การสัมมนา
คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
ตามมาตรฐาน วสท. พ.ศ. 2564

หัวข้อ

การคำนวณโหลด การต่อลงดิน แผงสวิตช์และการติดตั้ง แรงดันตก และกระแสลัดวงจร

โดย สุธี ปิ่นไพสิฐ
ที่ปรึกษากรรมการสาขาไฟฟ้า วสท.

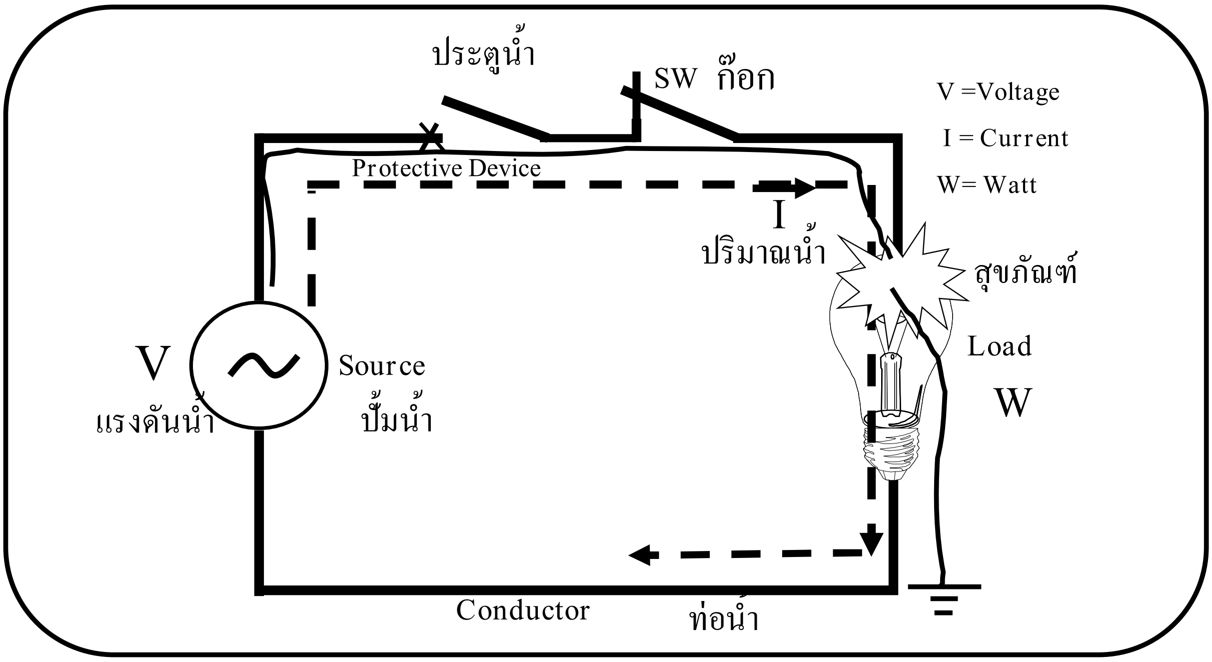
ประวัติวิทยากร

- ***ชื่อ นายสุธี ปิ่นไพสิฐ***

  อดีตผู้อำนวยการสำนัก วิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ

  กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
- ***การศึกษา อสบ.(ไฟฟ้า)สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ***
- ***ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ ระดับวุฒิวิศวกร เลขทะเบียน วฟก. 885 ของสภาวิศวกร***
- ***ประสบการทำงาน/กิจกรรมทางวิชาการ***
  - ***คณะอนุกรรมการแก้ไขและปรับปรุงกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดระบบไฟฟ้าและระบบการจัดการแสงสว่างตามมาตรา 8(4)และ(6) ตาม พรบ.ควบคุมอาคาร***
  - ***ที่ปรึกษากรรมการวิชาการสาขาไฟฟ้า : สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.)***
  - ***วิทยากรบรรยายมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ของ วสท.***
  - ***คณะอนุกรรมการและผู้ชำนาญการพิเศษ เพื่อทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพระดับวุฒิวิศวกร ระดับสามัญวิศวกร และภาคีพิเศษไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ของสภาวิศวกร***

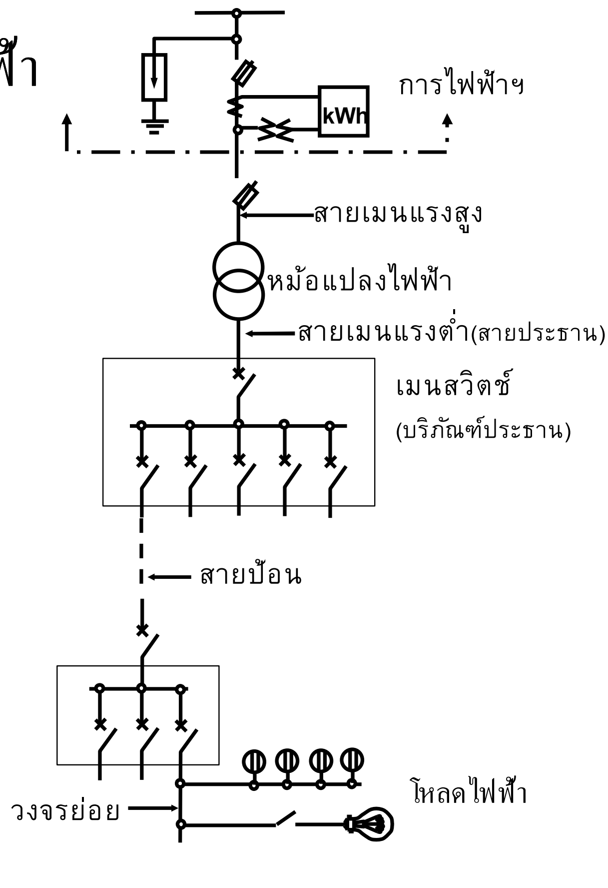
องค์ประกอบพื้นฐานของระบบไฟฟ้า



บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

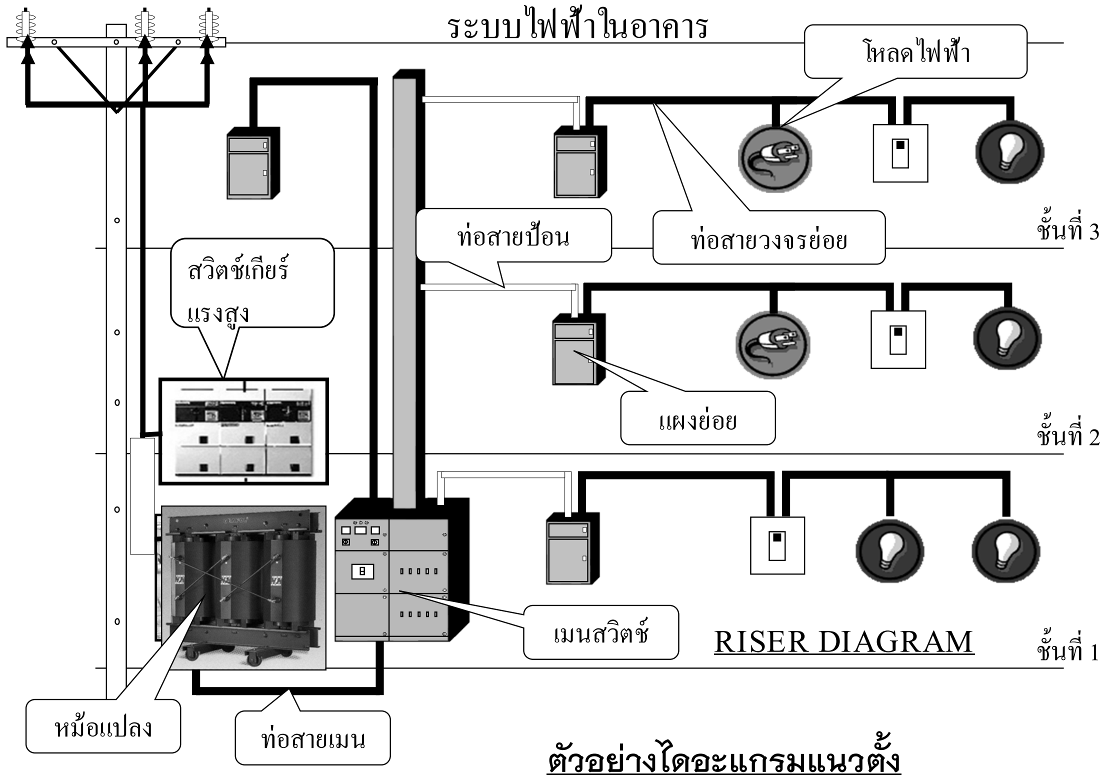
วงจรไฟฟ้าภายในอาคาร

- สายเมนหรือสายประธาน ***(service conductors)***
- สายป้อน ***(Feeder)***
- วงจรย่อย ***(Branch circuit)***



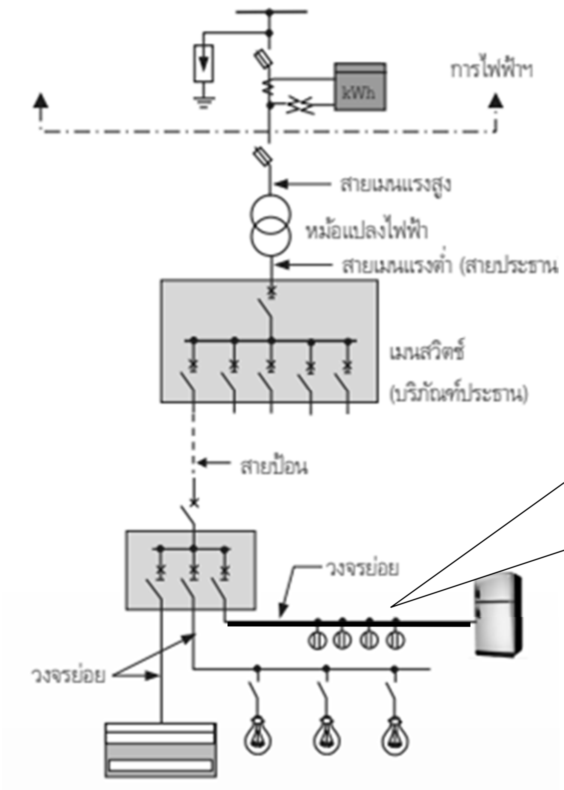
รูปที่ 5.1 วงจรการจ่ายไฟฟ้าทั่วไป

คู่มือ หน้า 127



ตัวอย่างไดอะแกรมแนวตั้ง

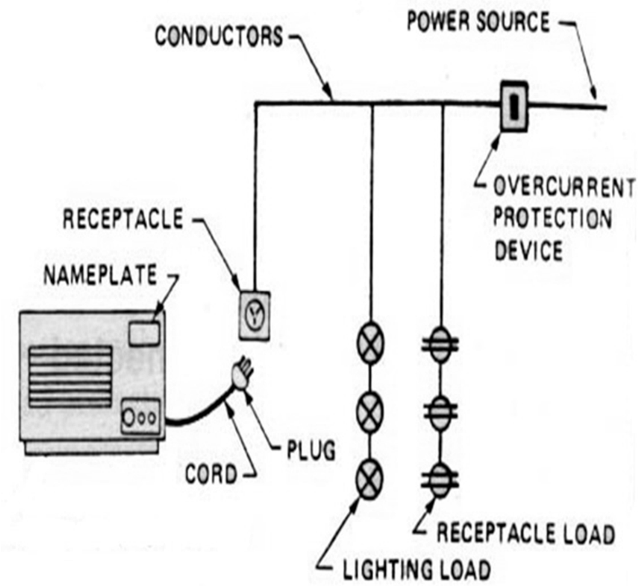
วงจรย่อย



วงจรย่อย หมายถึง **ตัวนำของวงจรระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจุดสุดท้ายกับจุดจ่ายไฟหรือจุดใช้ไฟ ระหว่างนั้นอาจมีสวิตช์หรือเครื่องปลดวงจร หรือเครื่องป้องกันที่ใช้เฉพาะตัวของอุปกรณ์อีกก็ได้**

คู่มือ หน้า 128

โหลดสำหรับวงจรย่อยแบ่งตามการออกแบบได้ดังนี้



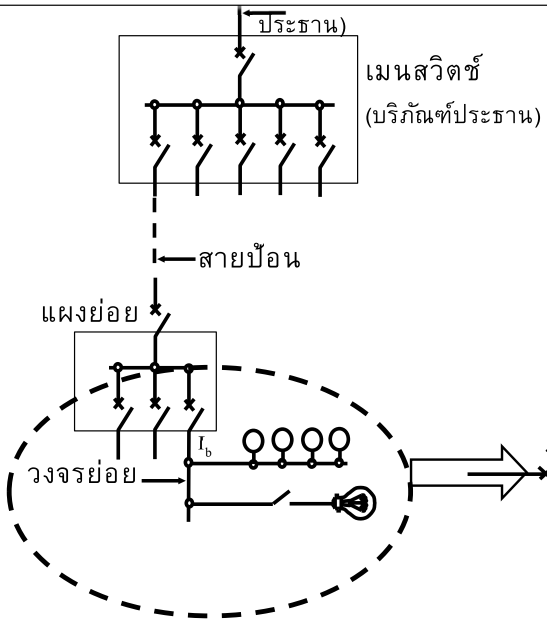
- *วงจรย่อยแสงสว่าง*
  (Lighting Branch Circuit)
- *วงจรย่อยเต้ารับ*
  (Receptacle Branch Circuit)
- *วงจรย่อยเฉพาะ(โหลดเฉพาะตัว)*
- *วงจรย่อยมอเตอร์*

คู่มือ หน้า 128

5.1 การคำนวณโหลดสำหรับทั่วไป

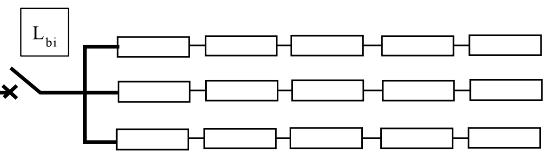
5.1.1 การคำนวณวงจรย่อยแบ่งโหลดออกเป็น 3 กลุ่ม และคำนวณดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง คำนวณตามโหลดที่ติดตั้งจริงในวงจร



$$L_b \geq \Sigma L_{bi}$$

- L_b = โหลดวงจรย่อย(A , VA)
- ΣL_{bi} =ผลรวมของโหลด (A , VA)

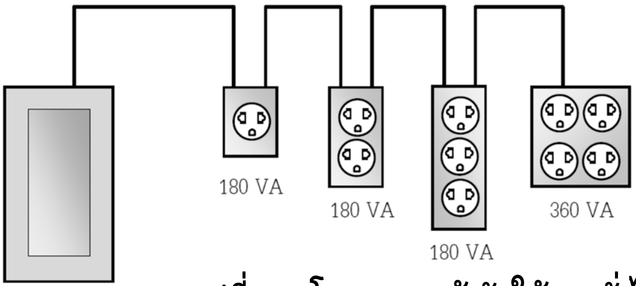


โหลดไฟฟ้า

คู่มือ หน้า 129

2. โหลดเต้ารับ แบ่งเป็น

- เต้ารับใช้งานทั่วไป หมายถึงเต้ารับที่ติดตั้งไว้ทั่วไปในอาคาร โดยยังไม่ทราบว่าจะใช้กับโหลดอะไร



วิธีคิดโหลด

- ***กรณีเต้าเดี่ยว เต้าคู่ และชนิดสามเต้า คิด 180 VA.***
- ***กรณีมากกว่าสามเต้า คิด 360 VA.***

รูปที่ 5.2 โหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป

- **เต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอนแล้วเช่น เต้ารับสำหรับเครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าวและตู้เย็น เป็นต้น ให้ใช้ขนาดโหลดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น**

3. โหลดอื่นๆ คิดโหลดตามขนาดเครื่องใช้ฟ้าที่ต่อใช้งานอย่างถาวรจากวงจรนั้น เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องจักร เป็นต้น ขนาดโหลดคิดตามขนาดเครื่องใช้ฟฟ้านั้น

ขนาดของวงจรย่อยกำหนดเป็น ampere แต่ในการคำนวณจะนิยมทำเป็น VA เพื่อความสะดวกในการรวมโหลดเข้าด้วยกัน จากสูตร ดังนี้

โหลดระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย	โหลดระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย
$Lb\,(VA) = V_{LN} I_b$	$Lb\,(VA) = \sqrt{3}\ V_L I_b$

กำลังไฟฟ้าปรากฏ(S)

กำลังไฟฟ้าปรากฏ(S)

กำหนดให้

- L_b = โหลดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (VA)
- V_L = แรงดันสายเฟสกับเฟส (V)
- V_{LN} = แรงดันสายเฟสกับนิวทรัล (V)
- I_b = กระแสโหลด (A)

V_{LN} = 230 V. 1 เฟส 2 สาย

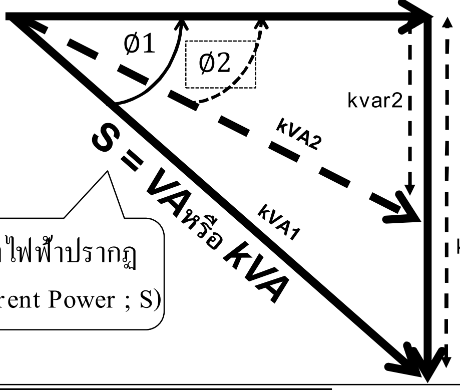
V_L = 400 V. 3 เฟส 4 สาย

องค์ประกอบของกำลังไฟฟ้า ในรูปของ POWER TRIANGLE

กำลังไฟฟ้าจริง (Real Power ; P)

P = *kW* หรือ W หรือ P = S cosØ

กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power ; Q)



Q = *kvar* หรือ var หรือ Q = Ssin Ø

Ø = *มุมเฟส(Phase Angle) ระหว่างกระแสและแรงดัน*

กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power ; S)

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ or **S =P + jQ**

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(PF)

$$= \frac{\textit{กำลังไฟฟ้าจริง(W),P}}{\textit{กำลังไฟฟ้าปรากฏ(VA)}} = \cos \emptyset$$

การกำหนดขนาดคาปาซิเตอร์

kvar = kW($\tan Ø1 - \tan Ø2$)

1.การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินวงจรย่อย

วงจรย่อยมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวณได้

เครื่องป้องกันกระแสเกิน

- *Circuit Breaker (CB) ต้องได้ตามมาตรฐาน IEC 60898*
- *ขนาดพิกัดของ CB ที่นิยมใช้คือ 10 A, 16A 20 A , 25 A , 32 A , 40 A , 50 A*

ขนาดที่เกิน 50 A จะใช้กับโหลดเฉพาะตัว

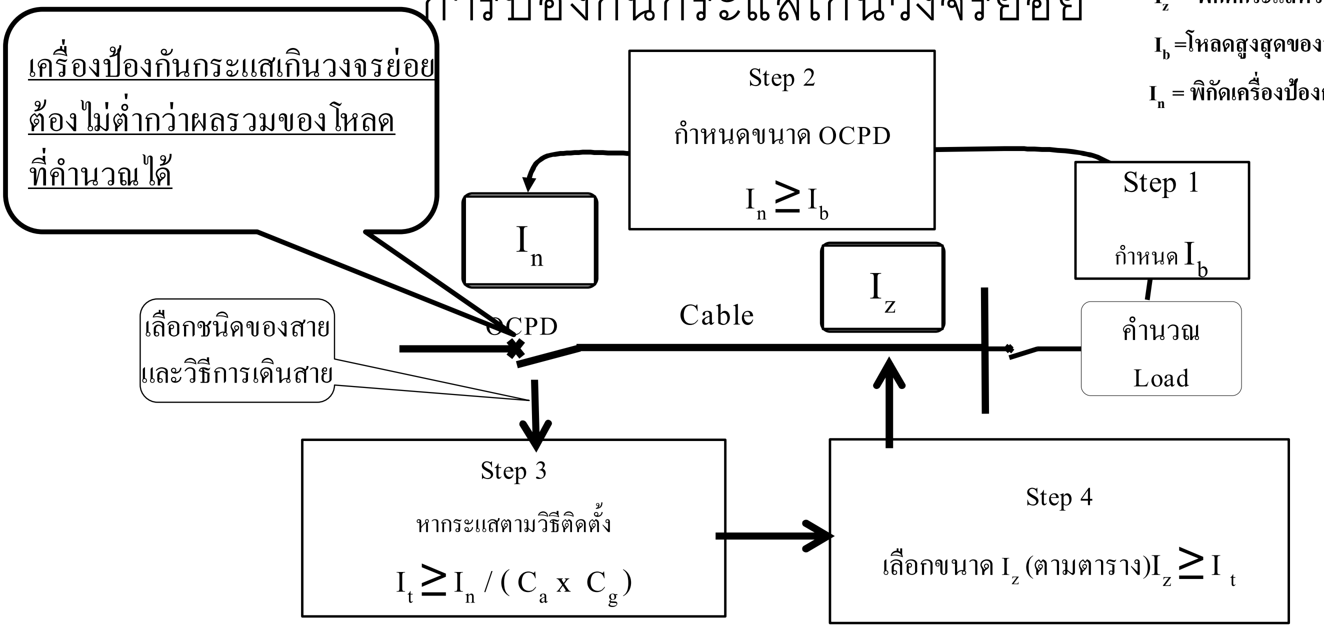
คู่มือ หน้า 130

การป้องกันกระแสเกินวงจรย่อย

I_z = พิกัดกระแสตัวนำ (A)

I_b =โหลดสูงสุดของสาย (A)

I_n = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

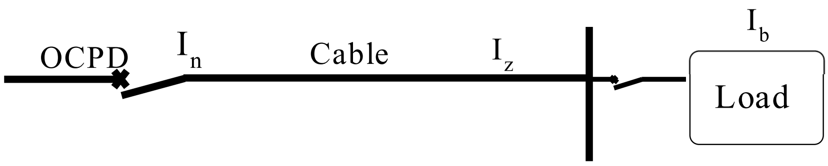


พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\geq$ 1.25 โหลดวงจรที่คำนวณได้

ค่าแนะนำหรือ
ค่าเผื่อ

คู่มือหน้า 130

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า(ตัวนำวง**จรย่อย**)



ขนาดกระแสตัวนำวงจรย่อยต้องไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

$$\boxed{I_z \geq I_b}$$

พิกัดกระแสของสายต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและไม่เล็กกว่า 2.5 sq.mm.

$$\boxed{I_z \geq I_n \geq 2.5\ \text{mm}^2}$$

ถึงแม้ว่าสายขนาดเล็กกว่า 2.5 ตร.มม. จะนำกระแสไม่ต่ำกว่าขนาด OCPD ก็ตาม ต้องคำนึงถึงการทนความร้อนจากกระแสลัดวงจร(short time rating)ด้วยซึ่งสายต้องไม่ขาดหรือชำรุด

- **โดยที่**
  - **I_z = พิกัดกระแสตัวนำวงจรย่อย (A)**
  - **I_b =โหลดสูงสุดของวงจรย่อย (A)**
  - **I_n = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)**

OCPD = Over Current Protective Devices

คู่มือ หน้า 130

ตัวอย่างที่ 5.1 วงจรย่อยแสงสว่างวงจรหนึ่งจ่ายไฟให้หลอด fluorescent กำหนดให้กระแสหลอดละ 0.4 A จำนวน 10 หลอด ต้องการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า กำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

วิธีทำ

โหลดแสงสว่าง = 10 × 0.4 = 4 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 A

ตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A) สาย IEC 01 เดินร้อยท่อเกาะผนังขนาด 2.5 ตร.มม. (21 A)

คู่มือหน้า218

หมายเหตุ สามารถใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่า 16 A ก็ได้ แต่เนื่องจากขนาดสายไฟฟ้าตามข้อกำหนดของวงจรย่อยต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. การใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่านี้จึงไม่มีผลให้สายไฟฟ้าเล็กลงได้ จึงเลือกใช้ขนาด 16 A ซึ่งมีข้อดีที่จะมีสำรองไว้สำหรับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ด้วย

คู่มือ หน้า 130

3.การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วของวงจรย่อย *ป้องกันบุคคลจากไฟฟ้าดูด*

(1) เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยและที่คล้ายคลึงกัน

วงจรย่อยดังต่อไปนี้ต้องมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA , break time $\leq$ 0.04 s at 5 $I\Delta n$) เพิ่มเติมด้วย คือ

- ***วงจรเต้ารับในบริเวณห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงจอดรถยนต์ ห้องครัว ห้องใต้ดิน***
- ***วงจรเต้ารับในบริเวณ อ่างล้างชาม อ่างล้างมือ (บริเวณพื้นที่เคาน์เตอร์ ที่มีการติดตั้ง เต้ารับภายในระยะ 1.5 เมตร ห่างจากขอบด้านนอกของอ่าง)***
- ***วงจรไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายภายนอกอาคารและบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ทุกวงจร***
- ***วงจรเต้ารับในบริเวณชั้นล่าง (ชั้น 1) รวมถึงในบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน***
- ***วงจรย่อยสำหรับ <u>เครื่องทำน้ำอุ่น</u> <u>เครื่องทำน้ำร้อน</u> อ่างอาบน้ำ สระว่ายน้ำ***

คู่มือ หน้า 131

3.การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วของวงจรย่อย *ป้องกันบุคคลจากไฟฟ้าดูด*

เครื่องทำน้ำอุ่นที่มี RCD ติดมาพร้อมเครื่องไม่ถือว่ามีการป้องกันแล้ว ต้องติด RCD เพิ่มที่วงจรย่อยด้วย

วงจรเต้ารับ ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำห้องครัว โรงจอดรถยนต์ ห้องใต้ดิน

วงจรย่อยสำหรับเครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างอาบน้ำ สระว่ายน้ำ

วงจรภายนอกอาคาร

วงจรเต้ารับชั้นล่าง(ชั้น 1)

รวมถึงวงจรเต้ารับที่อยู่ต่ำกว่าระดับดิน

คู่มือ หน้า 131

(2) เครื่องตัดไฟรั่วในสถานประกอบการที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

วงจรย่อยดังต่อไปนี้ต้องมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว

($I_{\Delta n} \le 30\ mA$, break time ≤ 0.04 s at 5 $I\Delta n$) เพิ่มเติมด้วย คือ

- วงจรย่อยสำหรับสระหรืออ่างกายภาพบำบัด ธาราบำบัด อ่างน้ำแร่ (spa) อ่างน้ำร้อน (hot tub) อ่างนวดตัว และบริภัณฑ์อื่นๆที่คล้ายคลึงกัน

- วงจรย่อยสำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องทำน้ำแข็ง ตู้แช่ เครื่องซัก<u>ผ้า</u>

โรงเรียน

- วงจรย่อยเต้ารับ ในบริเวณต่อไปนี้

1) ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ ห้องครัว

2) สถานที่ทำงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง บนดาดฟ้า อู่ซ่อมรถ

3) ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ ที่ทำการเกษตร พืชสวนและปศุสัตว์

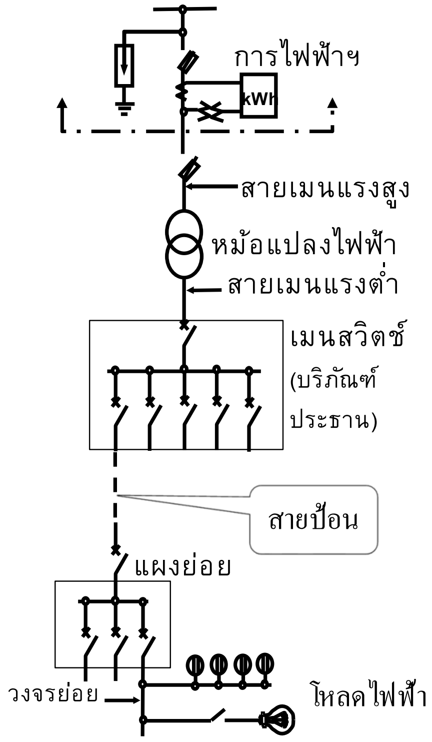
4) การแสดงเพื่อการพักผ่อนในที่สาธารณะกลางแจ้ง

5) งานแสดงหรือขายสินค้าและที่คล้ายคลึงกัน

6) วงจรเต้ารับชั้นล่าง (ชั้น 1) รวมถึงวงจรเต้ารับที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน

- วงจรไฟฟ้าจ่ายภายนอกอาคารและบริภัณฑ์ที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ทุกวงจร เช่นตู้ ATM ตู้ซักผ้าหยอดเหรียญ เป็นต้น

คู่มือ หน้า 131,132



วงจรสายป้อน(Feeders)

หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างบริภัณฑ์ประธานกับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินวงจรย่อยตัวสุดท้าย โดยทำหน้าที่จ่ายไฟให้วงจรย่อยหรือจ่ายไฟให้สายป้อนด้วยกัน (สายป้อนในวงจรไฟฟ้ามีได้หลายช่วง)

1 เครื่องป้องกันกระแสเกินสายป้อน

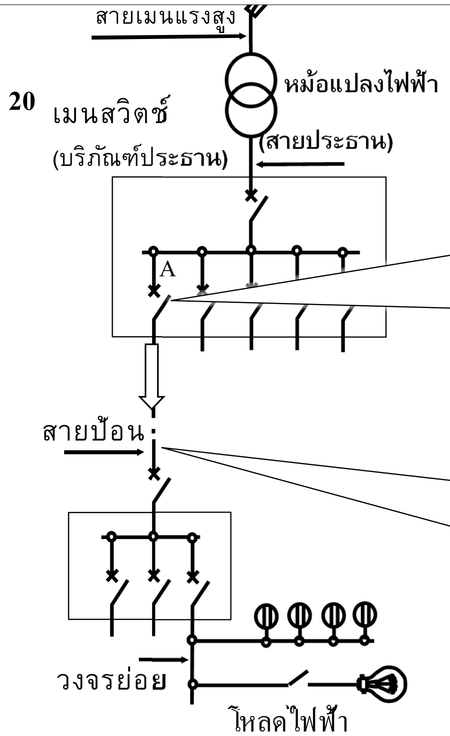
2 การกำหนดขนาดสายป้อน

3 การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อน

4 ขนาดตัวนำนิวทรัล(Neutral)

คู่มือหน้า128 , 132

5.1.2 การคำนวณสายป้อน



1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันฯของสายป้อน

<u>เครื่องป้องกันฯ สายป้อน</u>

<u>ต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวณได้เมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว</u>

สำหรับโหลดอื่นดีมานด์แฟกเตอร์กำหนดตามสภาพการใช้งาน

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

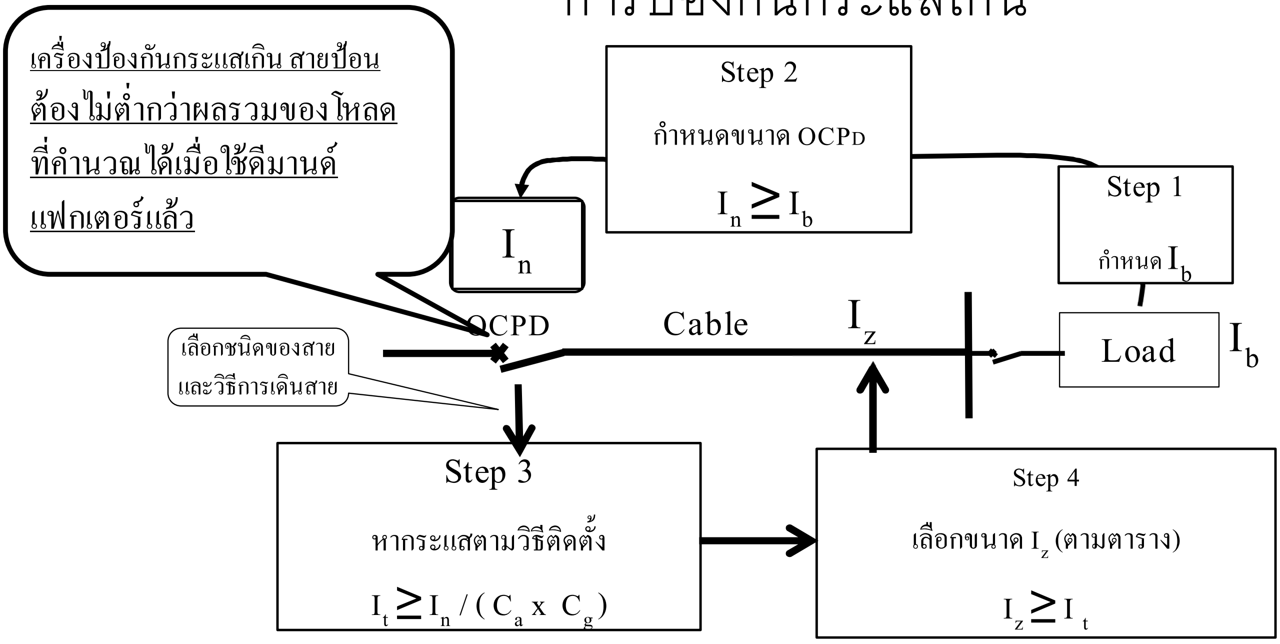
<u>(1)ขนาดตัวนำสายป้อน(สายเส้นไฟ)</u>

ต้องไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันฯ

และต้อง <u>ไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม</u>.

คู่มือหน้า 132

การป้องกันกระแสเกิน

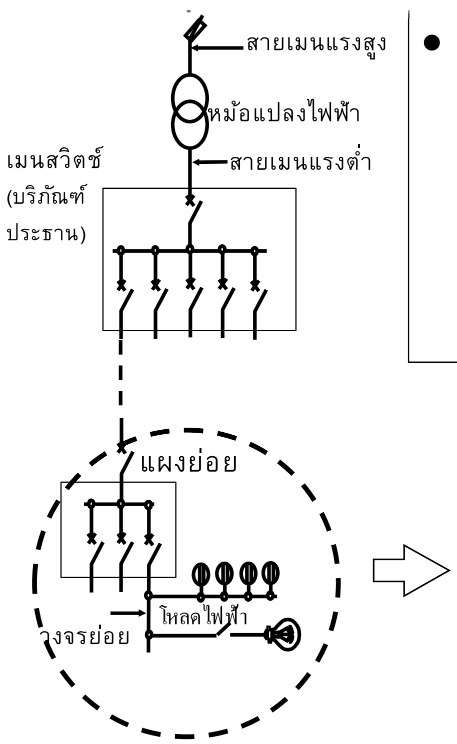


พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\geq$ 1.25 โหลดวงจรที่คำนวณได้เมื่อใช้ดีมานด์ฯ แล้ว

ค่าแนะนำหรือค่าเผื่อ

การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อนเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

(การใช้ไฟฟ้าอาจไม่พร้อมกัน)



- สายป้อนต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลดและต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

$$L_F \geq (L1 \times D1) + (L2 \times D2) + \ldots (Ln \times Dn)$$

$$L_F \geq \Sigma(L_{BC}) \times D.F.$$

$$I_F \geq L_F(VA) / (\sqrt{3} \times 400)$$

การคำนวณโหลด จะคิดจากผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่อใช้งานจากสายป้อนนั้น และอนุญาตให้ใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ได้ ตามตารางที่ 5.1 ถึง 5.3 ดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตาม ตารางที่ 5.1
2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่คิดโหลดไว้เต้ารับละไม่เกิน 180 VA ใช้ในสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตาม ตารางที่ 5.2
3. โหลดเต้ารับอื่นในสถานที่อยู่อาศัยที่ทราบโหลดแน่นอนแล้วให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40 % ของโหลดเต้ารับที่เหลือ
4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตาม ตารางที่ 5.3

(ผู้ออกแบบอาจเลือกไม่ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ก็ได้)

คู่มือหน้า 132

คำนิยามเกี่ยวที่ใช้เกี่ยวกับโหลด

✎ Total Connected Load

คือผลรวมทั้งหมดของโหลดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ของสถานประกอบการ คิดเป็น VA , kVA หรือ MVA

✎ Maximum Demand

คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกันสูงสุดในเวลาที่กำหนดให้ คิดเป็น VA , kVA หรือ MVA

✎ Demand Factor (D.F.) คืออัตราส่วนของ Maximum Demand ต่อ Total Connected Load

การใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

$$\text{Demand Factor} = \frac{\text{Maximum Demand}}{\text{Total Connected Load}} \times 100\%$$

- โหลดแสงสว่าง ตารางที่ 5.1

- โหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ตารางที่ 5.2

- โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ตารางที่ 5,3

❖ ห้ามใช้กับการคำนวณวงจรย่อย

โหลดอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดในตาราง ผู้ออกแบบสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

คู่มือหน้า 132

ตารางที่ 5.1 ดีมานด์แฟกเตอร์ของโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (โวลต์–แอมแปร์)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 3,000	100
	ส่วนเกิน 3,000 แต่ไม่เกิน 120,000	35
	ส่วนที่เกิน 120,000	25
โรงแรม รวมถึง ห้องชุดที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้*	ไม่เกิน 20,000	60
	ส่วนเกิน 20,000 แต่ไม่เกิน 100,000	50
	ส่วนเกิน 100,000	35
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนเกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

*ห้ามใช้กับสถานที่ที่ใช้แสงสว่างพร้อมกัน เช่นห้องโถง ห้องอาหาร

คู่มือหน้า 134

ตารางที่ 5.2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คำนวณโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
10 kVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10 kVA	50

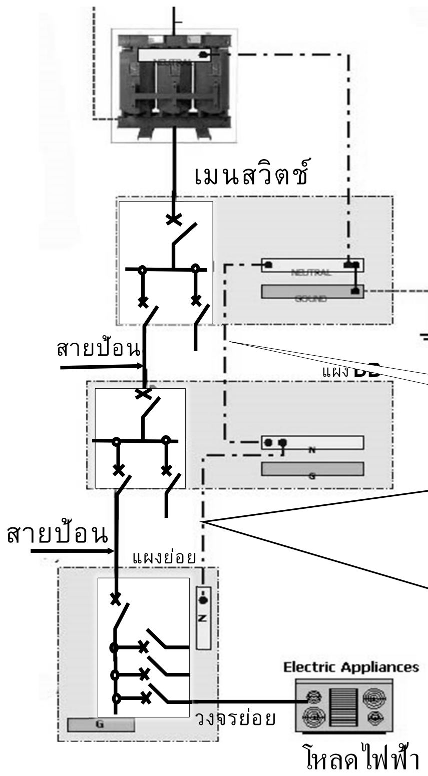
คู่มือหน้า 134

ตารางที่ 5.3 ดีมานด์แฟกเตอร์ของโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 แอมแปร์ + ร้อยละ 30 ของ ส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
2.อาคารสำนักงาน และร้านค้ารวมถึง ห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 80 ของตัวใหญ่รองลงมา + ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
3. โรงแรมและอาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศ ประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

คู่มือหน้า 135

(2)ขนาดสายนิวทรัล



- ขนาดสายนิวทรัล ต้องสามารถรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดได้และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตาราง 4.2 (คู่มือ หน้า 115)

ขนาดกระแสของสายนิวทรัลคิดจากโหลด 1-เฟส ที่ต่ออยู่ในวงจร 3-เฟส โดยเลือกจากเฟสที่มากที่สุด

คู่มือหน้า 133

ตารางที่ 4.2 ขนาดสายดินเล็กสุดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตร.มม.)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

คู่มือหน้า115

ขนาดสายนิวทรัล (Neutral)

กรณีระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ขนาดสายนิวทรัล มีข้อกำหนด ดังนี้

(1) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด ไม่เกิน 200A ขนาดกระแสของสายนิวทรัล ต้องไม่ต่ำกว่าขนาดกระแสโหลดไม่สมดุลสูง**สุดนั้น**

$$\boxed{\mathbf{I_N \geq I_{L\text{-}N(max)}}}$$

คิดจากโหลด 1 เฟส ของวงจร เลือกเฟส ที่มากที่สุด เป็นกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด

(2) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด เกิน 200A **ขนาดกระแสของ** สายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า 200A + 70% **ของส่วนที่เกิน 200A**

$$\boxed{\mathbf{I_N \geq 200 + 0.7(\, I_{L\text{-}N(max)} - 200)}}$$

(3) ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นประเภทหลอดดีสชาร์จ อุปกรณ์ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่ทำให้มีกระแสฮาร์มอนิกส์ สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

$$\boxed{\mathbf{I_N \geq I_{L\text{-}N\ (max)}}}$$

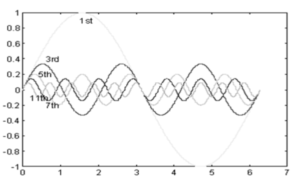
คู่มือหน้า 133

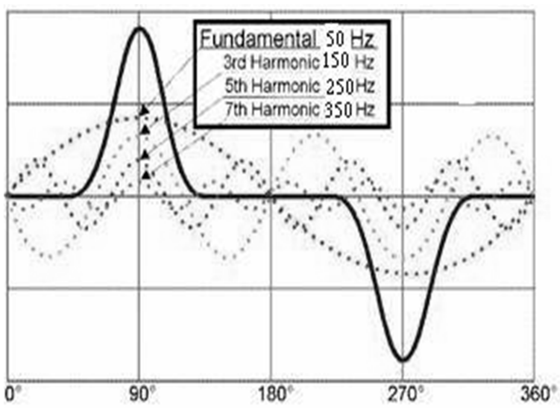
หมายเหตุ

1) กระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดคือค่าสูงสุดที่คำนวณได้จากโหลด 1 เฟส (Single-phase load) ที่ต่อระหว่างตัวนำนิวทรัลและสายเส้นไฟเส้นใดเส้นหนึ่ง

2) ในระบบไฟ 3 เฟส 4 สายที่จ่ายให้กับระบบคอมพิวเตอร์เช่นใน data center หรือโหลดอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเผื่อตัวนำนิวทรัลให้ใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับกระแสฮาร์มอนิกด้วย

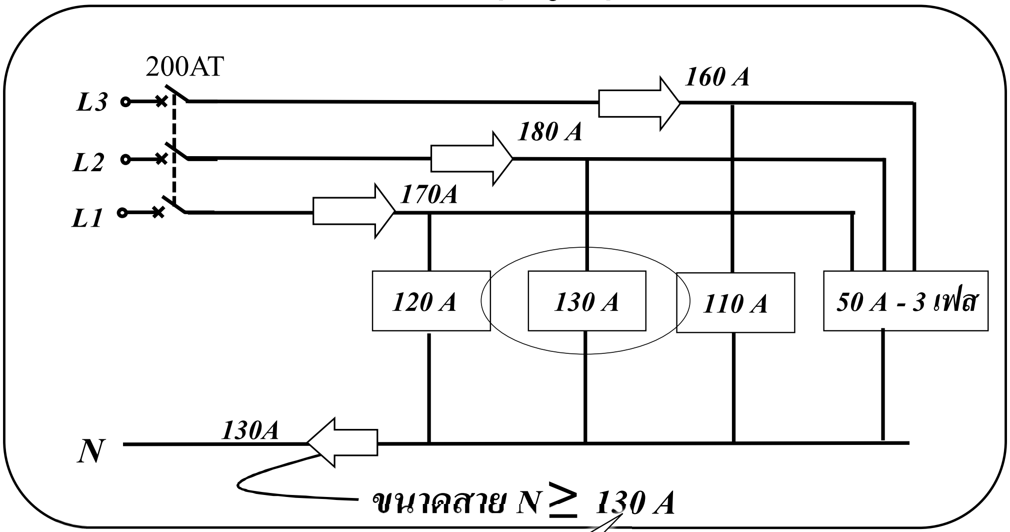
<u>กรณีนี้สายนิวทรัลอาจมีขนาดใหญ่กว่าสายเส้นไฟก็ได้</u>





คู่มือหน้า 131

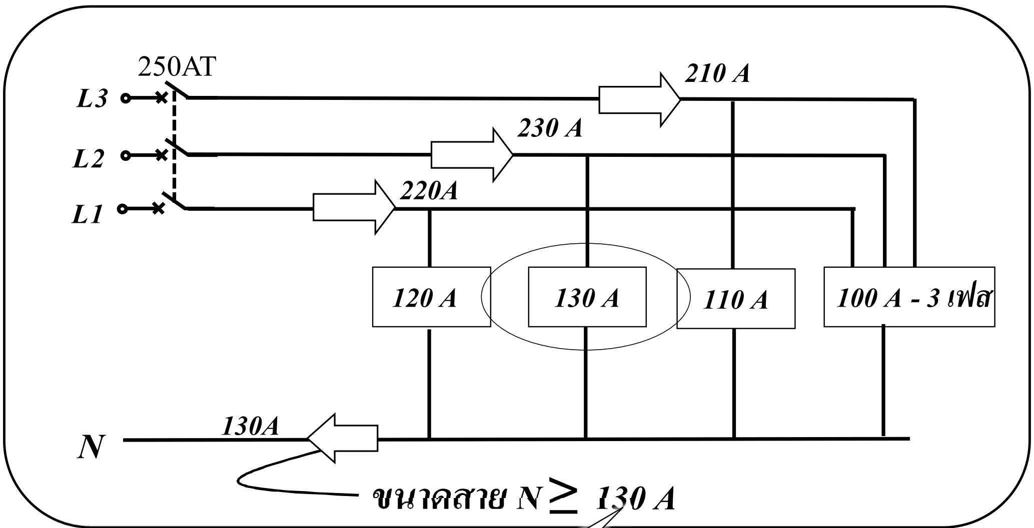
กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด <u>ไม่เกิน **200A**</u>



ขนาดสายนิวทรัลคิดจากโหลด
1 เฟส ของวงจร เลือกเฟสที่มากที่สุด
เป็นกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด
ไม่คิดโหลด 3 เฟส

คู่มือหน้า 131

กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด <u>ไม่เกิน **200A**</u>

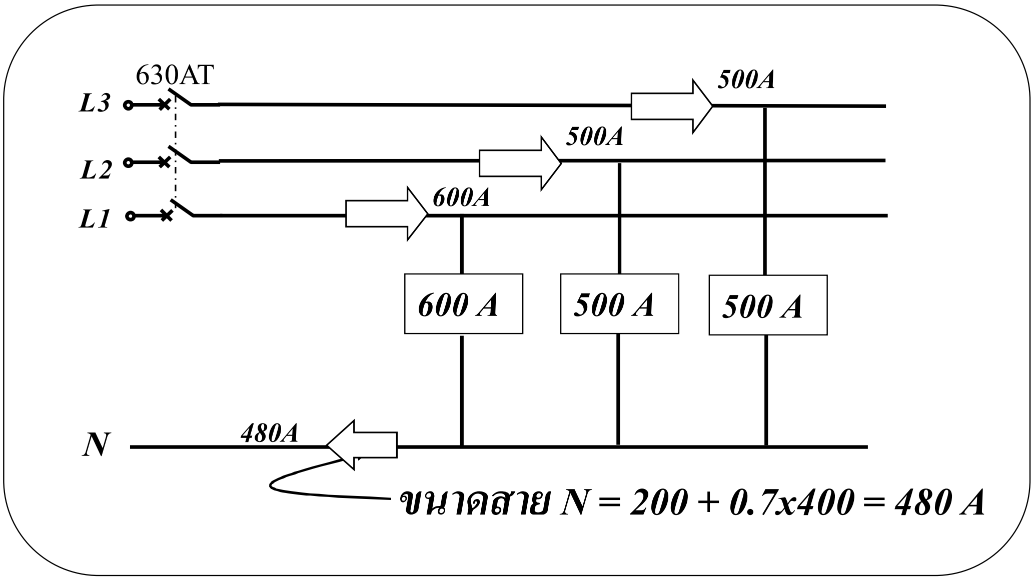


ขนาดสายนิวทรัลคิดจากโหลด
1 เฟส ของวงจร เลือกเฟสที่มากที่สุด
เป็นกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด
ไม่คิดโหลด 3 เฟส

คู่มือหน้า 131

กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน **200A**

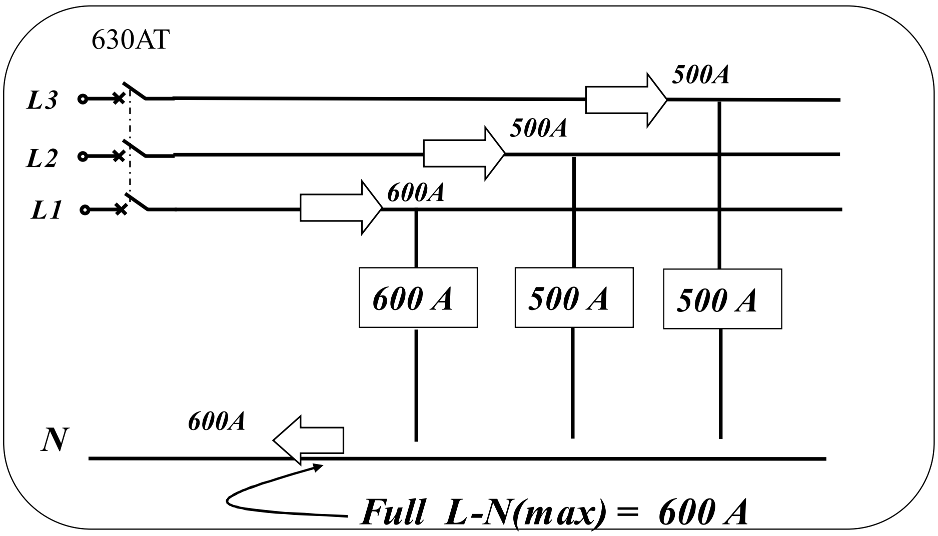
และส่วนใหญ่ไม่เป็น Harmonic Loads



คู่มือหน้า 131

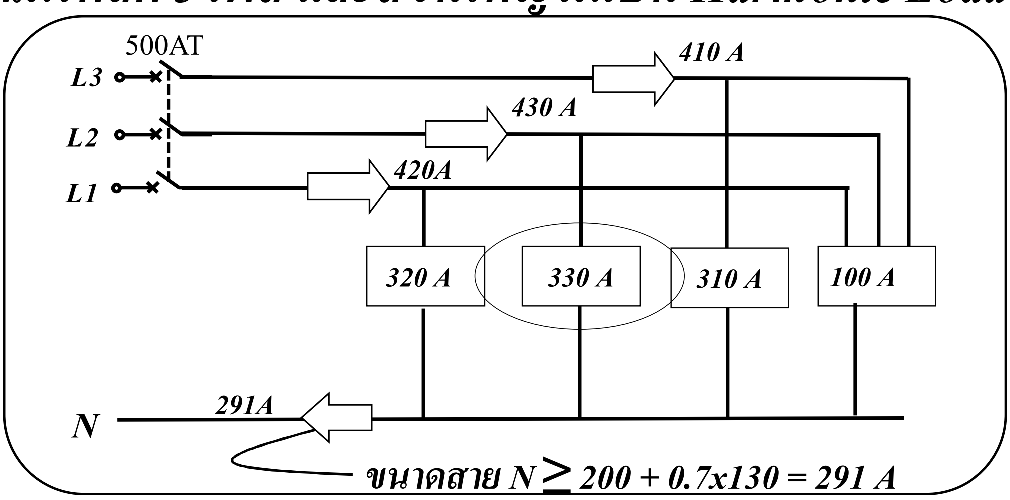
กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน **200A**

และโหลดส่วนใหญ่เป็น Harmonic Loads



คู่มือหน้า 131

กรณีมีโหลด 3 เฟส และส่วนใหญ่ไม่เป็น Harmonic Loads



รูปที่ 5.3 แสดงกระแสสูงสุดที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัล

(ใช้เพื่อการกำหนดขนาดสายนิวทรัล)

ถ้าเป็นโหลดที่มีกระแสฮามอนิกส์ ให้คิดจากโหลดไม่สมดุลสูงสุดสายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330 A

คู่มือหน้า 133,134

ตัวอย่างที่ 5.2 สายป้อน 1 เฟส 2 สาย วงจรหนึ่งของอาคารที่พักอาศัย ประกอบด้วยโหลดตามที่แสดงในรูปข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาด CB และสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

