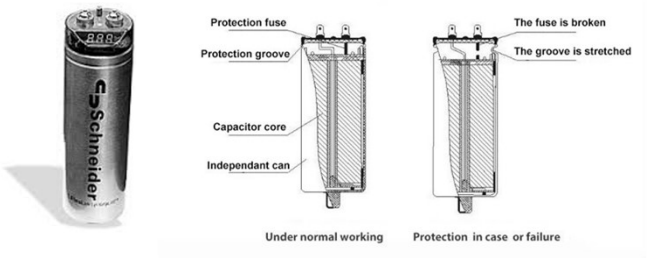
Impedance หม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดัน > 750 V		แรงดัน > 750 V		แรงดัน < 750 V
	C.B	Fuse	C.B	Fuse	C.B / Fuse
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	100%
> 6% < 10%	400%	300%	250%	250%	100%

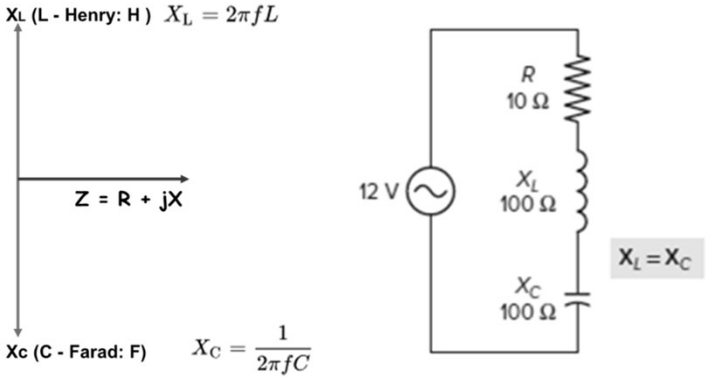
คาปาซิเตอร์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (L.V Capacitor)

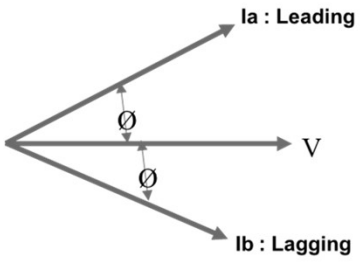
คาปาซิเตอร์มีหลายประเภท ประเภทที่จะกล่าวถึงนี้ ปัจจุบันจะเป็นแบบแห้ง หรือ Dry type ที่ใช้ dielectric polypropylene ที่มี permittivity สูง มีจุด breakdown ที่สูง ทำให้สามารถทำแผ่นฟิลม์ polypropylene บางลงได้ เพื่อการลดค่าความสูญเสียให้ต่ำลง การนำแผ่นฟิล์ม polypropylene มาพันให้ได้ค่าตามที่ต้องการ ต่อวงจรตามการทดสอบ ซึ่งจะมีค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยประมาณ 0.2 W/kVar และจะบรรจุในถังอะลูมิเนียมหรือสังกะสี จึงได้คาปาซิเตอร์ดังรูป