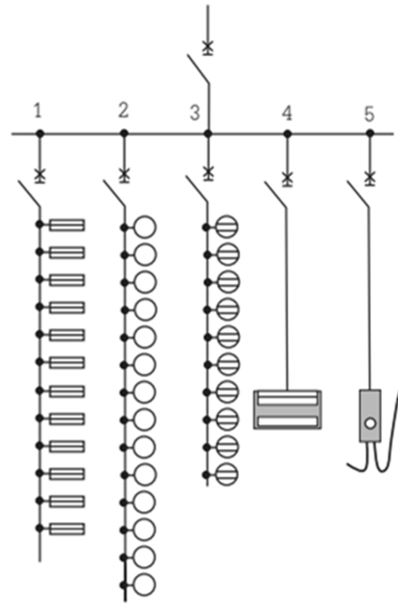
วงจรที่ 1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดชุดละ 2×40 วัตต์ กระแสชุดละ 0.4 Aจำนวน 12 ชุด

วงจรที่ 2 หลอด LED กระแสชุดละ 0.1 A จำนวน 14 หลอด

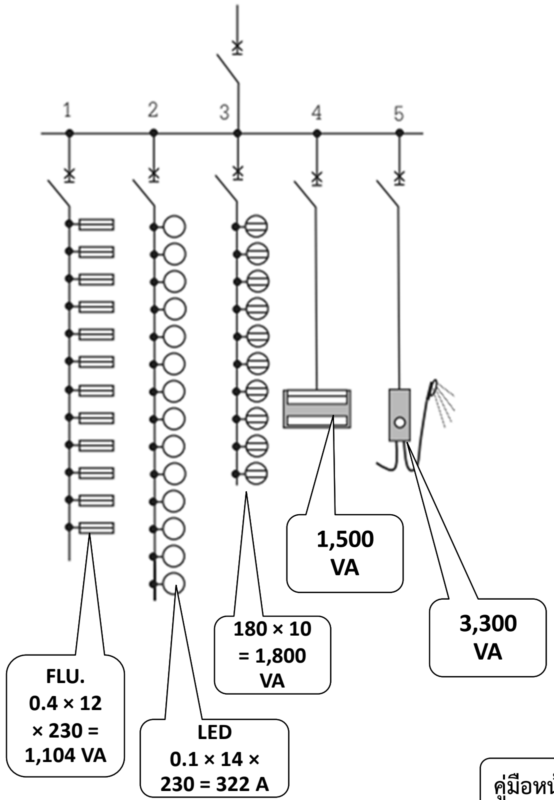
วงจรที่ 3 เต้ารับใช้งานทั่วไป จำนวน 10 ชุด

วงจรที่ 4 เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu, 1.5 kVA

วงจรที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3.3 kW



คู่มือ หน้า 135,136



หาโหลดรวม (แบ่งโหลดเป็นกลุ่มและใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามที่กำหนดข้างต้น)

ไม่เกิน 3,000VA
T.5-1
D.F. 100%

- ไฟฟ้าแสงสว่าง = 1,104 + 322 = 1,426 VA

- เต้ารับ = 1,800 VA

T 5-2ใช้สถานที่ไม่ใช้อยู่อาศัย คิด D.F. 100%

- เครื่องปรับอากาศ = 1,500 VA

T 5-3
D.F.100%

- เครื่องทำน้ำอุ่น = 3,300 VA

T 5-3
D.F.100%

โหลดรวม =1,426+1,800+1,500+3,300 = 8,026 VA

ขนาด CB =8.026/230 =34.9 A

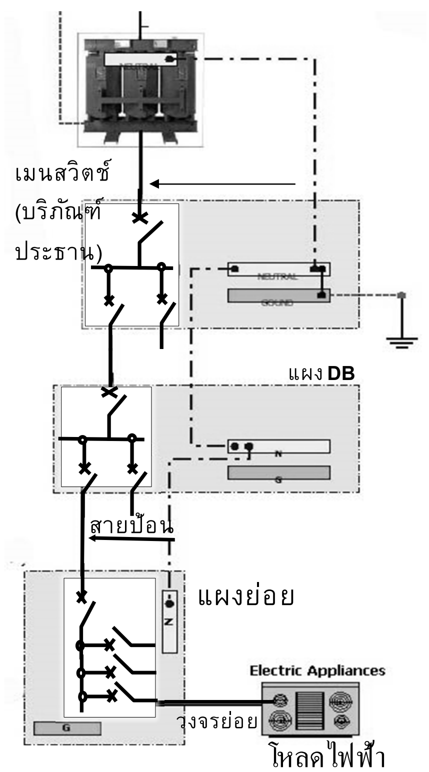
เลือกใช้ CB ขนาด 40 A

<u>ตารางที่ 5-20</u>, สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 40 A ใช้สาย IEC 01 ขนาด 10 ตร.มม. (50 A) เดินร้อยท่อเกาะผนัง

คู่มือหน้า218

คู่มือ หน้า 136,137

สายเมนและเมนสวิตช์



สายเมนหรือสายเมนเข้าอาคารหรือตัวนำประธาน คือตัวนำที่ต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กับบริภัณฑ์ประธาน(ทั้งระบบแรงสูงและแรงต่ำ)

เมนสวิตช์ หรือบริภัณฑ์ประธาน คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สับ-ปลดวงจรไฟฟ้าของทั้งอาคารและทำหน้าที่ตัดกระแสเกินด้วย ประกอบด้วยเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน(กรณีเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวเดียวกัน)

ในระบบแรงต่ำ สายเมนคือสายไฟฟ้าฯ ที่ต่อจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังเมนสวิตช์ (บริภัณฑ์ประธาน) ในระบบแรงสูง จะรวมถึงสายเมนแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ ไปยังหม้อแปลงไฟฟ้า และสายเมนแรงต่ำที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังเมนสวิตช์

คู่มือ หน้า 128

5.1.3 การคำนวณโหลดรวม เป็นการคำนวณหาโหลดทั้งหมดของอาคาร (หรือหม้อแปลง) การคำนวณดำเนินการเหมือนกับการคำนวณสายป้อนรวมทั้งใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตารางเดียวกัน โหลดที่คำนวณได้จะนำไปกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กรณีที่โหลดมากกว่าที่การไฟฟ้าฯ จะจ่ายด้วยไฟแรงต่ำได้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเอง

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน

- ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินกำหนดจากขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

การไฟฟ้านครหลวง	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ตามตารางที่ 5.4	- ตามตารางที่ 5.5

คู่มือ หน้า 137

ตารางที่ 5.4 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (กฟน.)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	โหลดสูงสุด (แอมแปร์)
5 (15)	16	10
15 (45)	50	30
30 (100)	100	75
50 (150)	125	100
200	200	150
	250	200
400	300	250
	400	300
	500	400

หมายเหตุ พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

(มาตรฐาน ว.ส.ท. 2001-51 ข้อ3.3)

คู่มือ หน้า 138

ตารางที่ 5.5 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์และคาร์ทริดฟิวส์ สำหรับตัวนำประธาน (กฟภ)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	ขนาดตัวนำประธานเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ (ตร.มม.)		บริภัณฑ์ประธาน				
			เซฟตีสวิตช์หรือโหลดเบรกสวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับคาร์ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิตเบรกเกอร์
	สายอะลูมิเนียม	สายทองแดง	ขนาดสวิตช์ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (แอมแปร์)	ขนาดคัตเอาต์ต่ำสุด (แอมแปร์)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (แอมแปร์)	ขนาดปรับตั้งสูงสุด (แอมแปร์)
5 (15)	10	4	30	16	20	16	16
15 (45)	25	10	60	50	-	-	50
30 (100)	50	35	100	100	-	-	100
5 (100)	10	4	30	16	20	16	16
	25	10	60	50	-	-	50
	50	35	100	100	-	-	100
200 ประกอบ CT แรงต่ำ	50	35	-	-	-	-	125
	70	50	-	-	-	-	160
	95	70	-	-	-	-	200

คู่มือ หน้า 139

หมายเหตุ

1)สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง

2) ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากวิธีเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธานในบทที่ 5 แต่ทั้งนี้ ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสไม่น้อยกว่าขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตาราง

3) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(15), 15(45) และ 30(100) แอมแปร์ เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดจานหมุน

4) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(100) แอมแปร์ และ 200 ประกอบ CT แรงต่ำ เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดอิเล็กทรอนิกส์

5) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

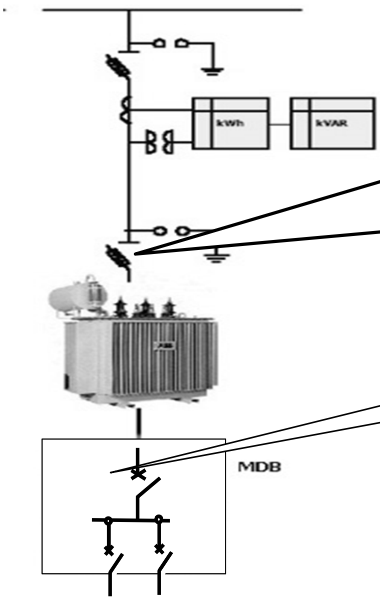
3P มหายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

6) ขนาดตัวนำประธานตามตารางยังไม่ได้พิจารณาผลจากแรงดันตก

7) ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธานให้อ้างอิงกับมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

คู่มือ หน้า 139

กรณีต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดตามขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า คือไม่เกิน 1.0 เท่าของกระแสไฟฟ้าด้านแรงต่ำของหม้อแปลง



•*ถ้าเป็น Circuit Breaker*

ปรับตั้งไม่เกิน 400 - 600 % In

•*ถ้าเป็น Power Fuses*

พิกัดกระแสไม่เกิน 300 % In

ปรับตั้งไม่เกิน 100 % In

ทั้งหม้อแปลง Oil Typeหรือ Dry Typeและการคำนวณ
กระแสหม้อแปลงต้องใช้แรงดันเมื่อไม่มีโหลด
(ตาม name plate หม้อแปลง)

คู่มือ หน้า 140

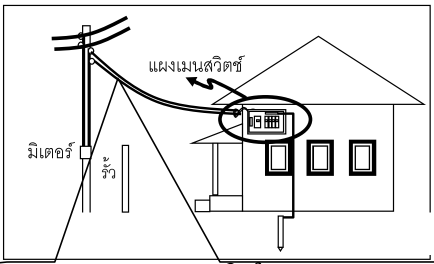
ตารางที่ 7.1 ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาดอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดัน มากกว่า 1,000 โวลต์		แรงดัน มากกว่า 1,000 โวลต์		แรงดัน ไม่เกิน 1,000 โวลต์
	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	100%
มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	100%

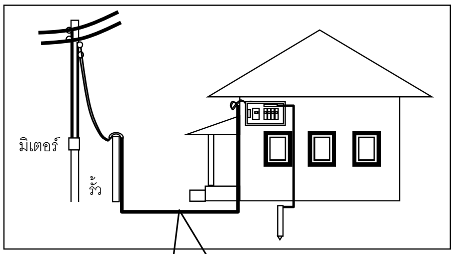
คู่มือ หน้า 177

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า(สายเมนหรือสายประธาน)

(1) สายเส้นไฟ



สายเมนเดินในอากาศ



สายเมนเดินในท่อฝังดิน

<u>1 ระบบสายอากาศ</u>

ต้องเป็นตัวนำทองแดง ขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

<u>หมายเหตุ</u> กฟภ. ยอมให้ใช้ตัวนำอะลูมิเนียมจากเสาไฟฟ้าไปที่ชายคาบ้านได้ เป็นไปตามตารางที่ 5.5

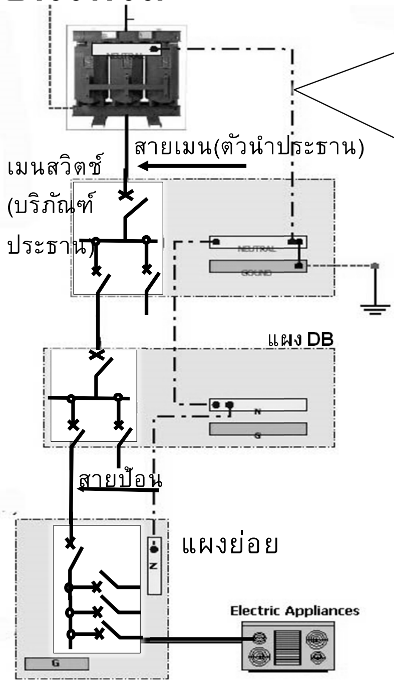
<u>2 ระบบสายใต้ดิน</u>

ต้องเป็นตัวนำทองแดง ขนาดไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

คู่มือหน้า **140**

สายเมนแรงต่ำกรณีรับไฟแรงสูงและมีหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดสายเมนเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า

(2) สายนิวทรัล



ขนาดสายนิวทรัล(สายเส้นที่มีการต่อลงดิน)ในระบบ 3 เฟส 4 สาย ต้องมีขนาดทุกข้อดังนี้

- มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไหลในสายนิวทรัลได้ เช่นเดียวกับสายป้อน
- ต้องไม่เล็กกว่า สายต่อหลักดิน(GEC) ของระบบไฟฟ้าตาม ตาราง 4.1
- ไม่เล็กกว่าร้อยละ 12.5 ของสายเมนเส้นเฟส (รวมสายทุกเส้นของเฟสเดียวกันเข้าด้วยกัน)

<u>ข้อแนะนำในทางปฏิบัติโดยทั่วไป</u>

- ถ้าโหลด 3 เฟส มากกว่า 40-50% ของพิกัดหม้อแปลง ให้ใช้สายนิวทรัลไม่น้อยกว่า 50% (half neutral) ของกระแสพิกัดหม้อแปลง

หมายเหตุ กรณีเดินสายควบ จำนวนสายนิวทรัลควรเท่ากับจำนวนสายควบของแต่ละเฟส เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มได้ถูกต้องเหมาะสม คือในแต่ละกลุ่มต้องมีสายครบทุกเฟสรวมทั้งสายนิวทรัลด้วย

คู่มือหน้า **140**

ตารางที่ 4.1 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธานทองแดง (ตร.มม.)	*ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินทองแดง (ตร.มม.)*
ไม่เกิน 35	*10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	*16*
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	*25*
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	*35*
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	*50*
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	*70*
เกิน 500	*95*

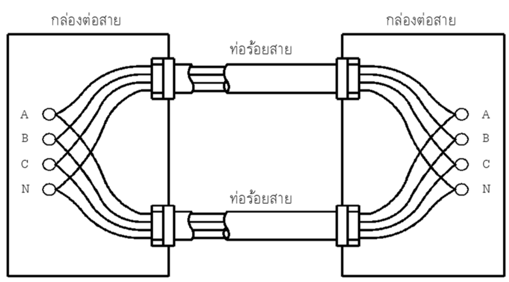
คู่มือหน้า 115

การเดินสายควบ

คือการใช้สายไฟฟ้าตั้งแต่สองเส้นขึ้นไป โดยสายทั้งหมดมีการต่อที่ปลายสายทั้งสองข้างเข้าด้วยกัน **(ในแต่ละกลุ่มต้องมีสายครบทุกเฟสรวมทั้งสายนิวทรัลด้วย)**

อนุญาตให้วงจรไฟฟ้าเส้นไฟและนิวทรัลเดินสายควบได้ โดย

- ✐**การเดินสายควบ ต้องใช้สายขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.**
- ✐**ใช้สายชนิดเดียวกัน**
- ✐**ขนาดเดียวกัน**
- ✐**มีความยาวเท่ากัน**
- ✐**วิธีการต่อสายเหมือนกัน**



ต้องครบทุกข้อ

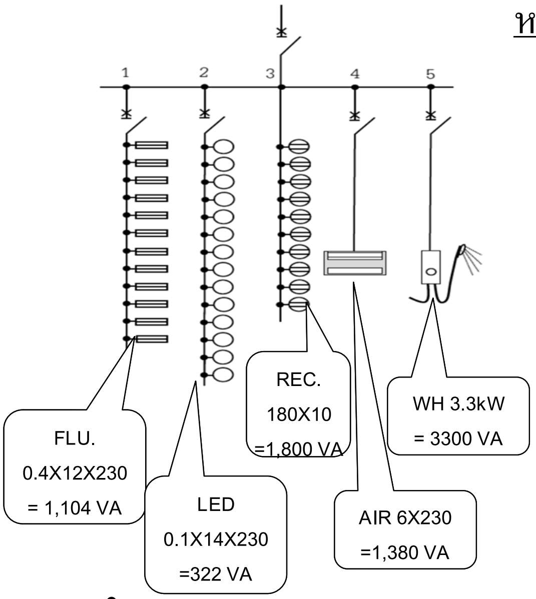
เพื่อให้อิมพีแดนซ์ใกล้เคียงกันมากที่สุด

Z=R+jXL

XLอยู่ที่
วิธีการวางสาย

คู่มือหน้า **140**

ตัวอย่างที่ 5.3 บ้านพักอาศัยหลังหนึ่งในพื้นที่ กฟน. ประกอบโหลดตามที่แสดงข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดเครื่องวัดฯ เมนสวิตช์ และขนาดสายเมน กำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินลอยในอากาศ



หาโหลดรวม

- ไฟฟ้าแสงสว่าง = 1,104 + 322 = 1,426 VA (*ไม่เกิน 2000VA T.5-1 D.F. 100%*)

- เต้ารับ = 1,800 VA (*ใช้สถานที่ที่ไม่ใช่อยู่อาศัย คิด D.F. 100%*)
- เครื่องปรับอากาศ = 1,380 VA (D.F.100%)
- เครื่องทำน้ำอุ่น = 3,300 VA (D.F.100%)

โหลดรวม =1,426+1,800+1,380+3,300 = 7,906 VA

กระแสโหลด =(7,096/230 = 34.4 A (คู่มือหน้า220)

ตารางที่ 5.4 ได้เครื่องวัดขนาด 30(100)A

เมนสวิตช์, ขนาด CB ไม่เกิน 100 A ตารางที่ 5-22(ภาคผนวก A)

ขนาดสายเมน เลือกจาก CB 100 A ได้ IEC 01

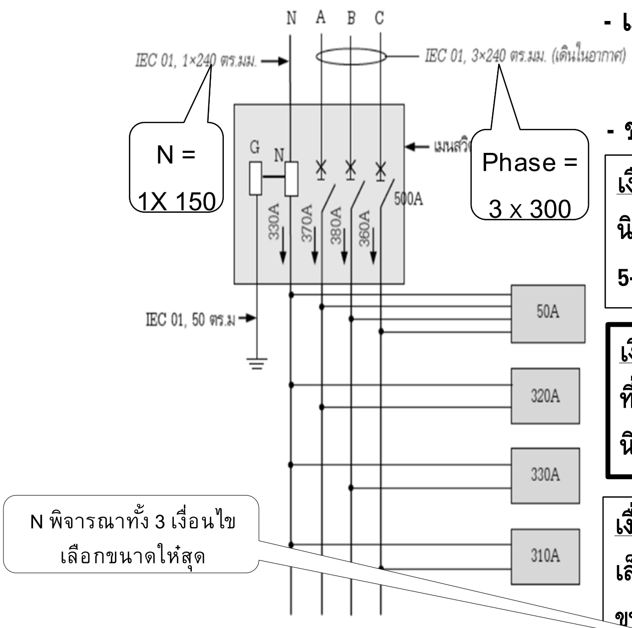
ขนาด 25 ตร.มม. (113 A)

จะเลือกใช้ CB =1.25 x 34.4 = 43.6 A

= 63 A ก็ได้ สายเมนจะลดลง

คู่มือ หน้า 141,142

ตัวอย่างที่ 5.4 อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งมีโหลดรวมของอาคารที่คิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว ตามที่แสดงในวงจร ต้องการกำหนดขนาดสายเมน กำหนดให้โหลดของวงจรเป็นชนิดที่มีฮาร์มอนิกส์



- เมน CB ขนาด 500 A สายเมนเดินในอากาศ

  สายเส้นเฟส ได้สาย IEC 01 ขนาด 300 ตร.มม. (573 A) (ตารางที่5-22)

- ขนาดสายนิวทรัล

<u>เงื่อนไขที่ 1</u> มีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไหลในสายนิวทรัลได้(โหลดมีฮาร์มอนิกส์) สาย N ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330A ตาราง 5-22 ได้สาย IEC01 ขนาด150 ตร.มม.(365 A)

<u>เงื่อนไขที่ 2</u> มีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดิน ตามเรื่องการต่อลงดิน ตาราง ที่ 4-1 ขนาดสายเมน 300 ตร.มม. ได้สายต่อหลักดิน ขนาด 50 ตร.มม. สายนิวทรัลต้องไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.

<u>เงื่อนไขที่ 3</u> ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนเส้นเฟส คือต้องไม่เล็กกว่า 12.5% ของ 300 ตร.มม. $\geq$ 12.5 × 300/100 $\geq$ 37.5 ตร.มม. (ใช้สายขนาด 50 ตร.มม.)

สรุป ขนาดสายเมน คือ IEC 01, ขนาด 3×300 ตร.มม., N 1×150 ตร.มม.

คู่มือ หน้า 143,144

ตัวอย่างที่ 5.5 ต้องการกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง จากแบบไฟฟ้ามีโหลดที่ยังไม่คิดดีมานด์แฟกเตอร์ (DF.) ดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง รวม 40 kVA
2. เต้ารับใช้งานทั่วไป รวม 12 kVA
3. เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้องรวม 25 kVA
4. เครื่องจักร รวม 350 kVA (กำหนดให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 80%)

<u>วิธีทำ</u>

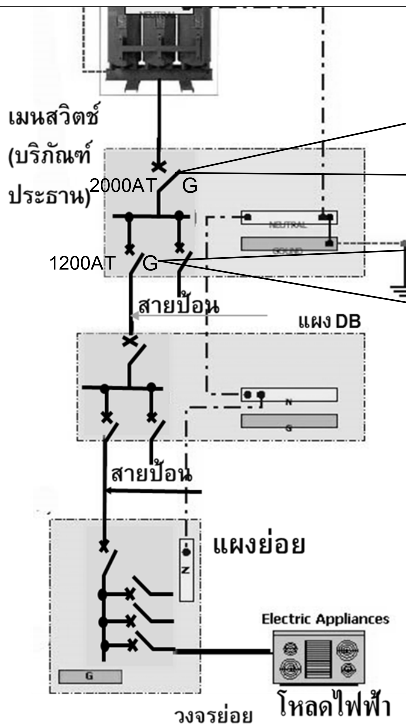
1. ไฟฟ้าแสงสว่าง DF. ตารางที่ 5.1 อาคารประเภทอื่น (100%) = 40 kVA
2. เต้ารับใช้งานทั่วไป DF. ตารางที่ 5.2 = (10 + (2 × 0.5) = 11 kVA
3. เครื่องปรับอากาศ DF. ตารางที่ 5.3 (75%) = 25 × 0.75 = 18.75 kVA
4. เครื่องจักร DF. 80% = 350 × 0.8 = 280 kVA

โหลดรวม = 40 + 11 + 18.75 + 280 = 349.75 kVA

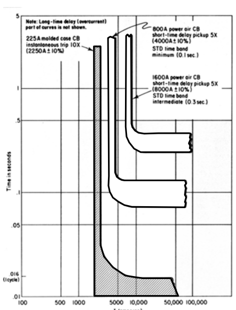
เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 400 kVA

คู่มือ หน้า 144

5.3.2 การติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection)



เครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรสายป้อนและบริภัณฑ์ประธานที่มีขนาดตั้งแต่ 1,000A ขึ้นไป ต้องติดตั้ง Ground fault protection ของบริภัณฑ์



ข้อยกเว้น

1. ไม่ใช้กับเครื่องปลดวงจรประธานของกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง ซึ่งถ้าหยุดกระทันหันจะทำให้เกิดความเสียหายมาก

2. ไม่ใช้กับเครื่องสูบน้ำดับเพลิง

มาตรฐาน วสท

การติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) เป็นการติดตั้งเพื่อลดหรือป้องกันความเสียหายที่เกิดกับทรัพย์สิน เมื่อเกิดไฟรั่วในวงจรเครื่องจะสั่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ปลดวงจร หลักการทำงานเหมือนกับเครื่องตัดไฟรั่ว แต่กระแสที่วัดได้และปลดวงจรจะสูงกว่ามาก วิธีการวัดกระแสรั่วแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. วิธีวัดกระแสไหลกลับผ่านระบบดิน(Source Ground Return Sensing method)
2. วิธีวัดกระแสสมดุล(Zero Sequence Sensing method)
3. วิธีวัดกระแสตกค้างหรือกระแสเหลือ(Residual Sensing method)

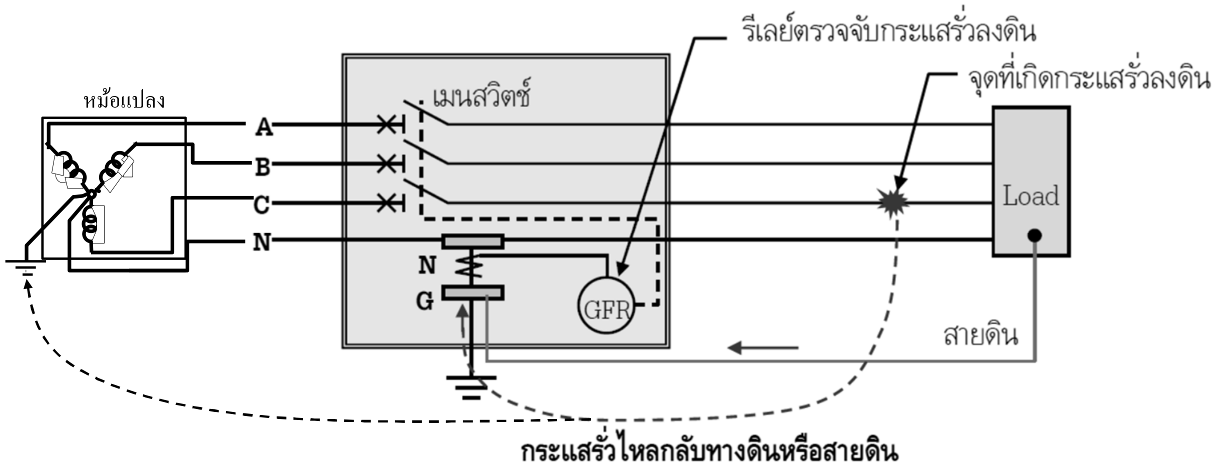
การตรวจวัดการเกิดกระแสผิดพร่องลงดิน(Ground Fault protection)

ใช้กฎของ Kirchhoff คือ $\sum I = 0$

คู่มือ หน้า 158

1.วิธีวัดกระแสไหลกลับผ่านระบบดิน (Source Ground Return Sensing Method)

- สายต่อหลักดินจะต่อเข้าจุด Ground Bus
- มี CT ติดตั้งระหว่าง Neutral Bus และ Ground Bus
- สาย Ground จะต่อเข้ากับส่วนโลหะที่เครื่องห่อหุ้มที่ไม่นำกระแส
- เมื่อเกิด Ground Fault, Ig จะไหลกลับไปยัง Neutral โดยผ่าน CT
- ถ้า Ig > Setting แสดงว่าเกิด Ground Fault มากพอ CB ตัดวงจรตามเวลาที่ตั้งไว้

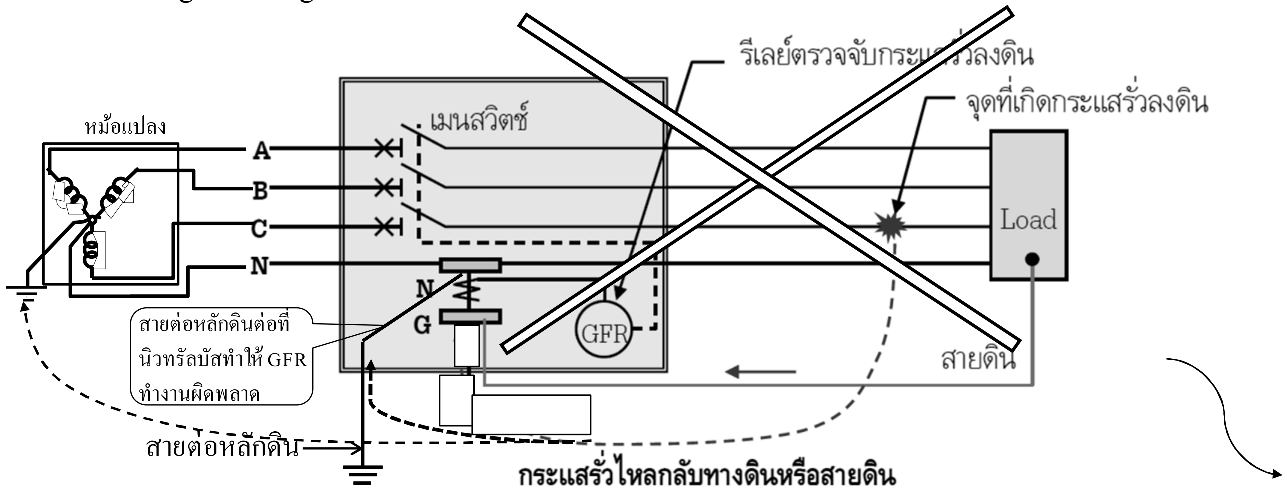


รูปที่ 5.9 วิธีวัดกระแสไหลกลับผ่านระบบดิน (Source Ground Return Sensing Method)

คู่มือ หน้า 158

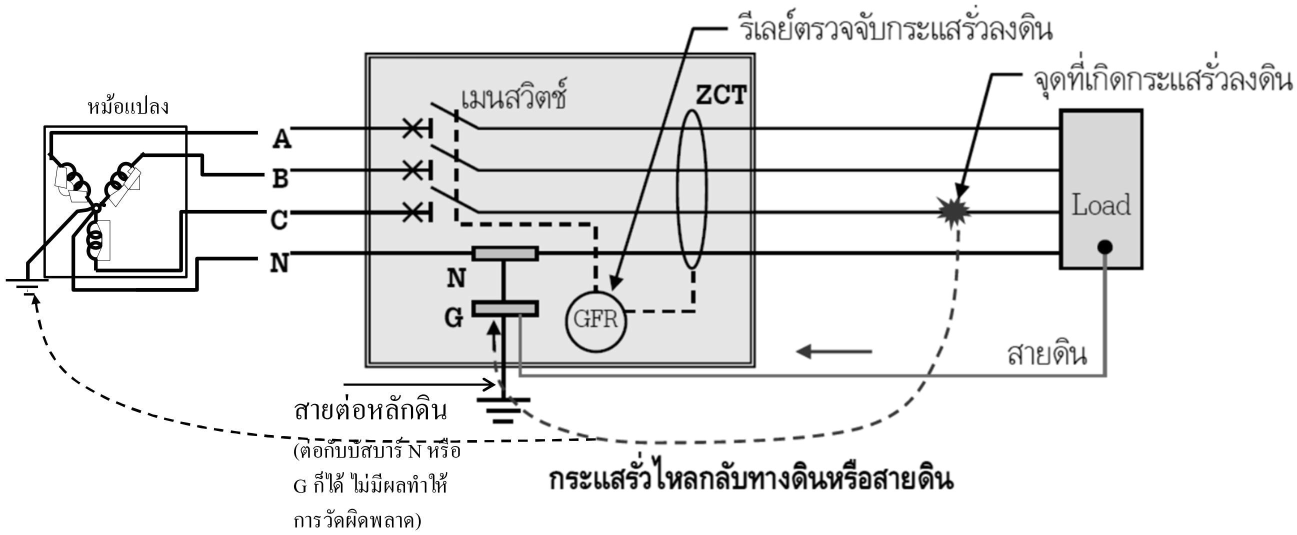
1.วิธีวัดกระแสไหลกลับผ่านระบบดิน (Source Ground Return Sensing Method)

- สายต่อหลักดินจะต่อเข้าจุด Neutral Bus ผิด
- มี CT ติดตั้งระหว่าง Neutral Bus และ Ground Bus
- สาย Ground จะต่อเข้ากับส่วนโลหะที่เครื่องห่อหุ้มที่ไม่นำกระแส
- เมื่อเกิด Ground Fault, Ig จะไหลกลับไปยัง Neutral โดยผ่าน CT
- ถ้า Ig > Setting แสดงว่าเกิด Ground Fault มากพอ CB ตัดวงจรตามเวลาที่ตั้งไว้



2.วิธีวัดกระแสสมดุล (Zero Sequence Sensing Method)

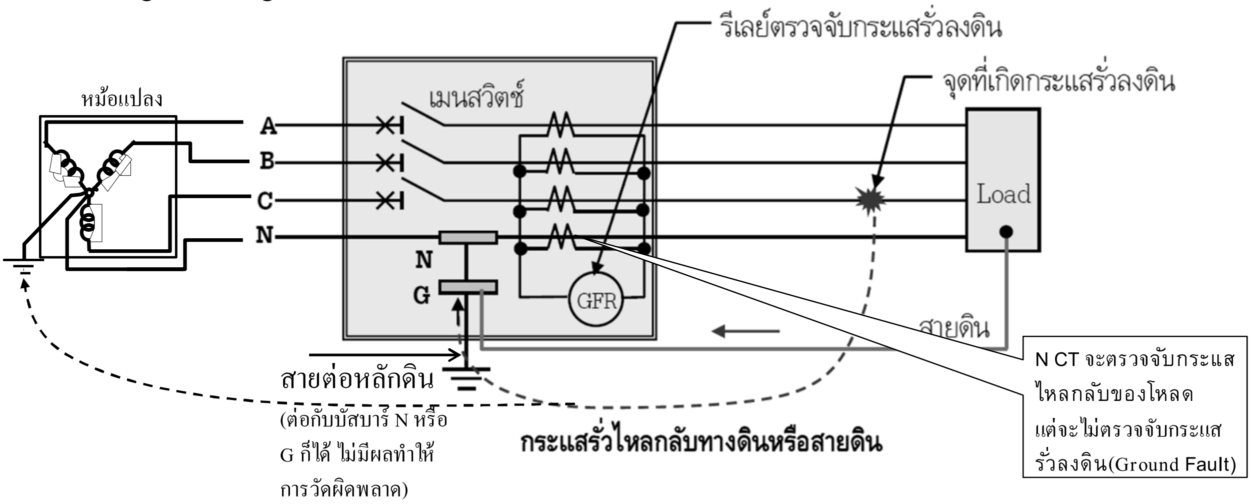
- มี Zero Sequence Current transformer หรือ ZCT ล้อม Phases และสาย Neutral
- ระบบเป็นปกติกระแสทั้งหมดจะหักล้างกันหมด ทางด้าน Secondary ของ ZCT ไม่มีกระแส
- เมื่อเกิด Ground Fault ทางด้าน Secondary ของ ZCT จะมีกระแสไหล คือ Ig
- ถ้า Ig > Setting แสดงว่าเกิด Ground Fault มากพอ CB ตัดวงจรตามเวลาที่ตั้งไว้



รูปที่ 5.10 วิธีวัดกระแสสมดุล (Zero Sequence Sensing Method)

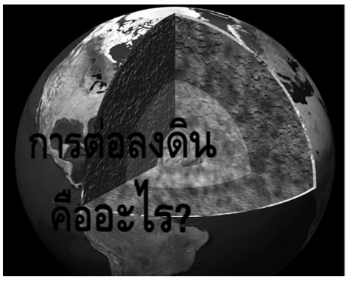
3.วิธีวัดกระแสตกค้างหรือกระแสเหลือ (Residual Sensing Method)

- กระแสจาก CT ทั้ง 3 Phases รวม Phasor เป็น Iph, Ia + Ib + Ic = Iph
- นำกระแส Iph มาเปรียบเทียบกับกระแสจาก CT ของสาย Neutral In
- ถ้า Iph = In แสดงว่า (ผลรวมกระแสเป็นศูนย์) ระบบเป็นปกติ
- ถ้า Iph ≠ In แสดงว่า เกิด Ground Fault ผลต่างคือกระแส Ig
- ถ้า Ig > Setting แสดงว่าเกิด Ground Fault มากพอ CB ตัดวงจรตามเวลาที่ตั้งไว้



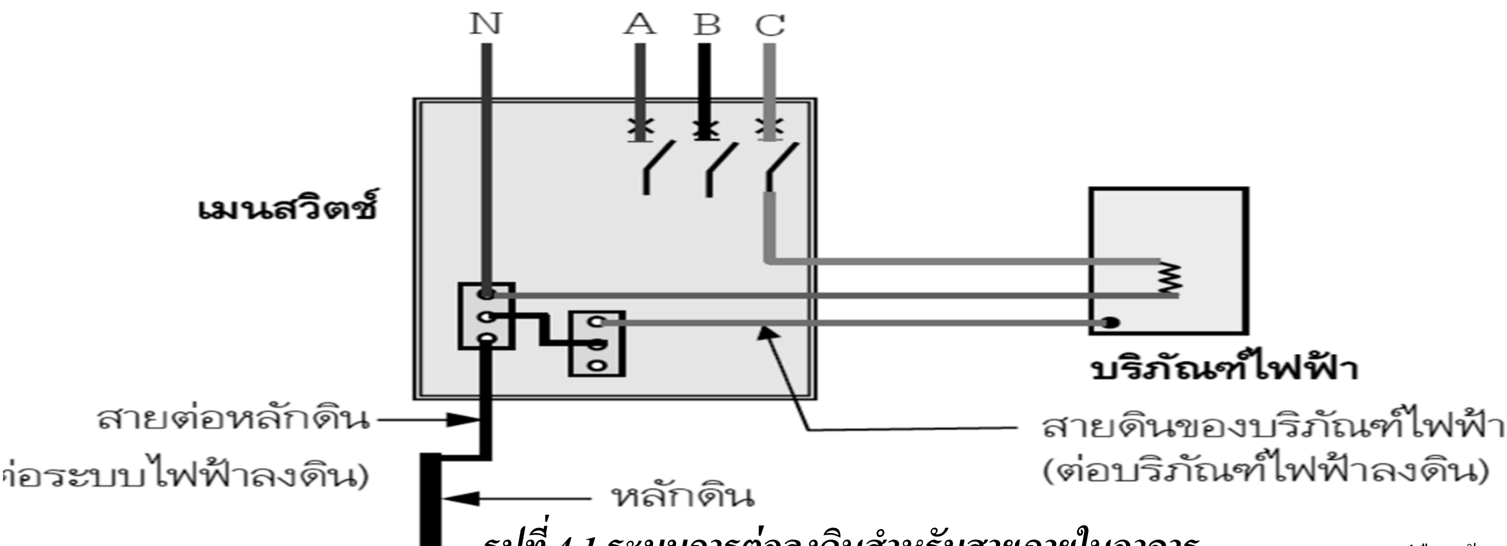
รูปที่ 5.11 วิธีวัดกระแสตกค้างหรือกระแสเหลือ (Residual Sensing Method)

คู่มือ หน้า 159



บทที่ 4 การต่อลงดิน

การต่อลงดินคือ การใช้ตัวนำไฟฟ้าต่อวงจรไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า(อุปกรณ์ไฟฟ้า)ลงดินโดยการต่อเข้ากับหลักดิน การต่อนี้ต้องเป็นการต่อแบบถาวร มั่นคง แข็งแรงและมีความต้านทานต่ำ



รูปที่ 4.1 ระบบการต่อลงดินสำหรับสายภายในอาคาร

คู่มือ หน้า 107

4.1 ชนิดของการต่อลงดิน

การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าภายในอาคารเป็นเป็น 2 ชนิด ดังนี้

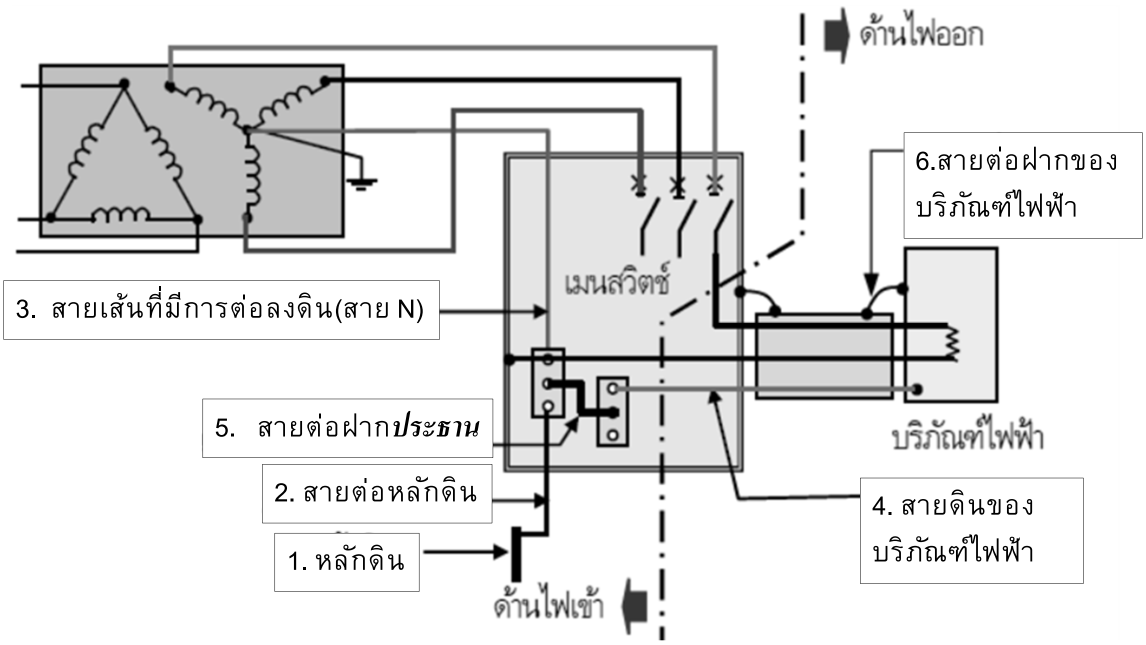
1.การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า(system grounding) คือการต่อระบบหรือวงจรไฟฟ้าลงดิน โดยใช้สายต่อหลักดิน(ตัวนำไฟฟ้า)ต่อเข้ากับหลักดินหรือสิ่งที่ทำหน้าที่แทนหลักดิน

2.การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า(equipment grounding) คือการต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องการต่อลงดิน ทำได้โดยการเดินสายดินจากบริภัณฑ์ฟ้าไปต่อลงดินที่เมนสวิตช์และใช้หลักดินเดียวกันกับของระบบไฟฟ้า

คู่มือ หน้า 107

4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน

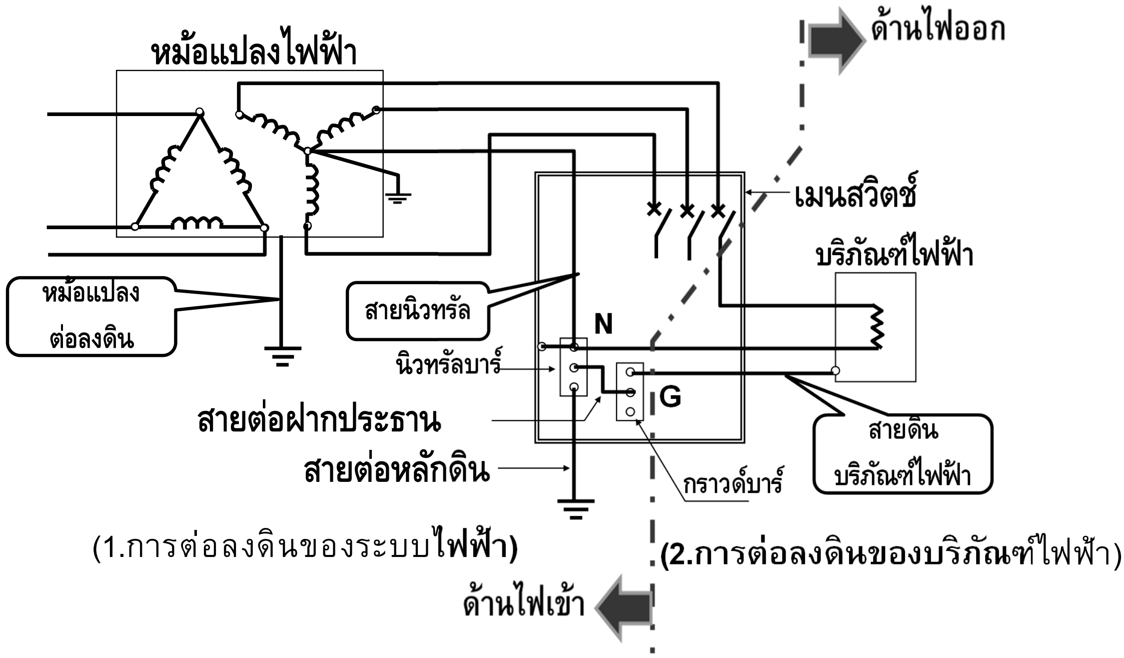
ระบบการต่อลงดินมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดิน

คู่มือ หน้า 108

1. การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า (SYSTEM GROUNDING)
2.การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า(EQIUPMENT GROUNDING)

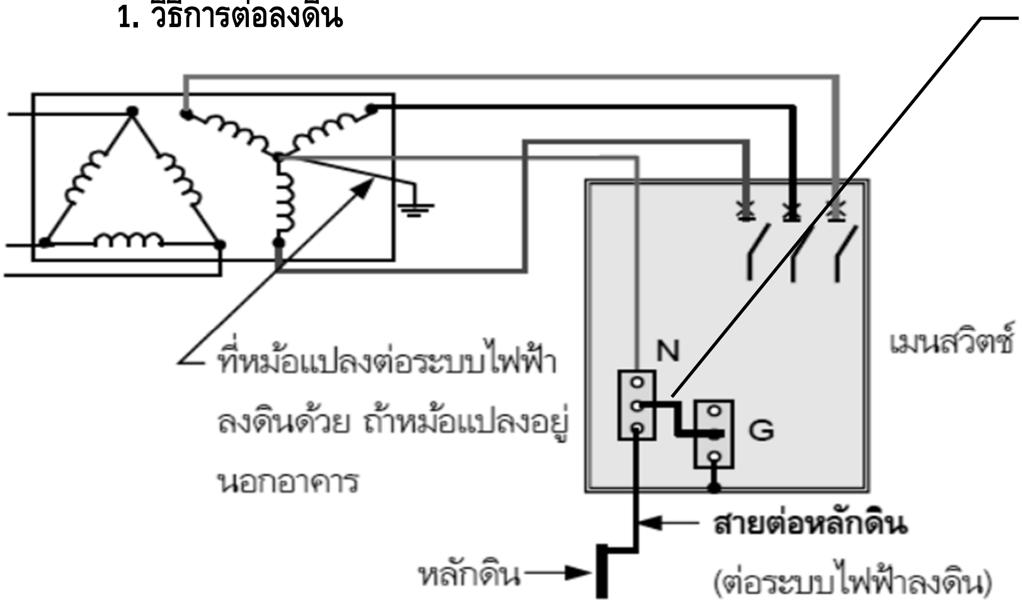


คู่มือ หน้า 108

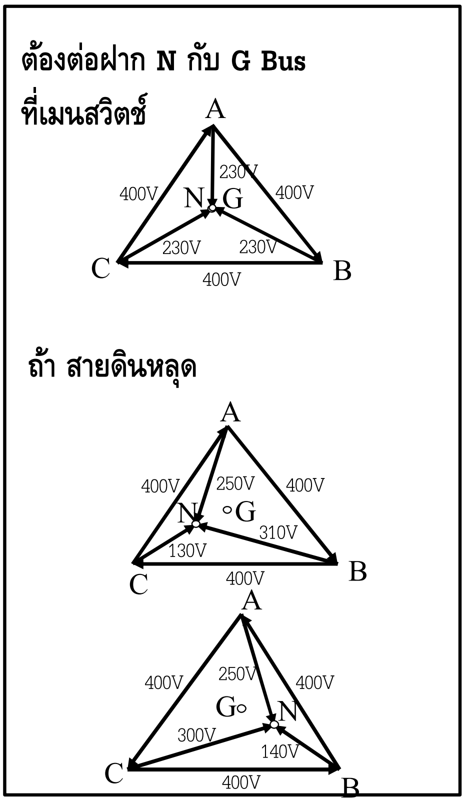
4.3 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

4.3.1 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้า

1. วิธีการต่อลงดิน



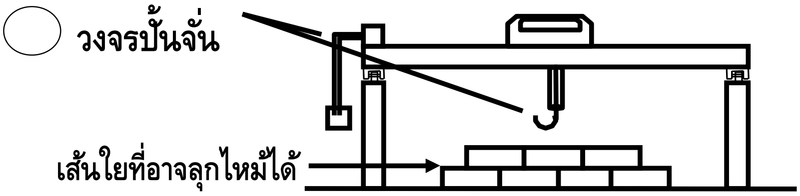
รูปที่ 4.3 วงจรการต่อลงดินของระบบไฟฟ้า



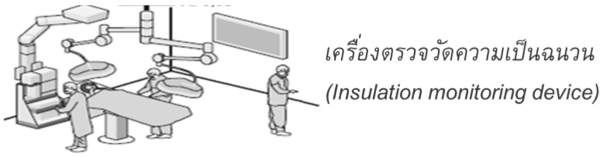
คู่มือ หน้า 109

2. ระบบไฟฟ้าที่ห้ามต่อลงดิน

- 1. วงจรของปั้นจั่นที่ใช้งานอยู่เหนือวัสดุเส้นใยที่อาจลุกไหม้ได้ ซึ่งอยู่ในบริเวณอันตราย
  - เนื่องจากอาจเกิดความไม่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุได้



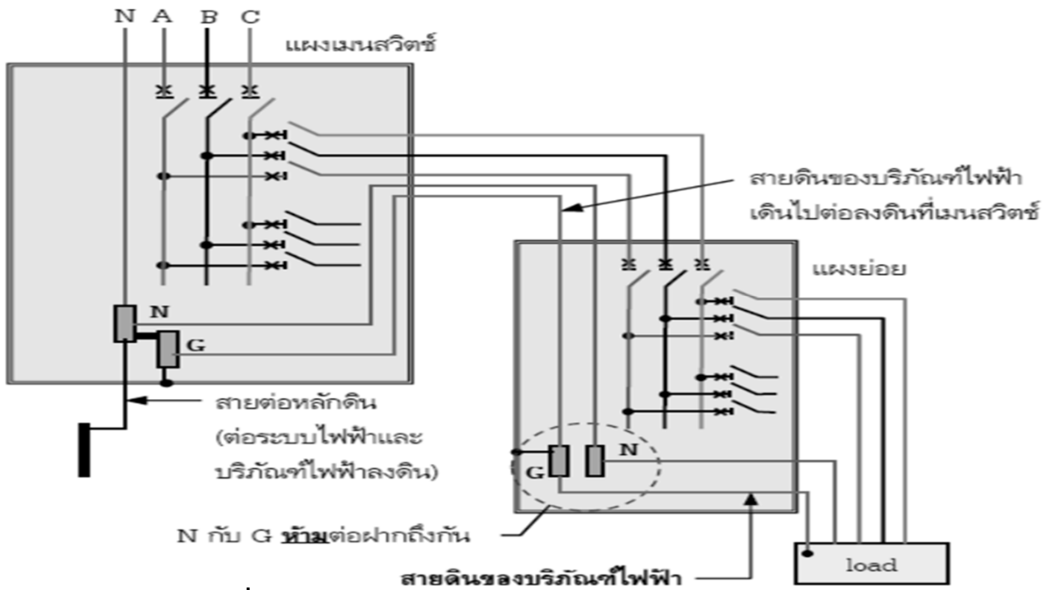
- 2. วงจรในสถานดูแลสุขภาพ (health care facility) เช่น วงจรในห้องผ่าตัดสำหรับโรงพยาบาล หรือคลีนิค ใช้ Isolation Transformer
- เนื่องจากไฟฟ้าดับอาจมีผลต่อชีวิตได้



คู่มือ หน้า 109

4.3.2 การต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1. วิธีการต่อลงดิน การต่อลงดินทำได้โดยการเดินสายดิน (สายเขียว) ไปต่อลงดินที่บริภัณฑ์ประธาน โดยใช้หลักดินเดียวกันกับของระบบไฟฟ้า (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 วงจรการต่อลงดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

คู่มือ หน้า 110

2. บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน?

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เมื่อเกิดไฟรั่วแล้วจะเป็นอันตรายต้องต่อลงดิน พอสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

(รายละเอียดเพิ่มเติม ดูได้จากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย)

(1) *เครื่องห่อหุ้มและ/หรือช่องเดินสายโลหะของสายตัวนำ*

(2) *บริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดยึดติดกับที่ หรือชนิดที่มีการเดินสายถาวร ส่วนที่เป็นโลหะที่เปิดโล่งและไม่ได้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า*

(3) **บริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดยึดติดกับที่ทุกขนาดแรงดัน ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งและไม่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า**

(4) **บริภัณฑ์ซึ่งไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าโดยตรง**

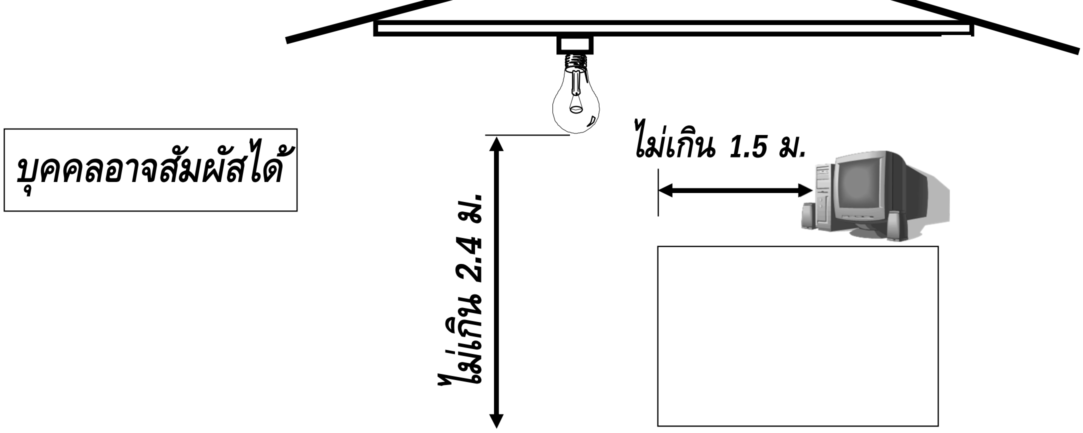
(5) **บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีสายพร้อมเต้าเสียบ ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งของบริภัณฑ์ไฟฟ้า**

(6)**เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานที่อยู่อาศัยระบุว่าต้องต่อลงดิน**

(7) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้ในสถานที่อยู่อาศัย**ระบุว่าต้องต่อลงดิน**

คู่มือ หน้า 110-112

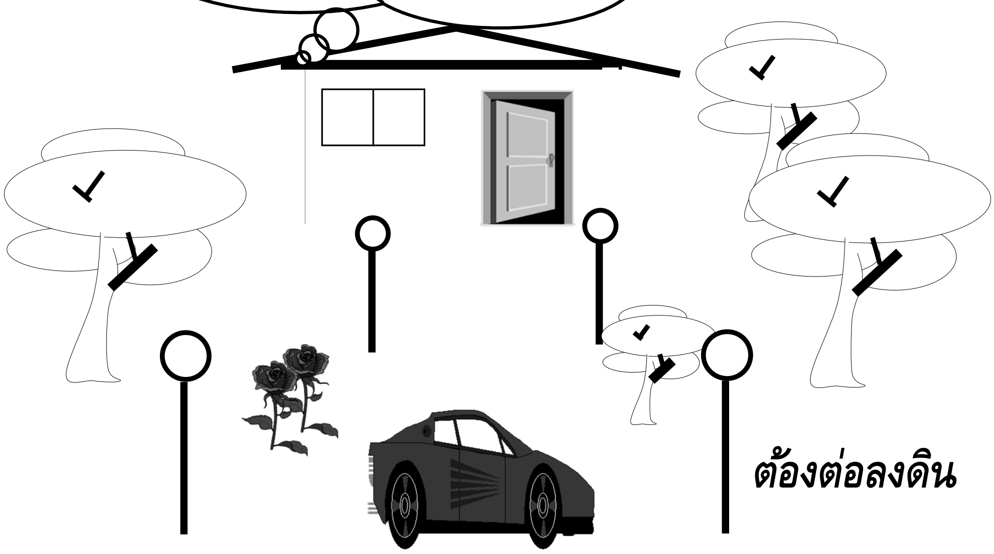
บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่บุคคลสัมผัสถึง ต้องต่อลงดิน



สำหรับดวงโคมไฟฟ้าถึงแม้ติดตั้งอยู่ที่สูงก็ตามแนะนำให้ต่อลงดินเพื่อความปลอดภัยในการบำรุงรักษา

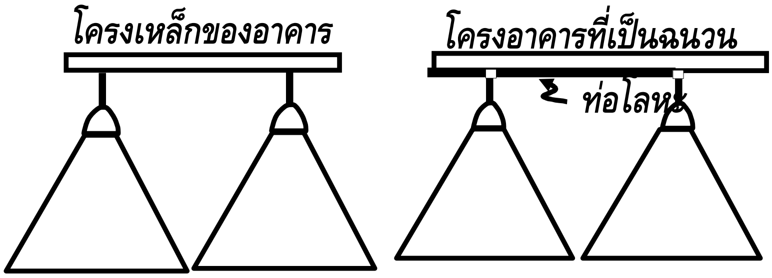
คู่มือ หน้า 111

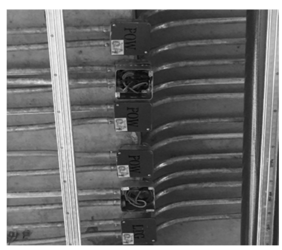
อยู่ในสถานที่เปียกหรือชื้น และไม่ได้มีการแยกอยู่ต่างหาก (บุคคลอาจสัมผัสได้โดยบังเอิญ)ต้องต่อลงดิน



ต้องต่อลงดิน

สัมผัสทางไฟฟ้ากับโลหะ หรือรับไฟจากสายไฟฟ้าที่เดินร้อยท่อโลหะ





3. อุปกรณ์(บริภัณฑ์)ไฟฟ้า<u>ที่ต้องต่อลงดินและที่ยกเว้นไม่ต้องต่อลงดิน</u>

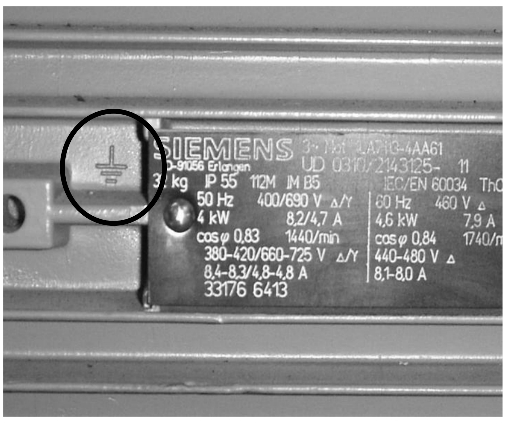
- บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีสายพร้อมเต้าเสียบ

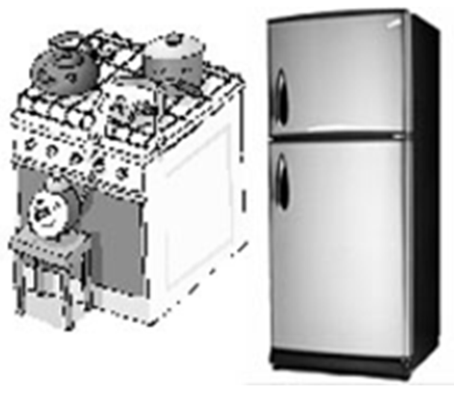
  - ที่ใช้ในบริเวณอันตราย
  - ใช้แรงดันเกิน 150 โวลต์ ยกเว้น มอเตอร์ที่มีการกั้น หรือ บริภัณฑ์ที่ระบุว่าเป็นฉนวน 2 ชั้น (เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท II)
  - บริภัณฑ์ไฟฟ้าในสถานที่อยู่อาศัย ยกเว้น บริภัณฑ์ที่ระบุว่าเป็นฉนวน 2 ชั้น
  - เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้ในสถานที่อยู่อาศัย ยกเว้น บริภัณฑ์ที่ระบุว่าเป็นฉนวน 2 ชั้น หรือ ใช้แรงดันไม่เกิน 50 โวลต์ ซึ่งรับไฟจากหม้อแปลงนิรภัยชนิดแยกขดลวด (เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท III) III

คู่มือ หน้า 112

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องมีสายดิน

- **เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีโครงเป็นโลหะ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับน้ำ หรือ ความร้อน เช่น เครื่องสูบน้ำ ตู้เย็น เตาไฟฟ้า เครื่องซักผ้า เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น** (เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท I)
- **เต้าเสียบที่ใช้งาน จำเป็นต้องมีขั้วสายดิน**



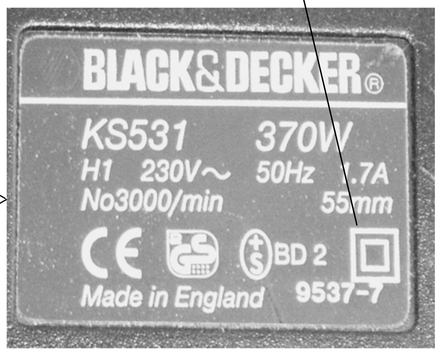


คู่มือ หน้า 112

ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ต้องมีสายดิน (เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภท II)

- **เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการป้องกันไฟดูด โดยมีโครงหุ้มด้วยฉนวน 2 ชั้น เช่น พัดลม โทรทัศน์ หรือ วิทยุ เป็นต้น ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีขั้วสายดิน**

เครื่องหมายฉนวนสองชั้นที่ไม่ต้องมีสายดิน



คู่มือ หน้า 112

4.4 ชนิดและขนาดสายดิน

4.4.1 สายต่อหลักดิน

1. ชนิด ต้องเป็นตัวนำทองแดง ชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตีเกลียวหุ้มฉนวน และต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอดโดยไม่มีการต่อระหว่างทาง แต่ถ้าเป็นจุดทดสอบตามที่กำหนดในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ สามารถต่อได้ และถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้ต่อได้

2. ขนาด กำหนดจากขนาดสายประธานเส้นไฟ (สายเมนเข้าอาคาร) ตามตารางที่ 4.1 ขนาดสายใหญ่สุดคือ 95 ตร.มม.

ตารางที่ 4.1

ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ขนาดตัวนำประธาน (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน(ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน500	70
เกิน 500	95

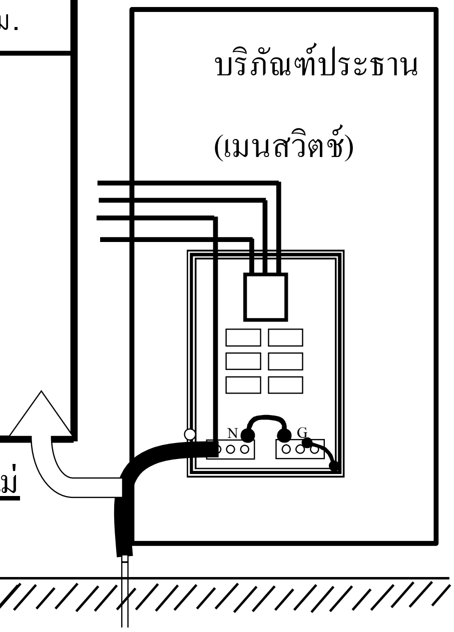
คู่มือ หน้า 113,115

ขนาดสายต่อหลักดิน **ต้องเป็นตัวนำทองแดง ชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตีเกลียวหุ้มฉนวนกำหนดจากขนาดสายเมนเข้าอาคาร ตามตารางที่ 4.1**

บางครั้งสายต่อหลักดินอาจมีแรงดัน

ตารางที่ 4.1

ขนาดสายประธานเข้าอาคาร (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.	ขนาดสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.
$\leq$ 35	10
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95



สายต่อหลักดินสำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องไม่เล็กกว่าตารางที่ 4-1 ขนาดใหญ่สุดคือ **95 ตร.มม.**

4.4.2 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1. ชนิด ต้องเป็นตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนหรือเปลือย หรือเป็นเปลือกโลหะของสายเคเบิลชนิด AC, MI และ MC หรือโครงของบัสเวย์ที่ระบุให้ใช้แทนสายดินได้

หากเป็นตัวนำหุ้มฉนวน ฉนวนต้องเป็นสีเขียวหรือเขียวแถบเหลือง แต่ถ้ามีขนาดใหญ่กว่า 16 ตร.มม. ให้ทำเครื่องหมายให้เห็นได้ชัดเจนแทนได้ ทุกบริเวณที่มีจุดต่อสายและทุกปลายสาย ดังนี้

(1) ทำให้ฉนวนหรือเปลือกส่วนที่มองเห็นเป็นสีเขียว หรือเขียวแถบเหลือง

(3) ระบุด้วยตัวอักษร PE ,G หรือ E

4.4.2 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ต่อ)

2. ขนาด กำหนดจากตารางที่ 4.2 แต่ไม่จำเป็นต้องใหญ่กว่าสายไฟฟ้าของวงจรนั้นเช่น สายวงจรขนาด 1.5 ตร.มม. สายดินก็ไม่ต้องใหญ่กว่า 1.5 ตร.มม. ถึงแม้ว่าขนาดเล็กสุดในตารางที่ 4.2 จะเป็นขนาด 2.5 ตร.มม. ก็ตาม

(1) ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรนั้น ตาม ตารางที่ 4.2

(2) ขนาดสายดินของมอเตอร์ กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันโหลดเกิน (overload relay) และดูจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตารางที่ 4.2 (โดยทั่วไปจะตั้งไว้ที่ 100 % ของกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์)

คู่มือ หน้า 111

ตารางที่ 4.2
ขนาดสายดินเล็กสุดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

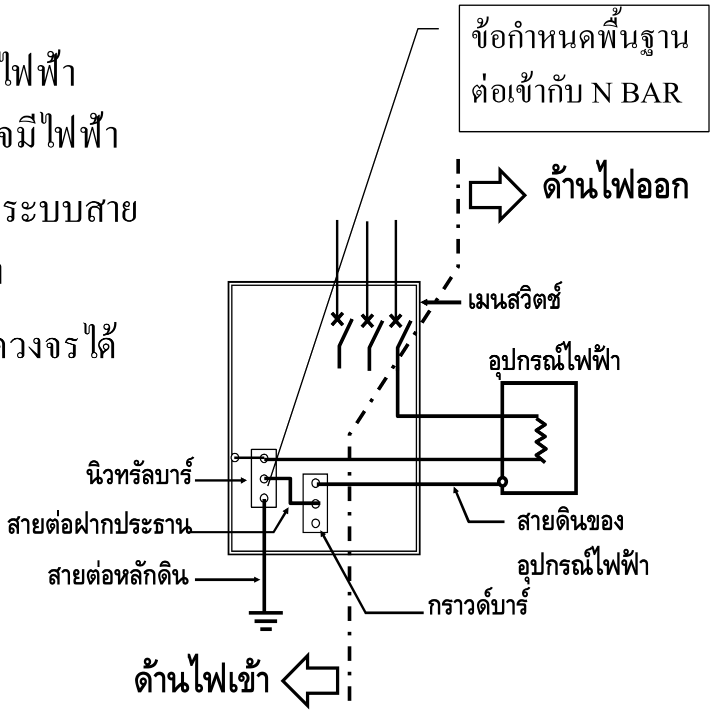
พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตร.มม.)
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

คู่มือ หน้า 115

การต่อฝาก (Bonding)

- คือการใช้ตัวนำต่อถึงกันทางไฟฟ้าระหว่างโลหะหรือตัวนำที่อาจมีไฟฟ้า
- การต่อฝากทำเพื่อให้มั่นใจว่าระบบสายดินมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า
- สายต่อฝาก<u>ต้องทน</u>กระแสลัดวงจรได้

สายต้องไม่ขาด
เพราะกระแสลัดวงจรจะสูง
(short time rating)



สายต่อฝากประธาน(ด้านไฟเข้า) และบริภัณฑ์ไฟฟ้า(ด้านไฟออก)

คู่มือ หน้า112

4.4.3 สายต่อฝากประธาน

1. ชนิด เป็นสายทองแดงหรือบัสบาร์
2. ขนาด กรณีเป็นสายไฟฟ้าจะกำหนดจากขนาดสายเมนที่เดินเข้าแผงเมน สวิตช์ ตามตารางที่ 4.1 เช่นเดียวกับขนาดสายต่อหลักดิน แต่มีข้อเพิ่มเติมคือ ขนาดสายต่อฝากที่กำหนดต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของขนาดสายเมนด้วย สายเมนที่เดินเฟสละหลายเส้นให้รวมพื้นที่หน้าตัดของสายทุกเส้นในเฟสเดียวกันเข้าด้วยกัน การต่อฝากอาจใช้อุปกรณ์การเดินสายหรือสายไฟฟ้าก็ได้

คู่มือ หน้า 114

4.4.3 สายต่อฝากประธาน(ต่อ)

สายต่อฝากด้านไฟเข้ากรณีสายประธานเดินในช่องเดินสายเดียวกันหรือเป็นเคเบิลเดียวกัน ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดของสายต่อหลักดินที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4-1 ถ้าสายเส้นไฟของตัวนำประธานมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ **4 -1** ให้ใช้สายต่อฝากขนาดไม่เล็กกว่าร้อยละ **12.5** ของตัวนำประธานขนาดใหญ่ที่สุด กรณีเป็นการเดินสายควบให้คิดพื้นที่หน้าตัดรวมของทุกสายเส้นไฟในเฟสเดียวกัน

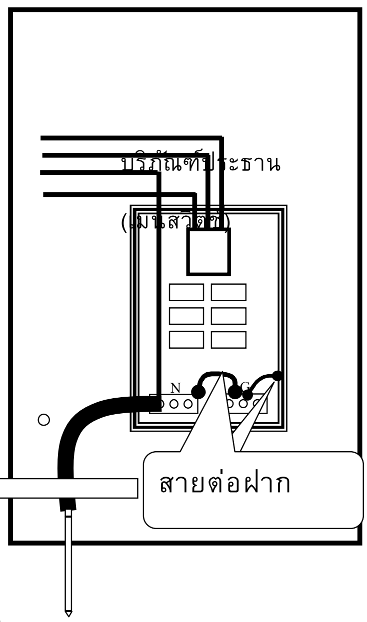
สายต่อฝากด้านไฟเข้ากรณีตัวนำประธานเดินควบในช่องเดินสายมากกว่า 1 ***ช่องเดินสายหรือเป็นสายเคเบิลมากกว่า*** **1** ***เส้น*** **ขนาดสายต่อฝากของแต่ละช่องเดินสายหรือสายเคเบิล ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4 -1** ***แต่ต้องไม่เล็กกว่าร้อยละ*** **12.5** ***โดยคำนวณจากผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายเส้นไฟทุกเส้นในเฟสเดียวกันของแต่ละช่องเดินสายหรือสายเคเบิล***

คู่มือ หน้า 114

ขนาดสายต่อฝากที่เมนสวิตช์

ตารางที่ 4.1

ขนาดสายประธานเข้าอาคาร (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.	ขนาดสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.
ไม่เกิน 35	10
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95



ขนาดสายต่อฝากประธานและสายต่อฝาก(ด้านไฟเข้า) จะต้องไม่เล็กกว่าตารางที่ 4 .1 และถ้าเกิน 500 ตร.มม. จะไม่เล็กกว่า 12.5% ของตัวนำประธานแรงต่ำ(สายเมน)

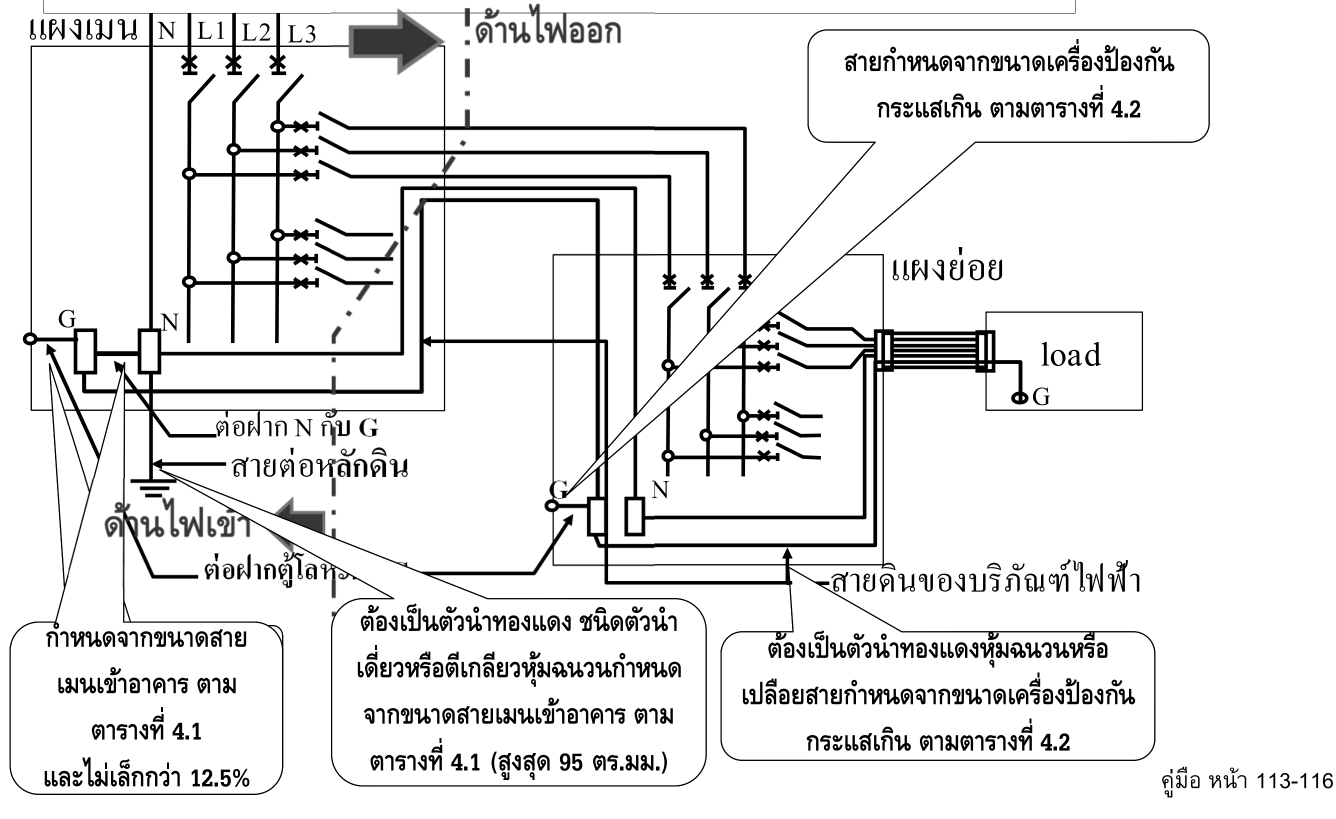
คู่มือ หน้า 114

4.4.4 สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้า(ต่อฝากด้านไฟออก)

1. ชนิด เป็นสายทองแดงหรือบัสบาร์
2. ขนาด กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรนั้น ๆ ตามตารางที่ 4.2 การต่อฝากอาจใช้อุปกรณ์การเดินสายก็ได้

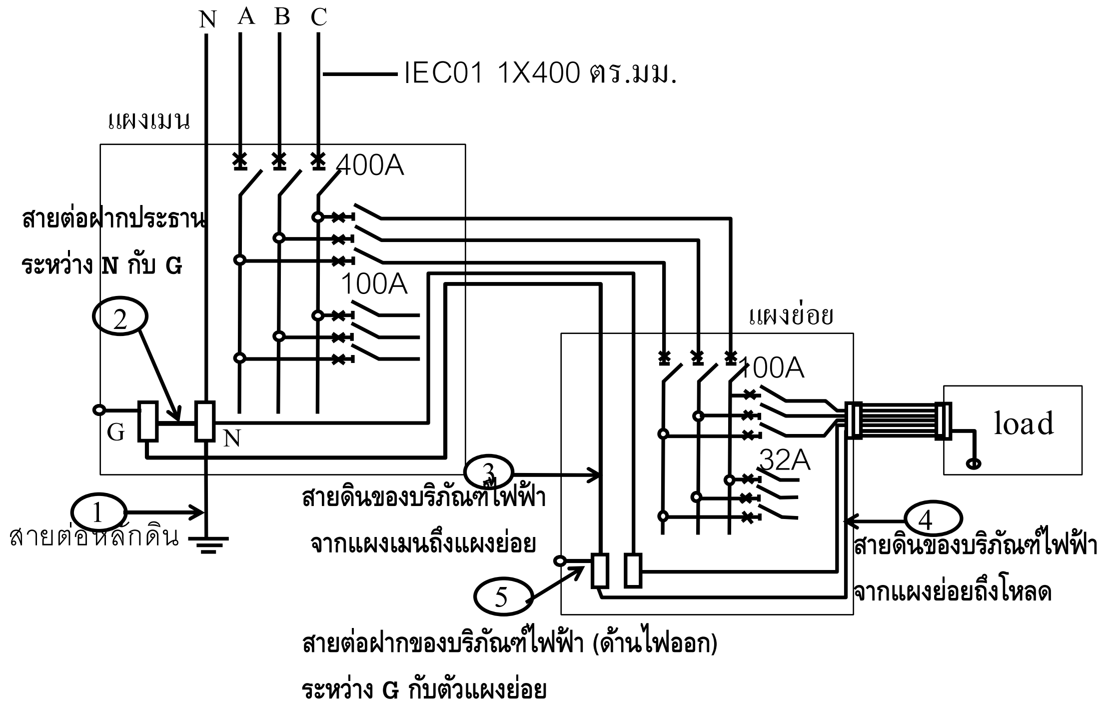
คู่มือ หน้า 116

สรุปการกำหนดชนิดและขนาดของสายดินและสายต่อฝาก

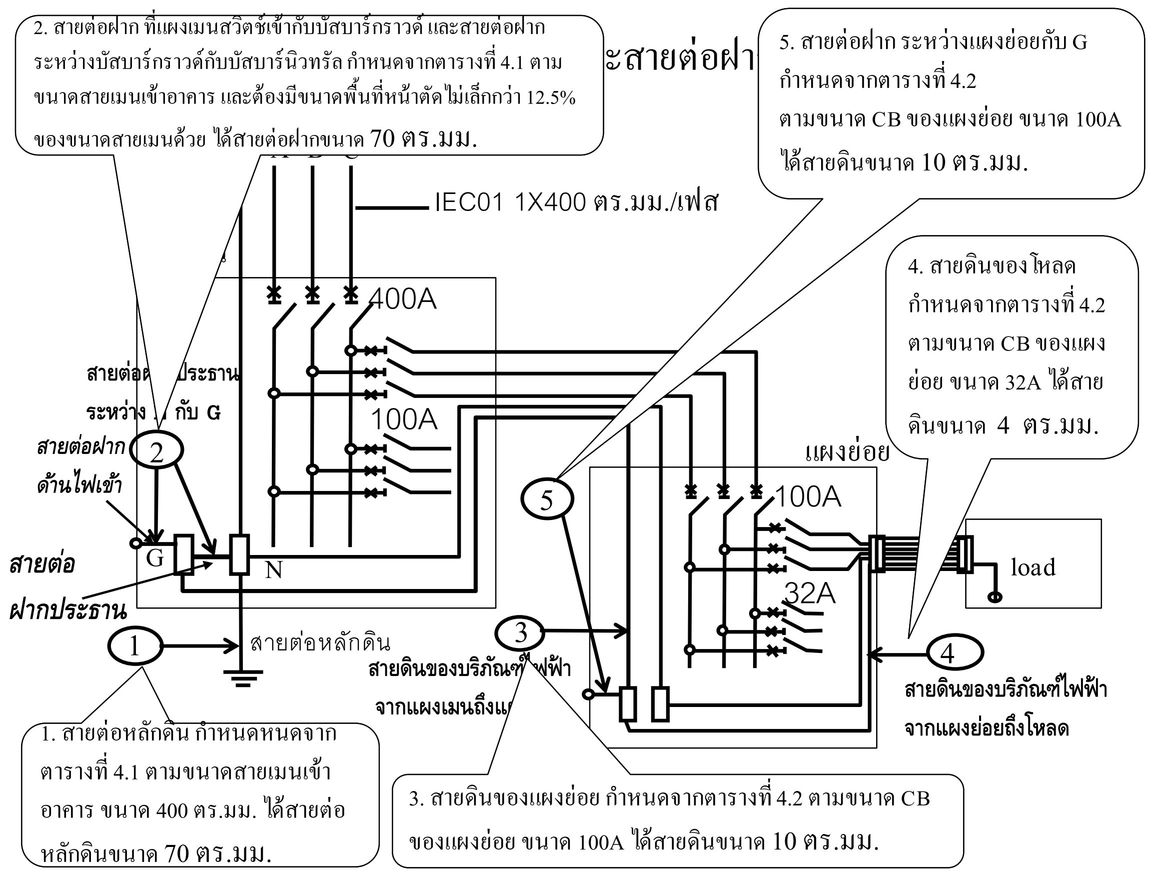


คู่มือ หน้า 113-116

ตัวอย่างที่ 4-1 จงกำหนดขนาดสายดินและสายต่อฝาก หมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5

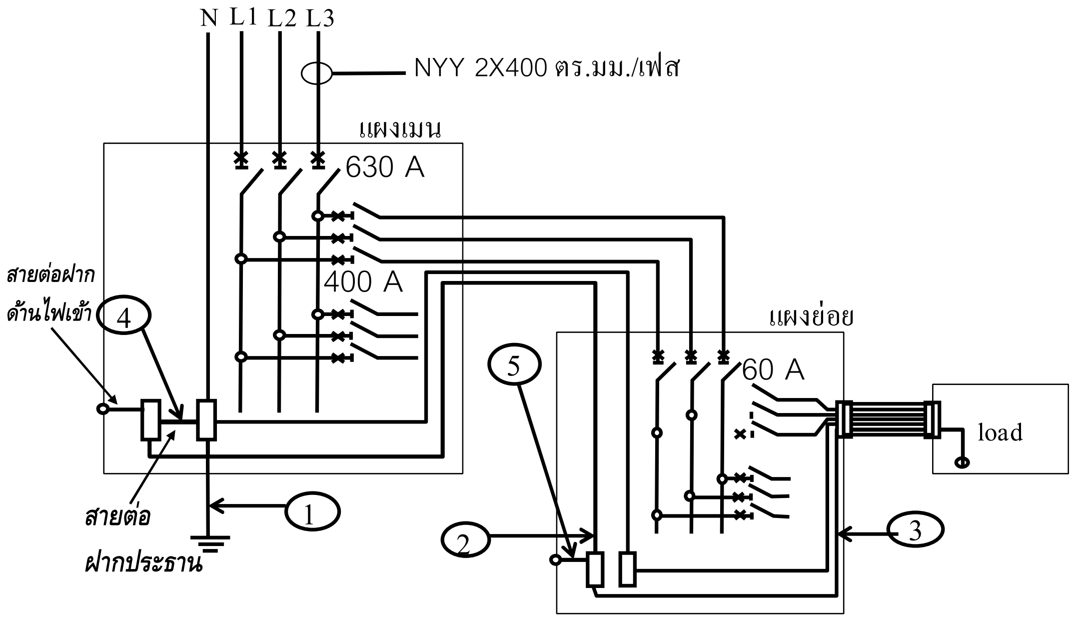


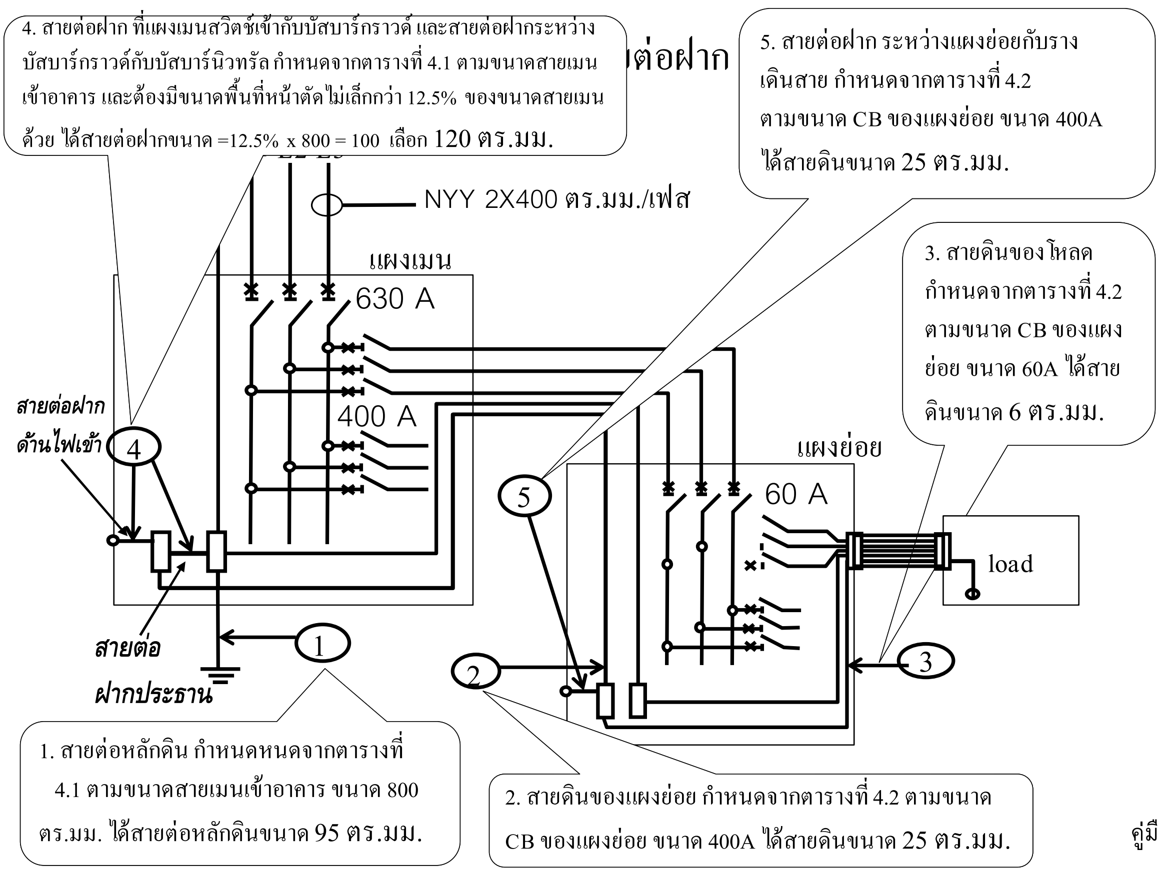
คู่มือ หน้า 116



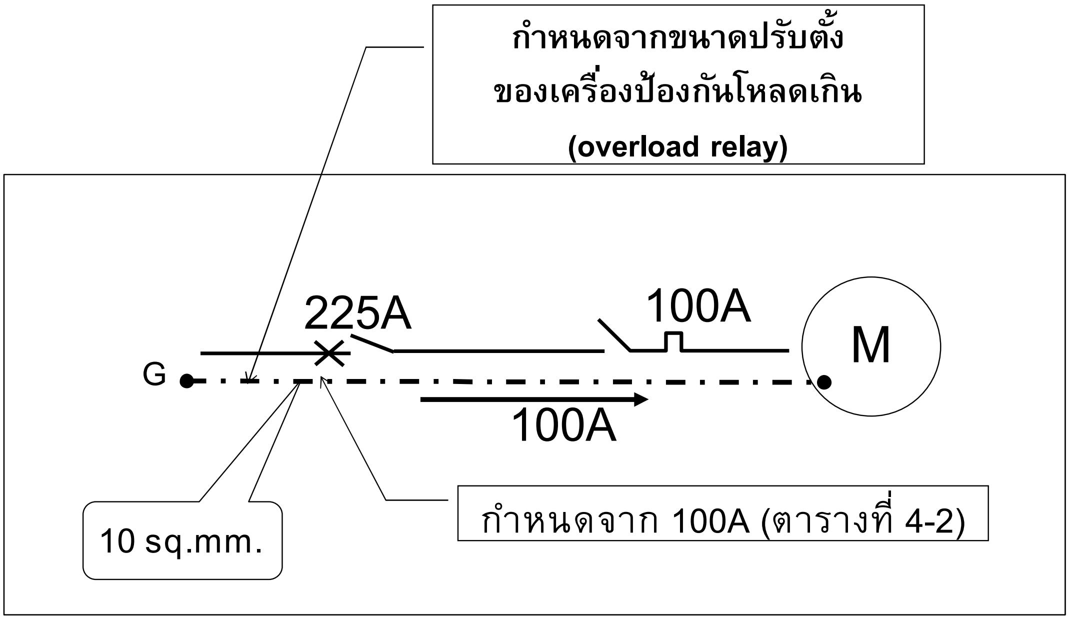
คู่มือ หน้า 117

ตัวอย่าง 4-2 จงกำหนดขนาดสายดินและสายต่อฝาก หมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5





ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (สายดินของมอเตอร์)

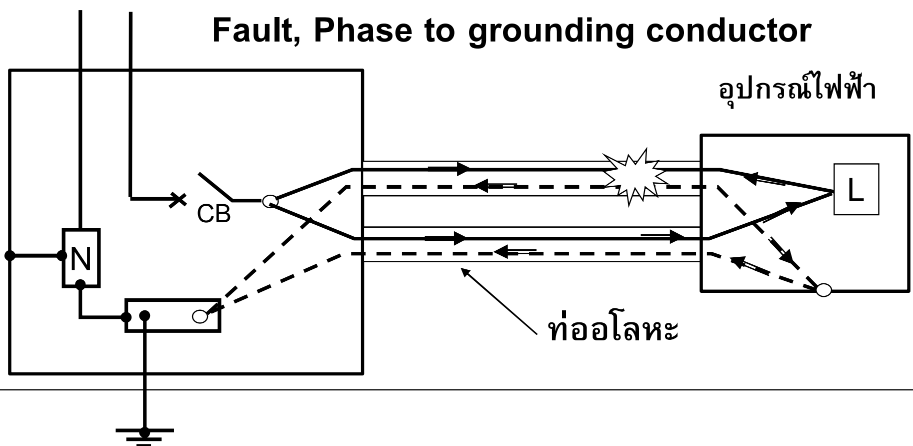


คู่มือ หน้า 113,167

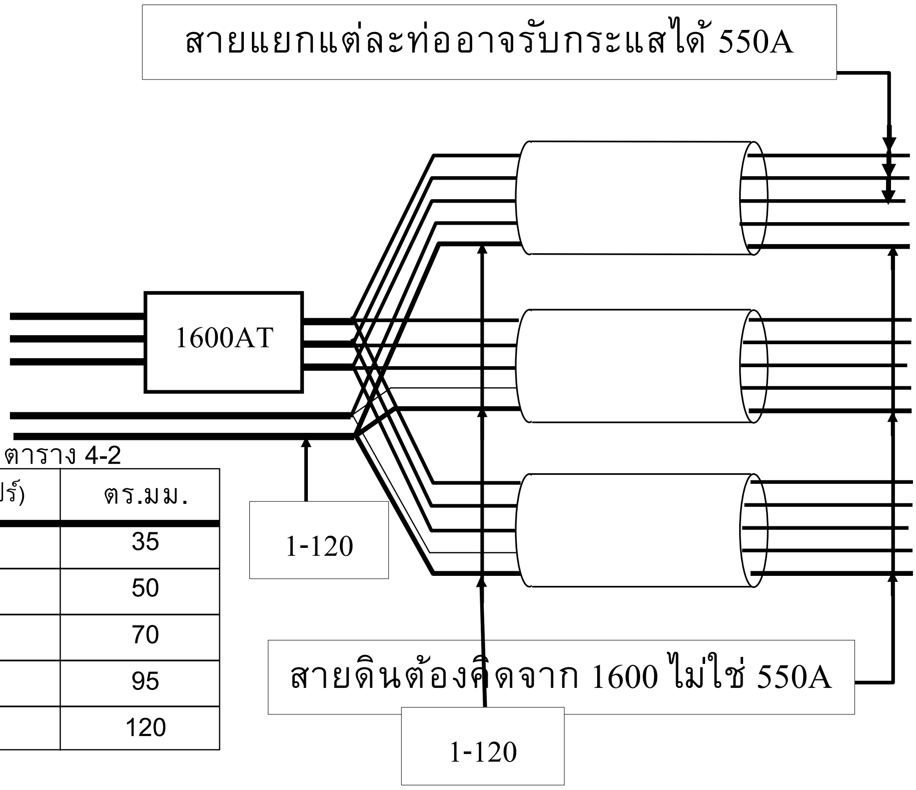
ขนาดสายดิน เมื่อเดินสายควบ

➢ การเดินสายควบ แยกไปหลายท่อ ขนาดสายดินในแต่ละท่อ<u>กำหนดจากพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน</u> ตามตารางที่ 4-2

(ห้ามลดขนาด)



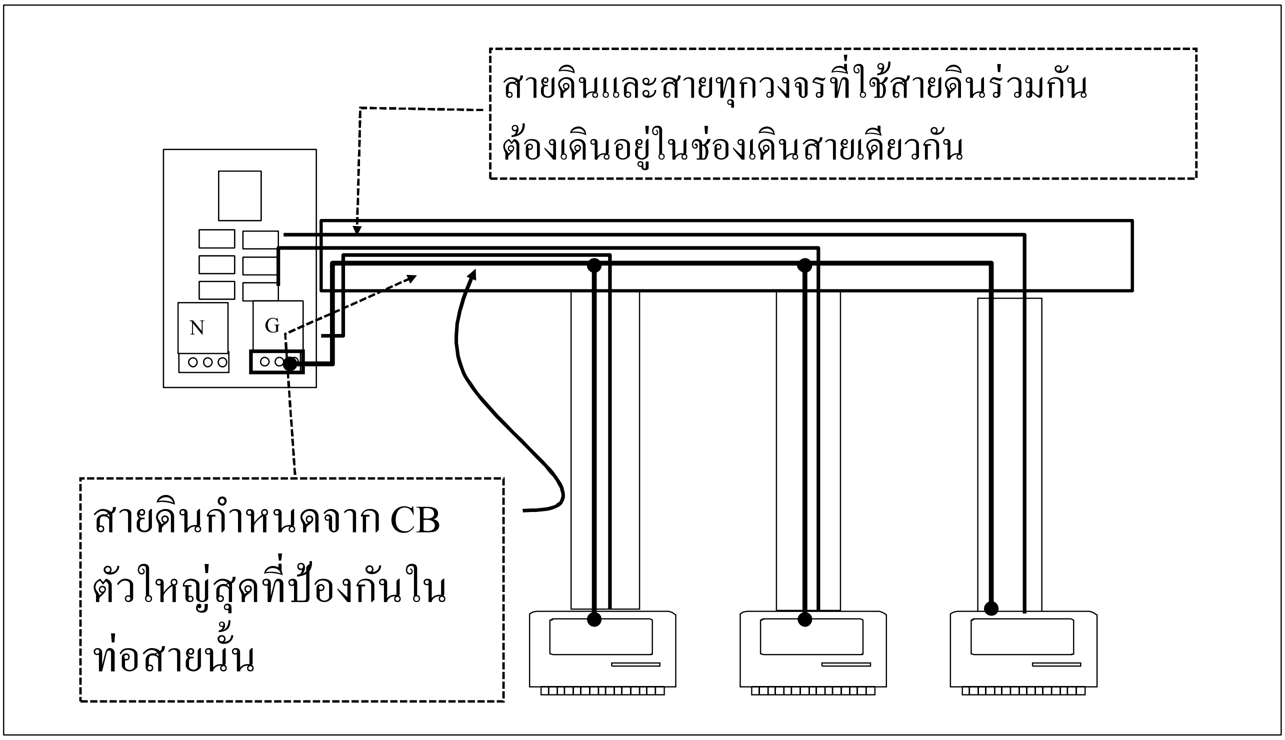
การเดินสายควบ



ตาราง 4-2

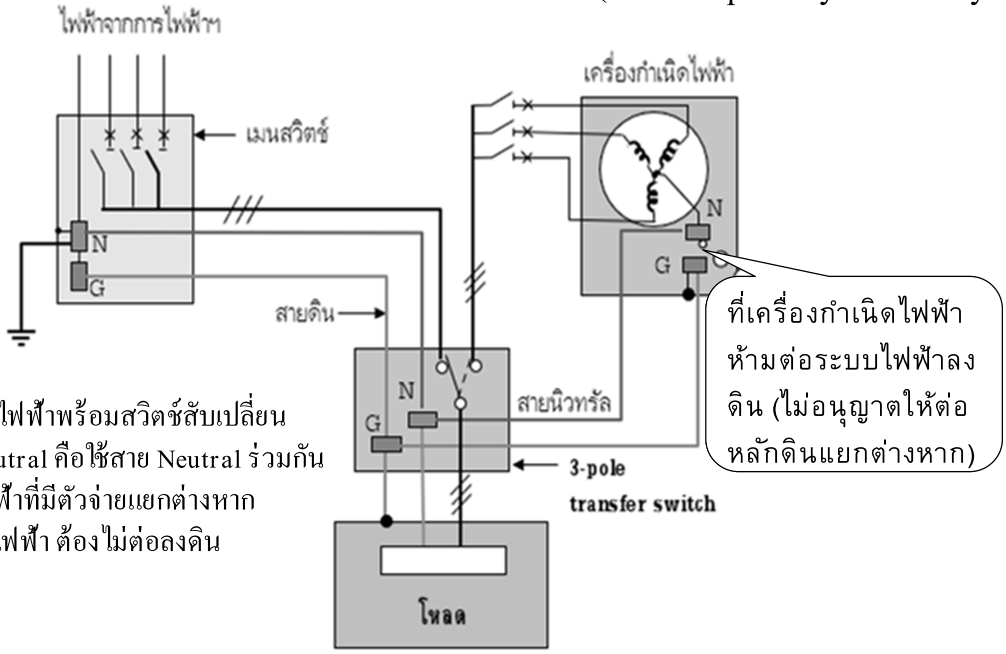
(แอมแปร์)	ตร.มม.
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120

การใช้สายดินร่วมกัน



4.5 การต่อลงดินของระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย

4.5.1 การต่อลงดิน เมื่อไม่เป็นระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก (Not a separately derived system)

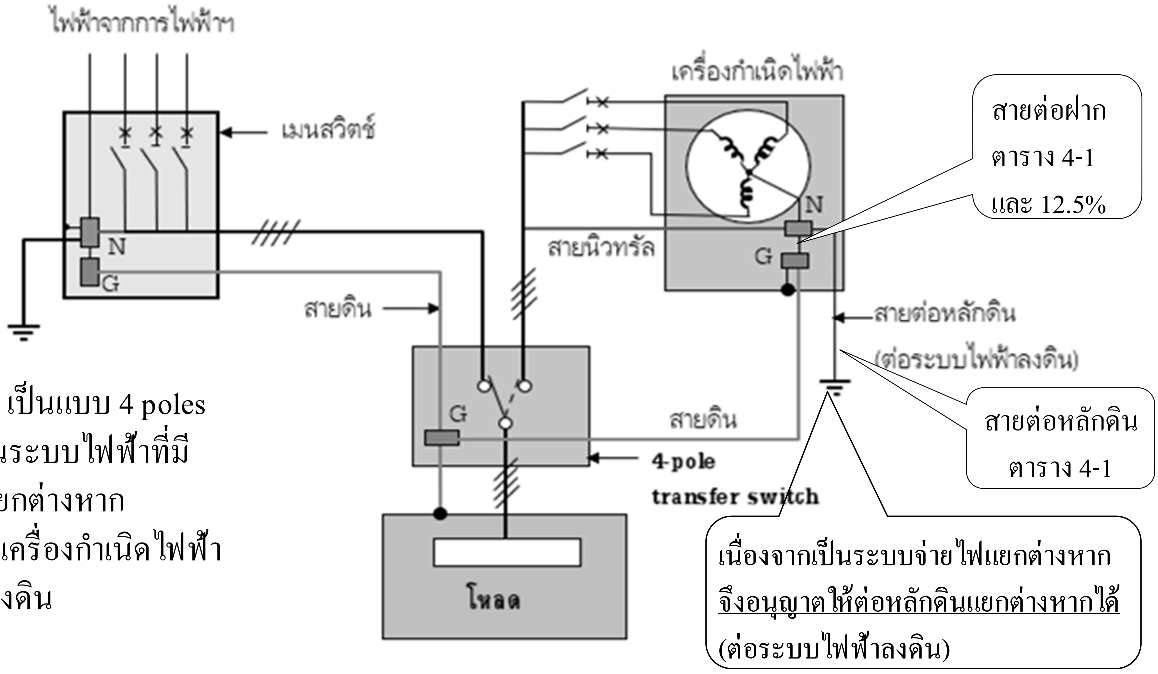


ระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมสวิตช์สับเปลี่ยน
แต่ไม่มีการตัดสาย Neutral คือใช้สาย Neutral ร่วมกัน
ระบบนี้ไม่ใช่ระบบไฟฟ้าที่มีตัวจ่ายแยกต่างหาก
Neutral เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต้องไม่ต่อลงดิน

รูปที่ 4.5 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าเมื่อใช้ Transfer switch ชนิด 3 ขั้ว

คู่มือ หน้า 118

4.5.2 การต่อลงดินสำหรับระบบจ่ายไฟแยกต่างหาก (Separately Derived System)



ถ้า ATS เป็นแบบ 4 poles
ถือว่าเป็นระบบไฟฟ้าที่มี
ตัวจ่ายแยกต่างหาก
Neutral เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
ต้องต่อลงดิน

รูปที่ 4.6 การต่อลงดินของระบบไฟฟ้าเมื่อใช้ Transfer switch ชนิด 4 ขั้ว

คู่มือ หน้า 119

4.6 หลักดินและความต้านทานการต่อลงดิน

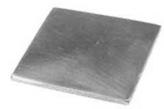
4.6.1 ชนิดของหลักดิน *ตามมาตรฐาน วสท.*

- หลักดินแนวดิ่ง ถ้าเป็นหลักดินหุ้มและชุบทองแดง มอก. **3024-2563** ยาว **2.4** ม.
- หลักดินแบบแผ่น พื้นที่ 1800 ตร.มม. หนา 6 มม. (1.5 มม.) ฝังลึก 1.6 ม.

เหล็กอาบโลหะชนิดกันผุกร่อน

โลหะชนิดอื่นอาบโลหะชนิดกันผุกร่อน (ห้ามอลูมิเนียม)

- หลักดินแบบวงแหวน
- โครงสร้างโลหะในพื้นดิน ความยาว **3.0** ม. ขึ้นไป
- หลักดินที่หุ้มด้วยคอนกรีต ความยาวอย่างน้อย **6.0** ม.