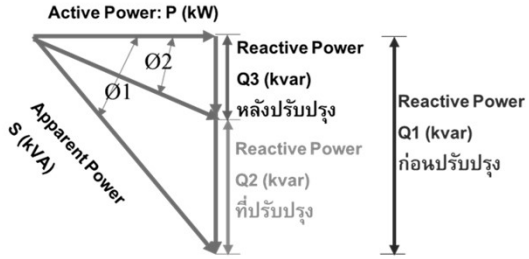


โครงสร้างภายในของคาปาซิเตอร์







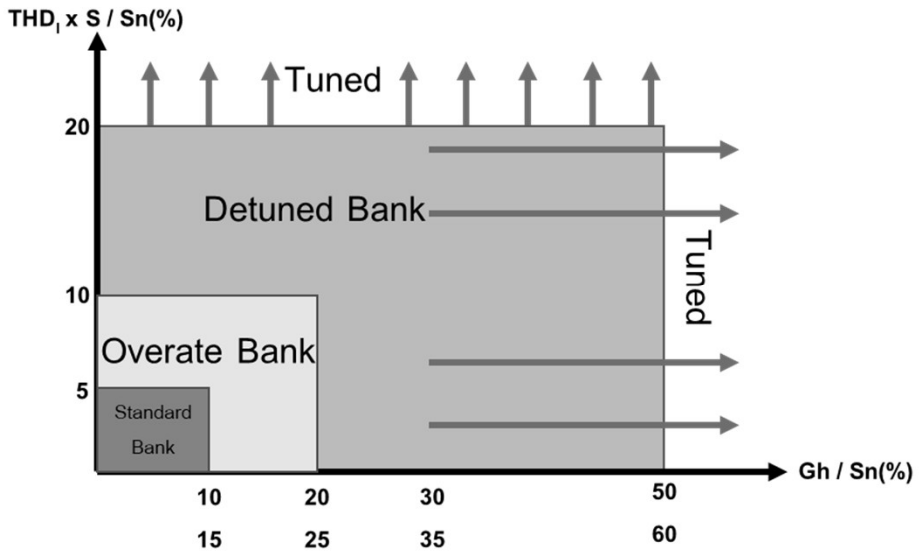


แนวการแก้ไขปัญหาฮาร์มอนิก

1.การใช้คาปาซิเตอร์ร่วมกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆ

การลดฮาร์มอนิก

- Harmonic < 10%, THD ≤ 5%
  Standard Bank at 400V or 415V
- Harmonic ≥ 10%, THD 5-10%
  Overated Bank at 440V – 525V
- Harmonic 20 - 50%, THD 10-20%
  Detuned filter.
- Harmonic >30%, THD >20%
  Tuned filter.



ความสัมพันธ์การออกแบบคำนวณปรับปรุงค่า PF ในระบบไฟฟ้า

2. Detuned filter เป็นการแก้ไขฮาร์มอนิกโดยใช้ reactor เข้ามาเสริมกับการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบงค์ ในกรณีใช้คาปาซิเตอร์แบงค์และมีกระแสฮาร์มอนิกในระดับน้อยๆ ไม่มากนัก ในบางกรณีอาจมีชื่อเรียกอื่นๆ ในลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันนี้

สำหรับการแก้ไขปัญหาเรื่องฮาร์มอนิก จะมีผลกระทบกับเรื่องของแรงดันที่ 400 V ดังนั้นมีการปรับใช้แรงดันที่พิกัดสูงขึ้นเพื่อให้มีความคงทนมากขึ้น หลีกหนีช่วงแรงดันปกติที่ 400 V โดยมีการเลือกใช้คำนวณคาปาซิเตอร์ที่แรงดัน 440 V, 480 V และที่นิยมที่แรงดัน 525 V โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\frac{Q_{V1}}{Q_{V2}} = \left[\frac{V_1}{V_2}\right]^2$$

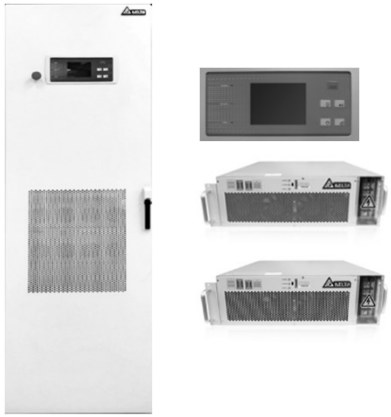
โดย Q_{V1} = kVar ที่แรงดัน V1

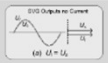
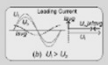
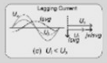
Q_{V2} = kVar ที่แรงดัน V2 ที่ต้องการให้ทนแรงดันมากขึ้น

V1 แรงดัน 400V

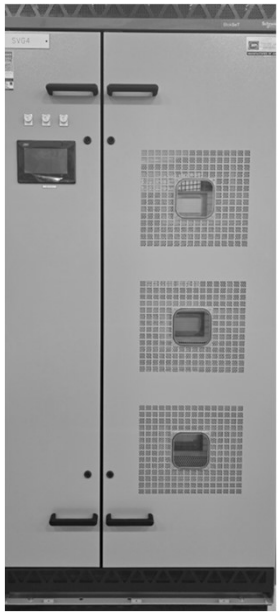
V2 แรงดันที่ 440 V, 480 V หรือ ที่นิยมที่แรงดัน 525 V

3. การใช้ Static Var Generator: SVG เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สามารถปรับปรุงตัวประกอบกำลัง ปรับแก้ไขฮาร์มอนิกได้ถึงลำดับที่ 13 และปรับเวกเตอร์ของกระแสให้สมดุล โดยใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ IGBT แรงดันปกติ 400 V +/- 15%, Full Response time <20 ms, Instant Response time <100 us, Switching Frequency ≥ 10 kHz



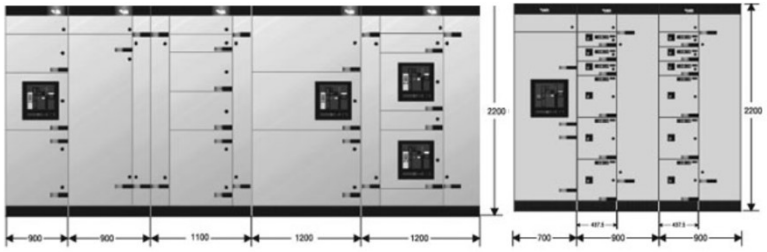
SVG Operating Mode	Waveform and Vector	Remark
No Load Mode		$U_l = U_s \cdot I_{svg} = 0$ · SVG outputs no reactive current.
Capacitive Mode		Ul > Us · I_{svg} is leading the voltage, and its amplitude is continuously adjustable.
Inductive Mode		$U_l < U_s \cdot I_{svg}$ is lagging the voltage, and its amplitude is continuously adjustable.