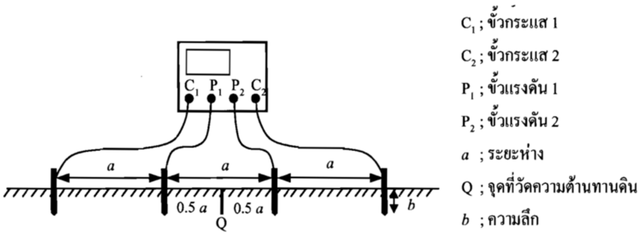


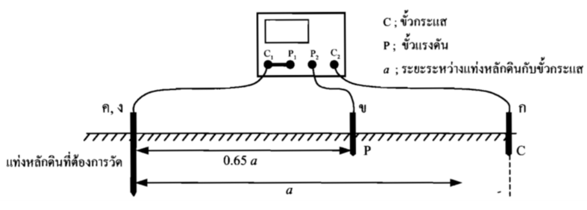
คู่มือ หน้า119,120

4.6.2 ความต้านทานการต่อลงดิน (Ground Resistance)

ความต้านทานการต่อลงดินต้องให้ต่ำสุดเท่าที่จะทำได้และต้องไม่เกิน 5 โอห์ม กรณีที่เกิน 5 โอห์มและเป็นพื้นที่ที่ยากต่อการปฏิบัติและได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ ยอมให้ค่าความต้านทานสูงขึ้นได้อีกแต่ไม่เกิน 25 โอห์ม แต่ถ้าวัดแล้วยังเกินอีกให้ปักหลักดินเพิ่มอีก 1 แท่ง และต่อหลักดินทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ความต้านทานการต่อลงดินสามารถหาได้ด้วยการวัดด้วยเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดแต่ละผู้ผลิตอาจมีวิธีการวัดแตกต่างกัน ในการวัดค่าจะต้องศึกษารายละเอียดและวัดให้ถูกต้องด้วย





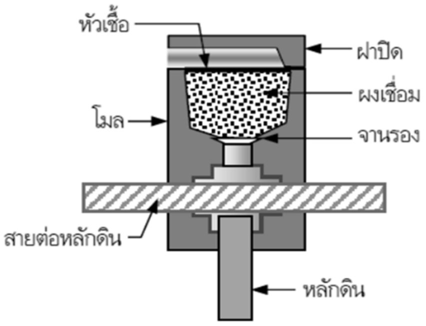
คู่มือ หน้า120

4.6.3 การต่อสายต่อหลักดินเข้ากับแท่งหลักดิน

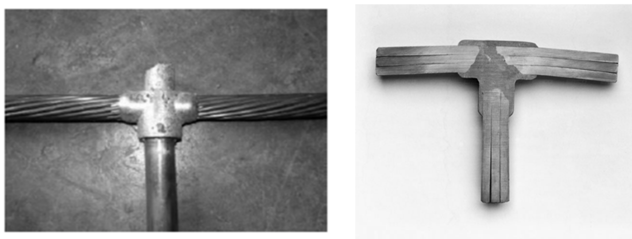
1. การต่อด้วย clamp

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างclamp สำหรับใช้ต่อสายต่อหลักดินกับหลักดิน

2. การต่อด้วยวิธีเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding)



การประกอบโมลเพื่อทำการเชื่อม



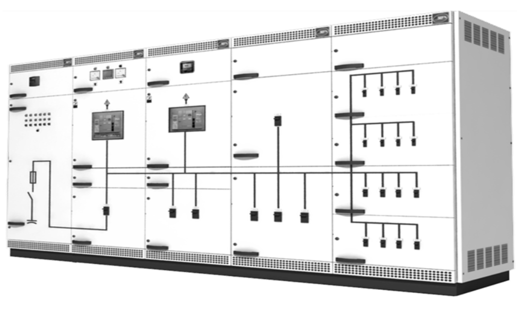
ตัวอย่างที่เชื่อมเสร็จแล้ว

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการต่อสายต่อหลักดินเข้ากับหลักดินโดยเชื่อมด้วยความร้อน

คู่มือ หน้า120,121

บทที่ 8 แผงสวิตช์และการติดตั้ง

แผงสวิตช์ (Switchboard) หมายถึง แผงเดี่ยวขนาดใหญ่หรือหลายแผงประกอบเข้าด้วยกันเพื่อใช้ติดตั้งสวิตช์ อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์ป้องกันอื่น ๆ บัส และเครื่องวัดต่าง ๆ ทั้งด้านหน้า ด้านหลัง หรือทั้งสองด้าน โดยทั่วไปแผงสวิตช์เข้าถึงได้ทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังและไม่มีจุดประสงค์ให้ติดตั้งในตู้

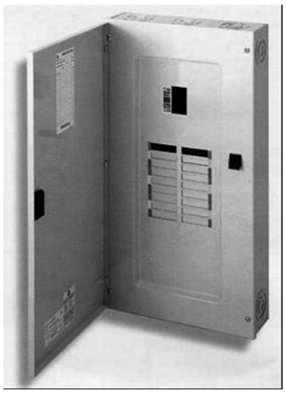


แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงต่ำ (Low – Voltage Switch Board)

มาตรฐาน : มอก.1436 - 2564 : TTA , IEC 61439-1,2,3 : TEST

คู่มือ หน้า 181

แผงย่อย (Panelboard) หมายถึง แผงเดี่ยวหรือกลุ่มของแผงเดี่ยวที่ออกแบบให้ประกอบรวมกันเป็นแผงเดียวกัน ประกอบด้วย บัส อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินอัตโนมัติและมีหรือไม่มีสวิตช์สำหรับควบคุมแสงสว่าง ความร้อน หรือวงจรไฟฟ้ากำลัง แผงย่อยเป็นแผงที่ออกแบบให้ติดตั้งไว้ในตู้หรือกล่องซึ่งสามารถเข้าถึงได้ทางด้านหน้าเท่านั้น

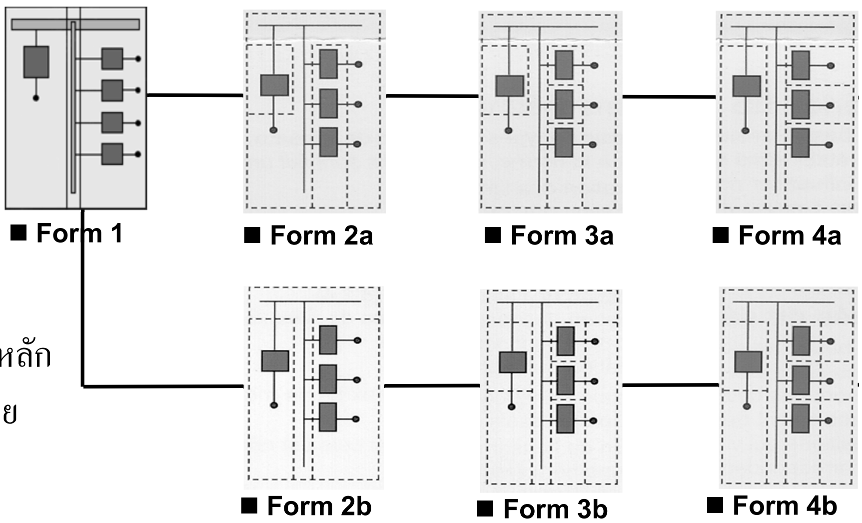


คู่มือ หน้า 181

8.1 รูปแบบของแผงสวิตช์

<u>Form ตู้</u> คือรูปแบบการแบ่งกั้นแยกส่วนที่มีไฟฟ้า(Live Part) หรือส่วนที่เป็นอันตรายโดยการใช้ partitions กั้นแยกระหว่างอุปกรณ์หลักออกอย่างชัดเจน

IEC 61439 แบ่งรูปแบบ (form) ของแผงสวิตช์ตามการกั้นแยกเป็น 7 form

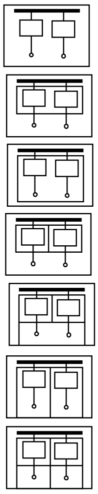


- บัสบาร์
- อุปกรณ์หลัก
- ขั้วต่อสาย
- ตัวตู้

คู่มือ หน้า 181,182

IEC 61439 Forms (partitioning) within an assembly

ตารางที่ 8.1 สรุป formตู้และการกั้นตาม IEC 61439



ฟอร์มตู้ (Form)	การกั้น(ระหว่าง)				
	อุปกรณ์ กับ อุปกรณ์	อุปกรณ์ กับ บัสบาร์	อุปกรณ์ กับ ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย กับ ขั้วต่อสาย	ขั้วต่อสาย กับ บัสบาร์
Form 1					
Form 2A		√			
Form 2B		√			√
Form 3A	√	√	√		
Form 3B	√	√	√		√
Form 4A	√	√		√	√
Form 4B	√	√	√	√	√

√ = มีการกั้นแยก

คู่มือ หน้า 182,183

8.3 โครงสร้างของแผงสวิตช์

โครงสร้าง

(แผงสวิตช์และแผงย่อย)

1.ทำด้วยวัสดุไม่ดูดซับความชื้นและไม่ติดไฟ

2.วงจรเครื่องวัด หลอดไฟสัญญาณ ต้องใช้ เครื่องป้องกันฯ ไม่เกิน 15A. ยกเว้นการทำงานของเครื่องป้องกันทำให้เกิดความเสียหายต่อการทำงาน

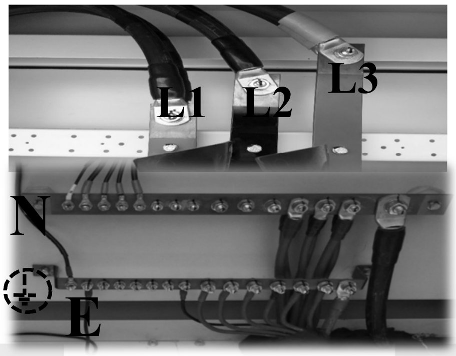
3.ใบมีดที่เปิดโล่ง เมื่อปลดต้องไม่มีไฟ ยกเว้น มีการกั้นที่เหมาะสม

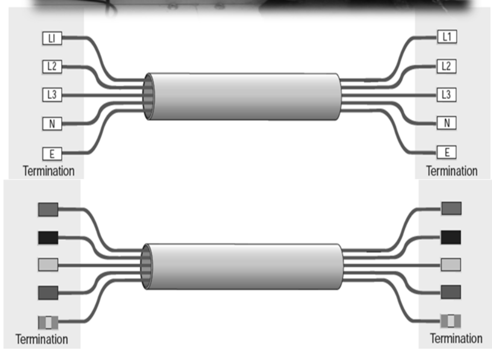
คู่มือ หน้า 185

4.การทำเครื่องหมายบัสบาร์

- แผงสวิตช์และแผงย่อยแรงต่ำ

- เป็นตัวอักษร
  - L1 สำหรับ เฟส 1 หรือเฟส A
  - L2 สำหรับ เฟส 2 หรือเฟส B
  - L3 สำหรับ เฟส 3 หรือเฟส C
  - N สำหรับ นิวทรัล
  - PE หรือ E หรือ G สำหรับ บัสดิน/ขั้วสายดิน
- เป็นสี
  - สีน้ำตาล สำหรับ เฟส 1 หรือเฟส A
  - สีดำ สำหรับเฟส 2 หรือเฟส B
  - สีเทา สำหรับเฟส 3 หรือเฟส **C**
  - สีฟ้า สำหรับนิวทรัล
  - เขียวแถบเหลือง สำหรับ บัสดิน/ขั้วสายดิน





การจัดเฟสเมื่อมองจากด้านหน้าตู้ **A,B,C**
- ด้านหน้า → ด้านหลัง
- ด้านบน → ด้านล่าง
- ด้านซ้ายมือ → ด้านขวามือ

คู่มือ หน้า 185

การทำเครื่องหมายบัสบาร์

แผงเมนสวิตช์

การจัดเฟสเมื่อมองจากด้านหน้าตู้ **A,B,C**
- ด้านหน้า → ด้านหลัง
- ด้านบน → ด้านล่าง
- ด้านซ้ายมือ → ด้านขวามือ

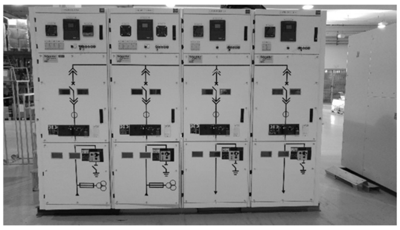
แผงย่อยแรงต่ำ

คู่มือ หน้า 185

5. แผงสวิตช์แรงสูง..แรงดันไม่เกิน 33 kV.

- ข้อกำหนดโครงสร้างเหมือนแรงต่ำ และเพิ่มเติมดังนี้
  - ถ้าเป็นบริภัณฑ์ประธาน ต้องเป็นไปตามบริภัณฑ์ประธานแรงสูง
  - ตัวนำและบัสบาร์ ต้องติดตั้งอย่างมั่นคง มีการทำเครื่องหมายตามลำดับ ดังนี้

- แดง สำหรับเฟส R
- เหลือง สำหรับเฟส Y
- น้ำเงิน สำหรับเฟส B



6. การจัดวางบัสบาร์และตัวนำ ต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความร้อนสูงจากการเหนี่ยวนำ

7. การจัดเฟสเมื่อมองจากด้านหน้าตู้
- ด้านหน้า → ด้านหลัง
- ด้านบน → ด้านล่าง
- ด้านซ้ายมือ → ด้านขวามือ

คู่มือ หน้า 185

8.4 พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานและทางเข้า

การติดตั้งแผงสวิตช์และแผงย่อย ต้องมีพื้นที่ว่างและทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อให้สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ และทำการบำรุงรักษาได้โดยสะดวกและปลอดภัย

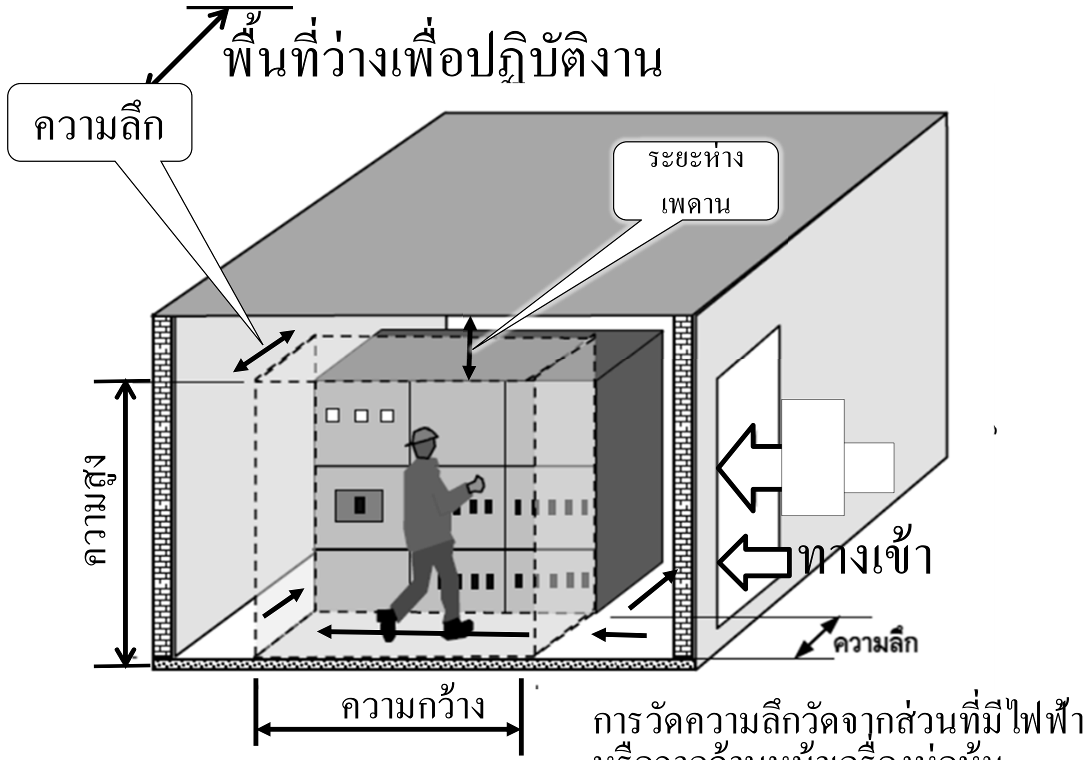
พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานสำหรับบริภัณฑ์ไฟฟ้า แบ่งเป็น

1. พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงต่ำ
   แรงดันวัดเทียบกับดินไม่เกิน 600V
   (แรงดันระหว่างสายเส้นไฟไม่เกิน 1000 V)

2. พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานระบบแรงสูง
   แรงดันวัดเทียบกับดินเกิน 600 V
   (แรงดันระหว่างสายเส้นไฟเกิน 1000 V แต่ไม่เกิน 33kV)

แรงดันไฟฟ้า ที่ไม่ระบุว่าเป็นแรงดันระหว่างเฟส หรือแรงดันเทียบดิน ให้หมายถึงแรงดันระหว่างเฟส

คู่มือ หน้า 186



รูปที่ 8.2 พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน

คู่มือหน้า **186**

รูปที่ 8.3 ตัวอย่างห้องที่ติดตั้งแผงสวิตช์และพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานที่ดี

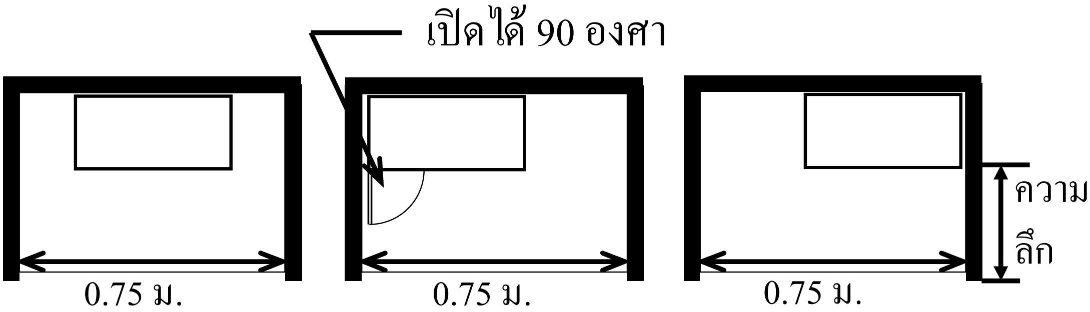
คู่มือ หน้า 187

8.4.1 สำหรับระบบแรงต่ำ

พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ระบบแรงต่ำ

คู่มือ หน้า 187

ความกว้างพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในระบบแรงต่ำ



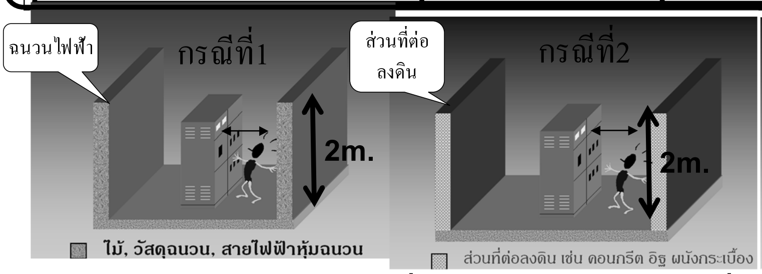
- ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.75 ม.และไม่น้อยกว่าขนาดความกว้างของแผงสวิตช์
- สูงไม่น้อยกว่า 2.00 ม.
- ความลึกเป็นไปตาม ตารางที่ 8.2

☐ บริภัณฑ์ไฟฟ้า

คู่มือหน้า 187

ตาราง 8.2 ความลึกต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ระบบแรงต่ำ

แรงดันวัดเทียบดิน (V)	ความลึกต่ำสุด (ม.)		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
0-150	0.90	0.90	0.90
151- 600	0.90	1.10	1.20



รูปที่ 8.4 สำหรับระบบแรงต่ำ

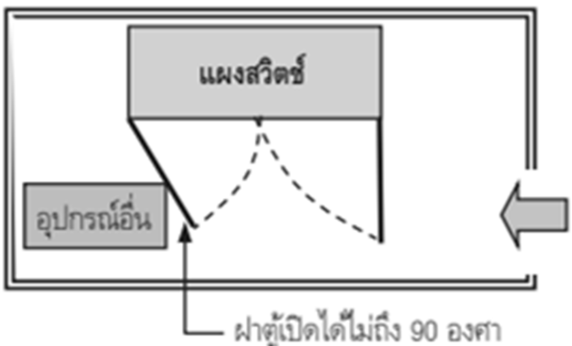
(ตัวอย่างสำหรับแรงดันเทียบดิน 151-600 V)

คู่มือหน้า 187

การวัดความลึก ให้วัดจากส่วนที่มีไฟฟ้าและเปิดโล่ง หรือถ้าส่วนที่มีไฟฟ้ามีการห่อหุ้ม (เช่นตู้) ให้วัดจากด้านหน้าของเครื่องห่อหุ้ม

พื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ต้องเพียงพอที่จะเปิดประตูหรือฝาตู้ได้อย่างน้อย 90 องศา

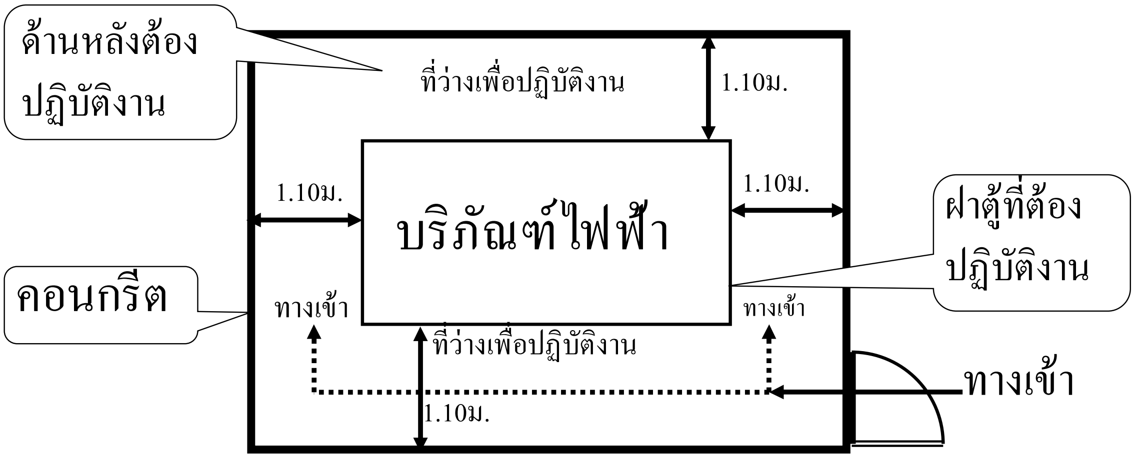
กรณีที่ 3 : ส่วนที่มีไฟฟ้าอยู่ทั้ง 2 ด้าน ของที่ว่าง 151- 600 V



รูปที่ 8.5 ตัวอย่างที่ฝาตู้เปิดได้ไม่ถึง 90 องศา
(ไม่ถูกต้อง)

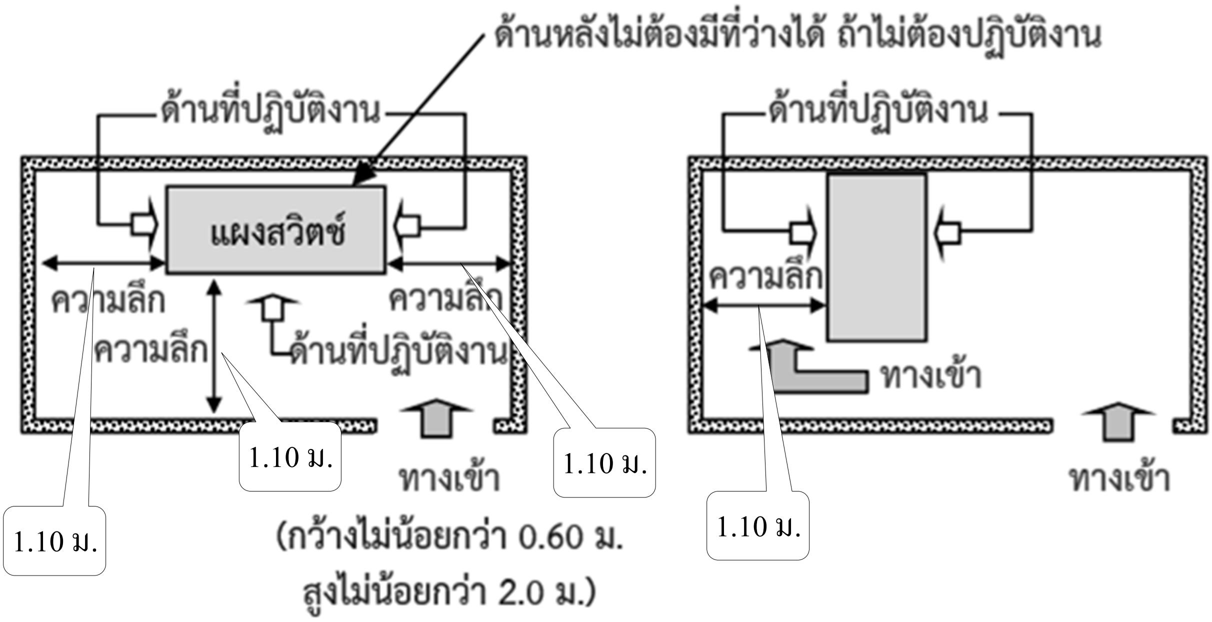
คู่มือหน้า 188,189

ทางเข้าพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)



ต้องมีทางเข้าขนาดกว้าง 0.60 ม.และสูง 2.00 ม.
ที่จะเข้าไปถึงที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานได้ 1 ทาง
(ทางเข้าอาจเป็นประตูหรือไม่ก็ได้)

คู่มือหน้า 189



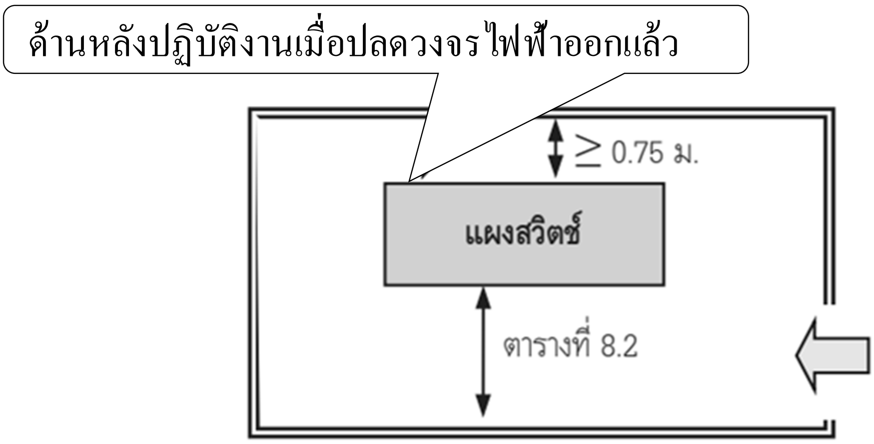
รูปที่ 8.6 ตัวอย่างทางเข้าพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานและความลึก

ในรูปที่ 8.6 ถ้าเป็นแผงสวิตช์แรงดัน 230/400V ห้องเป็นผนังคอนกรีต ความลึกต่ำสุดจะเท่ากับ 1.10 ม.

คู่มือหน้า 189

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)

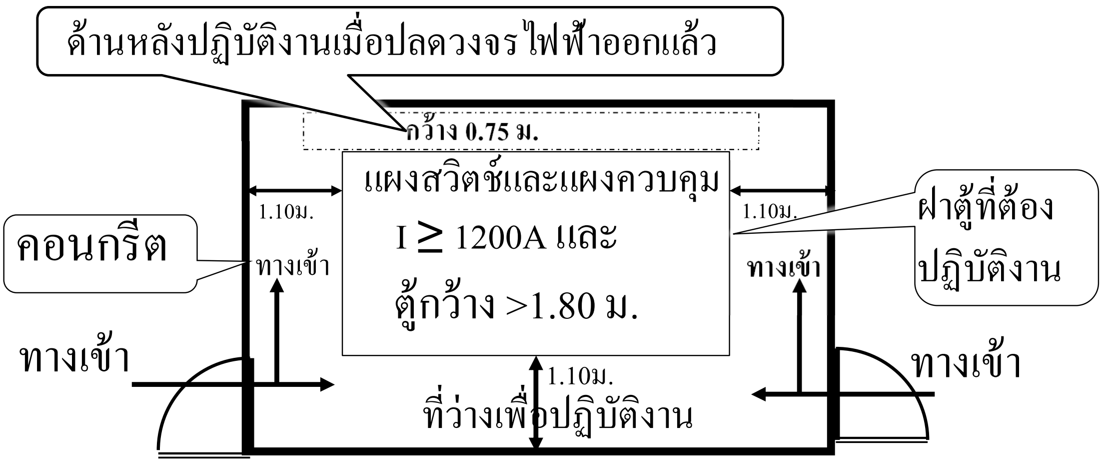
แผงสวิตช์ที่เข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้จากด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านหลัง ไม่ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานด้านหลังของแผงก็ได้ ในที่ซึ่งต้องเข้าถึงด้านหลังเพื่อทำงานในส่วนที่ได้ปลดวงจรไฟฟ้าออกแล้ว ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในแนวนอนไม่น้อยกว่า 0.75 ม. ตลอดแนวของแผงสวิตช์



รูปที่ 8.7 ที่ว่างตามแนวนอนที่ปฏิบัติงานเมื่อดับไฟแล้ว

คู่มือหน้า 190

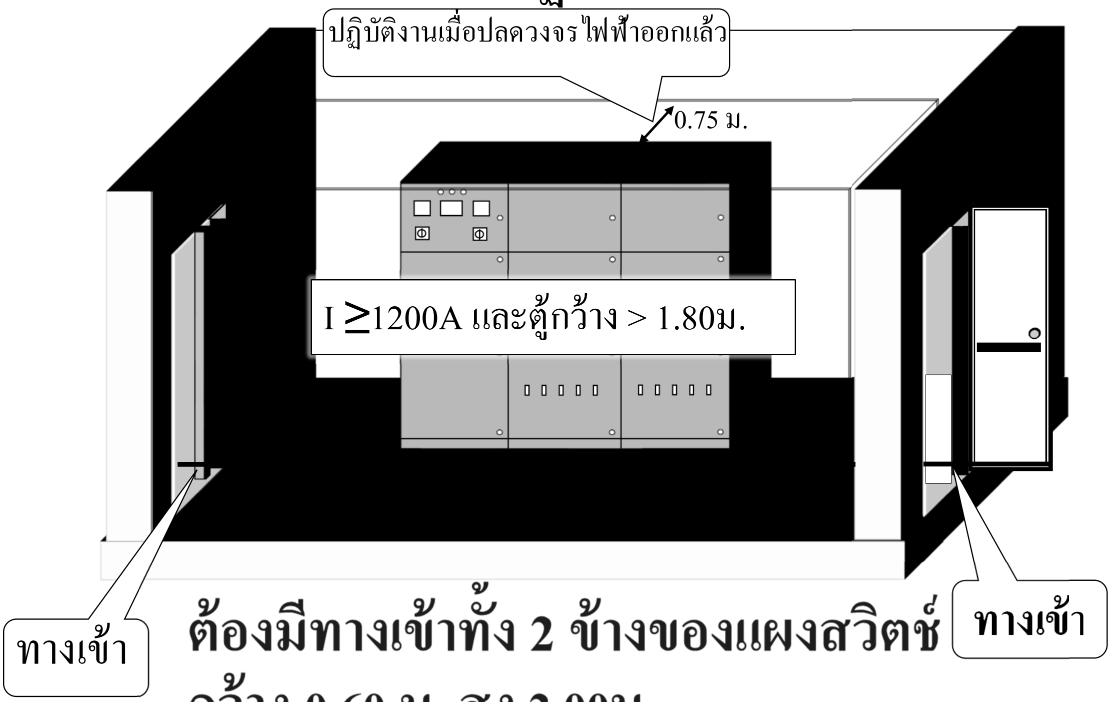
ทางเข้าสำหรับแผงสวิตช์ขนาดใหญ่



ต้องมีทางเข้าทั้ง 2 ข้างของแผงสวิตช์
กว้าง 0.60 ม. สูง 2.00ม.

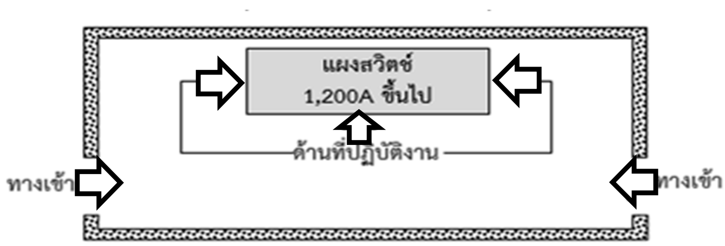
คู่มือหน้า 190

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)

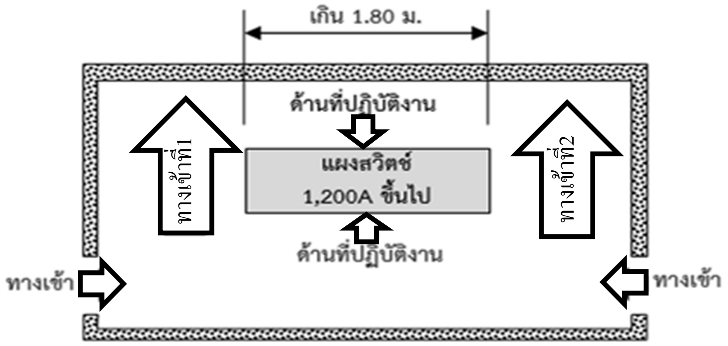


ต้องมีทางเข้าทั้ง 2 ข้างของแผงสวิตช์ กว้าง 0.60 ม. สูง 2.00ม.

คู่มือหน้า 190



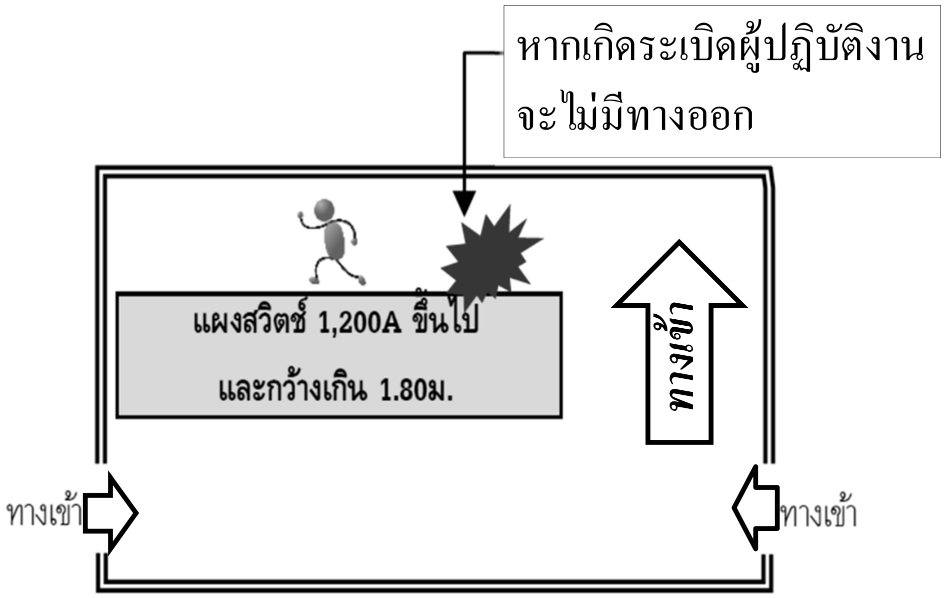
รูปที่ 8.8 แสดงทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานทั้ง 2 ข้างของแผงสวิตช์



รูปที่ 8.9 ตัวอย่างทางเข้าไปยังพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานทั้ง 2 ข้างของแผงสวิตช์

(ถ้าด้านหลังต้องปฏิบัติงาน ต้องมีทางเข้าทั้ง 2 ข้างด้วย)

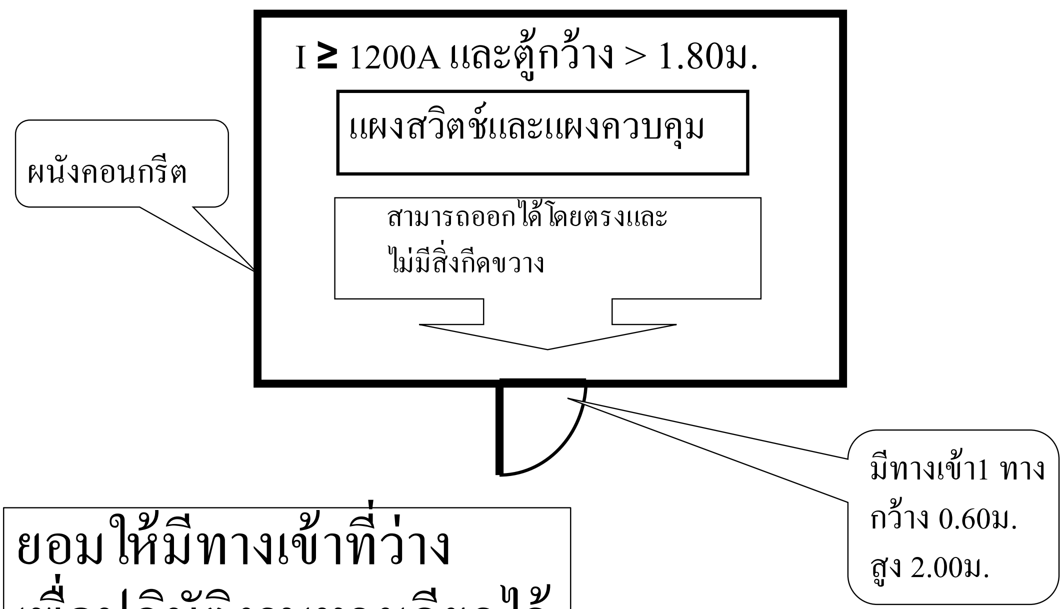
คู่มือหน้า 190,191



รูปที่ 8.10 ตัวอย่างมีทางเข้าทางเดียวผู้ปฏิบัติงานจะไม่มีทางออก หากเกิดระเบิด (ไม่ถูกต้อง)

คู่มือหน้า 191

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)



ยอมให้มีทางเข้าที่ว่าง
เพื่อปฏิบัติงานทางเดียวได้

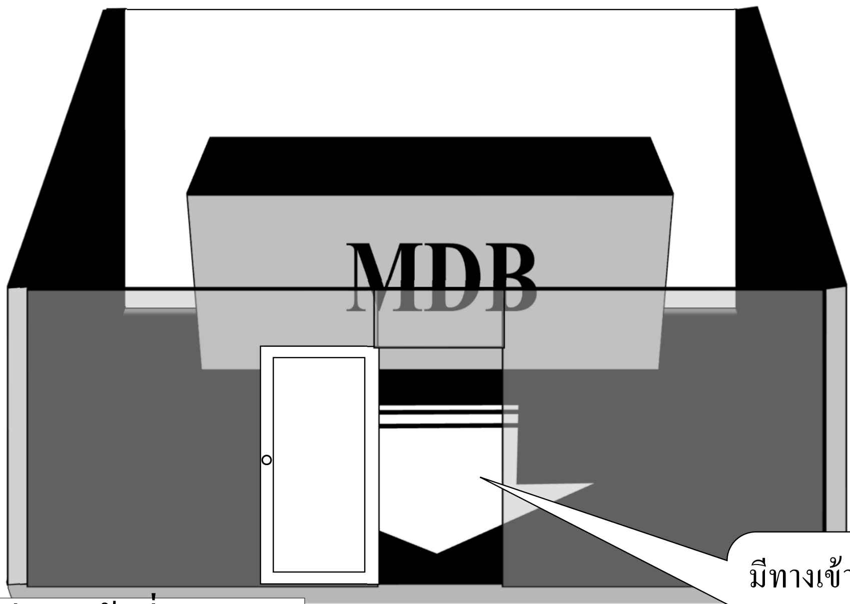
คู่มือหน้า 191,192

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)

มีทางเข้า1 ทาง
กว้าง 0.60ม.
สูง 2.00ม.

ยอมให้มีทางเข้าที่ว่าง
เพื่อปฏิบัติงานทางเดียวได้

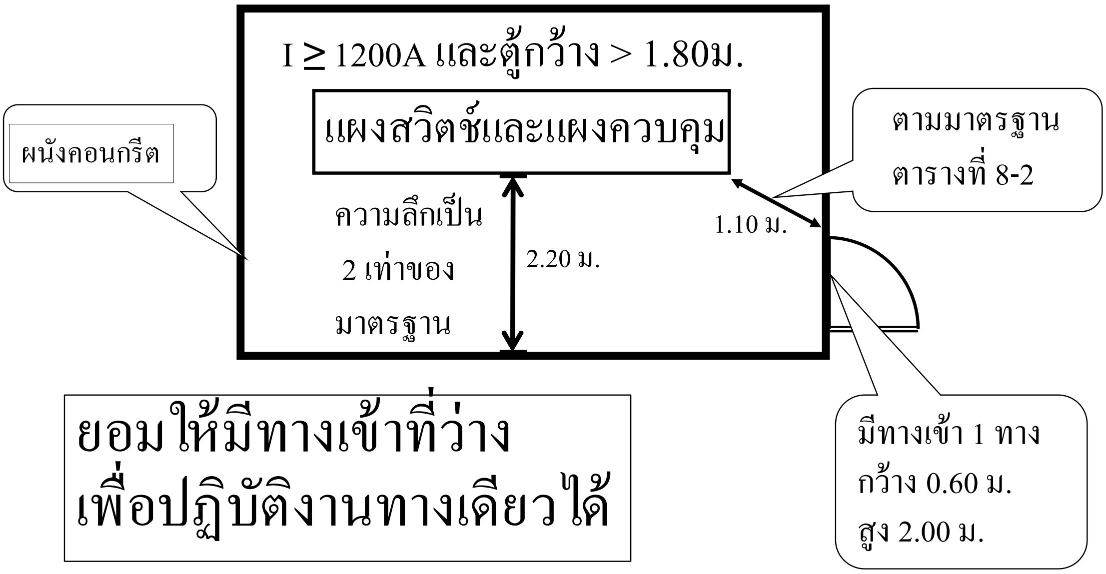
ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)



มีทางเข้า1 ทาง
กว้าง 0.60ม.
สูง 2.00ม.

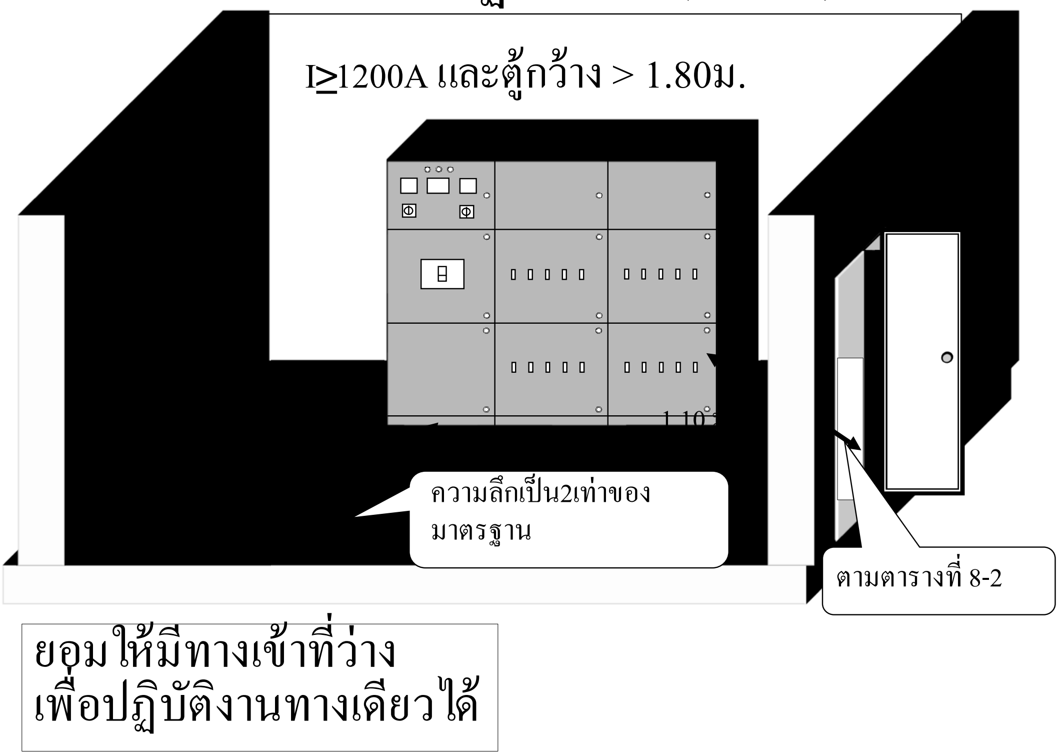
ยอมให้มีทางเข้าที่ว่าง
เพื่อปฏิบัติงานทางเดียวได้

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)



คู่มือหน้า 192

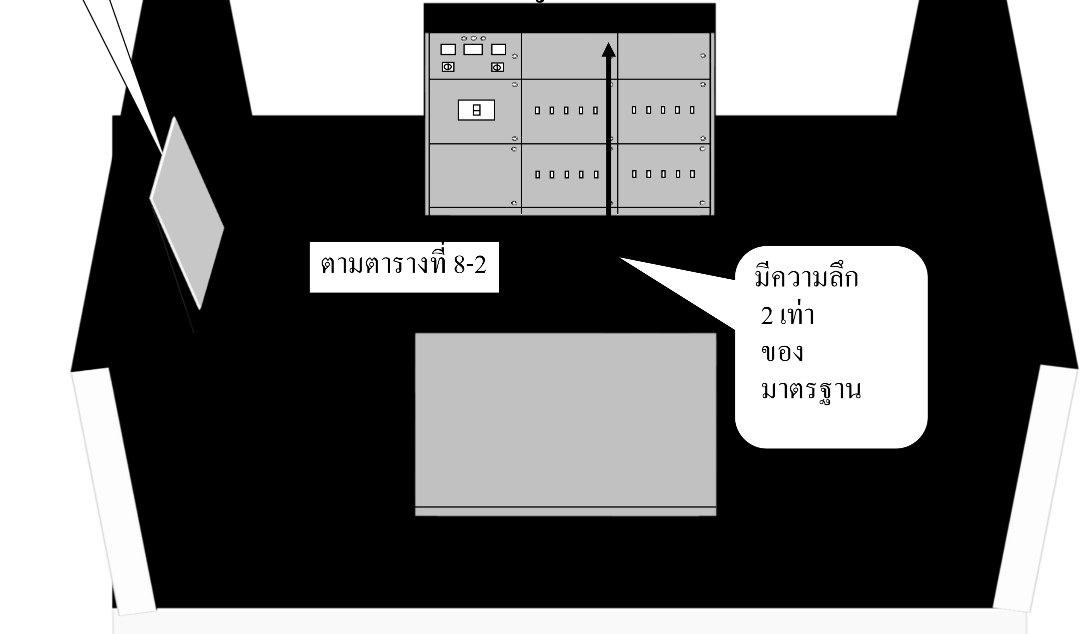
ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงต่ำ)



คู่มือหน้า 192

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน(แรงต่ำ)

I $\geq$ 1200A และตู้กว้าง > 1.80ม.

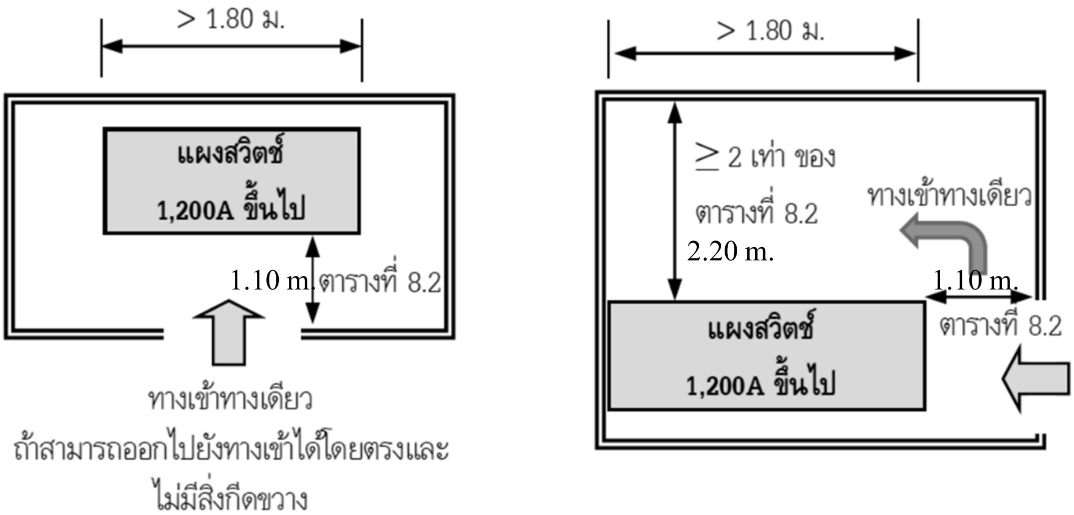


คู่มือหน้า192

ตารางที่ 8.2 ความลึกต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ระบบแรงต่ำ

แรงดันไฟฟ้าวัดเทียบดิน (V)	ความลึกต่ำสุด (ม.)		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
0-150	0.90	0.90	0.90
151-600	0.90	$\boxed{1.10}$	1.20

แหล่งที่มา *: มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ตารางที่ 1-1*

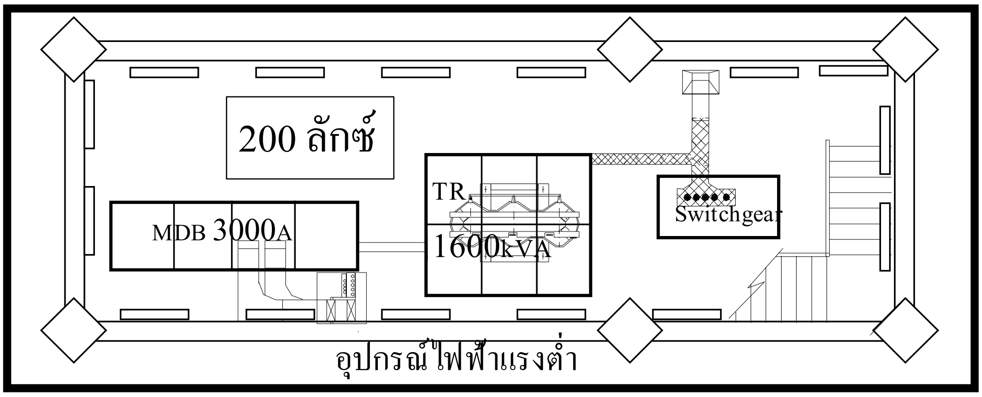


รูปที่ 8.11 ตัวอย่างทางเข้าทางเดียว

คู่มือหน้า 192

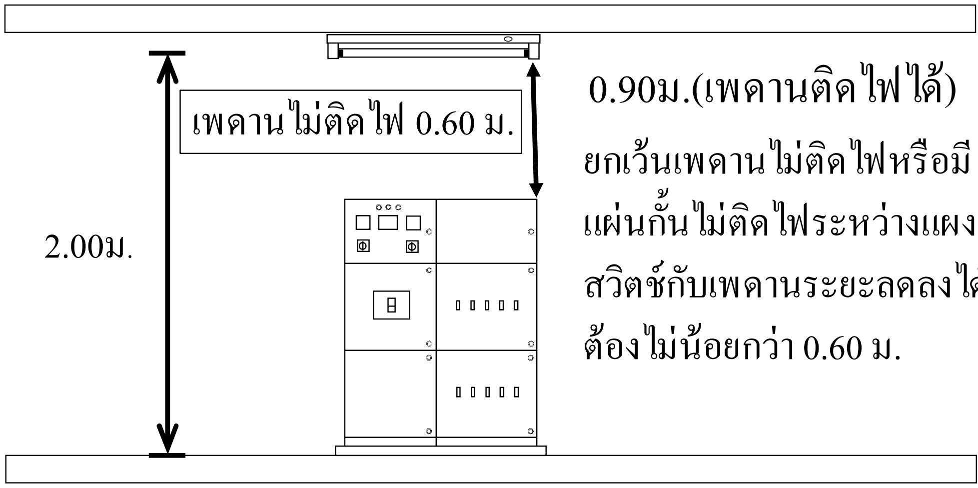
แสงสว่างเหนือที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน

- เมนสวิตช์ แผงสวิตช์และแผงย่อยหรือเครื่องควบคุมมอเตอร์เมื่อติดตั้งอยู่ในอาคาร ต้องมีแสงสว่างบริเวณพื้นที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานอย่างเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้ทันที โดยที่ความส่องสว่างเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์



ยกเว้น เมนสวิตช์หรือแผงย่อย(เดี่ยวหรือกลุ่ม)ในสถานที่อยู่อาศัยมีขนาดรวมกันไม่เกิน 100 แอมแปร์

ที่ว่างเหนือพื้นที่ปฏิบัติงานและแผง(Head room) และระยะห่างระหว่างแผงสวิตช์แรงต่ำกับเพดาน (เมนสวิตช์ แผงสวิตช์ แผงย่อย เครื่องควบคุมมอเตอร์)



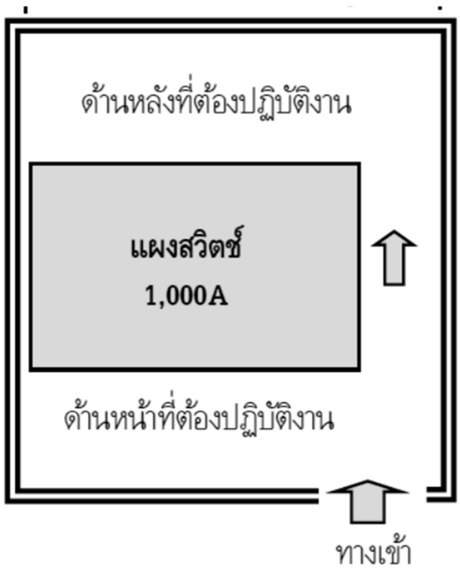
ยกเว้น เมนสวิตช์หรือแผงย่อยในสถานที่อยู่อาศัยมีขนาดรวมกันไม่เกิน 200 แอมแปร์

คู่มือหน้า 192

ตัวอย่างที่ 8.1 แผงสวิตช์ แรงดัน 230/400V, 3 เฟส 4 สาย 1,000A ขนาด W×D×H (กว้าง×ลึก×สูง) = 1.5×1.2×2.2 ม. จำนวน 1 แผง ต้องปฏิบัติงานขณะที่มีไฟทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ต้องการกำหนดขนาดห้อง กำหนดให้ห้องเป็นคอนกรีตและเพดานห้องไม่ติดไฟ

<u>วิธีทำ</u>

เป็นแผงสวิตช์ขนาด 1,000A (ต่ำกว่า 1,200A)แผงสวิตช์ปฏิบัติงานขณะมีไฟทั้งด้านหน้าและด้านหลังเป็นกรณีที่ 2 ระยะห่างเท่ากับ 1.10 ม. ด้านข้างไม่ต้องปฏิบัติงานจึงมีเฉพาะทางเข้าพื้นที่ปฏิบัติงานด้านหลังแผงสวิตช์ซึ่งกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 ม. สูง 2.0 ม. และมีทางเข้าทางเดียวก็พอ (0.60 ม.)

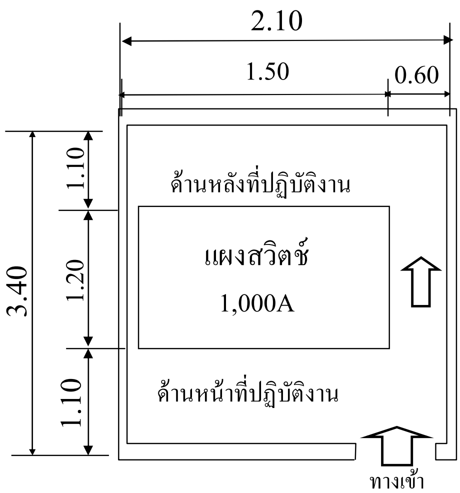


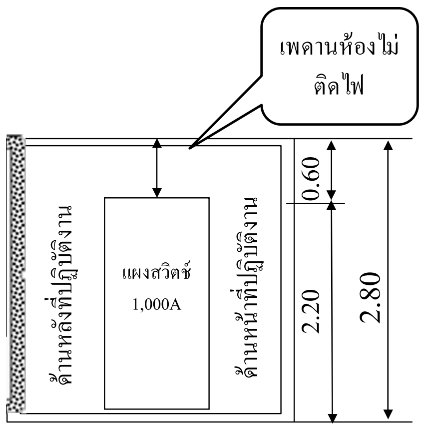
คู่มือหน้า 193

ความกว้างห้อง = 1.5 + 0.60 = <u>2.10 ม.</u> (หรือ 2.70 ม.ถ้ามีทางเข้า 2 ทาง)

ความยาวห้อง = 1.10 + 1.20 + ใจ = <u>3.40 ม.</u>

ความสูงห้อง = 2.20 + 0.60 = <u>2.80 ม.</u>





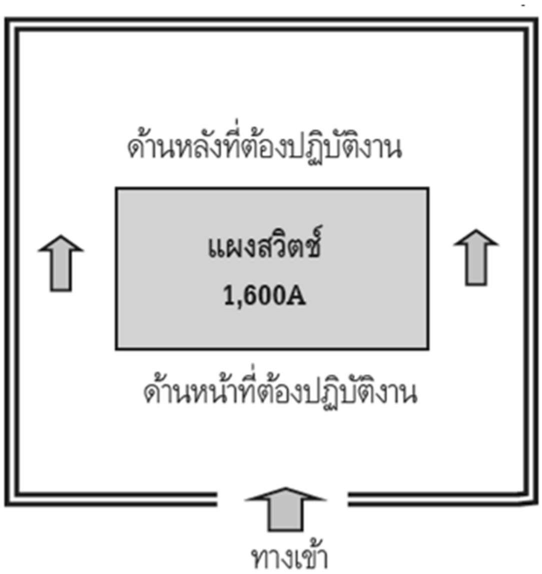
<u>หมายเหตุ</u> ความกว้างของห้องเรียกตามหน้ากว้างของแผงสวิตช์เมื่อคำนวณแล้วจึงมีค่ามากกว่าความยาวห้องตามที่แสดงในรูป

คู่มือหน้า 193

ตัวอย่างที่ 8.2 แผงสวิตช์ แรงดัน 230/400V, 3 เฟส 4 สาย 1,600A ขนาด W×D×H (กว้าง×ลึก×สูง) = 2.0×1.2×2.2 ม. จำนวน 1 แผง ปฏิบัติงานขณะที่มีไฟทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ต้องการกำหนดขนาดห้อง กำหนดให้ห้องเป็นคอนกรีตและเพดานห้องไม่ติดไฟ

<u>วิธีทำ</u>

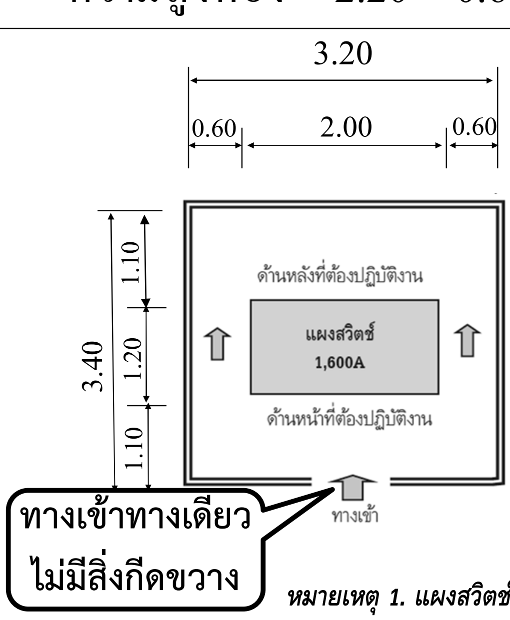
เป็นแผงสวิตช์ขนาด 1,600A (สูงกว่า 1,200A และกว้างเกิน1.80 ม.) แผงสวิตช์ปฏิบัติงานทั้งด้านหน้าและด้านหลังเป็นกรณีที่ 2 ระยะห่างจากผนังถึงแผงสวิตช์เท่ากับ 1.10 ม. และต้องมีทางเข้าพื้นที่ปฏิบัติงานด้านหลังของแผงสวิตช์กว้างไม่น้อยกว่า 0.60ม. สูง 2.00 ม. 2 ทาง

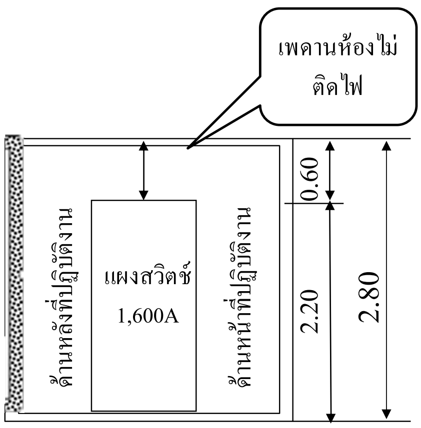


ความกว้างห้อง = 0.60 + 2.0 + 0.60 = <u>3.20 ม.</u>

ความยาวห้อง = 1.10 + 1.20 + 1.10 = <u>3.40 ม.</u>

ความสูงห้อง = 2.20 + 0.60 = <u>2.80 ม.</u>





หมายเหตุ 1. แผงสวิตช์อาจจัดวางในรูปแบบอื่นได้ซึ่งอาจทำให้ขนาดห้องเปลี่ยนไป

ตัวอย่างที่ 8.3 แผงสวิตช์ แรงดัน 230/400V, 3 เฟส 4 สาย 2,000A ขนาด W×D×H (กว้าง×ลึก×สูง) = 2.0×1.5×2.2 ม. จำนวน 2 แผง วางหันหน้าเข้าหากัน ด้านหลังแผงสวิตช์ปฏิบัติงานเฉพาะเมื่อดับไฟเท่านั้น ต้องการกำหนดขนาดห้อง กำหนดให้ห้องเป็นคอนกรีตและเพดานห้องไม่ติดไฟ

<u>วิธีทำ</u> เป็นกรณีที่ 3 ระยะห่างไม่น้อยกว่า 1.20 ม. และมีทางเข้าทั้ง 2 ข้างของแผง

- ความกว้างห้อง

  = 0.60 + 2.00 + 0.60 = <u>3.20 ม.</u>

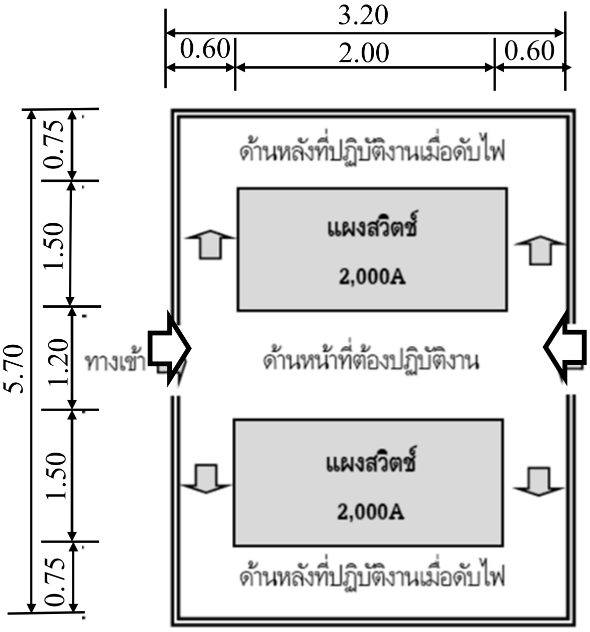
- ความยาวห้อง

  = 0.75+ 1.50 +1.20+1.50+0.75

  = <u>5.70 ม.</u>

- ความสูงห้อง

  = 2.20 +0.60 = <u>2.80 ม.</u>



คู่มือหน้า 195

8.4.2 สำหรับระบบแรงสูง

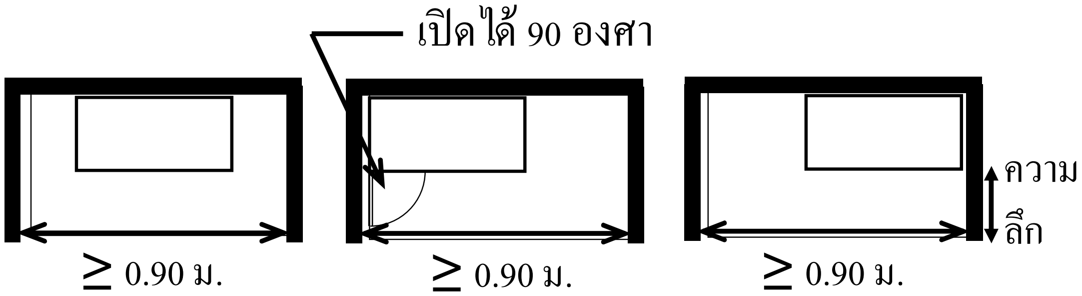
ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน

ระบบแรงสูง

ตอน ข. หน้า 1-19

คู่มือหน้า 196

ความกว้างของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในระบบแรงสูง

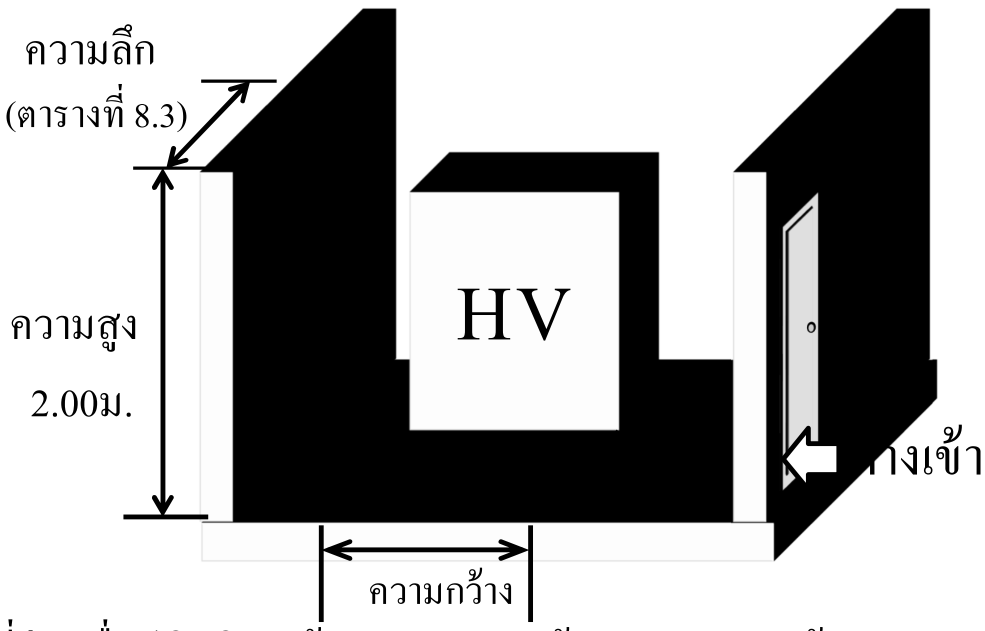


☑ ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน ต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 ม.สูง 2.00 ม.และความลึก ตามตารางที่ 8.3

☐ บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงสูง

คู่มือหน้า 196

ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานสำหรับระบบแรงสูง



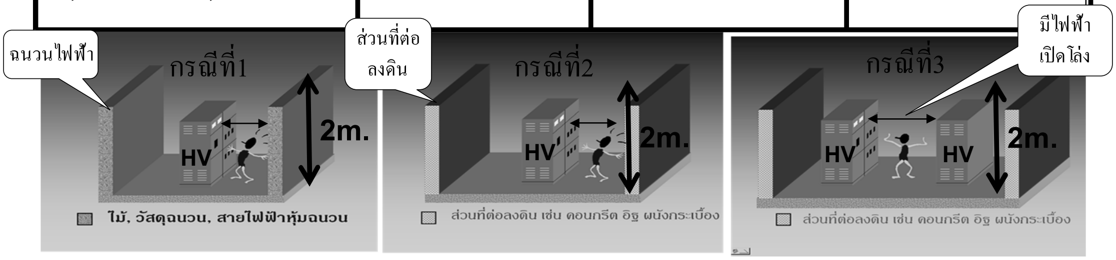
ที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานต้องสูง 2.00 ม.กว้าง 0.90 ม. และต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของบริภัณฑ์แรงสูง

คู่มือหน้า 184

ตารางที่ 8.3

ความลึกต่ำสุดของที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าระบบแรงสูง

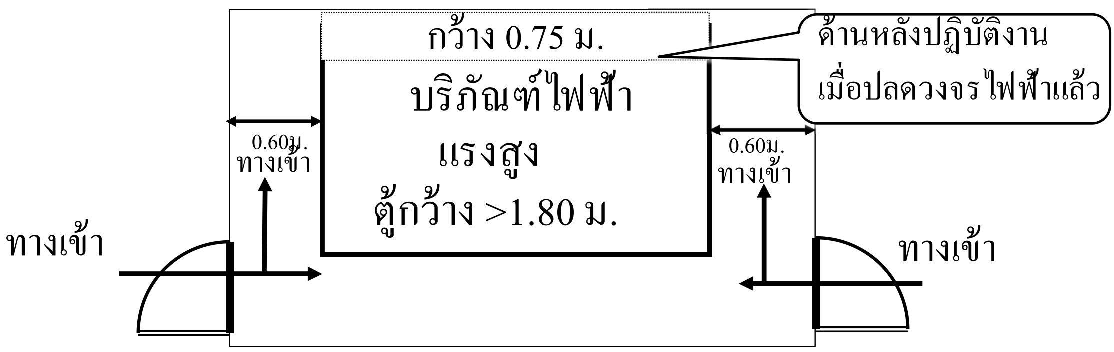
แรงดันไฟฟ้า วัดเทียบดิน (V)	ความลึกต่ำสุด (ม.)		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
601-2,500	0.90	1.20	1.50
2,501-9,000	1.20	1.50	1.80
9,001-25000	1.50	1.80	2.80
2,5001-75,000	1.80	2.50	3.00



คู่มือหน้า 196

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงสูง)

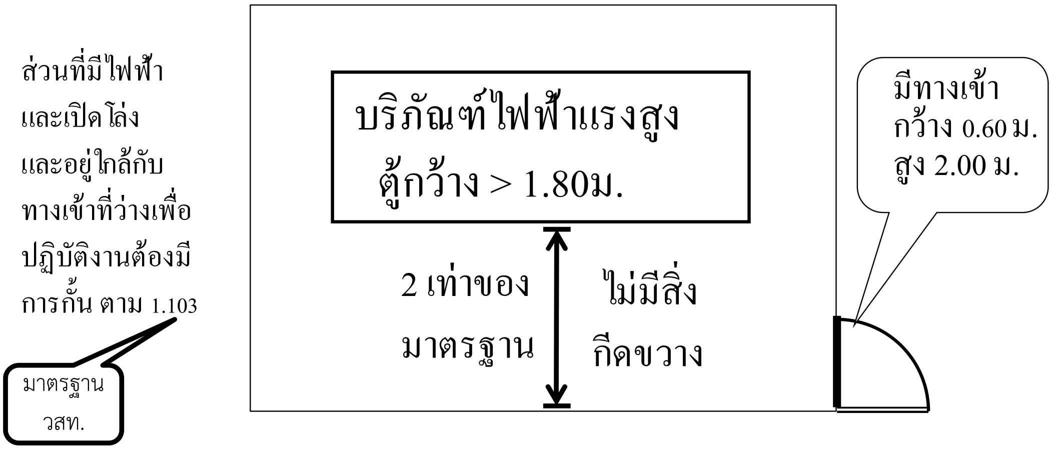
แผงสวิตช์ที่เข้าถึงเพื่อปฏิบัติงานได้จากด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านหลัง ไม่ต้องมีที่ว่างฯด้านหลังของแผงก็ได้ในที่ซึ่งต้องเข้าถึงด้านหลังเพื่อทำงานในส่วนที่ได้ปลดวงจรไฟฟ้าออกแล้ว ต้องมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานในแนวนอนไม่น้อยกว่า 0.75 ม. ตลอดแนวของแผงสวิตช์



แผงสวิตช์หรือแผงควบคุมระบบแรงสูงที่มีความกว้างเกิน 1.80 ม.(ไม่กำหนดกระแส)
ต้องมีทางเข้าทั้งสองข้างของแผงสวิตช์ กว้าง 0.60 ม. สูง 2.00 ม.

คู่มือหน้า 197

ทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงาน (แรงสูง)



อนุญาตให้มีทางเข้าที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานทางเดียวได้ ถ้าหน้าแผงสวิตช์แรงสูงเป็นที่ว่างและไม่มีสิ่งกีดขวางหรือมีที่ว่างเพื่อปฏิบัติงานมีความลึกเป็น 2 เท่าที่กำหนดในตารางที่ 8.3

คู่มือหน้า 197

บทที่ 9 แรงดันตก

9.1 การเกิดแรงดันตก

คือแรงดันไฟฟ้าที่สูญเสียไประหว่างทาง สาเหตุจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ (impedance) ***แรงดันตกจึงเป็นความต่างกันระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทางกับต้นทาง ปกติจะคิดเป็นร้อยละของแรงดันต้นทาง***

แรงดันไฟฟ้าตก คือค่าสูญเสีย(Loss)ในระบบไฟฟ้า ; I^2R

9.2 ผลของแรงดันตก

เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ปลายทางต่ำจะเกิดผลเสียคือ ประสิทธิผลการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะลดลง หรืออาจถึงขั้นทำงานไม่ได้เช่น หลอดไฟฟ้าสว่างน้อยลง หลอดฟลูออเรสเซนต์อาจเปิดติดยากหรือไม่ติด และมอเตอร์ไฟฟ้าสตาร์ตไม่ไหวหรือร้อนจน overload เป็นต้น

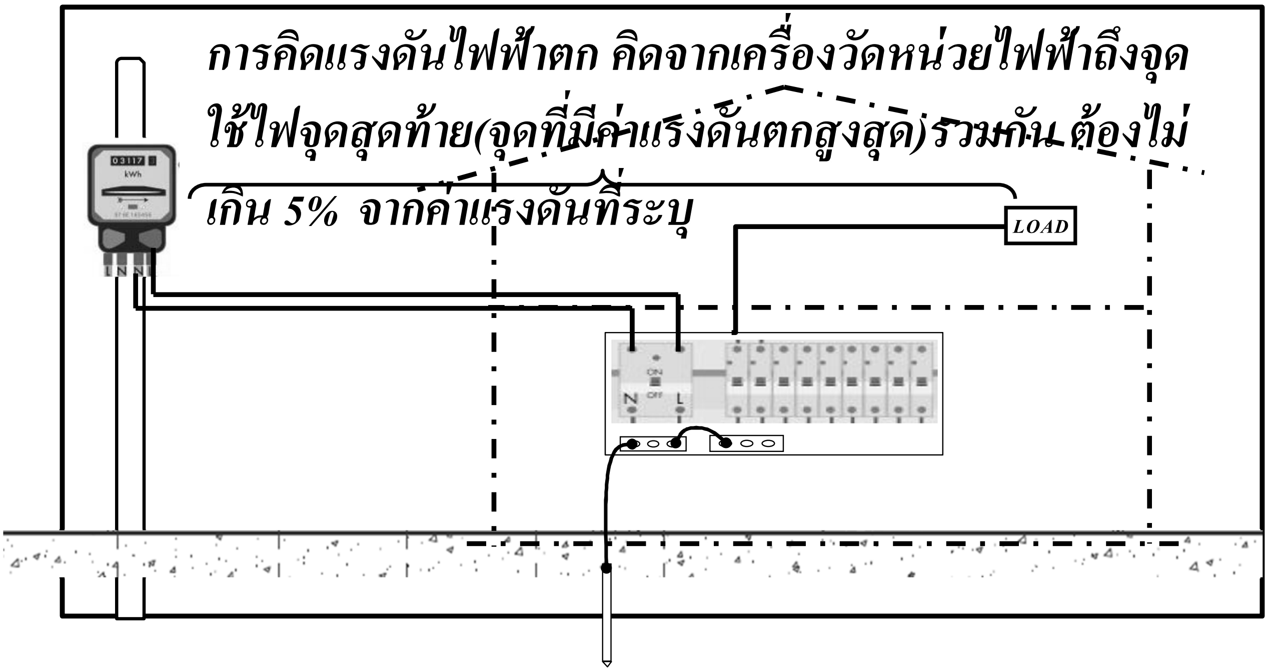
วิธีการแก้แรงดันตกที่นิยมใช้กันทั่วไปคือการลดค่า impedance โดยการเพิ่มขนาดสายไฟฟ้าสำหรับการลดกระแสไฟฟ้าการปรับค่า power factor ก็อาจทำได้ระดับหนึ่ง

คู่มือหน้า 199

9.3 มาตรฐานแรงดันตก

1.กรณีรับไฟแรงต่ำจากการไฟฟ้าฯ

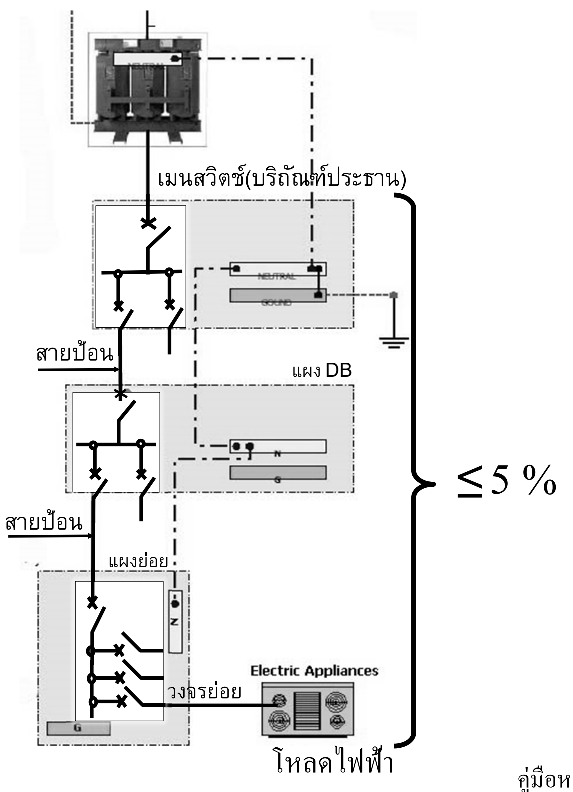
แรงดันตกในสายป้อน ไม่เกิน 2%
แรงดันตกในวงจรย่อย ไม่เกิน 3%



2. กรณีรับไฟแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ

แรงดันตก กรณีรับไฟแรงสูง จากการไฟฟ้าฯ แรงดันตกคิดจากเมนสวิตช์(บริภัณฑ์ประธานแรงต่ำ) จนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้ายที่ไกลสุด รวมกันไม่เกิน 5% จากค่าแรงดันที่ระบุ

แรงดันตกในสายป้อน ไม่เกิน 2%
แรงดันตกในวงจรย่อย ไม่เกิน 3%



9.6 การหาค่าแรงดันตกโดยใช้ตาราง

*วิธีที่สะดวกในการหาค่าแรงดันตกคือการใช้ตารางในมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ เพื่อประกอบการคำนวณ การหาค่าแรงดันตกแบ่งเป็นสำหรับสาย **PVC** และสาย **XLPE** ซึ่งจะต้องเลือกใช้ตารางให้ถูกต้อง และในการอ่านค่าจากตารางก็จะต้องทราบว่าเป็นวงจร **1** เฟส หรือ **3** เฟส และทราบวิธีการเดินสายหรือรูปแบบการติดตั้งด้วย ดังนี้*

***กลุ่มที่ 1** สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะ ภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ*

*กลุ่มที่ **2** สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในช่องเดินสายโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน*

***กลุ่มที่ 3** สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน*

***กลุ่มที่ 4** สายเคเบิลแกนเดียวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่าง เดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ*

***กลุ่มที่ 5** สายแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน*

***กลุ่มที่ 6** สายแกนเดียว หรือหลายแกน หุ้มฉนวน มีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง*

***กลุ่มที่ 7** สายเคเบิลแกนเดียวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได*

คู่มือหน้า 203

ตารางที่ 9.1 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC แกนเดียว ที่ 70°C

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7 Touching	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7 Spaced	กลุ่มที่ 1 , 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7 Trefoil	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7 Flat	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7 Spaced
1.0	44	44	44	38	38	38	38
1.5	29	29	29	25	25	25	25
2.5	18	18	18	15	15	15	15
4	11	11	11	9.5	9.5	9.5	9.5
6	7.3	7.3	7.3	6.4	6.4	6.4	6.4
10	4.4	4.4	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8
16	2.8	2.8	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4
25	1.81	1.75	1.75	1.52	1.50	1.50	1.52
35	1.33	1.25	1.27	1.13	1.11	1.12	1.15

ตัวอย่างที่ 9-2

คู่มือหน้า 204

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.1 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC แกนเดียว ที่ 70°C (ต่อ)

ตัวอย่างที่ 9-3

ตัวอย่างที่ 9-3

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4 6, 7		กลุ่มที่ 1, 2, 5	กลุ่มที่ 3 4, 6, 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
50	1.00	0.94	0.97	0.85	0.81	0.84	0.86
70	0.71	0.66	0.69	0.61	0.57	0.60	0.63
95	0.56	0.50	0.54	0.48	0.44	0.47	0.50
120	0.48	0.41	0.45	0.40	0.35	0.39	0.43
150	0.41	0.35	0.39	0.35	0.30	0.34	0.38
185	0.36	0.29	0.34	0.31	0.26	0.30	0.34
240	0.30	0.25	0.29	0.27	0.21	0.25	0.29
300	0.27	0.22	0.26	0.24	0.18	0.23	0.26
400	0.25	0.19	0.23	0.22	0.16	0.20	0.24
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.18	0.22

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.2 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC หลายแกน ที่ 70°C

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
1.0	44	38
1.5	29	25
2.5	18	15
4	11	9.5
6	7.3	6.4
10	4.4	3.8
16	2.8	2.4
25	1.75	1.50
35	1.25	1.10

ตัวอย่างที่ 9-1

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ.2556 วสท.

ตารางที่ 9.2 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน PVC หลายแกน ที่ 70°C (ต่อ)

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
50	0.93	0.80
70	0.65	0.57
95	0.49	0.43
120	ตัวอย่างที่ 9-1 0.41	0.36
150	0.34	0.29
185	0.29	0.25
240	0.24	0.21
300	0.21	0.18
400	0.17	0.15

คู่มือหน้า 205

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.3 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE แกนเดียว ที่ 90°C

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		กลุ่มที่ 1 , 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
1.0	46	46	46	40	40	40	40
1.5	31	31	31	27	27	27	27
2.5	19	19	19	16	16	16	16
4	12	12	12	10	10	10	10
6	7.9	7.9	7.9	6.8	6.8	6.8	6.8
10	4.7	4.7	4.7	4.0	4.0	4.0	4.0
16	2.9	2.9	2.9	2.5	2.5	2.5	2.5
25	1.85	1.85	1.85	1.60	1.57	1.58	1.60
35	1.37	1.35	1.37	1.17	1.14	1.15	1.17

คู่มือหน้า 206

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.3 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE แกนเดียว ที่ 90°C (ต่อ)

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)			3 เฟส AC (mV / A / m)			
	รูปแบบการติดตั้ง						
	กลุ่มที่ 1, 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		กลุ่มที่ 1 , 2, 5	กลุ่มที่ 3, 4, 6, 7		
		Touching	Spaced		Trefoil	Flat	Spaced
50	1.04	1.00	1.02	0.91	0.87	0.87	0.90
70	0.75	0.70	0.73	0.65	0.61	0.62	0.64
95	0.58	0.52	0.56	0.50	0.45	0.46	0.50
120	0.49	0.42	0.47	0.42	0.37	0.38	0.42
150	0.42	0.36	0.40	0.37	0.31	0.33	0.37
185	0.37	0.31	0.35	0.32	0.26	0.27	0.31
240	0.32	0.25	0.30	0.27	0.22	0.23	0.27
300	0.28	0.22	0.26	0.24	0.19	0.20	0.24
400	0.25	0.19	0.23	0.22	0.17	0.18	0.22
500	0.23	0.17	0.21	0.20	0.15	0.16	0.20

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.4 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE หลายแกน ที่ 90°C

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
1.0	46	40
1.5	31	27
2.5	19	16
4	12	10
6	7.9	6.8
10	4.7	4
16	2.9	2.5
25	1.85	1.60
35	1.35	1.15

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

ตารางที่ 9.4 แรงดันตกสำหรับสายไฟฟ้า ฉนวน XLPE หลายแกน ที่ 90°C (ต่อ)

ขนาดสาย (mm^2)	1 เฟส AC (mV / A / m)	3 เฟส AC (mV / A / m)
	ทุกกลุ่มการติดตั้ง	ทุกกลุ่มการติดตั้ง
50	0.99	0.86
70	0.68	0.60
95	0.52	0.44
120	0.42	0.36
150	0.35	0.31
185	0.30	0.25
240	0.24	0.22
300	0.21	0.18
400	0.19	0.16

แหล่งที่มา : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 วสท.

คู่มือหน้า 207

ตัวอย่างที่ 9.1 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V ใช้สาย NYY-G ชนิด 2 แกนมีสายดินขนาด 25/16 ตร.มม. เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนังความยาว 120 เมตร จ่ายไฟให้วงจรมอเตอร์ที่มีกระแสโหลดเต็มที่ 50 A ต้องการหาค่าแรงดันตกที่มอเตอร์ และถ้าต้องการแรงดันตกไม่เกิน 3% จงหาว่าจะต้องใช้สายไฟฟ้าขนาดเท่าใด

VD = mV × กระแส (A) × ความยาวสาย (m)

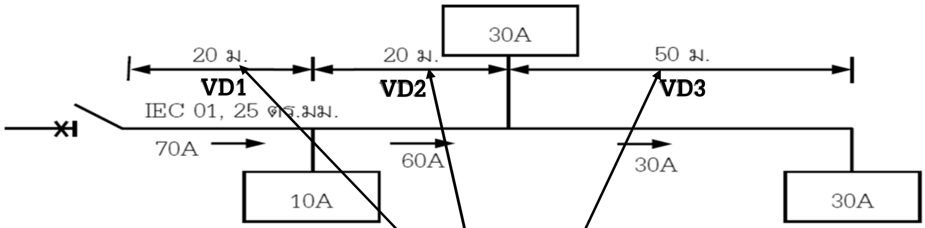
จากตารางที่ 9-2 ร้อยท่อเกาะผนัง กลุ่ม 2

- สาย 25/16 Sq.mm.NYY VD = (1.75 x 50 x 120)/1000 = 10.5V = (10.5/230)x100 = 4.56 %
- สาย 35/16 Sq.mm.NYY VD = (1.25 x 50 x 120)/1000 = 7.5 V = (7.5/230)x100 = 3.26 %
- สาย 50/25 Sq.mm.NYY VD = (0.93 x 50 x 120/1000 = 5.58V = (5.58/230)x100 = 2.42 %

จะต้องใช้สาย NYY-G ชนิด 2 แกนมีสายดินขนาด 50/25 ตร.มม.

คู่มือหน้า 208

ตัวอย่างที่ 9.2 วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 230/400 V ใช้สาย IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม. เดินร้อยท่อเกาะผนัง จ่ายโหลดตามที่แสดงในรูป ต้องการหาค่าแรงดันตกที่จุดปลายสุดของวงจร



สาย IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม. เป็นสาย PVC ใช้ตารางที่ 9.1 (กลุ่มที่ 2) ได้ VD = 1.52 mV/A/m

mV/A/m

VD = mV × กระแส (A) × ความยาวสาย (m)

VD1 = 1.52 × (10+30+30) × 20/1,000 = 2.13 V

VD2 = 1.52 × (30+30) × 20/1,000 = 1.82 V

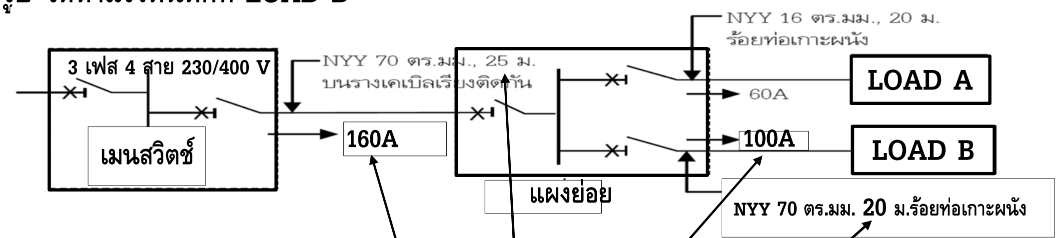
VD3 = 1.52 × 30 × 50/1,000 = 2.28 V

รวม VD (VD ที่จุดปลายสุด) = 2.13 + 1.82 + 2.28 = 6.23 V

= (6.23/400) × 100 = 1.6%

หมายเหตุ *การหาค่าแรงดันตกวิธีนี้เป็นวิธีโดยประมาณ เพราะในความเป็นจริงโหลดแต่ละตัวจะมีค่า power factor ไม่เท่ากัน*

ตัวอย่างที่ 9.3 เมนสวิตช์ 3 เฟส 4 สาย จ่ายไฟให้แผงย่อยด้วยสาย NYY1/C 70 ตร.มม. ยาว 25 ม. สายวางเรียงชิดติดกันบน Ladder กระแส 160 A และจากแผงย่อยจ่ายไฟให้โหลด 3 เฟส 2 ชุด โดยใช้สาย NYY 1/C ร้อยท่อเกาะผนัง ขนาด กระแส และความยาวดังรูป ให้หาแรงดันตกที่ LOAD B



จากตารางที่ 9-1 สายNYY 70 ตร.มม.วางบนรางเคเบิลเรียงชิดติดกัน (กลุ่ม 7,Flat) ได้ค่าแรงดันตก 0.60 mV/A/m

VD1 = 0.60 x 160 x 25/1000 = 2.4 V

จากตารางที่ 9-1 สายNYY 70 ตร.มม.เดินร้อยท่อ (กลุ่ม 2) ได้ค่าแรงดันตก 0.61mV/A/m

VD2 = 0.61 x 100 x 20/1000 = 1.22 V

รวม VD (VD ที่โหลด B) = 2.4 + 1.22 = 3.62 V

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = (3.62/400) × 100 = 0.91 %

9.7 ความยาวสายสูงสุดตามค่าแรงดันตก

จากตาราง (VD) = mV/A/m   นั่นคือ VD เป็น V = (mV/1000) × A × m

$$\boxed{\text{ความยาวสายสูงสุด (m)} = VD \times 1000 / (mV \times A)}$$

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400 V ใช้สาย IEC 01 ขนาด 50 ตร.มม. เดินร้อยท่อในอากาศ กระแส 80 A ใช้ CB 100 A ให้หาความยาวสายสูงสุด กำหนดให้แรงดันตกไม่เกิน 3%

วิธีทำ แรงดันตก 3%, VD = 400 × 3/100 = 12 V

การคิดจาก CB จะได้ความยาวสายสูงสุดน้อยกว่าคิดจากกระแสโหลดแต่จะสะดวกกว่ากรณีไม่ทราบกระแสโหลดที่แน่นอน

วิธีที่ 1 คิดจากกระแสโหลด

ตารางที่ 9.1(กลุ่มที่ 2)ได้ mV/A/m = 0.85

ความยาวสายสูงสุด (m)

= VD × 1000 / (mV × A)

= 12 × 1000 / (0.85 × 80A)

= 176 m.

วิธีที่ 2 คิดจากขนาด CB 100 A

ความยาวสายสูงสุด (m)

= VD × 1000 / (mV × A)

= 12 × 1000 / (0.85 × 100A)

= 141 m.

คู่มือหน้า 211,212

ภาคผนวก H กระแสลัดวงจร

การคำนวณกระแสลัดวงจร *แบบ Infinite Bus*

เป็นการหากระแสลัดวงจรโดยไม่คิดอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า

$$I_k'' = \frac{100}{\% U_k} I_n \quad \text{(A)}$$

กำหนดให้

I_k'' = กระแสลัดวงจรสมมาตร 3-เฟส (A)

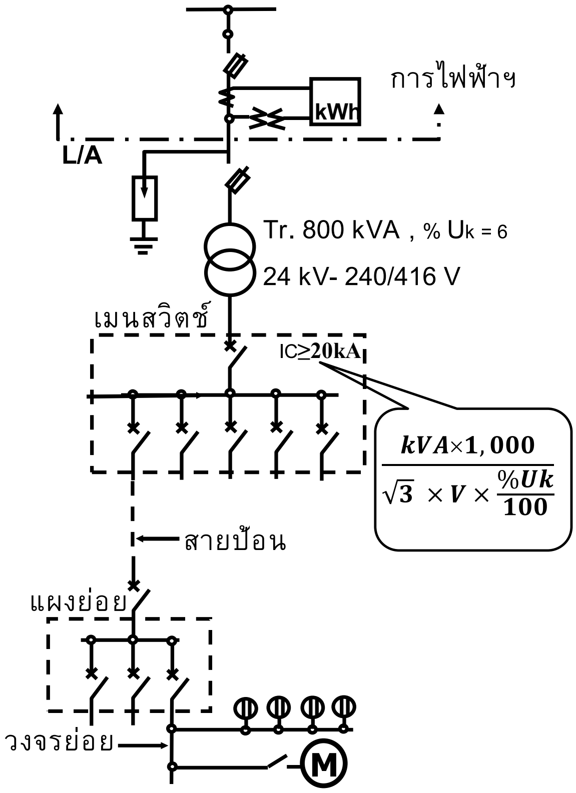
I_n = กระแสพิกัด ของหม้อแปลง (A)

U_k = % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

หรือ กระแสลัดวงจรที่ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง

$$I_k'' = \frac{kVA \times 1{,}000}{\sqrt{3} \times V \times \frac{\%Uk}{100}} \quad (Ampere)$$

ตัวอย่างการคำนวณกระแสลัดวงจร แบบ *Infinite Bus*



หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 800 kVA แรงดัน 24 kV/240-416 V ต้องการหาค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส ที่ด้านแรงต่ำของหม้อแปลงโดยไม่คิดอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า (กำหนดให้ % U_k = 6)

$$I_k'' = \frac{\text{kVA} \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \frac{\% U_k}{100}} \quad \text{kA}$$

$$I_k'' = \frac{800 \times 1000}{\sqrt{3} \times 416 \times \frac{6}{100}} \quad \text{kA}$$

$$I_k'' = 18.5 \ \text{kA} \approx \mathbf{20} \ \text{kA}$$

ตารางที่ H4 ค่ากระแสลัดวงจร 3 เฟส สำหรับสายไฟฟ้าแต่ละขนาด ที่ความยาวสายต่าง ๆ

(แรงดันด้านแรงต่ำของหม้อแปลง 416 V)

หม้อแปลง (kVA)	สายไฟฟ้า		กระแสลัดวงจร (kA)							
			ความยาวสาย (เมตร)							
	ตร.มม.	เส้นต่อเฟส	0	5	10	15	20	30	40	50
315	150	2	10.62	10.46	10.31	10.16	10.01	9.73	9.46	9.20
	185	2	10.62	10.47	10.33	10.19	10.05	9.78	9.53	9.29
	240	1	10.62	10.35	10.09	9.85	9.61	9.17	8.77	8.40
	240	2	10.62	10.48	10.35	10.22	10.09	9.85	9.61	9.39
400	150	3	13.59	13.42	13.26	13.10	12.94	12.64	12.35	12.06
	185	3	13.59	13.43	13.28	13.13	12.99	12.70	12.43	12.17
	240	2	13.59	13.37	13.16	12.95	12.75	12.37	12.01	11.66
	300	2	13.59	13.38	13.18	12.98	12.79	12.42	12.07	11.75
500	185	3	16.97	16.73	16.49	16.26	16.04	15.61	15.20	14.81
	240	3	16.97	16.74	16.52	16.31	16.10	15.70	15.31	14.94
	300	2	16.97	16.65	16.34	16.04	15.75	15.20	14.69	14.21
	300	3	16.97	16.75	16.54	16.34	16.14	15.75	15.38	15.02
630	185	3	21.17	20.79	20.43	20.08	19.74	19.09	18.47	17.89
	240	3	21.17	20.82	20.48	20.15	19.83	19.22	18.65	18.10
	300	3	21.17	20.83	20.51	20.19	19.89	19.30	18.75	18.22
	400	3	21.17	20.85	20.54	20.24	19.94	19.38	18.85	18.35
800	240	4	17.98	17.80	17.61	17.43	17.25	16.91	16.58	16.26
	300	3	17.98	17.74	17.51	17.28	17.06	16.63	16.22	15.83
	300	4	17.98	17.80	17.62	17.45	17.28	16.95	16.63	16.32
	400	3	17.98	17.75	17.53	17.31	17.10	16.68	16.29	15.92

ค่าคำนวณกระแสลัดวงจร

หม้อแปลง 800 kVA

แบบ *Infinite Bus*

$$I_k'' = \frac{800 \times 1000}{\sqrt{3} \times 416 \times \frac{6}{100}} \quad \text{kA}$$

$$I_k'' = 18.5 \ \text{kA} \approx \mathbf{20} \ \text{kA}$$

คู่มือหน้า 329

2.6.5 การใช้งานสายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ **(บทที่12 ตามมาตรฐาน วสท.)**

วงจรช่วยชีวิตหมายถึง วงจรที่จำเป็นต้องจ่ายไฟให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้เมื่อเกิดเหตุที่ต้องการหนีภัย วงจรไฟฟ้าที่จำเป็นมีดังนี้

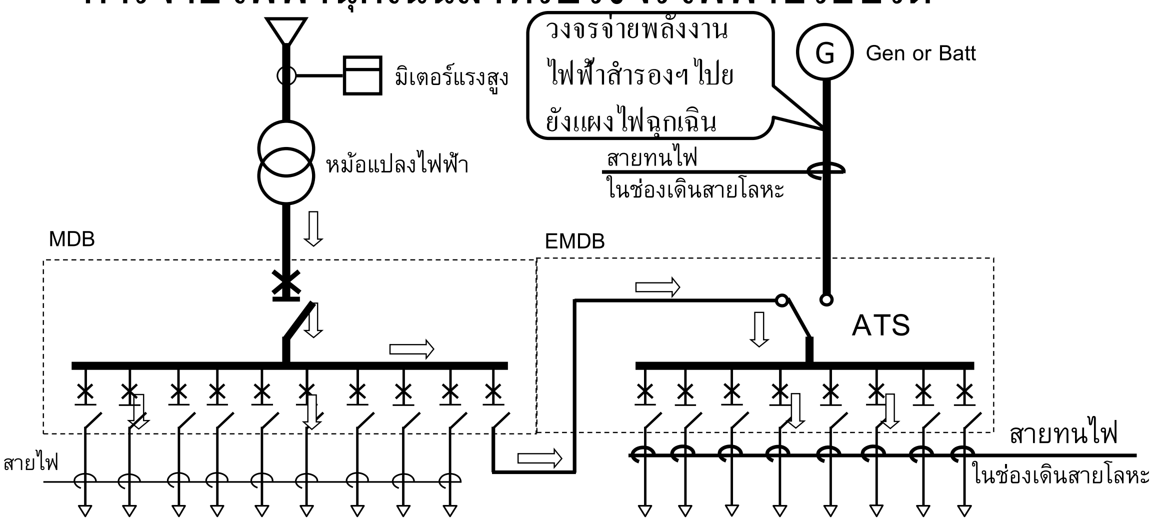
- ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินไปยังแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินเพื่อการหนีภัย
- ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบสื่อสารฉุกเฉินสำหรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (วสท.)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน (วสท.)
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- ระบบลิฟต์ดับเพลิง

<u>สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินสายในช่องเดินสายโลหะ</u>

คู่มือหน้า 44

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต



กรณีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสตาร์ทและจ่ายโหลดโดยอัตโนมัติผ่าน Automatic Transfer Switch และถ้าไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ เครื่องกำเนิดจะหยุดจ่ายโหลดโดยอัตโนมัติ

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ตาม วสท. ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ระบบลิฟต์ดับเพลิง

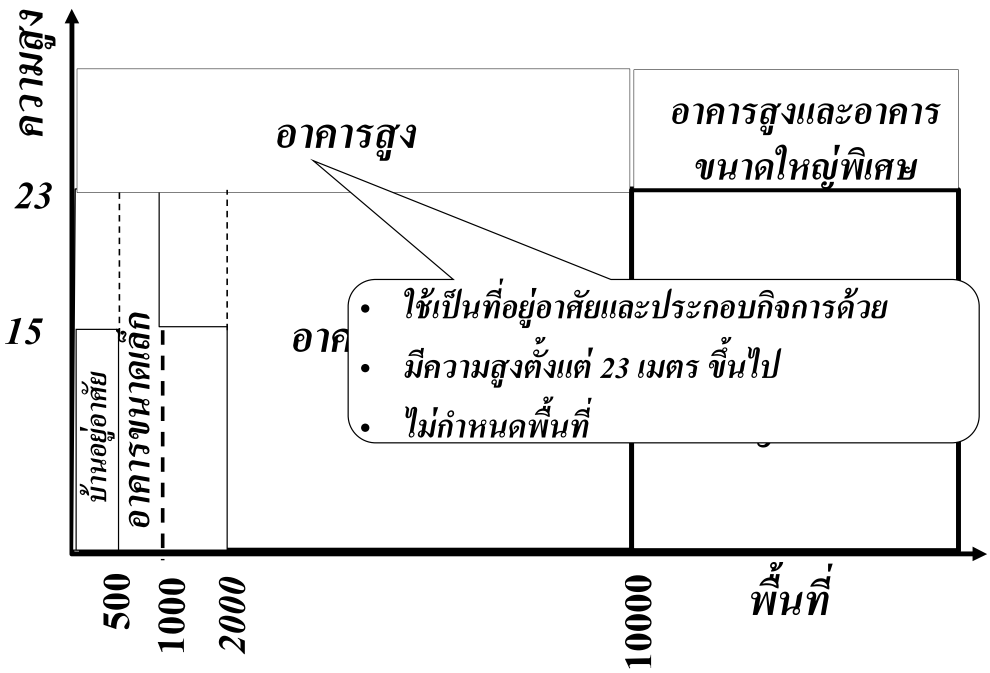
ขอบเขตวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

ข้อกำหนดนี้สำหรับอาคารสถานที่ต่อไปนี้ต้องใช้สายที่มีคุณสมบัติทนไฟ

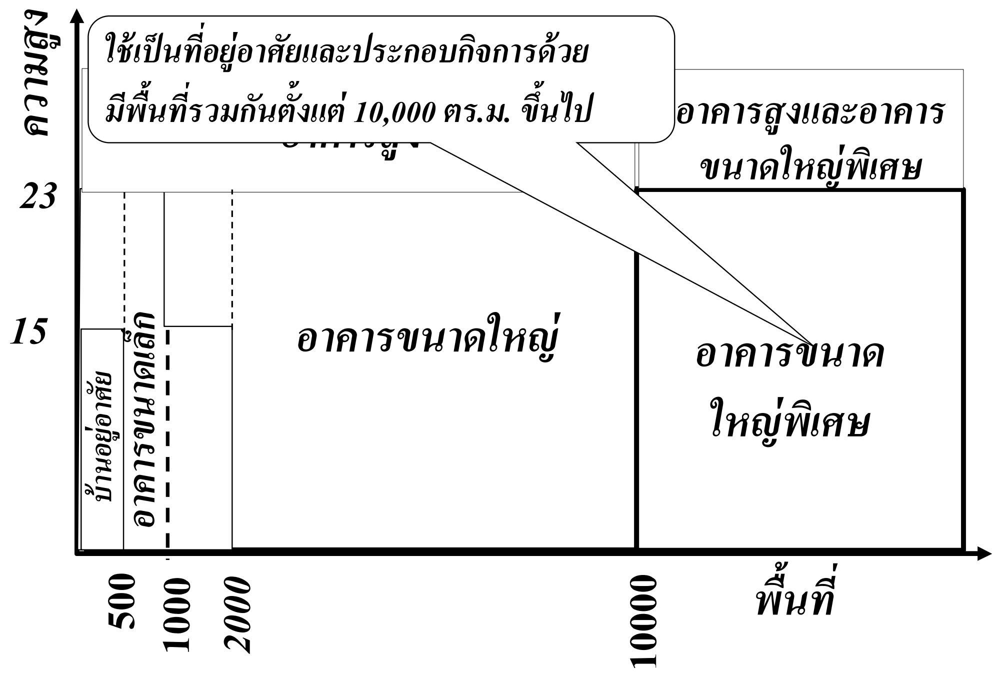
- อาคารที่กำหนดให้มีวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตได้แก่ อาคารชุด อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ โรงมหรสพ สถานบริการ โรงแรม อาคารใต้ผิวดิน ไม่ว่าจะทั้งหมดหรือบางส่วนหรือระบบใดระบบหนึ่ง
- อาคารหรือสถานที่ใดๆที่กฎหมายกำหนดให้ต้องมีระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วนหรือระบบใดระบบหนึ่ง
- อาคารหรือสถานที่จัดเป็นบริเวณอันตรายจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดการติดตั้งสำหรับบริเวณอันตรายตามแต่ละประเภทนั้นด้วย