การปรับแก้ไขฮาร์มอนิกส์โดย SVG



แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์ (Low-voltage switchgear and Controlgear)

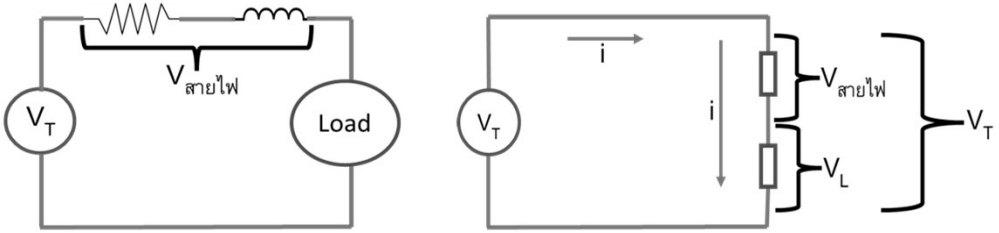
แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือ ชุดประกอบสำเร็จควบคุมไฟฟ้าแรงดันต่ำ (ตาม มอก. ๑๔๓๖) หรือ แผงบริภัณฑ์ประธานรวมแรงดันต่ำ (MDB : Main Distribution Board) หรือ ตู้ควบคุมไฟฟ้า หรือ Distribution Board (DB) หรือ แผงสวิตช์ฯต่างๆ ปัจจุบันมี มอก.1436-2564



ตามมาตรฐาน IEC 61439-1,2,3 และ มอก. 1436 โดยสรุป ดังนี้

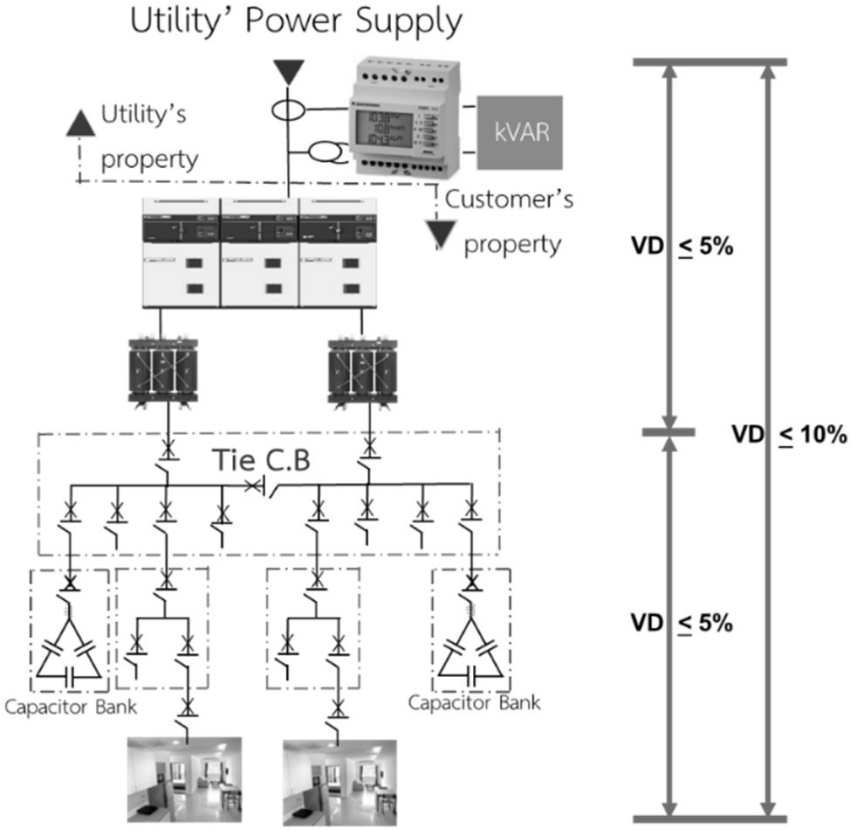
- IEC 61439-2: Power switchgear and controlgear ASSEMBLIES (PSC-ASSEMBLIES)
- IEC 61439-3: Distribution boards (to supersede IEC 60439-3)
- IEC 61439-4: ASSEMBLIES for construction sites (to supersede IEC 60439-4)
- IEC 61439-5: ASSEMBLIES for power distribution (to supersede IEC 60439-5)
- IEC 61439-6: Busbar trunking systems (to supersede IEC 60439-2)

แรงดันตกคร่อม



ภาพวงจรสมมูล สู่ วงจรสมมูลแบบ Voltage divider ของสายไฟและโหลด

ช่วง แรงดันตกคร่อม ≤ 10%



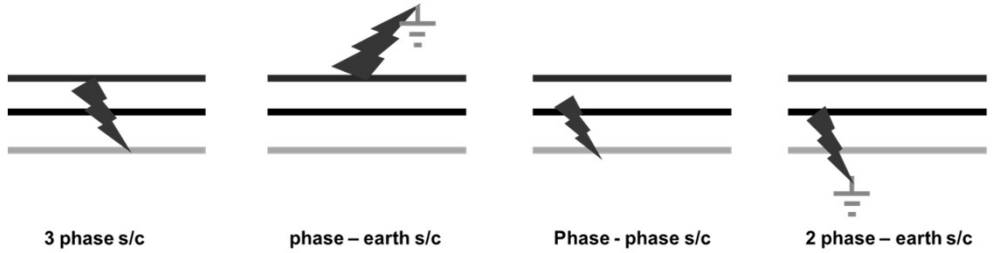
การแบ่งช่วงของแรงดันตกคร่อมในระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

❖ การคำนวณหากระแสลัดวงจร

ไฟฟ้าลัดวงจรของระบบไฟฟ้า แบ่งเป็น 4 รูปแบบดังนี้

1. ไฟฟ้าลัดวงจรแบบ 3 เฟสสมดุล (Balanced three phase short circuit)
2. ไฟฟ้าลัดวงจรแบบสาย L to L ไม่ต่อกับสายดิน (Line to line short circuit without earth connection)
3. ไฟฟ้าลัดวงจรแบบสาย L to L ที่ต่อกับสายดิน (Line to line short circuit with earth connection)
4. ไฟฟ้าลัดวงจรแบบสาย L to earth (Line to earth short circuit)



รูปแบบไฟฟ้าลัดวงจร เพิ่มขนาดตัวไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้น,แก้สี,

อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงทั่วไปในประเทศไทยที่พิกัด 800 – 2500 kVA คือ 6 % ดังนั้นหาก 6 % ของแรงดันแหล่งจ่ายสร้างกระแสโหลดเต็ม จากนั้นด้วยการลัดวงจรทุติยภูมิและแรงดันแหล่งจ่ายปกติ 100 %

เพิ่มทริค

ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า 1000 kVA, 3 phase, 4 wire, 22 kV / 230 – 400 V, %Z = 6 %

จงคำนวณหากระแสโหลดเต็มที่ (full load current) และกระแสลัดวงจรที่ขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า

จากสูตรการหากระแสโหลด $I_{FL} = \frac{kVA}{\sqrt{3}\ V}$

$I_{FL} = \frac{1000 \times 1000\ VA}{\sqrt{3} \times 400}$

$= 1,443\ A$

จากสูตรการหากระแสลัดวงจร $I_{S/C} = \frac{\left(\frac{kVA}{\sqrt{3}\ V}\right)}{\%Z}$ หรือ $= \frac{I_{FL}}{\%Z}$

$= \frac{1,443}{6\%}$

$= \frac{1,443}{6/100}$ $= 24,057\ A$ หรือ $24.057\ kA$ หรือ $24.1\ kA$

องค์ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

- ความปลอดภัยทางไฟฟ้า
- กฎหมาย มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น กฎกระทรวง วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS
- พื้นฐานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า
- ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
- มาตรฐานของงานวิศวกรรมไฟฟ้า เช่น วสท. สมอ. IEC BS NEcode AS
- มาตรฐาน การออกแบบ การติดตั้ง การเลือกใช้ และการบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- การคำนวณหาแรงดันตก
- การคำนวณหากระแสลัดวงจร
- การบริหารการออกแบบ การติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษา

Thank You

ครูเบิร์ด
ชวนคิด!!

คู่มือ
ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า
อย่างมืออาชีพ
ISBN : 978-616-91996-4-9
โดย...เดชทัต บุรณะอัศวกุล
ตาม พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ.2558
กระทรวงแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
ตาม มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
ราคา 300 บาท
TEMCA

108
คำถาม
กับเรื่อง
ISBN : 978-616-91996-3-2
ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1
อย่างมืออาชีพ
โดย...เดชทัต บุรณะอัศวกุล
ราคา 250 บาท
TEMCA

ครูเบิร์ด
ชวนคิด!!