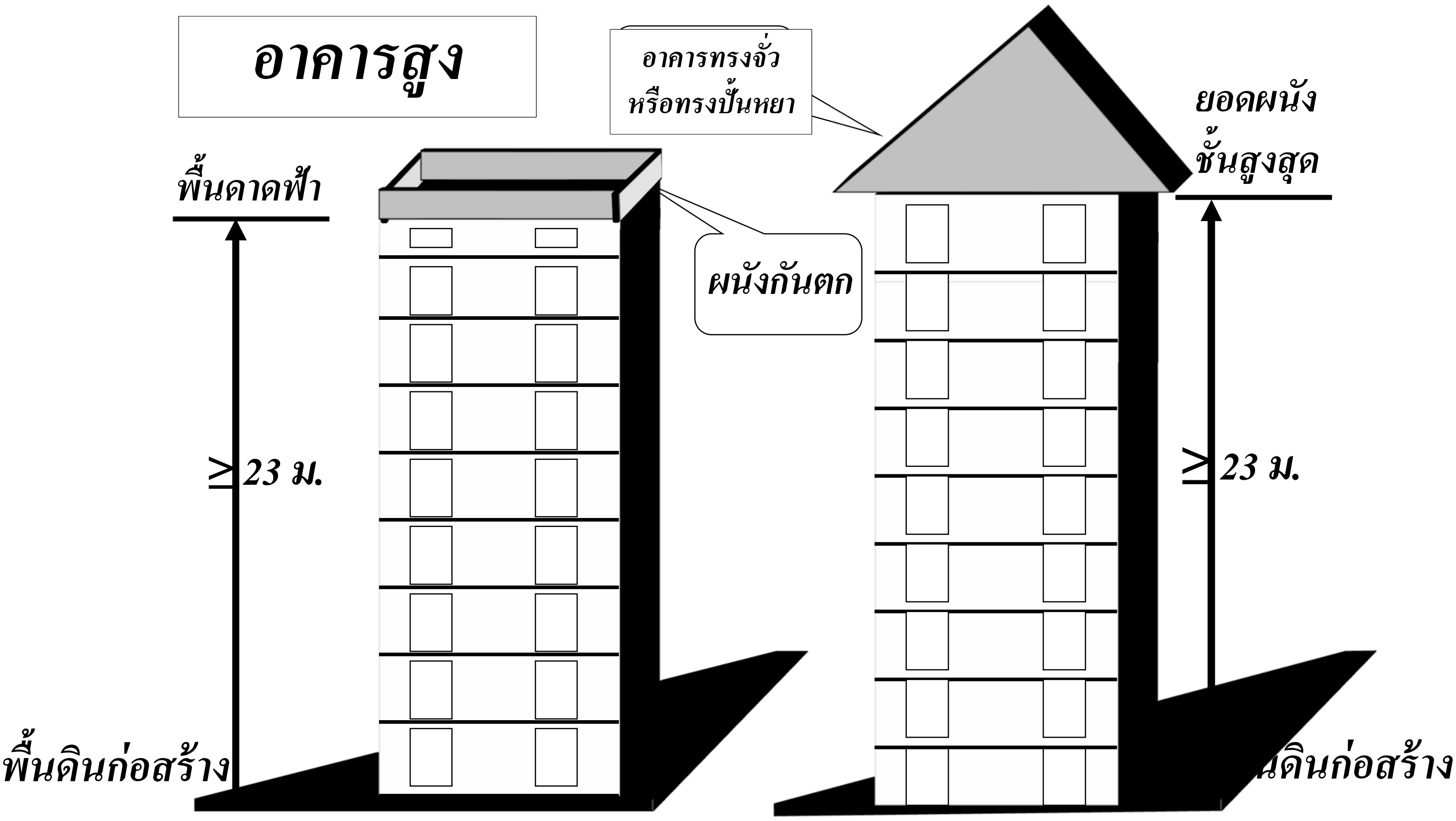
คู่มือหน้า 44

สรุป อาคารประเภทต่างๆ



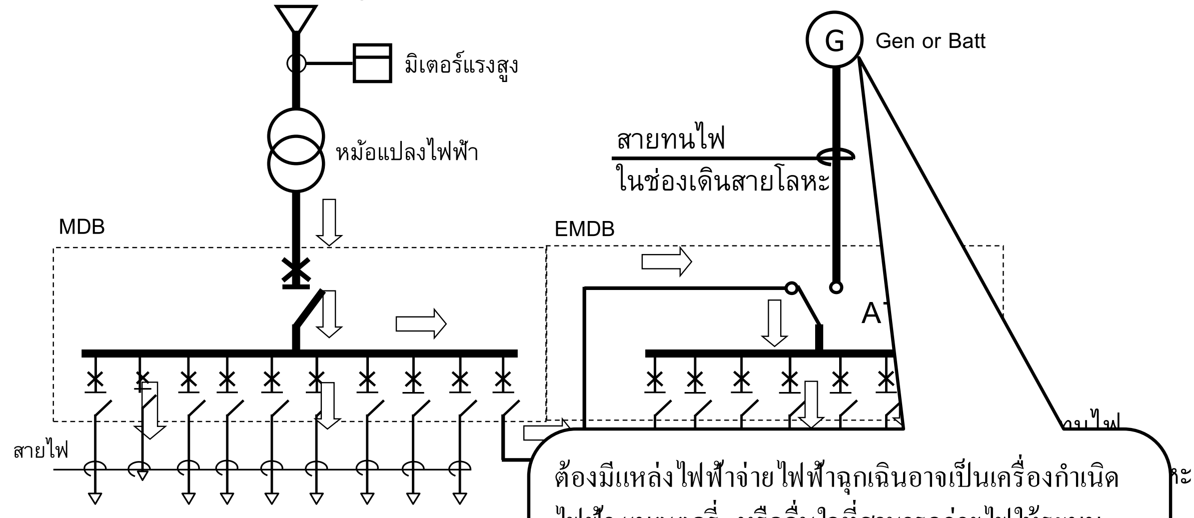
สรุป อาคารประเภทต่างๆ





วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

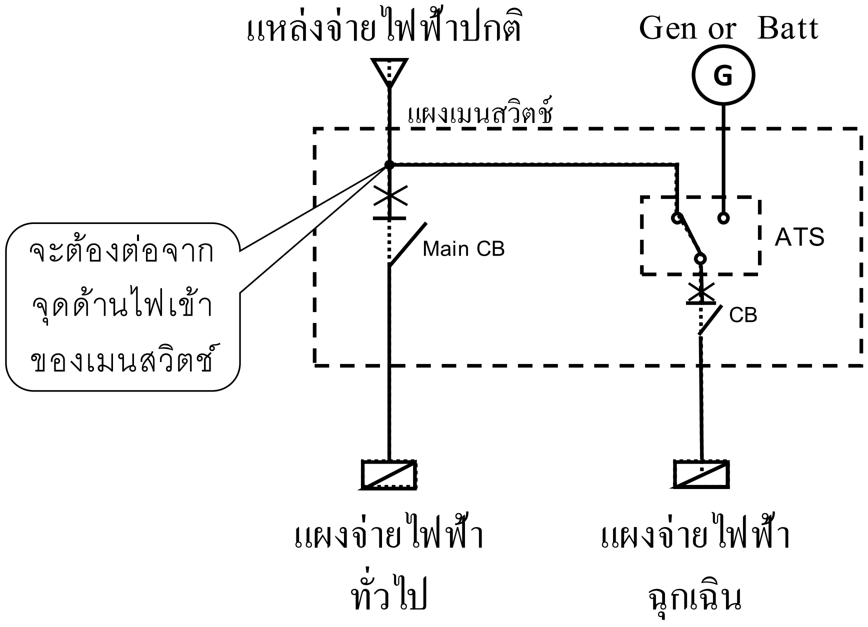
การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต



กรณีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสตาร์ทและจ่ายโหลดโดยอัตโนมัติผ่าน Automatic Transfer Switch และถ้าไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ เครื่องกำเนิดจะหยุดจ่ายโหลดโดยอัตโนมัติ

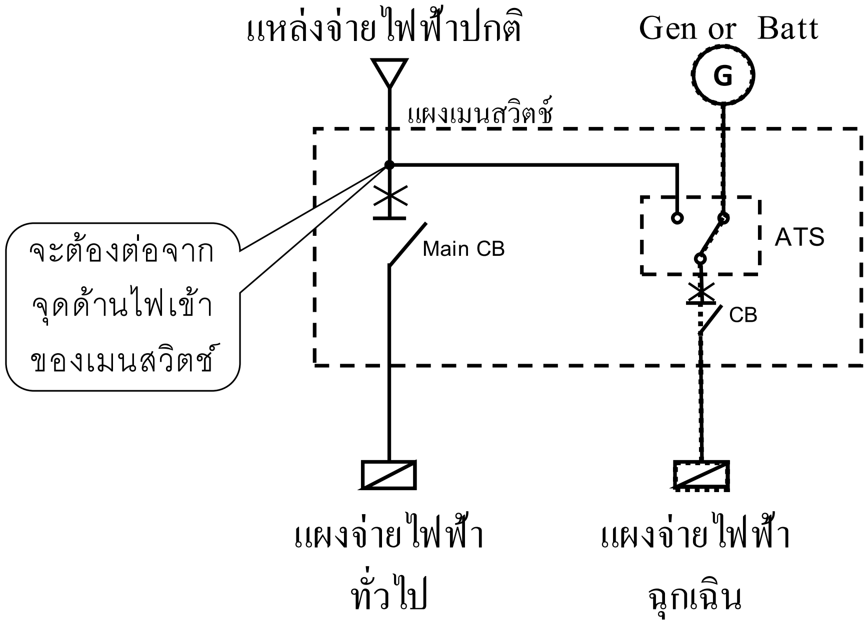
ต้องมีแหล่งไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินอาจเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบตเตอรี่ หรืออื่นใดที่สามารถจ่ายไฟให้ระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตอย่างเหมาะสม และในระยะเวลานานพอเพียงที่จะครอบคลุมความต้องการของระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิตที่ต้องมีไฟฟ้าใช้ที่นานที่สุดได้ด้วย

การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต



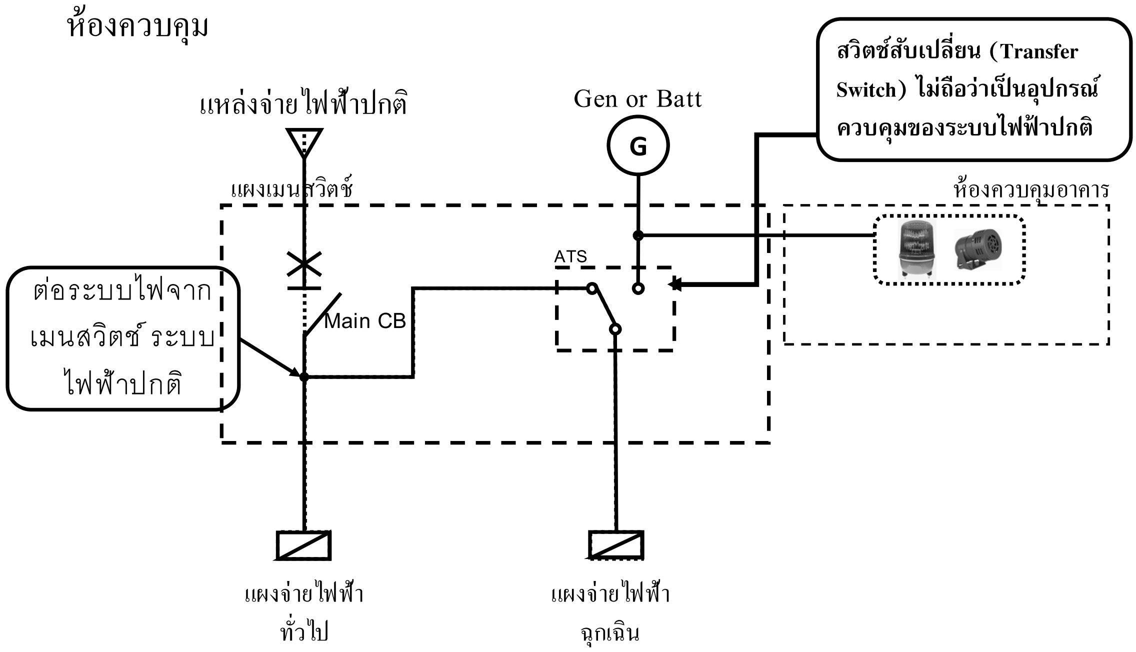
การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

**กรณีไฟฟ้าปกติผิดพร่อง



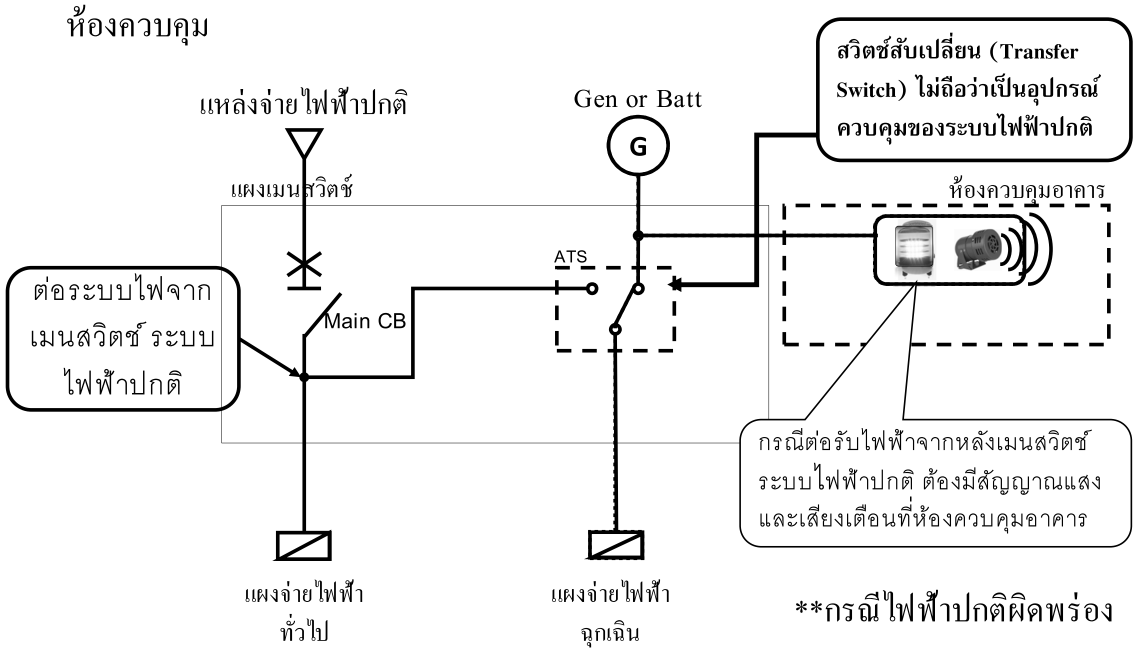
การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

กรณีต่อรับไฟฟ้าจากเมนสวิตช์ระบบไฟฟ้าปกติ ต้องมีสัญญาณแสงและเสียงเตือนที่ห้องควบคุม



การจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

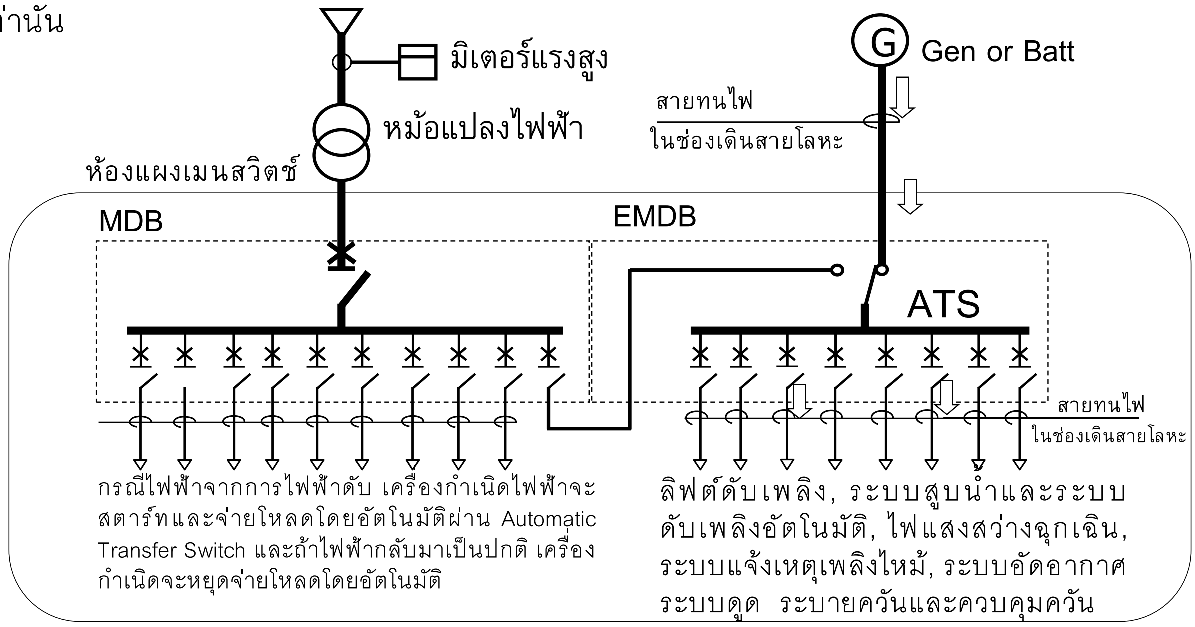
กรณีต่อรับไฟฟ้าจากเมนสวิตช์ระบบไฟฟ้าปกติ ต้องมีสัญญาณแสงและเสียงเตือนที่ห้องควบคุม



**กรณีไฟฟ้าปกติผิดพร่อง

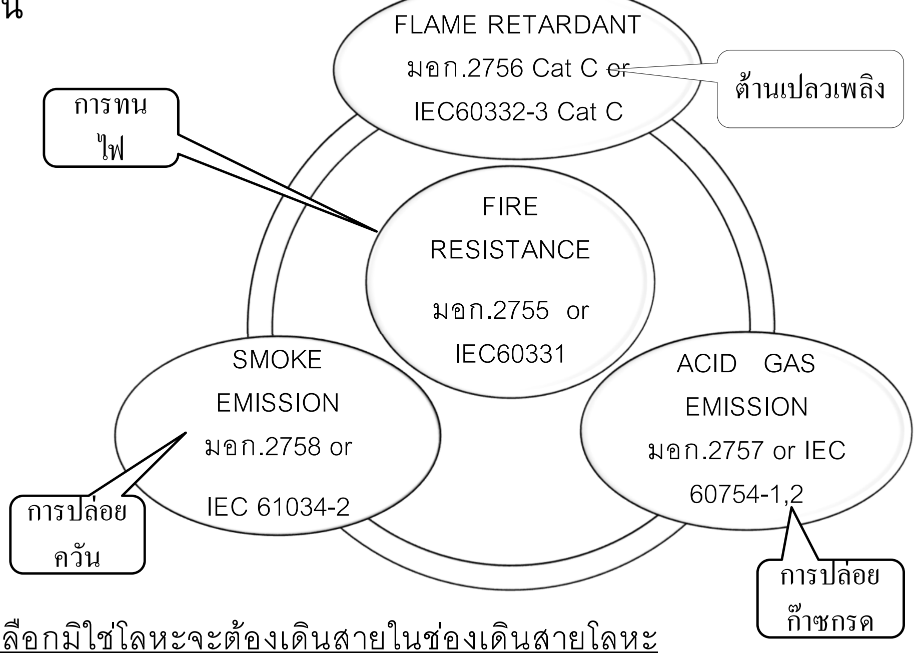
เมนสวิตช์และสวิตช์ต่างๆ

- เมนสวิตช์สำหรับการจ่ายไฟฟ้าวงจรช่วยชีวิตต้องแยกต่างหาก และ ไม่ถูกบังคับจากเมนสวิตช์ไฟฟ้าปกติ วงจรช่วยชีวิตแต่ละระบบอาจใช้เมนสวิตช์รวม 1 ตัว หรือแยกแต่ละระบบก็ได้ หรือจัดแบ่งอย่างไรก็ได้ แต่ทั้งหมดต้องติดตั้งรวมอยู่ที่แผงสวิตช์เมนรวมหรือภายในห้องแผงสวิตช์เมนรวมเท่านั้น



ข้อกำหนดระดับการทนไฟของระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

- ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย(ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบสื่อสารฉุกเฉินสำหรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน



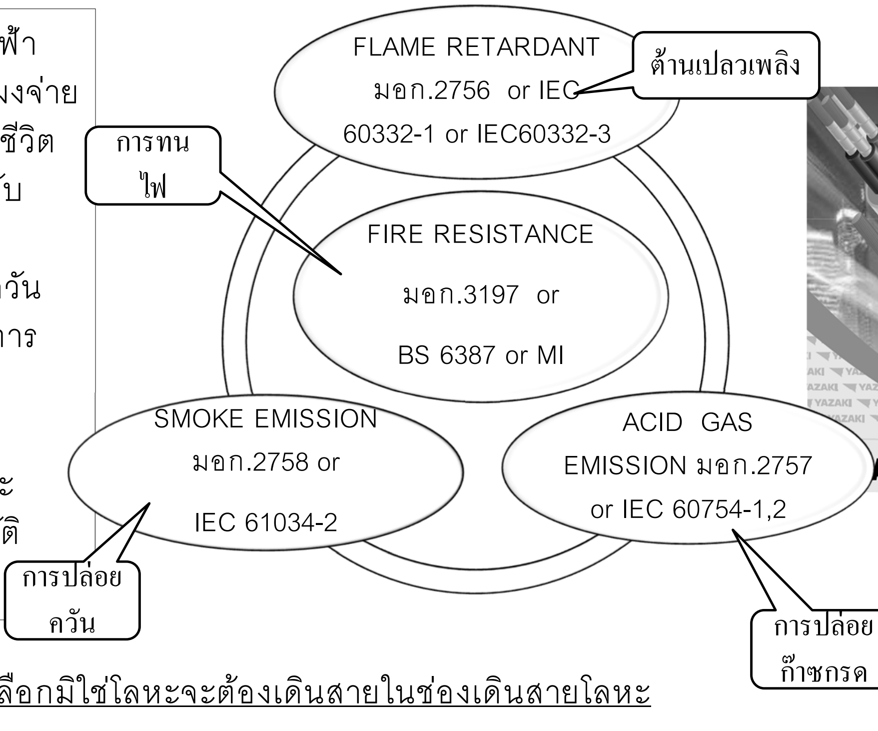
<u>- สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินสายในช่องเดินสายโลหะ</u>

คู่มือหน้า 44

ข้อกำหนดระดับการทนไฟของระบบวงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

<u>สายทนไฟตามมอก.3197**-2564**</u> หรือ <u>**BS 6387** ระดับชั้น **CWZ** หรือ **MI Cable**</u>

- ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองฉุกเฉินไปยังแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินเพื่อช่วยชีวิต
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควัน รวมทั้งระบบควบคุมการกระจาย
ของไฟและควัน
- ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- ระบบลิฟต์ดับเพลิง



<u>- สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินสายในช่องเดินสายโลหะ</u>

คู่มือหน้า 44

2.3 อาคารใต้ผิวดิน(Sub-Surface Building)

อาคารใต้ผิวดิน หมายถึง อาคารหรือชั้นใต้ดินของอาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตร.ม.ขึ้นไป สถานีรถไฟฟ้า
173 ใต้ดิน อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินและรวมถึงอุโมงค์ใต้ดินที่ใช้สำหรับการจราจรทั่วไป แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยปกติ (Normal Safety Requirement System)

- ระบบแสงสว่างทั่วไป
- ระบบไฟฟ้ากำลัง ที่นอกเหนือจากประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3
- ระบบปั๊มน้ำขึ้นถังบนหลังคา
- ระบบระบายอากาศ
- ระบบระบายน้ำโดยทั่วไป

ประเภทที่ 2 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูง (High Safety Requirement System)

- ระบบระบายอากาศ เฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการจ่ายลม
- ระบบระบายน้ำฉุกเฉิน
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน
- ระบบสัญญาณเตือนภัยต่าง ๆ
- ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์
- ระบบทางหนีภัย (escape way)

ประเภทที่ 3 ระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูงมาก (Very High Safety Requirement System)

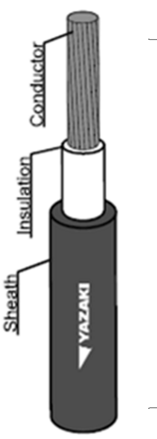
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- ระบบสื่อสารฉุกเฉิน (emergency communication)
- ระบบระบายควัน ทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและการดับเพลิงทั้งหลาย

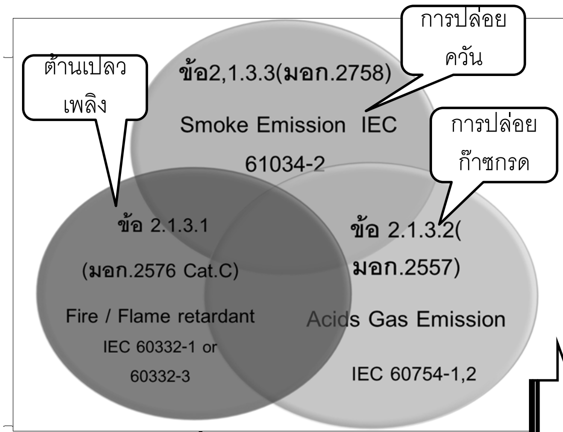
คู่มือหน้า 46,47

อาคารใต้ผิวดิน(Sub-Surface Building)

- ฉนวนของสายไฟฟ้าต้องสามารถทนอุณหภูมิ ได้ไม่ต่ำกว่า 70 ^{O}C

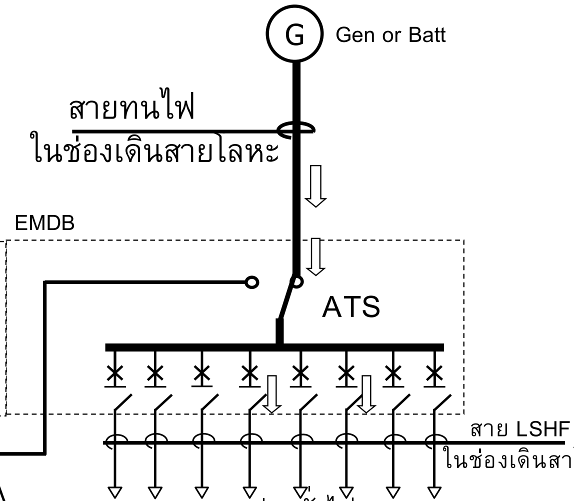
- ฉนวนหรือวัสดุหุ้มสายไฟฟ้า





สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินในช่องเดินสายโลหะ
กรณีใช้ท่อโลหะบางข้อต่อและข้อต่อยึดต้องเป็นชนิดกันน้ำ (raintight)

ที่ต้องการความปลอดภัยปกติ



- ระบบแสงสว่างทั่วไป
- ระบบไฟฟ้ากำลัง ที่นอกเหนือจากประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3
- ระบบปั๊มน้ำขึ้นถังบนหลังคา
- ระบบระบายอากาศ
- ระบบระบายน้ำโดยทั่วไป

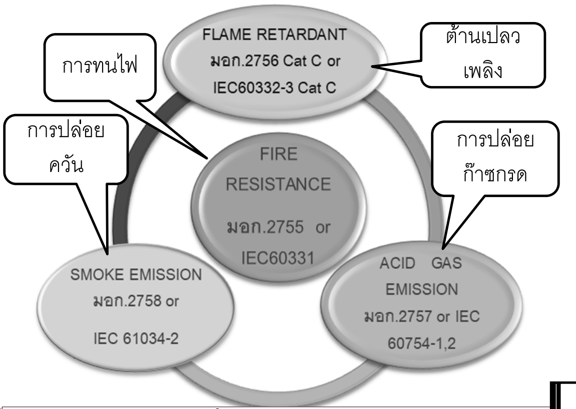
คู่มือหน้า 46

อาคารใต้ผิวดิน(Sub-Surface Building)

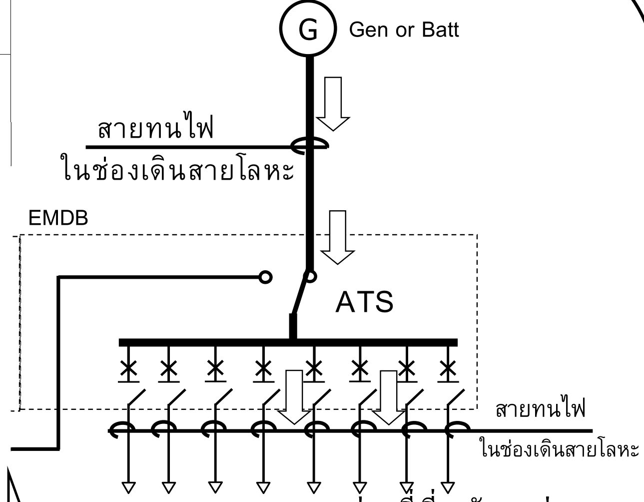
นที่ต้องการความปลอดภัยสูง

- ฉนวนของสายไฟฟ้าต้องสามารถทน อุณหภูมิ ได้ไม่ต่ำกว่า 70 ^{O}C

- ฉนวนหรือวัสดุหุ้มสายไฟฟ้า



-สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินในช่องเดินสายโลหะ
กรณีใช้ท่อโลหะบางข้อต่อและข้อต่อยึดต้องเป็นชนิดกันน้ำ (raintight)



- ระบบระบายอากาศ เฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการจ่ายลม
- ระบบระบายน้ำฉุกเฉิน
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน
- ระบบสัญญาณเตือนภัยต่าง ๆ
- ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์
- ระบบทางหนีภัย (escape way)

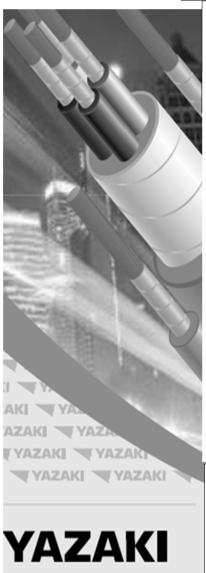
คู่มือหน้า 46

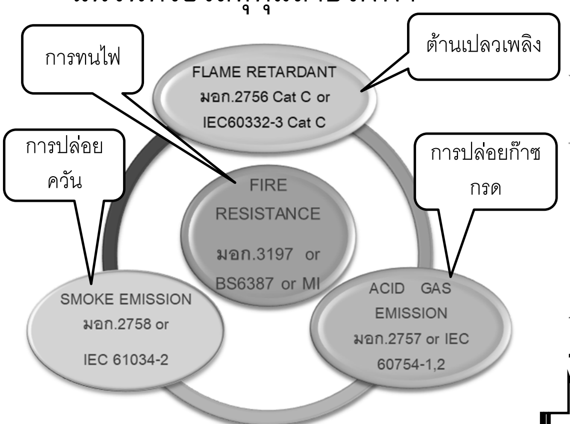
อาคารใต้ผิวดิน(Sub-Surface Building)

องการความปลอดภัยสูงมาก

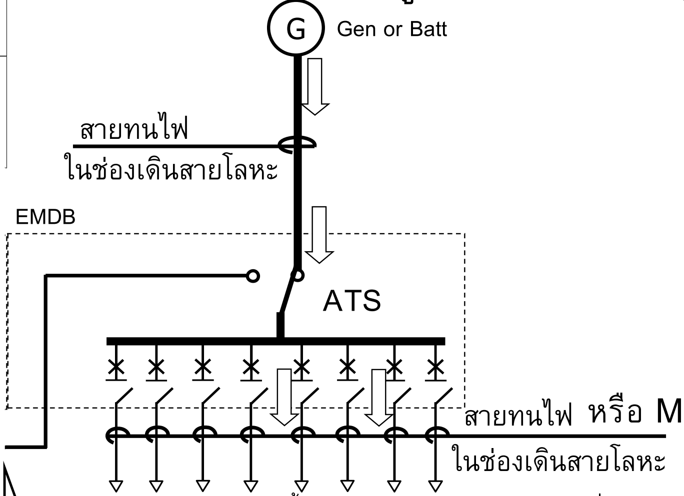
- ฉนวนของสายไฟฟ้าต้องสามารถทน อุณหภูมิ ได้ไม่ต่ำกว่า 70 ^{O}C

- ฉนวนหรือวัสดุหุ้มสายไฟฟ้า





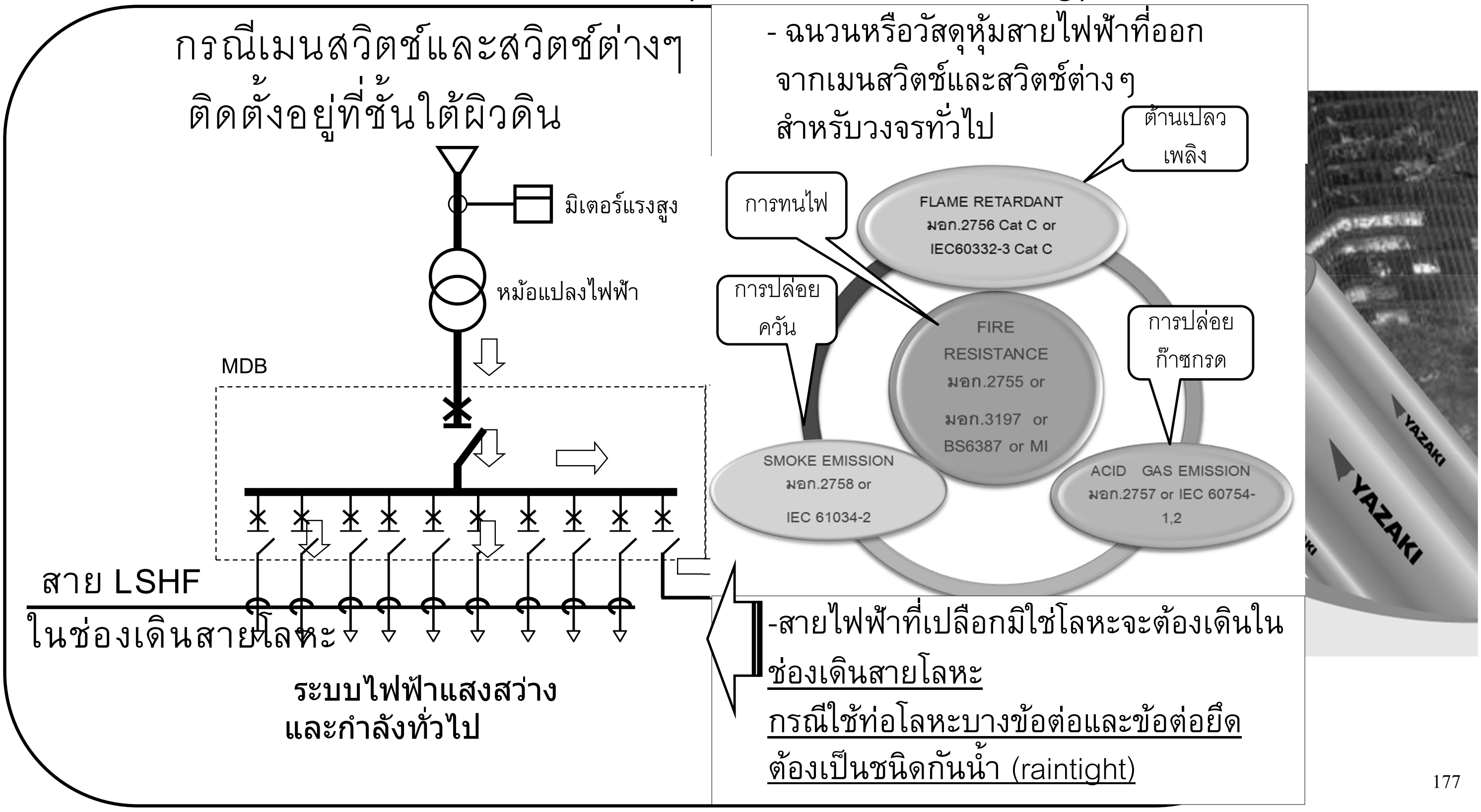
-สายไฟฟ้าที่เปลือกมิใช่โลหะจะต้องเดินในช่องเดินสายโลหะ
กรณีใช้ท่อโลหะบางข้อต่อและข้อต่อยึดต้องเป็นชนิดกันน้ำ (raintight)



- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- ระบบสื่อสารฉุกเฉิน (emergency communication)
- ระบบระบายควัน ทั้งในอาคารใต้ผิวดินและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิงและการดับเพลิงทั้งหลาย

คู่มือหน้า 47

อาคารใต้ผิวดิน(Sub-Surface Building)



<u>ภาคผนวก K รหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการติดตั้งงานระบบ</u>

ลำดับ	รายละเอียด	ตัวอักษร	รหัสสี	สีสัญลักษณ์	แสงสว่าง	เต้ารับ
1	ช่องเดินสาย สายไฟฟ้ากำลังปกติ	N	-	ดำ	LTG	RCT
2	ช่องเดินสาย สายไฟฟ้าวงจรช่วยชีวิต	LS	แดง	ดำ	LTG	RCT
3	ช่องเดินสาย สายไฟฟ้าฉุกเฉิน	E	เหลือง	ดำ	LTG	RCT
4	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้	FA	ส้ม	ดำ		
5	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบเสียงและประกาศเรียก	PA	ขาว	ดำ		
6	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบโทรทัศน์รวม	MATV	ขาว	ดำ		
7	ช่องเดินสาย สายสัญญาณ BAS	BAS	ฟ้า	ดำ		
8	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบโทรทัศน์วงจรปิด	CCTV	น้ำเงิน	ขาว		
9	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบควบคุมประตูเข้า-ออก	ACC	น้ำเงิน	ขาว		
10	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบเรียกพยาบาล	NC	น้ำเงิน	ขาว		
11	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบนาฬิการวม	CL	น้ำตาล	ขาว		
12	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบโสตทัศนูปกรณ์	AV	น้ำตาล	ขาว		
13	ช่องเดินสาย สายสัญญาณระบบ ICT	ICT	ดำ	ขาว		
14	อุปกรณ์ยึดหรือแขวนช่องเดินสายไฟฟ้าและสายสัญญาณ	ม-	เทาเข้ม	-		

ไม่มีสี

คู่มือหน้า 341,342

หมายเหตุ:

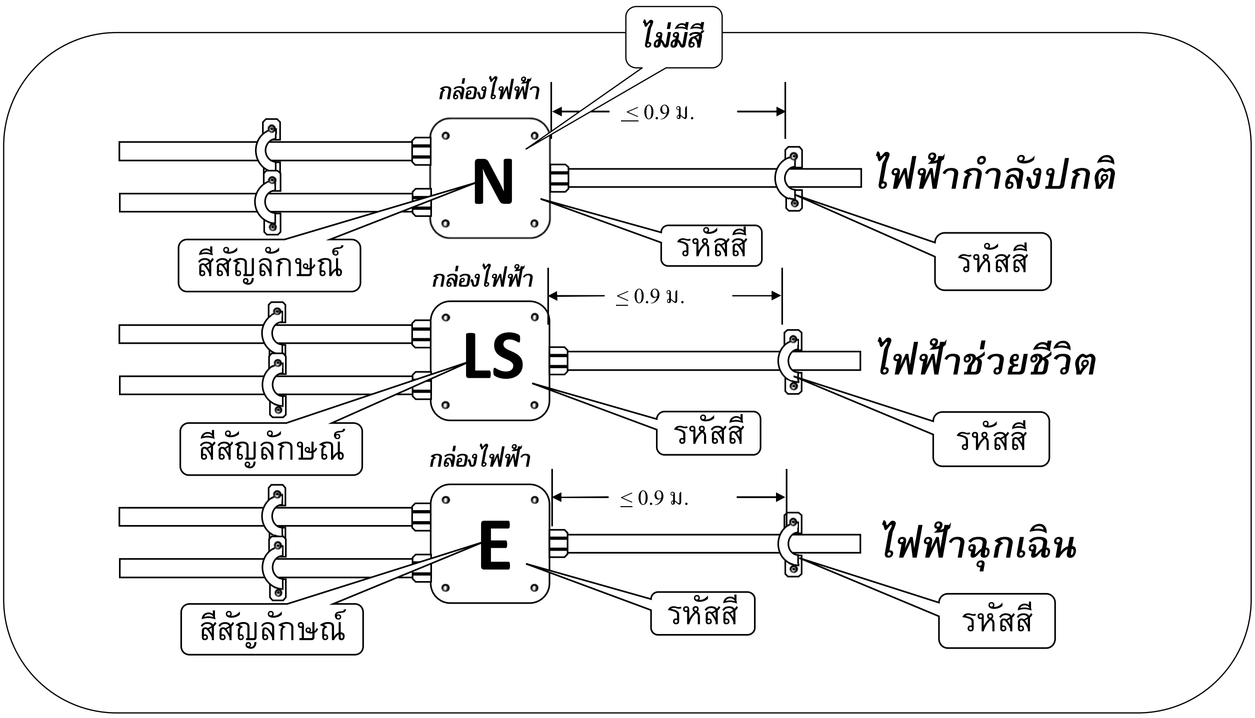
1) **รหัสสี หมายถึง แถบสีที่ใช้ทำเครื่องหมายที่ช่องเดินสาย และฝากล่องไฟฟ้าหรือฝากล่องดึงสายเพื่อให้ทราบว่าเป็นช่องเดินสายของระบบใด**

2) **สีสัญลักษณ์ หมายถึง สีของตัวอักษรที่อยู่บนฝากล่องไฟฟ้า ฝากล่องดึงสาย เพื่อให้ทราบว่าเป็นกล่องไฟฟ้าหรือกล่องดึงสายของระบบใด**

3) **ลำดับที่** *1, 2* **และ** *3* **ตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์ วงจรแสงสว่างใช้** *"LTG"* **วงจรเต้ารับใช้** *"RCT"*

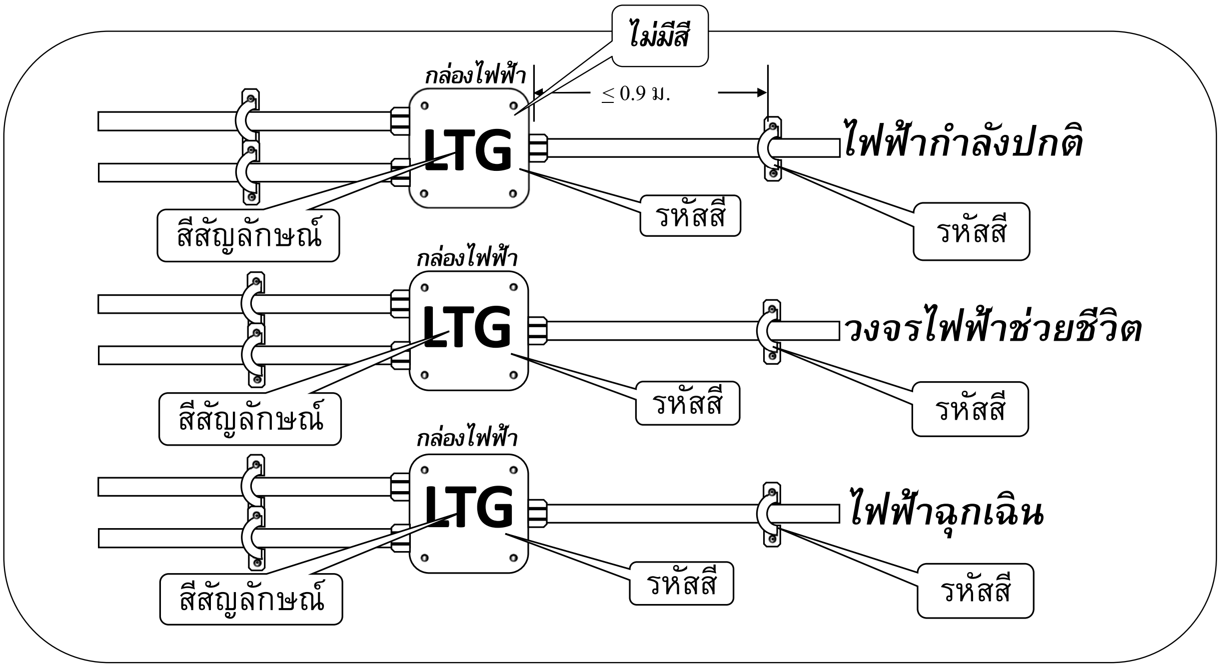
4) **การแสดงรหัสสีของช่องเดินสาย ให้แสดงรหัสสีที่ตัวจับยึดของท่อร้อยสาย สำหรับฝากล่องไฟฟ้าและฝากล่องดึงสายต้องมีตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์ด้วย** *(***ในกรณีที่กล่องดึงสายมีงานหลายระบบดึงผ่านอนุญาตให้ไม่ต้องทำรหัสสีและสีสัญลักษณ์ที่ฝากล่องดึงสายได้***)* **ส่วนรางเดินสายให้แสดงรหัสสีทุกระยะไม่เกิน** *3* **เมตร และห่างจากกล่องดึงสายหรืออุปกรณ์ไม่เกิน** *0.90***เมตร โดยรหัสสีกว้างไม่น้อยกว่า** *30* **มิลลิเมตร และตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์สูงไม่น้อยกว่า** *20* **มิลลิเมตร**

คู่มือหน้า 342



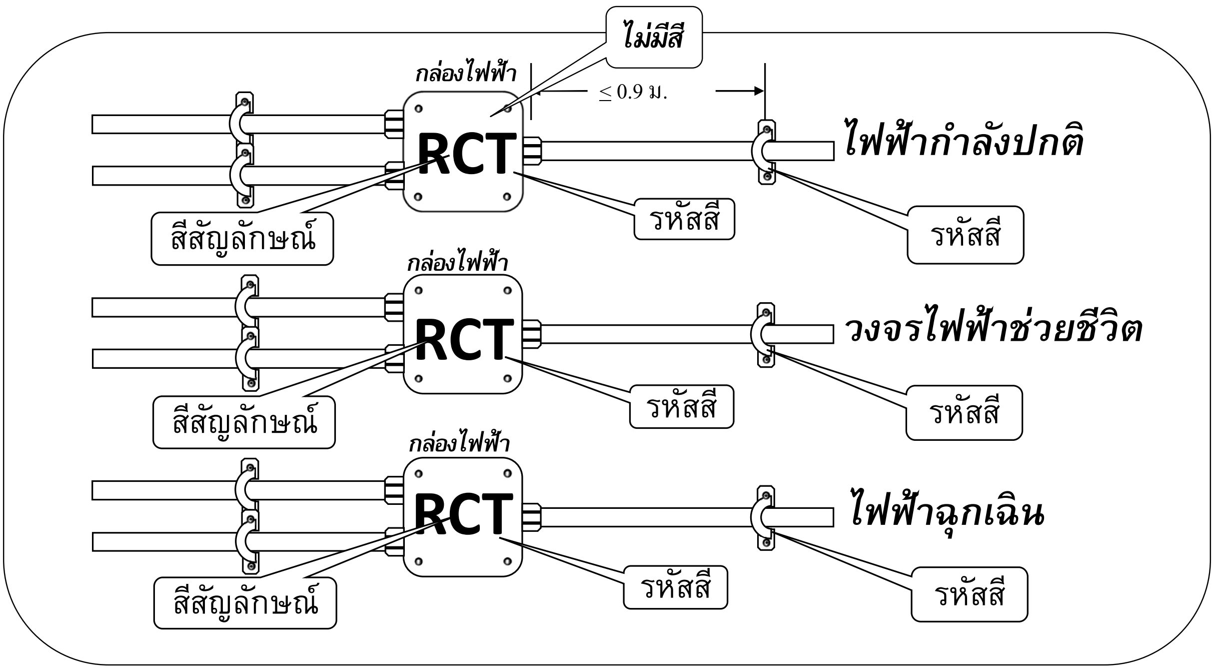
ไฟฟ้ากำลังปกติ ***ไฟฟ้าช่วยชีวิต*** ***ไฟฟ้าฉุกเฉิน***

คู่มือหน้า 343



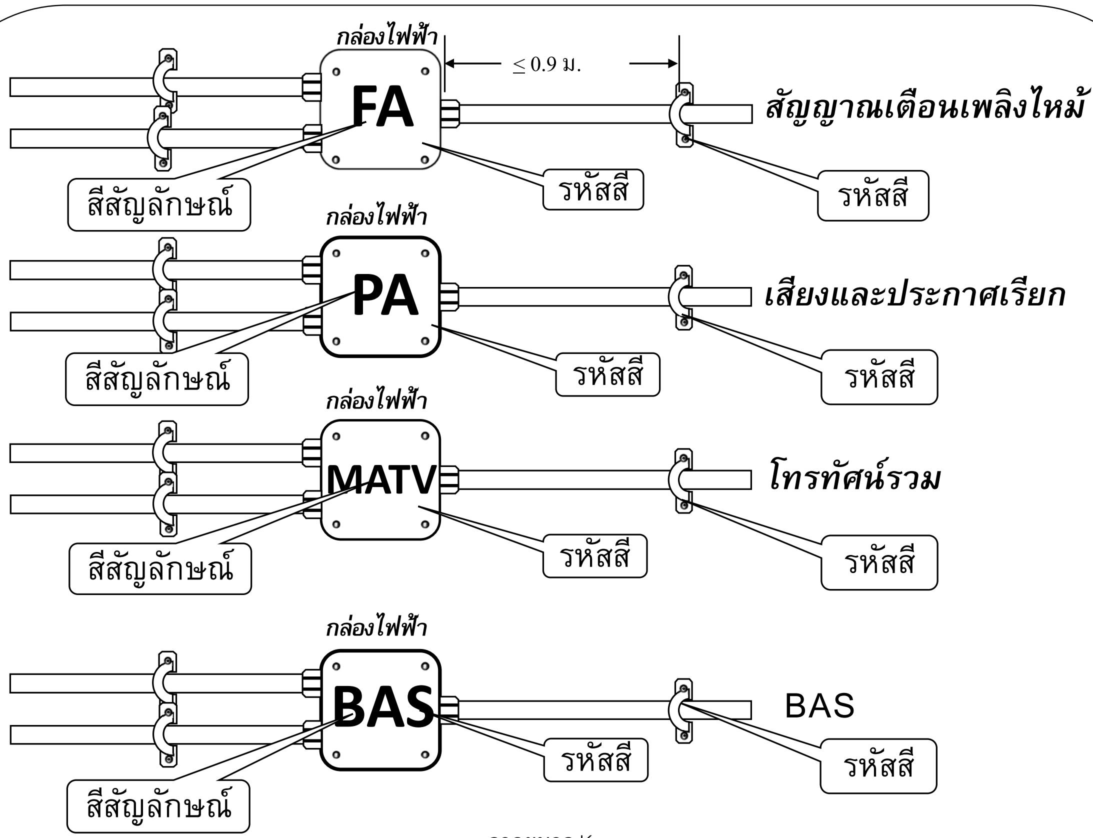
วงจรไฟฟ้าแสงสว่างใช้ LTG

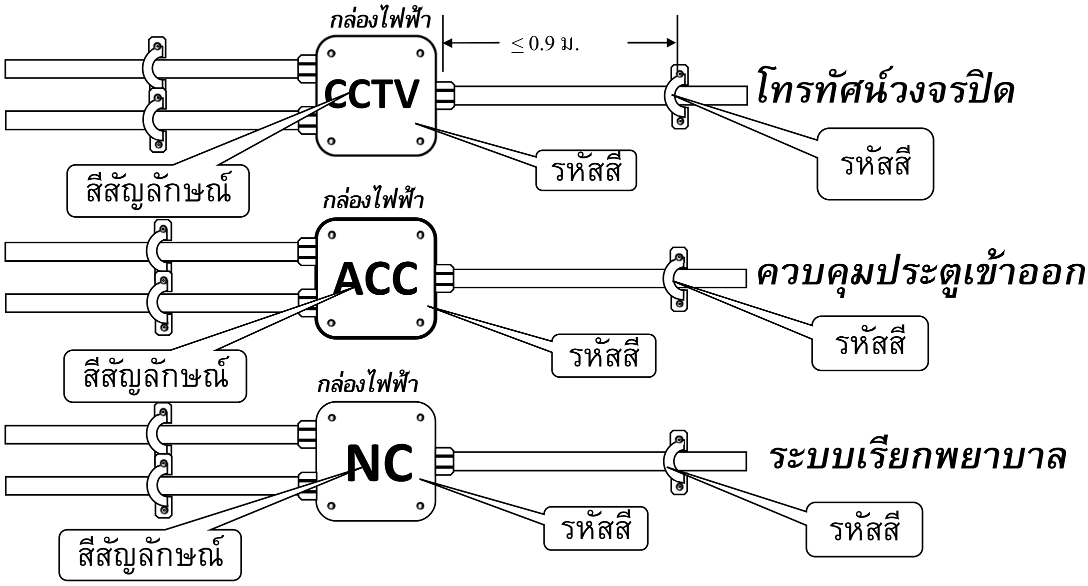
คู่มือหน้า 343

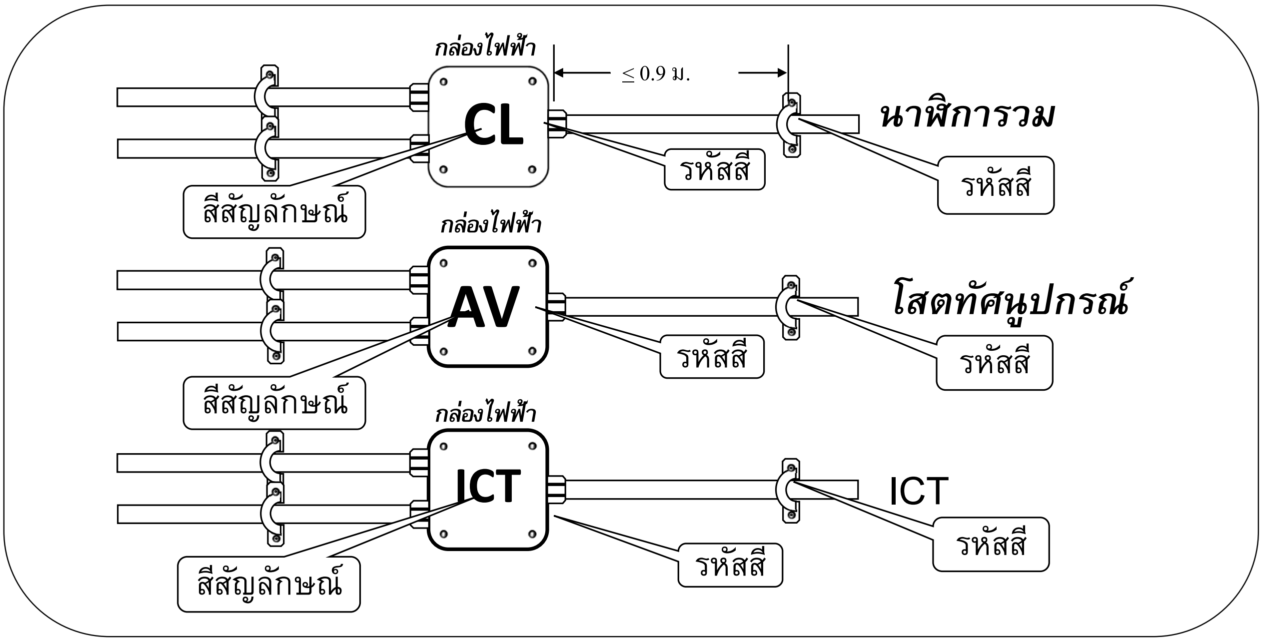


วงจรไฟฟ้าเต้ารับใช้ RCT

คู่มือหน้า 343

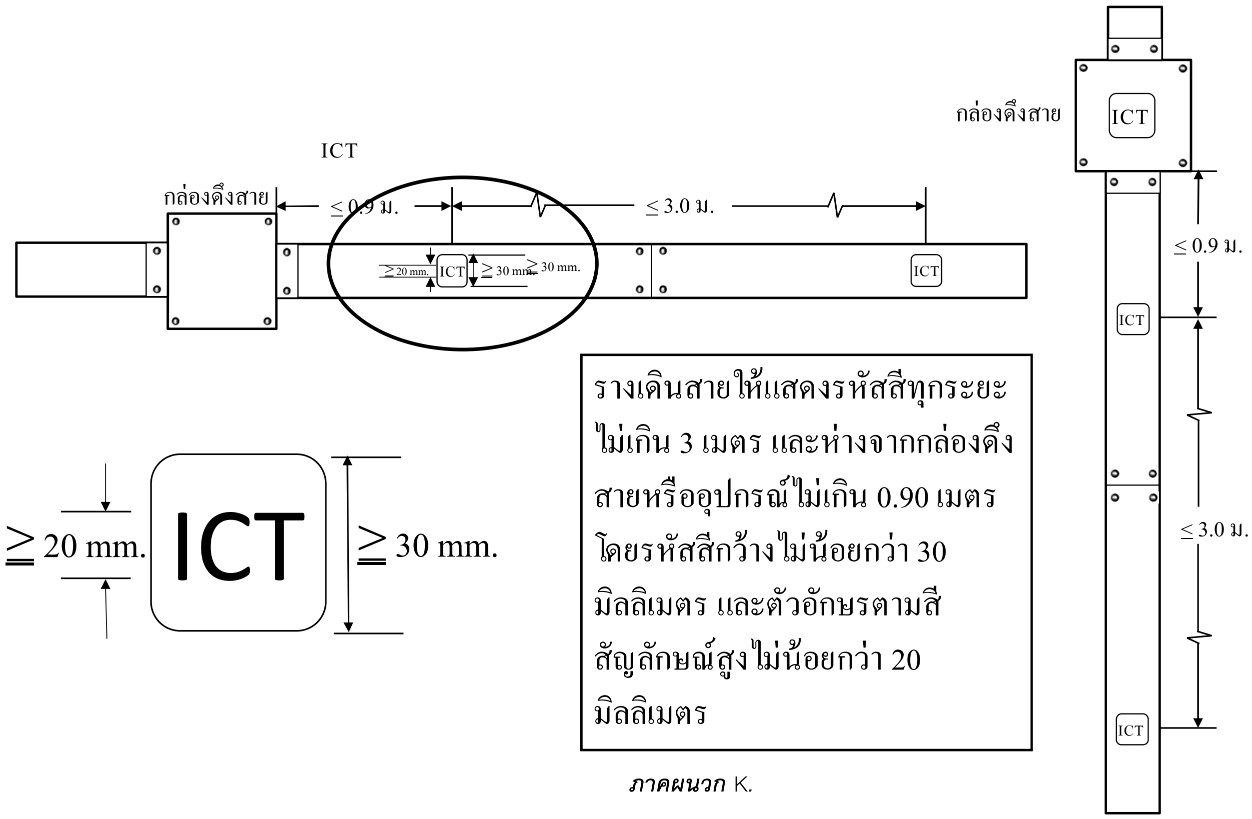

กล่องไฟฟ้า
≤ 0.9 ม.
FA
สัญญาณเตือนเพลิงไหม้
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี
กล่องไฟฟ้า
PA
เสียงและประกาศเรียก
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี
กล่องไฟฟ้า
MATV
โทรทัศน์รวม
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี
กล่องไฟฟ้า
BAS
BAS
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี


กล่องไฟฟ้า
≤ 0.9 ม.
CCTV
โทรทัศน์วงจรปิด
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี
กล่องไฟฟ้า
ACC
ควบคุมประตูเข้าออก
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี
กล่องไฟฟ้า
NC
ระบบเรียกพยาบาล
สีสัญลักษณ์
รหัสสี
รหัสสี



ภาคผนวก K.

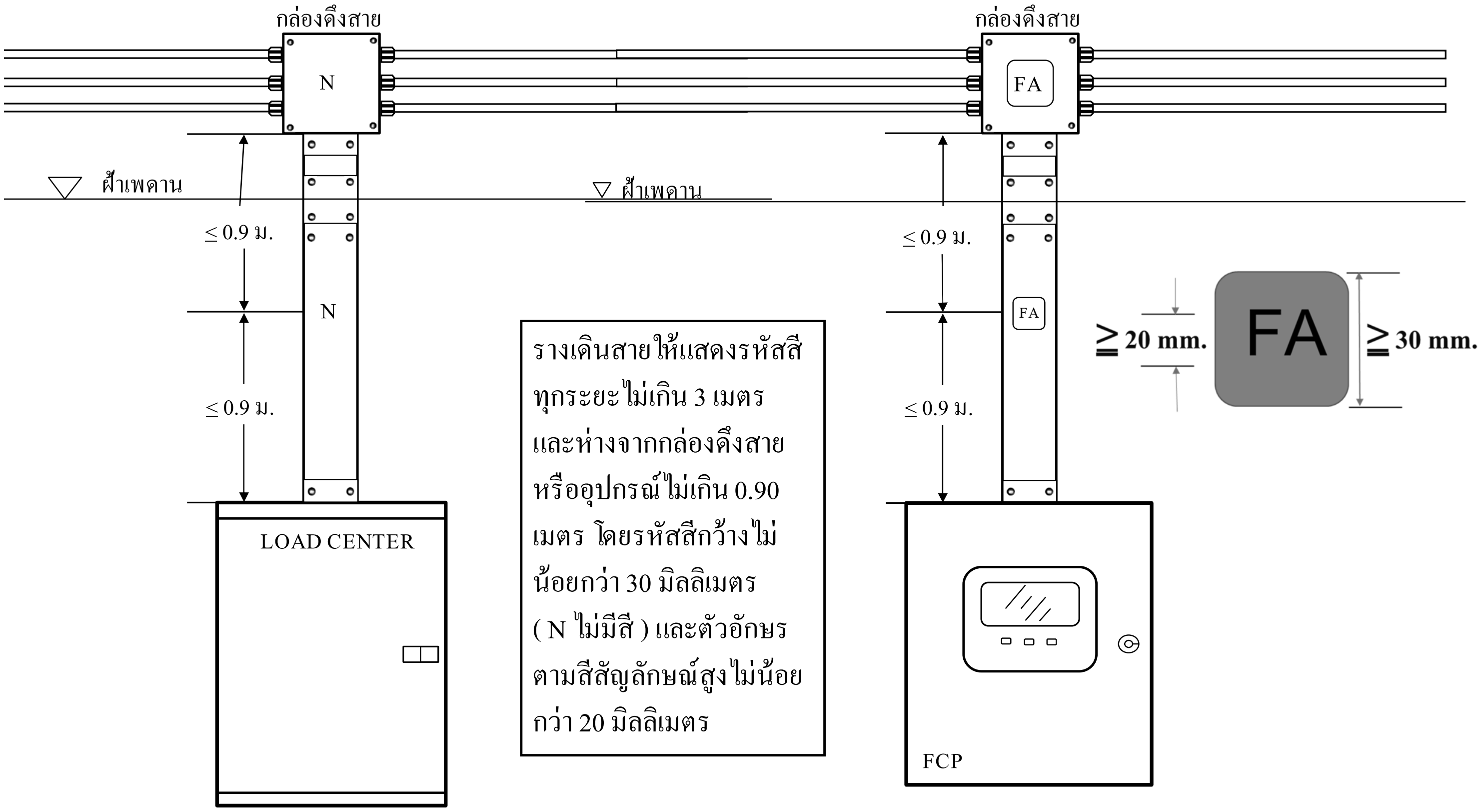
คู่มือหน้า 345, 346



รางเดินสายให้แสดงรหัสสีทุกระยะไม่เกิน 3 เมตร และห่างจากกล่องดึงสายหรืออุปกรณ์ไม่เกิน 0.90 เมตร โดยรหัสสีกว้างไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และตัวอักษรตามสีสัญลักษณ์สูงไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

ภาคผนวก K.

คู่มือหน้า 346



ด้วยความปรารถนาดีและขอขอบคุณ

บริษัท สายไฟฟ้าไทย–ยาซากิ จำกัด

ลือชัย ทองนิล

- อดีตประธานสาขาไฟฟ้า วสท.
- ที่ปรึกษาสาขาไฟฟ้า วสท.
- ปัจจุบัน กรรมการและเลขาธิการสภาวิศวกร สมัยที่ 8

เกี่ยวกับวิทยากร...โดยย่อ

นายลือชัย ทองนิล

ได้รับรางวัล AFEO Honorary Member Award CAFEO 31 Jakarta, Indonesia 2013

ประธานคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วสท (พ.ศ. 2563-2565)

กรรมการสภาวิศวกร สมัยที่ 5,6 และ 8

คณะอนุกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพ ระดับวุฒิวิศวกร และสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

อดีตประธานคณะกรรมการวิชาการฯ มาตรฐานรายสาขาไฟฟ้ากำลังและสายไฟฟ้า สมอ.

อดีตผู้อำนวยการไฟฟ้าเขตมีนบุรี การไฟฟ้านครหลวง

ประธานคณะอนุกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ พ.ศ. 2564

ดูงานด้านระบบไฟฟ้าในหลายประเทศเช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ฯลฯ

ที่ปรึกษาสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย สมาคมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไทย และสมาคมผู้ตรวจสอบอาคาร ฯลฯ

ผลงานวิชาการ

แต่งหนังสือ การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามมาตรฐานการไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 41 ได้รับรางวัลหนังสือยอดนิยม จากสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

แต่งหนังสือ คู่มือวิศวกรไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 19 ได้รับรางวัลหนังสือยอดนิยม จากสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

แต่งหนังสือ การตรวจความปลอดภัยระบบไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 11 ได้รับรางวัลหนังสือยอดนิยม จากสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

แต่งหนังสือ คู่มือช่างชาวบ้าน ฉบับช่างไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 13 (อัมรินทร์พริ้นติ้ง))

แต่งหนังสือ การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ พิมพ์ครั้งที่ 4 (วสท.)

แต่งหนังสือ คู่มือความปลอดภัยทางไฟฟ้าในสถานประกอบการ พิมพ์ครั้งที่ 3 (สสท.)

และอีกหลายเล่ม เช่น คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ, บริษัทสายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด

เขียนบทความ ในวารสารต่างๆ หลายเรื่อง

หัวข้อการบรรยาย

- บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน
- บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า
- บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า
- บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน

แนวทางการเลือกสายไฟฟ้า (ฉนวน PVC กับ XLPE)

- อุณหภูมิใช้งาน
  - PVC 70^{O}C
  - XLPE 90^{O}C

Ampacity
Loss
Voltage drop

- ผลของความร้อนที่มีต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า
- คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง
- ควัน
- ความแข็งแรงทางกายภาพ
- การทนความร้อนจากกระแสลัดวงจร

สายไฟฟ้าแรงต่ำ ตาม มอก. (คุณสมบัติและการใช้งาน...ตัวนำทองแดง)

ชนิดของสายไฟฟ้า

- ฉนวน PVC
  - มอก. 11-2553 — 60227 IEC 01 & IEC 10
  - มอก. 11-2559 — VAF, NYY, VCT
- ฉนวน XLPE
  - มอก. 2143 — XLPE (CV)
- สายที่มีคุณสมบัติพิเศษ
  - มอก. 2755, ถึง 2758 มอก. 3197

ต้านเปลวเพลิง
ควันน้อย
ไร้ฮาโลเจน
ทนไฟ

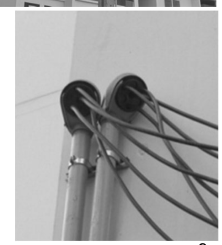
การใช้งานสายไฟฟ้า

- PVC → ตารางที่ 5-48 ในภาคผนวก ก.
- XLPE → ติดตั้งในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้น มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง และ คำนึงถึงพิกัดกระแสและอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่ต่อด้วย
- อื่นๆ → สายที่มีลักษณะเฉพาะเช่น สายทนไฟ สายควันน้อย ฯลฯ ใช้ในพื้นที่จำกัดบางแห่งที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเท่านั้น

การใช้งานสายแรงต่ำ (ที่มีใช้งานทั่วไป)

สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 01

- ขนาด	1.5-400 ตร.มม.
- จำนวนแกน	แกนเดียว
- สายดิน	ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	70 ^{O}C
- เปลือก	ไม่มี
- แรงดัน U_0/U	450/750 V



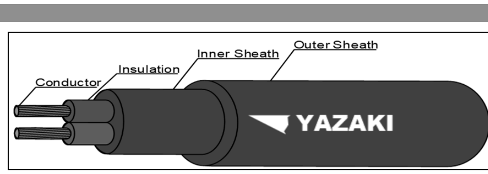
การใช้งาน

ใช้งานทั่วไป

เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย

ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

สาย มอก.11-2553, 60227 IEC 10



- ขนาด	1.5-35 ตร.มม.
- จำนวนแกน	หลายแกน
- สายดิน	มี/ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	70^{O}C
- เปลือก	มี
- แรงดัน U_0/U	300/500 V

การใช้งาน
- ใช้งานทั่วไป
- เดินในช่องเดินสายและต้องป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสาย
- วางบนรางเคเบิล
- ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

สาย มอก.11 เล่ม 101-2559, VAF

- ขนาด	1.0-16 ตร.มม.
- จำนวนแกน	2 และ 2 แกนมีสายดิน
- สายดิน	มี/ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	$70^{O}C$
- เปลือก	มี
- แรงดัน U_0/U	300/500 V

- V หมายถึง เปลือกเป็น PVC
- A หมายถึง Annealed Copper
- F หมายถึง ชนิดสายแบน

การใช้งาน

เดินเกาะผนัง

เดินในช่องเดินสาย ห้ามร้อยท่อ

ห้ามฝังดิน

สาย มอก.11 เล่ม 101-2559, NYY

- ขนาด	แกนเดียว 1.0-500 ตร.มม.
	หลายแกน 1.0-300 ตร.มม.
	หลายแกนมีสายดิน 1.0-300 ตร.มม.
- จำนวนแกน	แกนเดียว และ หลายแกน
- สายดิน	มี/ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	$70^{O}C$
- เปลือก	มี
- แรงดัน U_0/U	450/750 V

- การใช้งาน
- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

- N หมายถึง มาตรฐาน VDE
- Y หมายถึง เปลือกเป็น PVC
- Y หมายถึง ฉนวนเป็น PVC

สาย มอก.11 เล่ม 101-2559, VCT

ตัวนำมีลักษณะเป็นสายฝอย

- ขนาด	1.0-35 ตร.มม.
- จำนวนแกน	แกนเดียว และ หลายแกน
- สายดิน	มี/ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	70^{O}C
- เปลือก	มี
- แรงดัน U_0/U	450/750 V

การใช้งาน

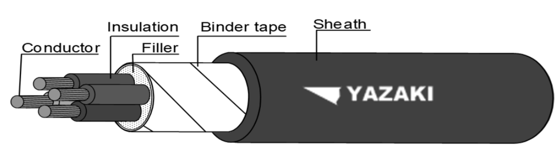
- ใช้งานทั่วไป
- ใช้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า
- วางบนรางเคเบิล
- ร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

- V หมายถึง เปลือกเป็น PVC
- CT หมายถึง cabtyre cable

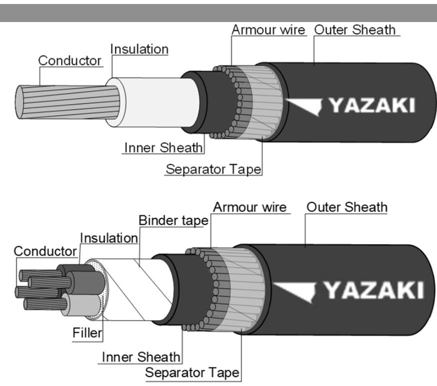
สายไฟฟ้าตาม มอก. 2143 หรือ IEC 60502-1

- ขนาด	แกนเดียว 1.5-1,000 ตร.มม.
	หลายแกน 1.5-400 ตร.มม.
- จำนวนแกน	แกนเดียว และ หลายแกน
- สายดิน	มี/ไม่มี
- อุณหภูมิตัวนำ	90^{O}C
- เปลือก	มี
- แรงดัน U_0/U	0.6/1 kV

Cross Linked Polyethylene (XLPE)



ตัวอย่าง สายไฟฟ้าตาม IEC 60502-1, XLPE



Armour : AWA (Aluminium wire armour) for single core cable

: SWA (Steel wire armour) for multi-cores cable

: STA (Steel tape armour) for multi-cores cable

การใช้งานสาย XLPE ตามที่กำหนดในมาตรฐานฯ

- ใช้งานทั่วไป
- วางบนรางเคเบิล เดินร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง
- การติดตั้งภายในอาคารต้องเดินในช่องเดินสายที่ปิดมิดชิด ยกเว้น สายมีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ตามมาตรฐาน **IEC 60332-3 category C** (มอก. 2756)
- ต้องคำนึงถึงพิกัดกระแสและอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่ต่อด้วย

สายไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ

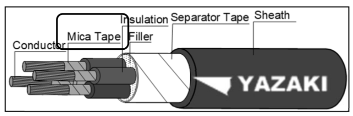
เลือกตามความ
ต้องการใช้งาน

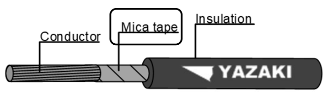
การทนไฟ (Fire Resistant) เป็นไปตาม IEC 60331, มอก. 2755 & BS 6387, มอก. 3197

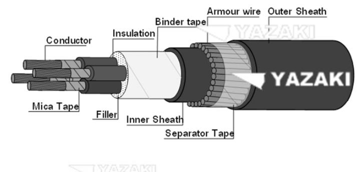
ต้านเปลวเพลิง (Flame Retardant) IEC 60332-1 or 60332-3, มอก. 2756

การปล่อยก๊าซกรด (Acids Gas Emission) IEC 60754, มอก. 2757 เล่ม 1&2

การปล่อยควัน (Smoke Emission) 61304-2, มอก. 2758





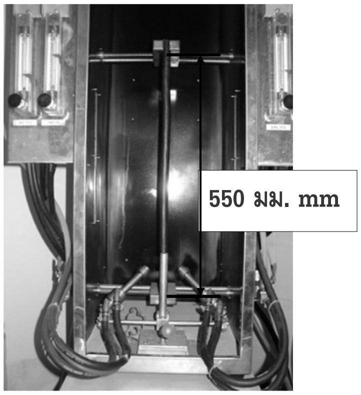


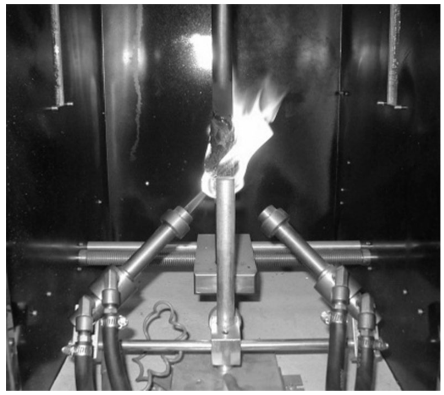
สายทนไฟ

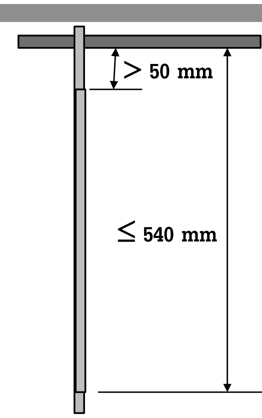
คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง IEC 60332-1 (ระดับต่ำ)..มอก 2756

เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า (มม.)	เวลาที่ใช้ในการเผา (S)
D $\leq$ 25	60 ± 2
25 < D $\leq$ 50	120 ± 2
50 < D $\leq$ 75	240 ± 2
D > 75	480 ± 2

การทดสอบต้านเปลวเพลิง







ถ้าระยะระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของส่วนที่ไหม้ไฟมากกว่า 50 มม. และระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดล่างสุดของส่วนที่ไหม้ไฟไม่เกิน 540 มม. ถือว่าผ่าน

คุณสมบัติต้านเปลวเพลิง IEC 60332-3 (ระดับสูง) ..มอก 2756

ตาราง ปริมาณของวัตถุดิบที่ติดไฟได้และระยะเวลาในการเผา

Category	วัตถุดิบที่ติดไฟได้ (ลิตร/เมตร)	เวลาในการเผา (นาที)	มาตรฐานการทดสอบ
A F/R	7	40	IEC 60332-3-21
A	7	40	IEC 60332-3-22
B	3.5	40	IEC 60332-3-23
C	1.5	20	IEC 60332-3-24
D	0.5	20	IEC 60332-3-25

สายขนาด ≤ 35 ตร.มม. มัดติดกัน ขนาด > 35 ตร.มม. มัดเว้นระยะห่างระหว่างสายไฟฟ้าประมาณครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าแต่ระยะห่างต้องไม่เกิน 20 มม.

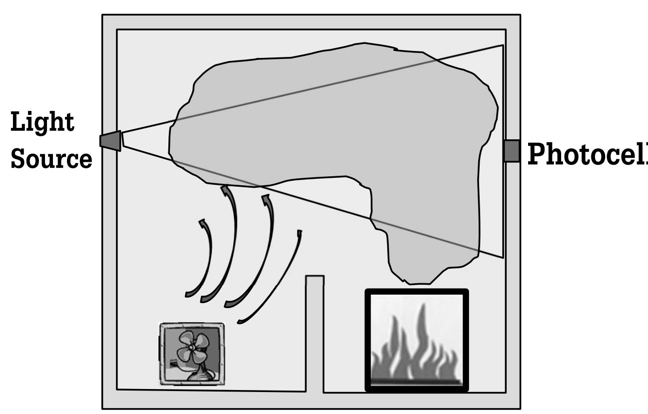
การทดสอบต้านเปลวเพลิง IEC 60332-3 (ระดับสูง)

สายไฟฟ้าจะต้องมีระยะการถูกเผาไหม้สูงไม่เกิน 2.5 ม. โดยวัดจากหัวเผา

การทดสอบความหนาแน่นของควัน (Smoke Density Test) IEC 61034 หรือ BS EN 50268...มอก 2758

ความหนาแน่นของควัน

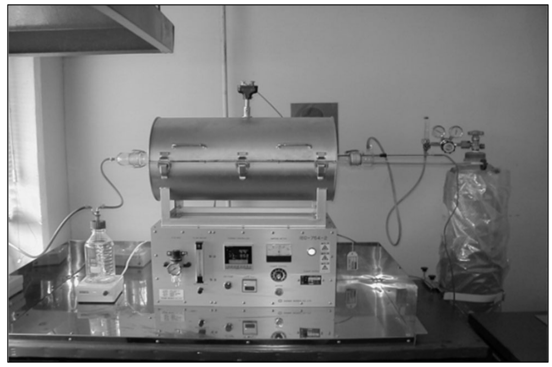
- การประเมินผล
  - ความเข้มของแสงที่จดบันทึกไว้จากเครื่องรับแสง ต้องมีความเข้มแสงหลังการทดสอบ ไม่น้อยกว่า 60% ก่อนการทดสอบ



ห้องขนาด 3×3×3 m

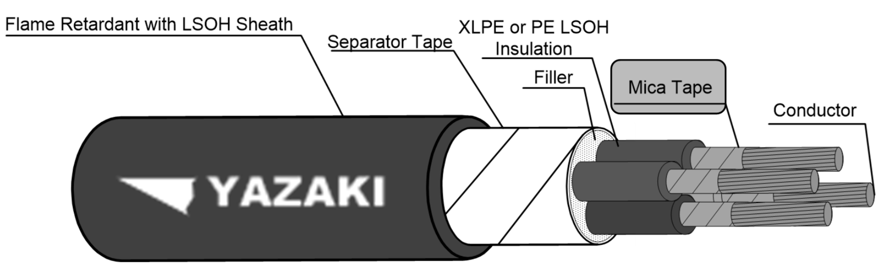
ทดสอบการปล่อยก๊าซกรด (Acids Gas Emission) : IEC 60754-1 และ IEC 60754-2 หรือ BS EN 60267-1 และ BS EN 50267-2 ..มอก 2757

การปล่อยก๊าซกรด



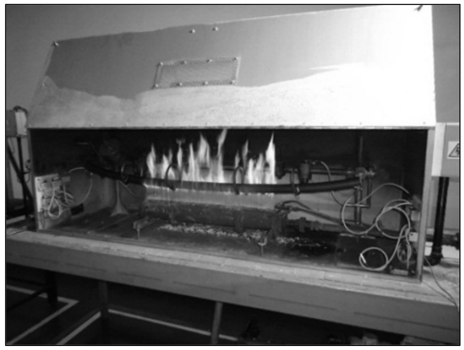
ค่าปริมาณก๊าซฮาโลเจน ในรูปก๊าซฮาโลเจน จะต้องไม่เกิน 0.5% ของปริมาณตัวอย่างตาม IEC 60754-1 หรือ BS EN 50267-2-1 และในกรณีทดสอบค่า pH และ conductivity ตาม IEC 60754-2 หรือ BS EN 50267-2-2 โดยค่า pH ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 4.3 และค่า conductivity จะต้องไม่เกิน 10 μS/mm

สายทนไฟ BS 6387 (ระดับชั้น CWZ)...มอก. 3197



- การทดสอบความต้านทานต่อการเผาไหม้ของสายไฟฟ้า (protocol C for resistance to fire alone)
- การทดสอบความต้านทานการเผาไหม้และการฉีดน้ำ (protocol W resistance to fire with water)
- การทดสอบความต้านทานการเผาไหม้และมีการกระแทก (protocol Z resistance to fire with mechanical shock)

ทดสอบการทนไฟ



ตาราง เงื่อนไขการทดสอบ

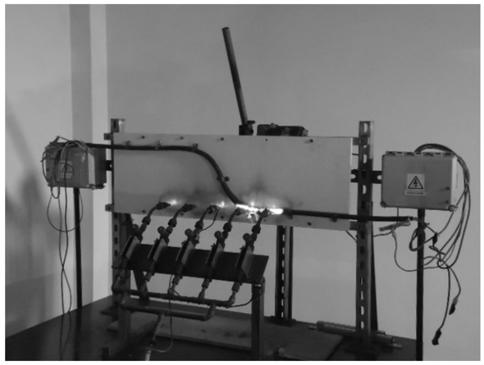
สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
C	950 ± 40	180

ทดสอบการทนน้ำ

ตาราง เงื่อนไขการทดสอบ

สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
W	650 ± 40	15 นาที และสเปรย์น้ำอีก 15 นาที

ทดสอบ Resistance to Fire with Mechanical Shock



ตาราง เงื่อนไขการทดสอบ

สัญลักษณ์	อุณหภูมิที่ทดสอบ (°C)	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)
Z	950 ± 40	15

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต

หมายถึง

- วงจรที่จำเป็นต้องจ่ายไฟให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้เมื่อเกิดเหตุที่ต้องการหนีภัย

การเดินสาย

- สายไฟฟ้าที่เปลือกนอกมิใช่โลหะจะต้องเดินสายในช่องเดินสายโลหะ

ต้องใช้สายทนไฟ

- อาคารชุด อาคารสูง & อาคารขนาดใหญ่พิเศษ
- อาคารใต้ผิวดิน
- โรงมหรสพ
- สถานบริการ
- โรงแรม

วงจรไฟฟ้าช่วยชีวิต.....ได้แก่

สายทนไฟตาม BS 6387 CWZ, มอก.3197 หรือ MI

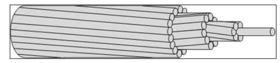
- ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินไปยังแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินเพื่อการหนีภัย
- ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ
- ระบบดูดและระบายควันรวมทั้งระบบควบคุมการกระจายของไฟและควัน
- ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- ระบบลิฟต์ดับเพลิง
- ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบสื่อสารฉุกเฉินสำหรับแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (วสท.) (IEC 60331, มอก.2755)
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉิน ให้เป็นไปตามมาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน (วสท.) (IEC 60331, มอก.2755)

สายไฟฟ้าระบบแรงสูง (ที่มีการใช้งานทั่วไป)

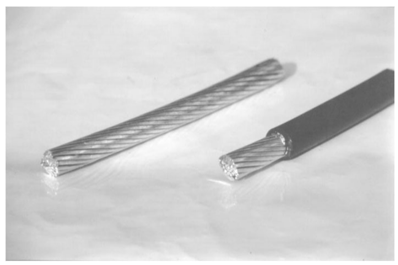
- สายเปลือย, Bare Conductor (AAC & ACSR)
- สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด, Partially insulated Conductor (APC หรือ PIC)
- สายหุ้มฉนวนแรงสูง 2 ชั้นไม่เต็มพิกัด, Spaced aerial Cable (ASC หรือ SAC)
- สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดตีเกลียว, Fully insulated Cable (AFC, TAC)
- สายใต้ดิน, Underground Cable

สายไฟฟ้าระบบแรงสูง (12-33 kV)
ชนิดและการใช้งาน

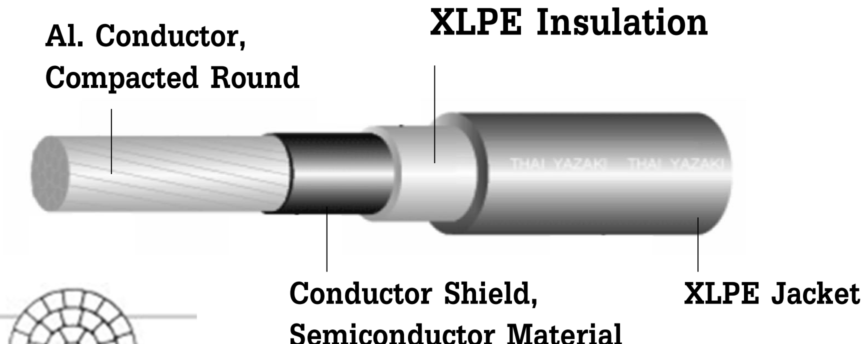
- **สายเปลือย, Bare Conductor (BC)**

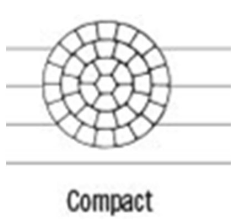


- **สายหุ้มฉนวนแรงสูงไม่เต็มพิกัด, Partially Insulated Conductor (APC หรือ PIC)**



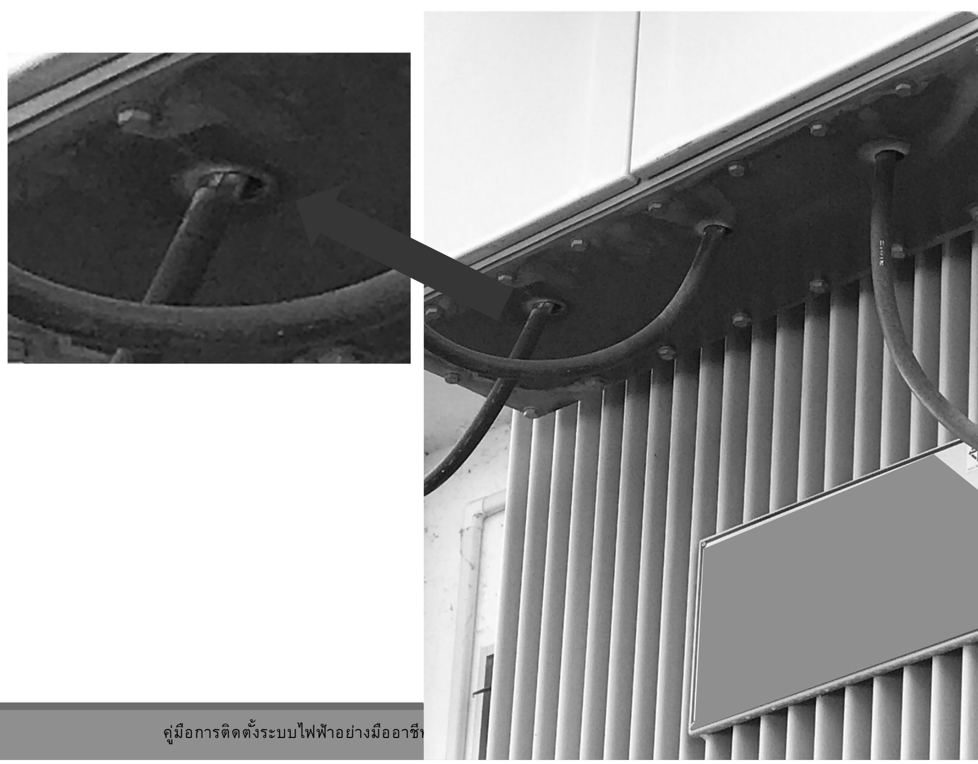
Spaced aerial cable, โครงสร้าง





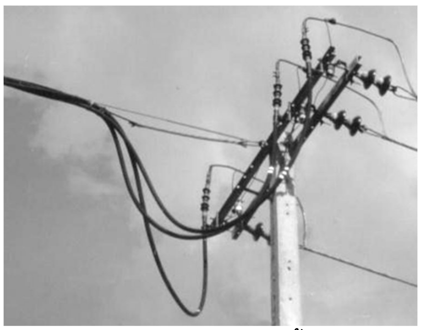
รูปแบบการติดตั้งสาย SAC/ASC

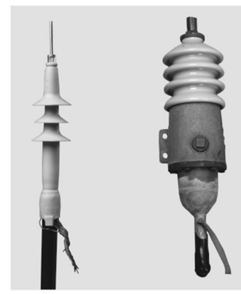

เอกรัฐ



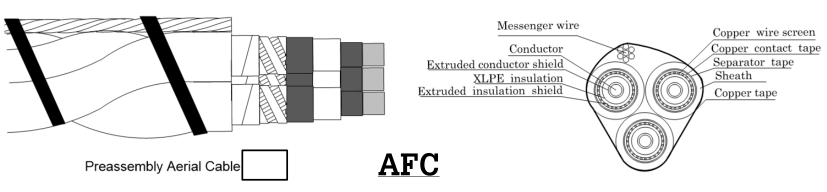
สายไฟฟ้าระบบแรงสูง (แรงดัน 12–33 kV)

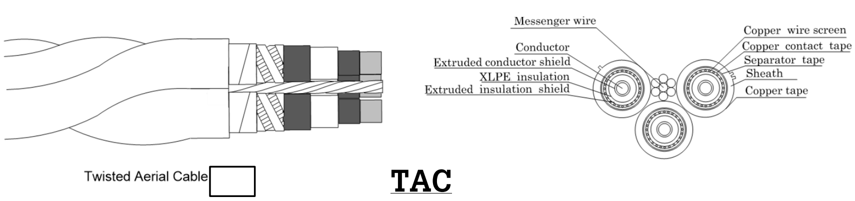
- สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดตีเกลียว, **Fully insulated Cable (AFC, TAC)**
- สายใต้ดิน, **Underground Cable**



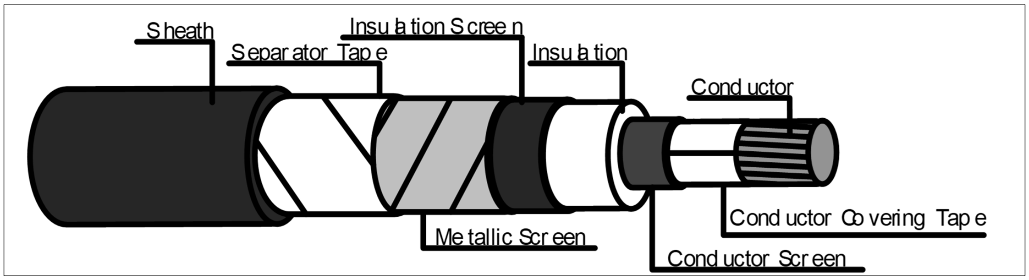


สายหุ้มฉนวนแรงสูงเต็มพิกัดตีเกลียว, Fully Insulated Cable (AFC, TAC)

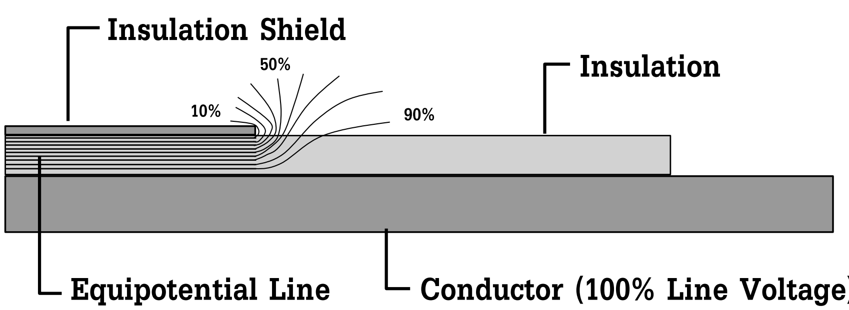




โครงสร้างสายไฟฟ้าแรงสูง (CV Cable) แรงดัน 12/20(24) kV

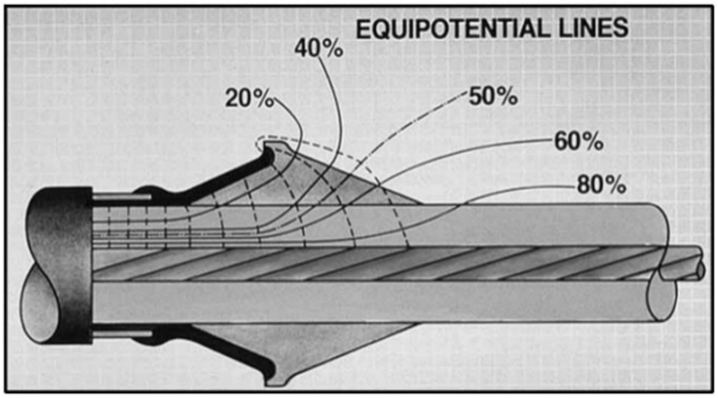


การต่อสาย
What is Electric Stress

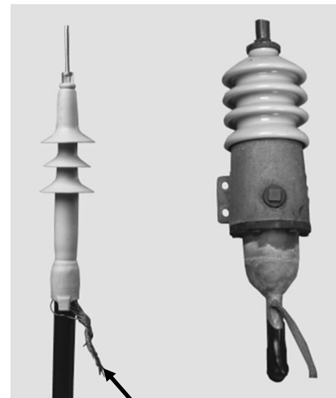


Cable end without stress cone device

What is Electric Stress

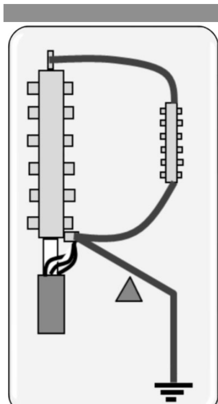


Cable End With Stress Cone Device



ต่อลงดินด้วย

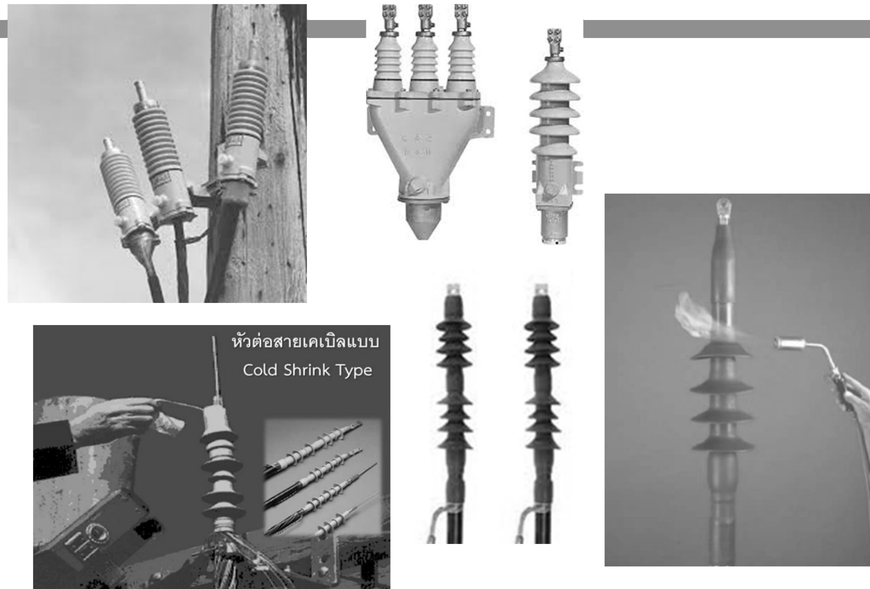
Surge Arrester....ถ้ามี



ถ้ามีกับดักฟ้าผ่าด้วย

- สายดินของอะเรสเตอร์ต่อลงดินร่วมกับชิลดิ์ของสายใต้ดิน และแยกจาก GROUND BUS ของแผงสวิตช์
- สายดิน ใช้สายทองแดงหุ้มฉนวนทนแรงดันไม่ต่ำกว่า 1,000 V. ขนาดไม่เล็กกว่า 16 ตร.มม. วางบนลูกถ้วยพิกัดแรงดัน 1,000 V.

Terminator ชนิดต่าง ๆ



การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

หากระแสโหลด & กำหนด CB, I_n

เลือกชนิดของสายไฟฟ้า

VAF, IEC 01, IEC 10, NYY, VCT, XLPE

สาย มอก.11

XLPE

+

วิธีการเดินสาย (รูปแบบการติดตั้ง)

เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า

ปรับค่า C_a & C_g (ดูหมายเหตุต่อท้ายตาราง)

C_a = อุณหภูมิโดยรอบ

C_g = จำนวนกลุ่มวงจร

เลือกขนาดสายไฟฟ้าจากตาราง

$I_t \geq I_n/(C_a \times C_g)$

สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า I_t

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน
2. เลือกชนิดของสายและวิธีการเดินสาย
3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า (C_a, C_g)
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $I_t \geq I_n/(C_a \times C_g)$

ตารางที่ 2.11

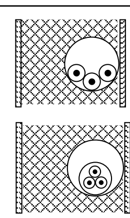
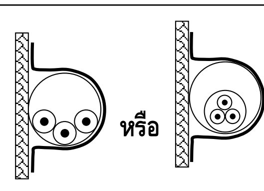
ภาคผนวก A

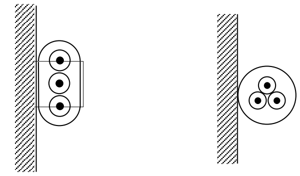
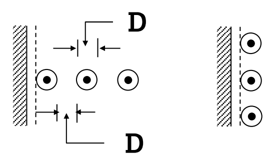
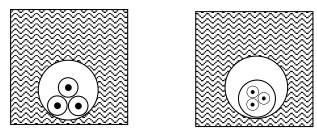
รูปแบบการติดตั้ง	สาย PVC	สาย XLPE	หมายเหตุ
กลุ่มที่ 1 & 2	ตารางที่ 5-20	ตารางที่ 5-27	ร้อยท่อ
กลุ่มที่ 3	ตารางที่ 5-21	ตารางที่ 5-21	เกาะผนัง
กลุ่มที่ 4	ตารางที่ 5-22	ตารางที่ 5-28	ในอากาศ
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ 5-23	ตารางที่ 5-29	ฝังดิน
กลุ่มที่ 7	ตารางที่ 5-30 30(ก) & 5-31	ตารางที่ 5-32 5-32(ก) & 5-33	บนรางเคเบิล

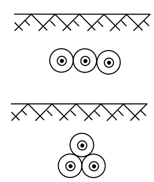
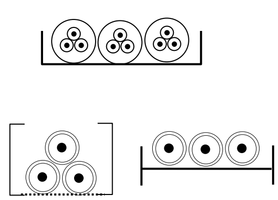
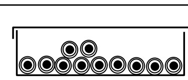
ตารางขนาดกระแสของสายบนรางเคเบิล (กลุ่มที่ 7)

PVC	ตารางที่ 5-30	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได
	ตารางที่ 5-30(ก)	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ
	ตารางที่ 5-31	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายอากาศ และแบบบันได
XLPE	ตารางที่ 5-32	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศและแบบบันได
	ตารางที่ 5-32(ก)	ตัวนำทองแดงหุ้ม XLPE มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ
	ตารางที่ 5-33	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มีเปลือก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายอากาศ และแบบบันได

การติดตั้งสายไฟฟ้า แบ่งเป็น 7+1 กลุ่ม (ตารางที่ 5-47) ไม่รวม MI Cable

วิธีการเดินสาย	รูปแบบการติดตั้ง	ลักษณะการติดตั้ง
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะภายในฝ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ	หรือ 	กลุ่มที่ 1
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะเดินเกาะผนังหรือเพดาน หรือฝังในผนังคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน		กลุ่มที่ 2

สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินเกาะผนัง หรือเพดาน ที่ไม่มีสิ่งปิดหุ้มที่คล้ายกัน		**กลุ่มที่ 3**
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหุ้มฉนวน มี/ไม่มีเปลือกนอก วางเรียงกันแบบมีระยะห่างเดินบนฉนวนลูกถ้วยในอากาศ		**กลุ่มที่ 4**
สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะฝังดิน		**กลุ่มที่ 5**

สายแกนเดี่ยว หรือหลายแกน หุ้มฉนวนมีเปลือกนอก ฝังดินโดยตรง		**กลุ่มที่ 6**
สายเคเบิลแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวน มีเปลือกนอก วางบนรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ, รางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได		**กลุ่มที่ 7**
การเดินสายในรางเดินสาย		**กลุ่ม +1**

ตัวอย่างที่ 2.2 (P58) วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรก CB 32A วงจรที่ 2 CB 40A ใช้สาย NYY 2 แกน เดินรวมในท่อเดียวกัน ท่อเดินเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบ 45^{O}C

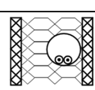
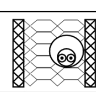
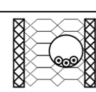
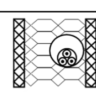
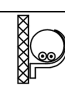
1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) → 32A, 40A
2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย → NYY กลุ่ม 2
3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า

$$It \geq I_n/(C_a \times C_g)$$

ตารางที่ 2.11

รูปแบบการติดตั้ง	สาย PVC	สาย XLPE
กลุ่มที่ 1 & 2	ตารางที่ 5-20	ตารางที่ 5-27
กลุ่มที่ 3	ตารางที่ 5-21	ตารางที่ 5-21
กลุ่มที่ 4	ตารางที่ 5-22	ตารางที่ 5-28

ตารางที่ 5-20 (บางส่วน)
ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70^{O}C อุณหภูมิโดยรอบ 40^{O}C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ สายไรฮาโลเจน และ สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23

หมายเหตุ (ตารางที่ 5-20)

1. อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 องศาเซลเซียส ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43 C_a

2. ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในช่องเดินสาย ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-8 C_g

3. ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5-47

4. ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5-48

เมื่อเลือกตารางได้แล้ว ท้ายตารางจะบอกเลขที่ตารางที่ใช้ปรับค่า C_a & C_g

ตารางที่ 5-43
ตัวคูณค่าอุณหภูมิโดยรอบแตกต่างจาก 40°C ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิลเมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ	ฉนวน		
(องศาเซลเซียส)	PVC	XLPE หรือ EPR	เอ็มไอ
21-25	1.22	1.14	1.26
26-30	1.15	1.10	1.18
31-35	1.08	1.02	1.09
36-40	1.0	1.0	1.0
41-45	0.91 C_a	0.96	0.91
46-50	0.82	0.90	0.79
51-55	0.70	0.84	0.67

ตารางที่ 5-8
ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสาย
ที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันมากกว่า **1** กลุ่มวงจร

จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณ
2	0.80
3	0.70
4	0.65
5	0.60
6	0.57
7	0.54
8	0.52
9	0.50
10-12	0.45
13-16	0.41
17-20	0.38

ตัวอย่างที่ 2.2 (P58) วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร วงจรแรก CB 32A วงจรที่ 2 CB 40A ใช้สาย NYY 2 แกน เดินรวมในท่อเดียวกัน ท่อเดินเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบ 45^{O}C

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) → 32A, 40A
2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย → NYY กลุ่ม 2
3. เลือกตารางขนาดกระสของสายไฟฟ้า
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า

$$It \geq I_n/(C_a \times C_g)$$

ตารางที่ 2.11

รูปแบบการติดตั้ง	สาย มอก.11-2553	สาย XLPE
กลุ่มที่ 1 & 2	ตารางที่ 5-20	ตารางที่ 5-27
กลุ่มที่ 3	ตารางที่ 5-21	ตารางที่ 5-21
กลุ่มที่ 4	ตารางที่ 5-22	ตารางที่ 5-28

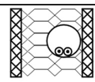
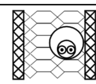
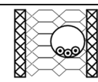
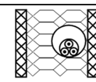
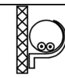
จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณ (C_g)
2	0.80
3	0.70

C_a = 0.91

CB 32A, $I_t \geq 32/(0.91 \times 0.8) \geq 44A$ สาย 10 ตรมม (45A)

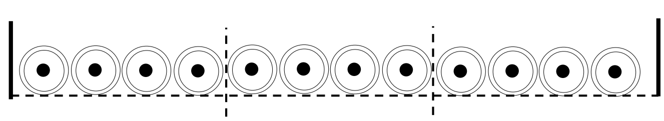
CB 40A, $I_t \geq 40/(0.91 \times 0.8) \geq 55A$ สาย 16 ตรมม (60A)

ตารางที่ 5-20 (บางส่วน) ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ สายไรฮาโลเจน และ สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)							
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54

ตัวอย่างที่ 2.3 (P59)

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 630 kVA ด้านแรงต่ำใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 800 A (การกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดูเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า) ใช้สาย NYY ชนิดแกนเดียวเดินบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศไปยัง MDB ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สายเฟสละ 3 เส้น สายวางเรียงชิดติดกัน อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้ง 40°C



ตารางขนาดกระแสของสายบนรางเคเบิล (กลุ่มที่ 7)

PVC	ตารางที่ 5-30	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศหรือรางเคเบิลแบบบันได
PVC	ตารางที่ 5-30(ก)	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ
PVC	ตารางที่ 5-31	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน PVC ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายอากาศ และแบบบันได
XLPE	ตารางที่ 5-32	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบระบายอากาศและแบบบันได
XLPE	ตารางที่ 5-32(ก)	ตัวนำทองแดงหุ้ม XLPE มีเปลือกนอก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลไม่มีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ
XLPE	ตารางที่ 5-33	ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน XLPE มีเปลือก ขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 90°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C วางบนรางเคเบิลมีฝาปิด แบบด้านล่างทึบ แบบระบายอากาศ และแบบบันได

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระสเกิน (I_n) → 800A
2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า และวิธีการเดินสาย → NYY กลุ่ม 7
3. เลือกตารางขนาดกระสของสายไฟฟ้า
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $It \geq I_n/(C_a \times C_g)$

ตารางที่ 2.11

รูปแบบการติดตั้ง	สาย มอก.11	สาย XLPE
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ 5-23	ตารางที่ 5-29
กลุ่มที่ 7	ตารางที่ 5-30 5-30(ก) & 5-31	ตารางที่ 5-32 5-32(ก) & 5-33

หมายเหตุ ตารางที่ 5-30

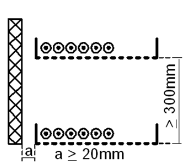
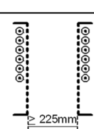
หมายเหตุ

- ***อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43***
- ***ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-40 และตารางที่ 5-41 สำหรับสายแกนเดียวและสายหลายแกน ตามลำดับ***
- ***ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5-47***
- ***ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน ในตารางที่ 5-48***
- ***สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันระบุไม่เกิน 1.5 กิโลโวลต์ได้***

ดูหมายเหตุ

ตารางที่ 5-40

ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสสำหรับสายเคเบิลแกนเดียววางบนรางเคเบิล เป็นกลุ่มมากกว่า 1 วงจร

วิธีการติดตั้ง		จำนวนรางเคเบิล	จำนวนกลุ่มวงจรต่อรางเคเบิล						ลักษณะการจัดเรียงเคเบิล
			1	2	3	4	5-6	7-9	
รางเคเบิลแบบระบายอากาศ		1	1.00	0.91	0.87	0.82	0.78	0.77	รูปแบบวางชิดกันในแนวนอน
		2	0.96	0.87	0.81	0.78	0.74	0.69	
		3	0.95	0.85	0.78	0.75	0.70	0.65	
รางเคเบิลแบบระบายอากาศวางแนวตั้ง		1	1.00	0.86	0.80	0.75	0.71	0.70	รูปแบบวางชิดกันในแนวตั้ง
		2	0.95	0.84	0.77	0.72	0.67	0.66	

หมายเหตุ ตารางที่ 5-40

1. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการวางสายไฟฟ้าเป็นกลุ่มชั้นเดียว หรือวางชิดติดกันเป็นสามเหลี่ยม เท่านั้น

2. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวนอนที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 300 มม. และติดตั้งรางเคเบิลห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 20 มม.เท่านั้น

3. ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสให้ใช้กับการติดตั้งรางเคเบิลในแนวดิ่งที่มีระยะห่างระหว่างรางเคเบิลในแนวราบ ไม่น้อยกว่า 225 มม.เท่านั้น

4. กรณีที่จำนวนรางเคเบิลมากกว่า 1 ราง ตัวคูณปรับค่าให้คิดจากรางเคเบิลที่มีกลุ่มวงจรมากที่สุด (ที่มีตัวปรับค่าต่ำสุด)

5. จำนวนรางเคเบิล 1 ราง และกลุ่มวงจรมากกว่า 9 ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าเช่นเดียวกับ 9 วงจร

วิธีทำ

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระสเกิน (I_n) → 800A

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า และวิธีการเดินสาย → NYY กลุ่ม 7

3. เลือกตารางขนาดกระสของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 2.11

รูปแบบการติดตั้ง	สาย มอก.11	สาย XLPE
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ 5-23	ตารางที่ 5-29
กลุ่มที่ 7	ตารางที่ 5-30 5-30(ก) & 5-31	ตารางที่ 5-32 5-32(ก) & 5-33

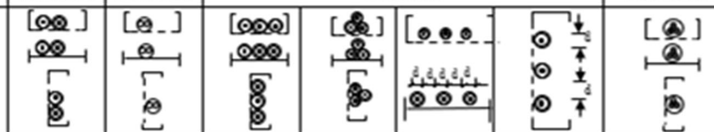
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g → C_g= 0.87 (ตารางที่ 5-40) C_a= 1 (อุณหภูมิเดิม)

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $It \geq I_n/(C_a \times C_g)$

$$I_t \geq (800/3) /(1 \times 0.87)$$
$$\geq 307 \text{ A}$$

ได้สายขนาด 150 ตร.มม. (324A)

ตารางที่ 5-30 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ขนาดแรงดัน (U_o/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C ไม่มีฝาปิด วางบนรางเคเบิลแบบระบายอากาศ หรือรางเคเบิลแบบบันได

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7						
จำนวนตัวนำกระแส	2		3				
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง							
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, N[illegible]Y-G, VCT, VCT-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายท[illegible]ฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น						
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)						
1	-	15	-	-	-	-	13
1.5	-	19	-	-	-	-	16
120	306	285	279	268	345	315	240
150	353	330	324	310	397	365	278
185	[illegible]	[illegible]	[illegible]	356	453	418	317

การเดินสายในรางเดินสาย

ทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส

ขนาดกระแส ให้ใช้ค่ากระแสตามตารางที่ 5-20 หรือ 5-27 ช่องตัวนำกระแส 3 เส้น และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากตัวนำเกิน 1 วงจร ถ้าตัวนำที่มีกระแสไหลรวมไม่เกิน 30 เส้น

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 230 V จำนวน 2 วงจร

สำคัญมาก

วงจรที่ 1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

วงจรที่ 2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A

ใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY 2 แกน เดินรวมในรางเดินสาย (wireways) เดียวกัน ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร กำหนดให้อุณหภูมิโดยรอบสถานที่ติดตั้งสายไฟฟ้าเท่ากับ 40^{O}C

สายเดินในรางเดินสาย

1. คำนวณโหลดและ กำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระสเกิน (I_n)

2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า และวิธีการเดินสาย

3. เลือกตารางขนาดกระสของสายไฟฟ้า

4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g

5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $It \geq I_n/(C_a \times C_g)$

32A
40A

NYY
กลุ่ม 2

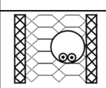
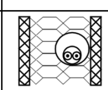
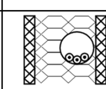
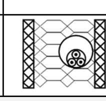
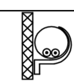
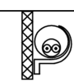
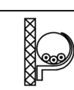
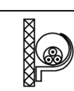
ขนาดกระแส ให้ใช้ค่ากระแสตามตารางที่ 5-20 หรือ 5-27 ช่องตัวนำกระแส 3 เส้น และไม่ต้องปรับค่าเนื่องจากตัวนำเกิน 1 วงจร ถ้าตัวนำที่มีกระแสไหลรวมไม่เกิน 30 เส้น

Ca = 1, Cg = 1

CB 32A, $I_t \geq 32/(1\times 1) \geq 32A$ สาย 10 ตรมม (40A)

CB 40A, $I_t \geq 40/(1\times 1) \geq 40A$ สาย 10 ตรมม (40A)

ตารางที่ 5-20 (บางส่วน) ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 kV อุณหภูมิตัวนำ 70°C อุณหภูมิโดยรอบ 40°C เดินในช่องเดินสายในอากาศ

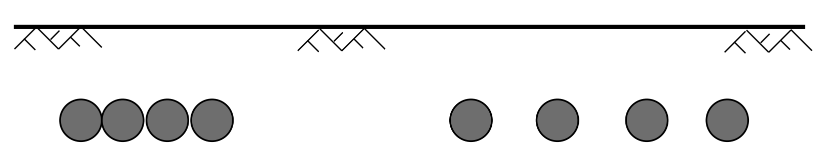
ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	รหัสชนิดเคเบิล 60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 รวมถึงสายที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ สายไรฮาโลเจน และ สายควันน้อย เป็นต้น							
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (A)							
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54

หัวข้อการบรรยาย

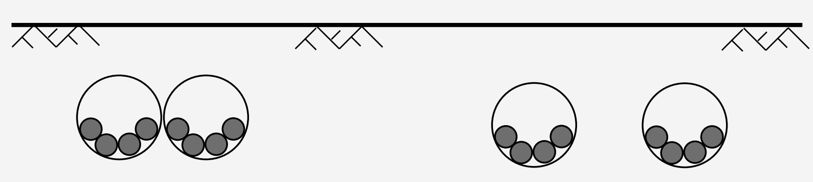
- บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน
- บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า
- บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า
- บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

การเดินสายฝังดิน

สายฝังดินโดยตรง



สายร้อยท่อฝังดิน



ตารางที่ 3.1 ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน สำหรับระบบแรงต่ำ (แรงดันไม่เกิน 1,000 V)

วิธีที่	วิธีการเดินสาย	ความลึกน้อยสุด (m)	ความลึก[2) น้อยสุด (m)	ความลึก[3) น้อยสุด (m)
1	สายเคเบิลฝังดินโดยตรง	0.60	0.45	0.15
2	ท่อโลหะหนาและหนาปานกลาง	0.15	0.15	0.10
3	ท่ออโลหะซึ่งได้รับการรับรองให้ฝังดินโดยตรงได้โดยไม่ต้องมีคอนกรีตหุ้ม (เช่น ท่อ HDPE ท่อ RTRC และ ท่อ PVC)	0.45	0.30	0.10
4	ท่อร้อยสายอื่น ๆ ที่ได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ	0.45	0.30	0.10

หมายเหตุ 1) ท่อร้อยสายที่ได้รับการรับรองให้ฝังดินได้โดยมีคอนกรีตหุ้มในวิธีที่ 2,3 และ 4 ต้องหุ้มด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.

2) ใต้แผ่นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.

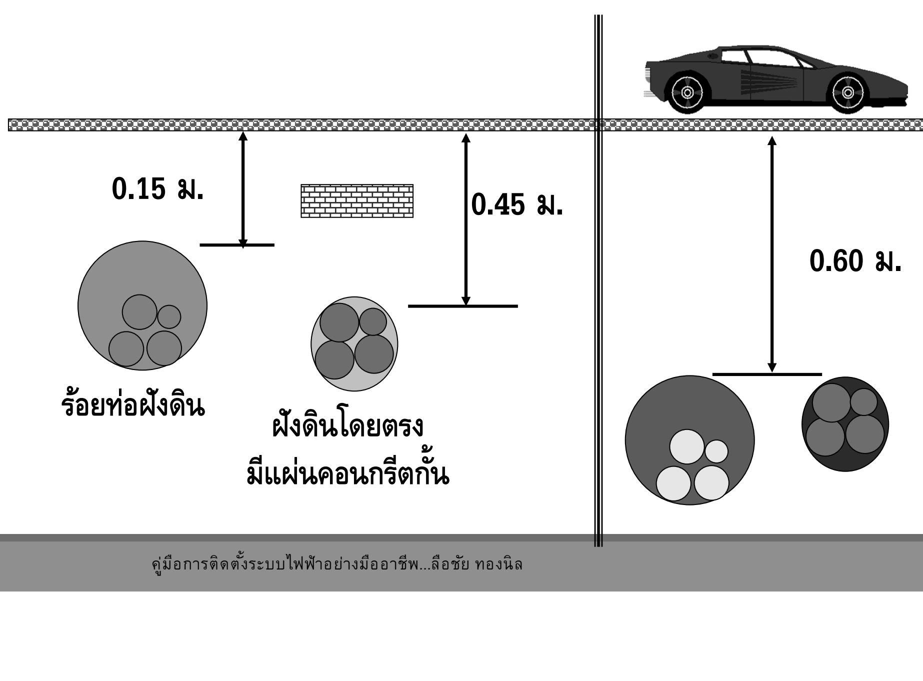
3) ใต้พื้นคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 100 มม. และยื่นเลยออกไปจากแนวติดตั้งไม่น้อยกว่า 150 มม.

4) สำหรับทุกวิธี หากอยู่ในบริเวณที่มีรถยนต์วิ่งผ่าน ความลึกต้องไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

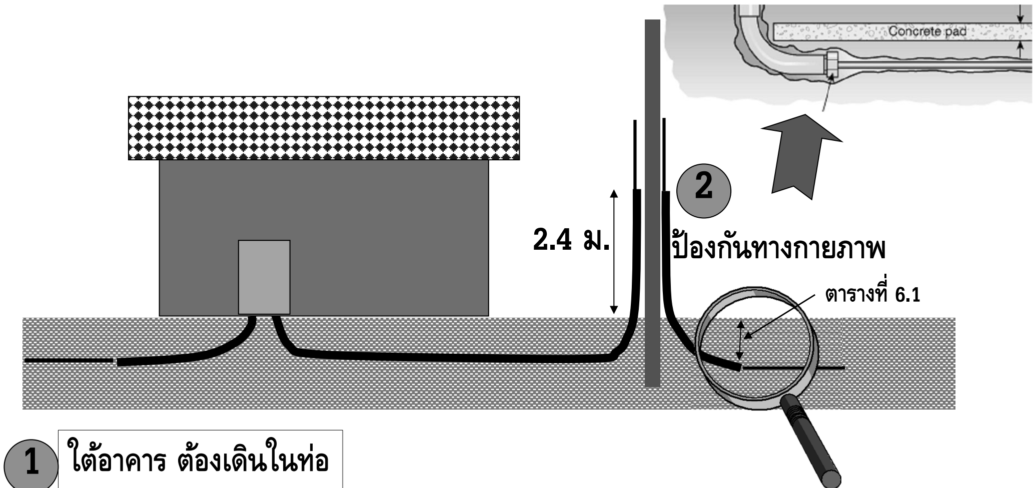
5) การติดตั้งใต้อาคารไม่บังคับเรื่องความลึก

6) ความลึกหมายถึงระยะต่ำสุดวัดจากส่วนบนของสายหรือท่อถึงผิวบนสุดของส่วนปกคลุม

ความลึกในการติดตั้งใต้ดิน



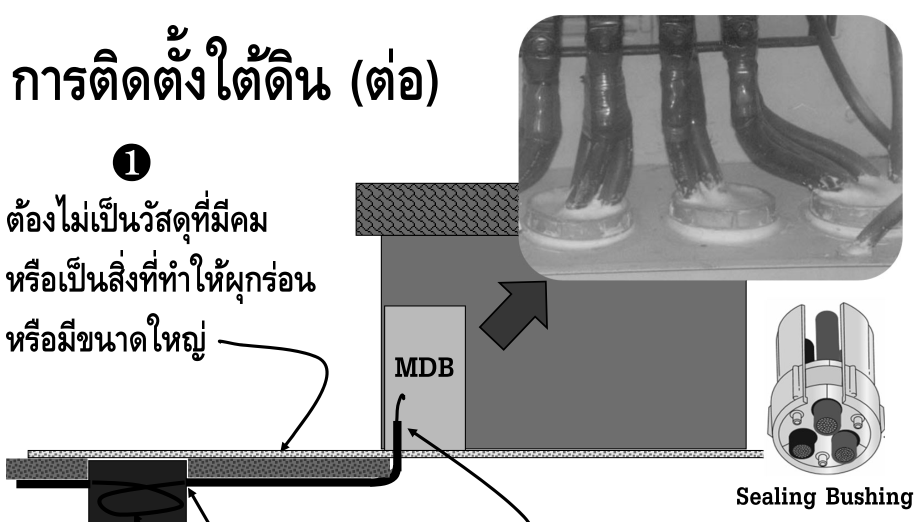
ข้อกำหนดในการติดตั้งใต้ดิน



1 ใต้อาคาร ต้องเดินในท่อ
และท่อเลยพ้นอาคาร

การติดตั้งใต้ดิน (ต่อ)

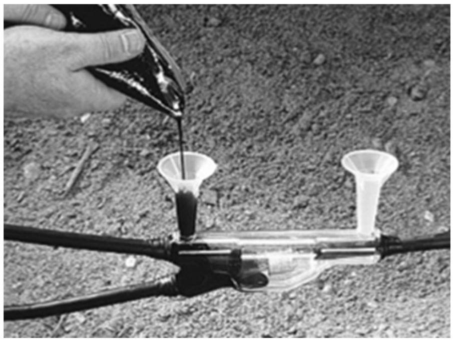
❶
ต้องไม่เป็นวัสดุที่มีคม
หรือเป็นสิ่งที่ทำให้ผุกร่อน
หรือมีขนาดใหญ่



ต้องอุดปลายท่อ ❸

ป้องกันสายชำรุดจากดินทรุด ❷

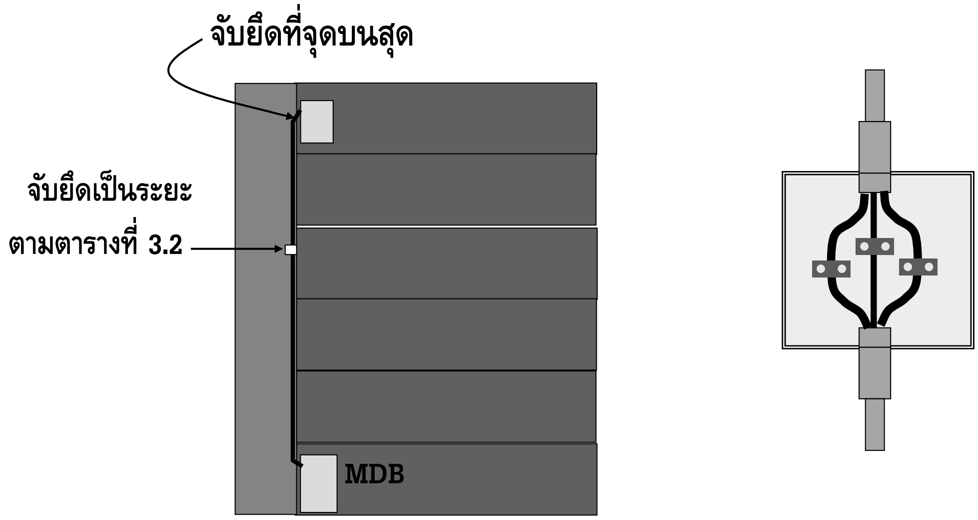
การต่อสายใต้ดิน



ข้อกำหนดอื่นๆ

- การป้องกันการผุกร่อน อุปกรณ์การเดินสายทุกชนิด ต้องเลือกให้เหมาะสมกับสภาพการติดตั้ง และมีการป้องกันการผุกร่อนที่เหมาะสม
- ช่องเดินสายและอุปกรณ์ ต้องมีการจับยึดอย่างมั่นคง และมีความต่อเนื่องทั้งทางกลและทางไฟฟ้า

การจับยึดสายแนวดิ่ง



ตารางที่ 3.2 ระยะจับยึดสายในแนวดิ่ง

ขนาดสาย (ตร.มม.)	*ระยะจับยึดสูงสุด (ม.)*
ไม่เกิน 50	*30*
70 – 120	*24*
150 – 185	*18*
240	*15*
300	*12*
เกิน 300	*10*

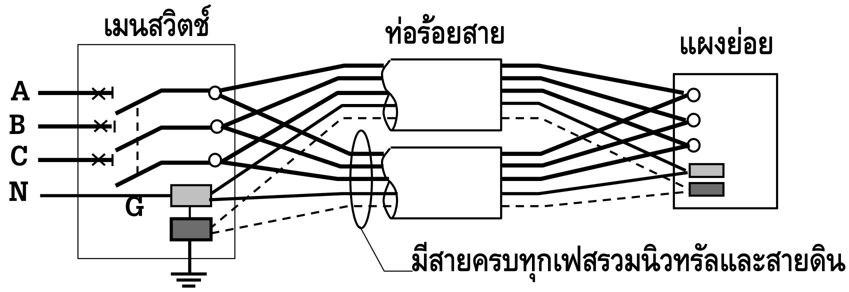
สายไฟฟ้าต้องจับยึดที่จุดบนสุด และห่างไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 3.2

ถ้าระยะน้อยกว่า 25% ของค่าในตาราง ไม่ต้องจับยึด

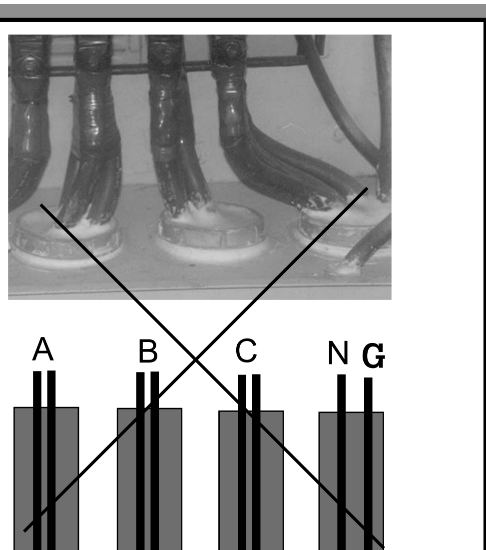
การป้องกันความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ

เมื่อติดตั้งสายไฟฟ้ากระแสสลับในเครื่องห่อหุ้มโลหะ ต้องจัดทำไม่ให้เกิดความร้อนเนื่องจากการเหนี่ยวนำ...ดังนี้

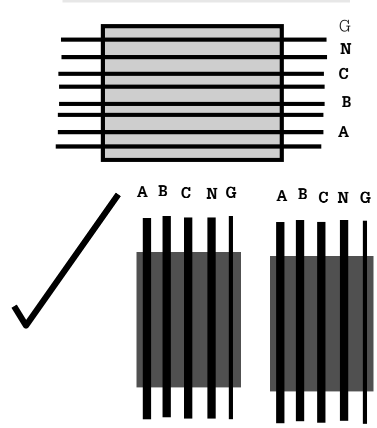
- รวมสายทุกเส้นของวงจรเดียวกันและสายดิน ในเครื่องห่อหุ้มเดียวกัน
- การเดินสายควบ ในแต่ละท่อต้องมีสายของวงจรเดียวกันครบทุกเส้น รวมทั้งสายดิน



ตัวอย่าง ความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำในท่อโลหะ

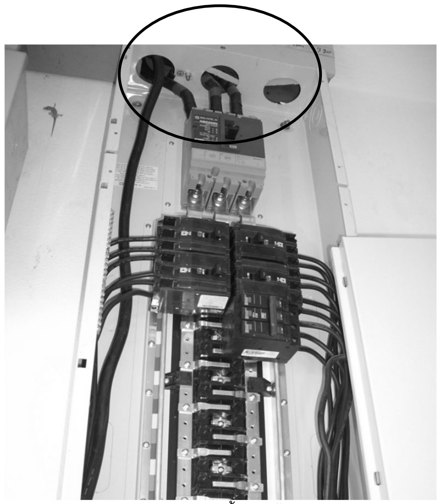


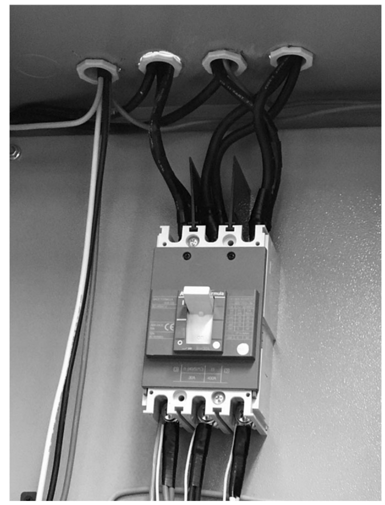
แนวทางการป้องกัน



ความร้อนจากกระแสเหนี่ยวนำ

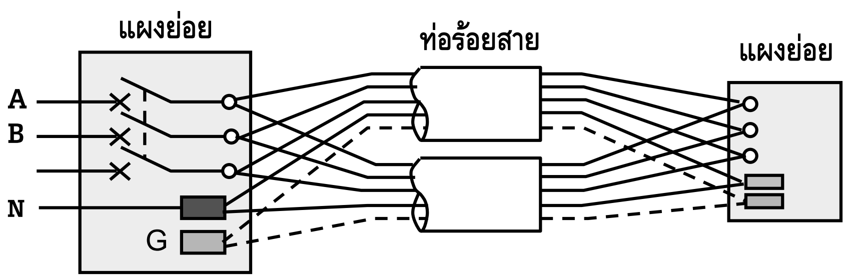
เมื่อเดินผ่านโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก

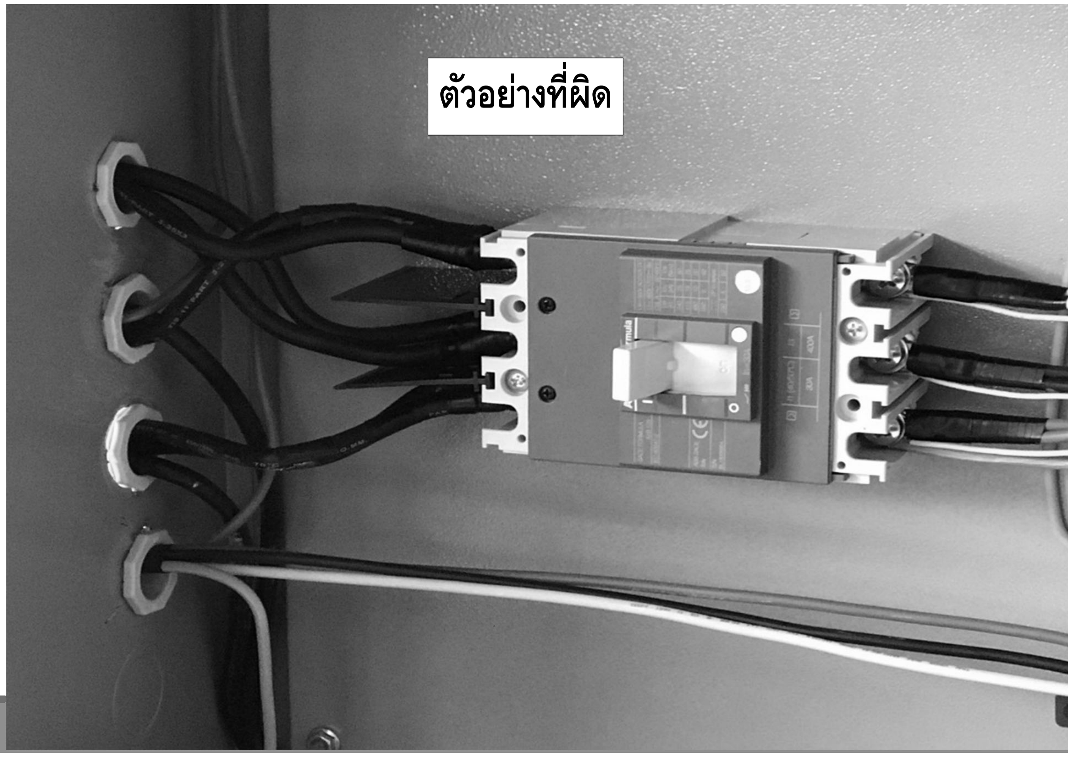




การเดินสายควบ

- ต้องใช้สายขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. และ
- ใช้สายชนิดเดียวกัน และ ขนาดเดียวกัน และ
- มีความยาวเท่ากัน และ วิธีการต่อสายเหมือนกัน

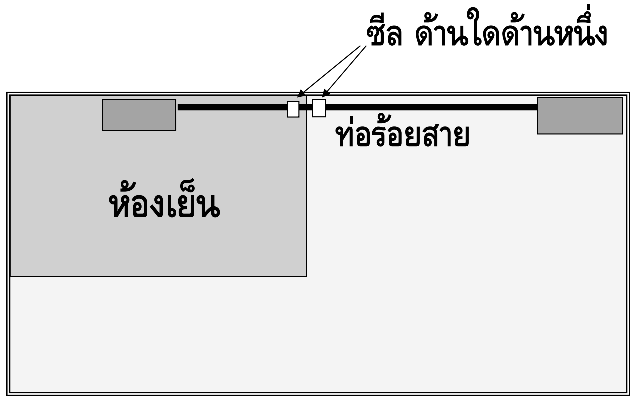


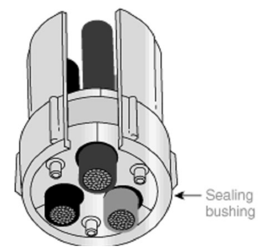


การป้องกันไฟลุกลาม

การเดินสายผ่านผนัง ฉากกั้น พื้น เพดาน หรือช่อง shaft ต้องมีการป้องกันไฟลุกลาม

การป้องกันการควบแน่น





เมื่อเดินผ่านที่ที่มีอุณหภูมิต่างกัน ต้องมีการป้องกันการไหลเวียนของอากาศในท่อ

วิธีการเดินสาย

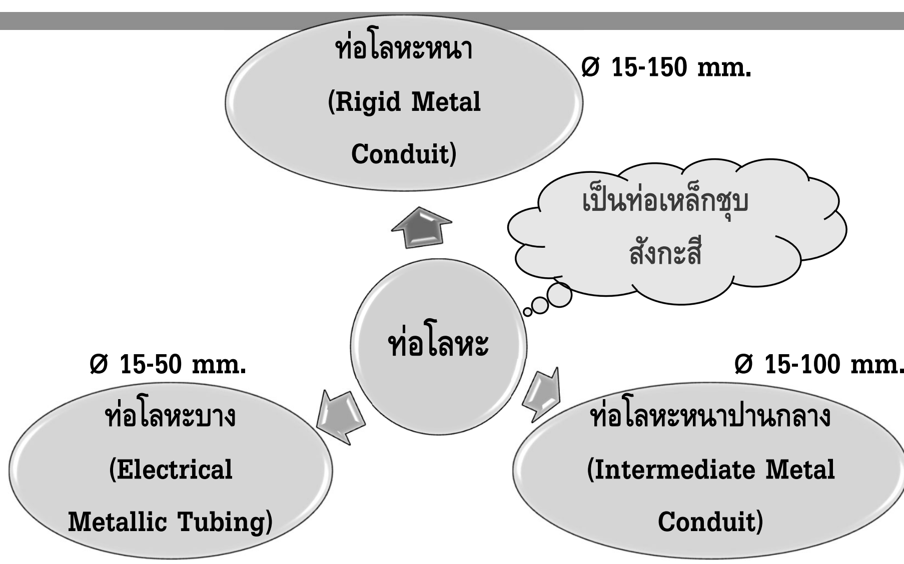
ข้อกำหนดต่อไปนี้ป็นวิธีการเดินสายทั่วไป

การเดินสายสำหรับอาคารหรือสถานที่บางประเภท อาจมีข้อกำหนดเพิ่มเติมที่ต้องนำมาใช้ประกอบด้วย เช่น โรงมหรสพ สถานบริการ อาคารชุด อาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ รวมถึงในบริเวณอันตรายด้วย

การเดินสายในช่องเดินสาย...จุดประสงค์

- ใช้เป็นช่องทางเดินของสายไฟฟ้า
- ป้องกันสายไฟฟ้าจากความเสียหายทางกายภาพ
- ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสสายไฟฟ้าที่ฉนวนอาจชำรุด
- ป้องกันการลุกลามไฟกรณีที่สายไฟฟ้าเกิดลุกไหม้
- เพิ่มความสวยงามและความสะดวกในการเดินสายไฟฟ้า

การเดินสายร้อยท่อ



จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย

คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมทุกเส้นของสายไฟฟ้าที่เดินในท่อ ต้องไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 พื้นที่หน้าตัดสูงสุดรวมของสายไฟฟ้าทุกเส้น
คิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ

จำนวนสายไฟฟ้าในท่อร้อยสาย	1	2	3	4	มากกว่า 4
สายไฟฟ้าทุกชนิด <u>ยกเว้น</u> สายชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	53	31	40	40	40
สายไฟชนิดมีปลอกตะกั่วหุ้ม	55	30	40	38	35

ตารางที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของท่อร้อยสายเป็นร้อยละ

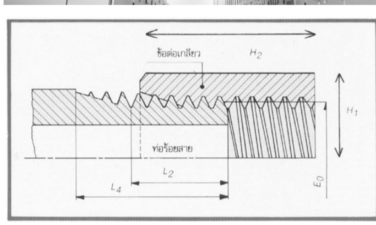
ขนาดท่อ		พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)	พื้นที่หน้าตัดเป็นร้อยละ (ตร.มม.)		
(มม.)	นิ้ว		53% (1 เส้น)	40% (3 เส้นขึ้นไป)	31% (2 เส้น)
15	½	177	94	71	55
20	¾	314	167	126	97
25	1	491	260	196	152
32	1 ¼	804	426	322	249
40	1 ½	1257	666	503	390
50	2	1964	1041	785	609
65	2 ½	3318	1759	1327	1029
80	3	5027	2664	2011	1558
90	3 ½	6362	3372	2545	1972
100	4	7854	4163	3142	2435
125	5	12272	6504	4909	3804
150	6	17672	9366	7069	5478

ภาคผนวก B ขนาดสายไฟฟ้า

ตารางที่ B1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน (และเปลือก) สายไฟฟ้า ตาม มอก 11

ขนาด สายไฟฟ้า (ตร.มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้ารวมฉนวน (และเปลือก) เป็น มม.								
	IEC 01	NYY 1-C	NYY 2-C	NYY 3-C	NYY 4-C	VCT 1-C	VCT 2-C	VCT 3-C	VCT 4-C
1.5	3.3	9.2	-	-	-	-	-	-	-
2.5	4.0	9.8	-	-	-	-	-	-	-
4	4.6	10.5	-	-	-	8.6	14.5	15.5	17.0
6	5.2	11.0	-	-	-	9.4	16.0	17.5	19.5
10	6.7	12.0	-	-	-	12.0	20.0	21.5	24.0
16	7.8	13.0	-	-	-	13.5	23.0	25.0	28.0
25	9.7	14.5	-	-	-	16.0	27.5	30.0	33.0
35	10.9	16.0	-	-	-	17.5	31.0	33.5	37.0
50	12.8	17.0	33.5	36.0	39.5	-	-	-	-
70	14.6	19.0	38.0	40.5	44.5	-	-	-	-

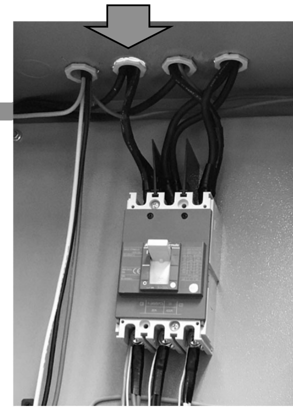
ท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง และท่อโลหะบาง



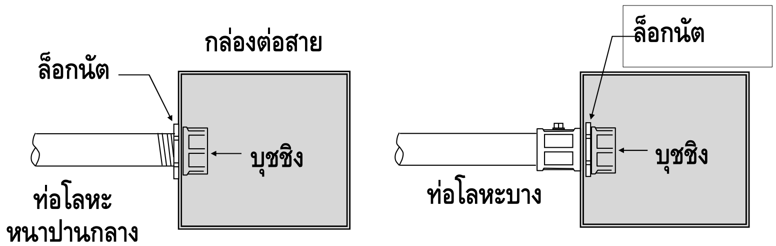
การใช้งาน
- ใช้กับงานเดินสายทั่วไป

การติดตั้ง
- ปลายท่อที่ตัดออก ต้องลบคม
- การทำเกลียว ต้องใช้เครื่องทำเกลียว ชนิดปลายเรียว

การติดตั้ง

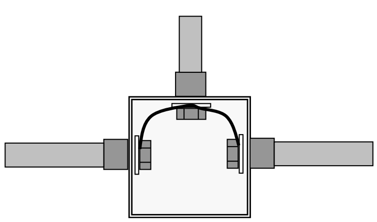


การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องมีบุช ชิ่งเพื่อป้องกันมิให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด นอกเสียจากว่ากล่องต่อสายและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบเพื่อป้องกันการชำรุดของฉนวนไว้แล้ว

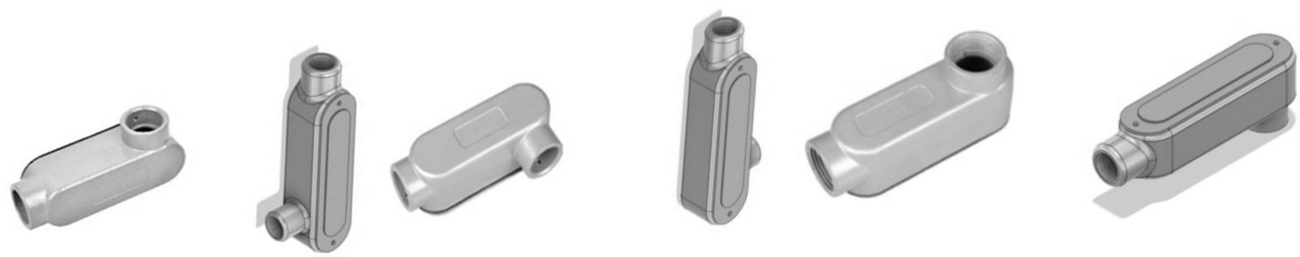


การติดตั้ง

- ข้อต่อต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมเช่น เมื่อฝังในคอนกรีตต้องใช้ชนิดฝังในคอนกรีต
- การต่อสายให้ต่อในกล่องต่อสาย หรือกล่องจุดต่อไฟฟ้าที่เปิดออกได้สะดวก <u>ระวังการใช้กล่องพลาสติกกับท่อโลหะ</u>



ตัวอย่าง ข้อต่อเปิดชนิดต่างๆ

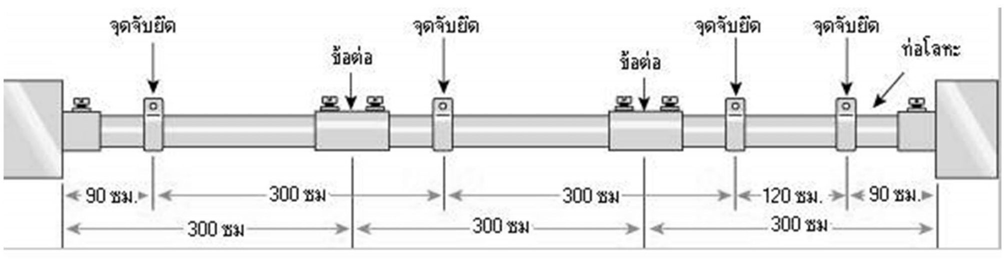


<u>ข้อต่อเปิดแบบ LL</u> **<u>ข้อต่อเปิดแบบ LR</u>** **<u>ข้อต่อเปิดแบบ LB</u>**

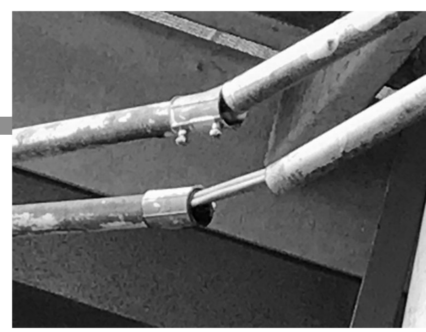
ห้าม...ต่อสายในท่อ

เป็นอันตรายจากไฟดูด

ระยะระหว่างจุดจับยึดไม่เกิน 3.0 ม. และห่างจากกล่องไม่เกิน 0.9 ม



การติดตั้ง ....



- ท่อโลหะบาง ห้ามทำเกลียว
- มุมดัดโค้งไม่เกิน 360 องศา
- ห้ามใช้ท่อขนาดเล็กกว่า 15 มม.
- ต้องติดตั้งระบบท่อเสร็จก่อน จึงเดินสาย
- ท่อร้อยสายต้องต่อเนื่องทางไฟฟ้าโดยตลอด ห้าม ใช้ท่อโลหะเป็นตัวนำต่อลงดิน แต่ท่อโลหะต้องต่อลงดิน

การเดินสายร้อยท่ออโลหะ

ท่อต้องเป็นชนิดที่ทนความชื้น สภาวะอากาศ และสารเคมี

ท่อที่ใช้เหนือดิน ต้องต้านเปลวเพลิง

ไม่เสียสภาพจากการใช้งาน และทนแสงแดด ถ้าฝังดินต้องรับน้ำหนักกดภายหลังการติดตั้งได้

ท่ออโลหะแข็ง

ท่อ PVC (Polyvinyl Chloride) มีคุณสมบัติต้านเปลวเพลิง ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 70^{O}C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

ท่อ HDPE (High Density Polyethylene) ไม่ต้านเปลวเพลิง จึงห้ามใช้เหนือดินในอาคาร ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 80^{O}C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

ท่อ RTRC (Reinforced Thermosetting Resin Conduit) หรือท่อ FRE (fiberglass reinforced epoxy conduit) ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 110^{O}C (หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด)

การอนุญาตให้ใช้งาน

อนุญาตให้ใช้ท่อ PVC และ RTRC กรณีดังต่อไปนี้

- เดินซ่อนในผนัง พื้นและเพดาน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อนและเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินท่อได้ออกแบบไว้สำหรับใช้งานในสภาพดังกล่าว
- ในที่เปียกหรือชื้นซึ่งได้จัดให้มีการป้องกันน้ำเข้าไปในท่อ
- ในที่เปิดโล่ง (exposed) ซึ่งไม่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- การติดตั้งใต้ดินโดยต้องเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องการติดตั้งใต้ดินด้วย

การอนุญาตให้ใช้งาน

อนุญาตให้ใช้ท่อ HDPE กรณีดังต่อไปนี้

- เหนือดินภายนอกอาคาร โดยมีคอนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 50 มม.
- ฝังใต้ดิน
- ในบริเวณที่ทำให้เกิดการผุกร่อน และเกี่ยวข้องกับสารเคมี ถ้าท่อและเครื่องประกอบการเดินสายได้ออกแบบไว้ใช้งานในสถานที่ดังกล่าว

ห้ามใช้

ห้ามใช้ท่อพีวีซีและอาร์ทีอาร์ซี กรณีดังต่อไปนี้

- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- ใช้เป็นเครื่องแขวนและจับยึดดวงโคม
- ในบริเวณที่อุณหภูมิโดยรอบเกิน 50° C
- อุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าพิกัดอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้
- ตามที่ระบุไว้ในบทอื่นที่เกี่ยวข้อง

ห้ามใช้

ห้ามใช้ท่อ HDPE กรณีดังต่อไปนี้

- ในที่เปิดโล่ง
- ภายในอาคาร
- ในบริเวณอันตราย
- ในบริเวณที่อุณหภูมิโดยรอบเกิน 50°C
- อุณหภูมิใช้งานของสายเกินกว่าพิกัดอุณหภูมิของท่อที่ระบุไว้

การติดตั้ง

- ปลายท่อต้องมีบุชชิ่ง หรือใช้วิธีการอื่น
- มุมดัดโค้งไม่เกิน 360 องศา
- การจับยึดต้องมั่นคงแข็งแรง ทุกระยะ 3 ม.
- ติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อนเดินสายไฟ

การเดินสายในท่อโลหะอ่อน

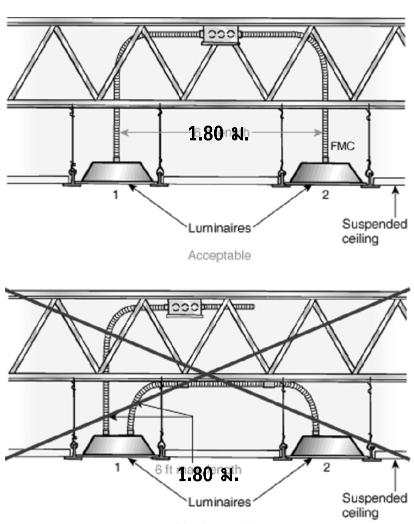
- ใช้ในสถานที่แห้ง
- ในสถานที่เข้าถึงได้ และเพื่อป้องกันสายทางกายภาพ หรือเพื่อการเดินซ่อนสาย
- ใช้เดินเข้าบริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือกล่องต่อสายและความยาวไม่เกิน 1.80 ม.

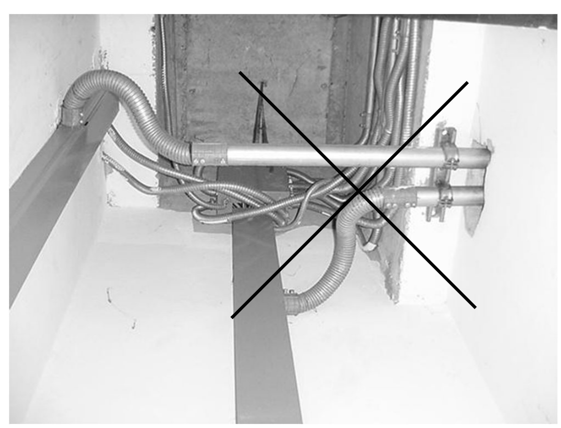
ทุกข้อ

ห้ามใช้

- ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
- ในห้องแบตเตอรี่
- ในบริเวณอันตราย นอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- ฝังดินหรือฝังในคอนกรีต
- ในสถานที่เปียก นอกจากจะใช้สายไฟชนิดที่เหมาะสมและป้องกันน้ำเข้าช่องเดินสายที่ท่อโลหะอ่อนต่ออยู่
- ท่อโลหะอ่อนที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. <u>ยกเว้น</u> ท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟและยาวไม่เกิน 1.80 ม.

การใช้งาน





การติดตั้งใช้งาน

- *จำนวนสายไฟฟ้า เหมือนท่อโลหะ*
- *มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสาย ไม่เกิน 360 องศา*
- *ห้ามใช้เป็นสายดิน*
- *ขนาดกระแส ตารางที่ 5-20, 5-23, 5-27 และ 5-29*

ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว

มีลักษณะเหมือนท่อโลหะอ่อนแต่หุ้มด้วย PVC หรือ PE ตามความต้องการใช้งาน ถ้าใช้ในอาคาร PE ต้องเป็นชนิดต้านเปลวเพลิง มีความยืดหยุ่นได้ดีและกันน้ำได้ ใช้ป้องกันสายไฟจากการขูดขีด ควัน ฝุ่น คราบน้ำ คราบน้ำมัน ได้ดี

ท่อโลหะอ่อนกันของเหลว

- การใช้งาน

  ใช้ในสถานที่ต้องการความอ่อนตัว หรือเพื่อป้องกันสายจากของแข็ง ของเหลว หรือใช้ในบริเวณอันตราย
- ห้ามใช้ ในกรณีดังต่อไปนี้
  - ท่อที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มม. หรือใหญ่กว่า 100 มม.
  - ในที่ซึ่งอาจได้รับความเสียหายทางกายภาพภายหลังการติดตั้งใช้งาน
  - ที่ซึ่งอุณหภูมิของสายไฟฟ้าและอุณหภูมิโดยรอบสูงจนทำให้ท่อเสียหาย
- จำนวนสายไฟฟ้า จำนวนสายไฟฟ้าในท่อต้องไม่เกินตามที่กำหนดในตารางที่ 3.6

การติดตั้งใช้งาน

- มุมดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 360 องศา
- ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงทำการเดินสายไฟฟ้า
- ห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนกันของเหลวเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- ข้อต่อยึดต้องได้รับการรับรองเพื่อใช้กับงานชนิดนี้เท่านั้น
- การจับยึด ต้องจับยึดให้มั่นคง แข็งแรง ทุกระยะไม่เกิน 3 ม.

รางเดินสาย (Wireways)

- อนุญาตให้ใช้รางเดินสายได้เฉพาะการติดตั้งในที่เปิดโล่ง ซึ่งสามารถเข้าถึงเพื่อตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ตลอดความยาวของรางเดินสาย
- การเดินบนฝ้าเพดานต้องเข้าบำรุงรักษาได้สะดวกตลอดความยาว และมีพื้นที่เหนือรางไม่น้อยกว่า 200 ม.ม.
- ถ้าติดตั้งภายนอกอาคารต้องเป็นชนิดกันฝน (IPX4)
- มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะไม่เสียรูปภายหลังการติดตั้ง

ห้ามใช้

- ในบริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ในบริเวณที่มีไอที่ทำให้ผุกร่อน หรือในบริเวณอันตรายนอกจากจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น
- เป็นตัวนำสำหรับต่อลงดิน
- รางเดินสายขนาดเกิน 150x300 mm.

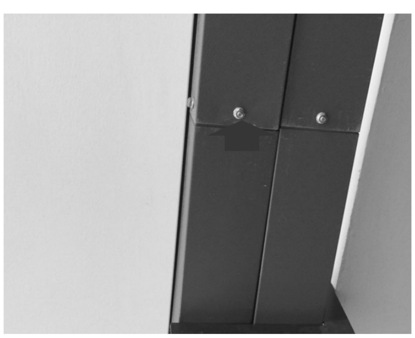
การติดตั้งใช้งาน

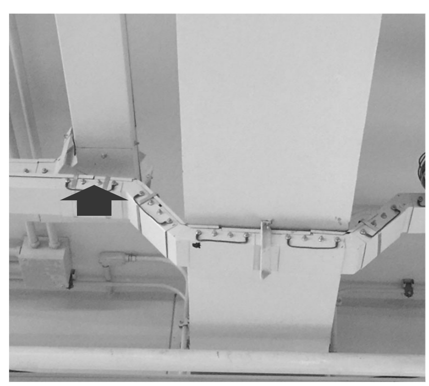
- จุดปลายรางต้องปิด
- จับยึดทุกระยะ 1.5 ม. หรือมากกว่าได้ถ้าจำเป็นแต่ไม่เกิน 3 ม.
- ห้ามต่อตรงจุดที่ผ่านผนังหรือพื้น
- ต่อสายได้เฉพาะส่วนที่เปิดและเข้าถึงได้สะดวกตลอดเวลา
- ห้ามใช้เป็นสายดิน
- สายไฟแกนเดี่ยวของวงจรเดียวกันรวมทั้งสายดิน ต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วมัดรวมเข้าด้วยกัน

การต่อลงดิน และความต่อเนื่องของรางเดินสาย

รางเดินสายต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และต่อลงดิน

ต้องมีการต่อฝากระหว่างรางเดินสายกับแผงสวิตช์

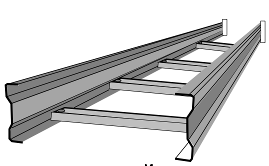




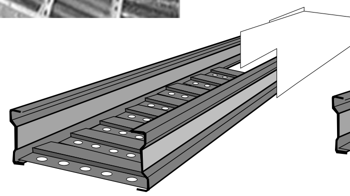
จำนวนสายไฟฟ้าและขนาดกระแส

- จำนวนสาย **พื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายทุกเส้นรวมกันไม่เกิน 20% ของพื้นที่หน้าตัดรางเดินสาย**
- ขนาดกระแส **ให้ใช้ค่ากระแสตามตารางที่ 5-20 (PVC) หรือ 5-27 (XLPE) กรณีตัวนำกระแส 3 เส้น โดยไม่ต้องใช้ตัวคูณลดกระแสเรื่องจำนวนสายตามตารางที่ 5-8 หากตัวนำที่มีกระแสไหลรวมกันไม่เกิน 30 เส้น**

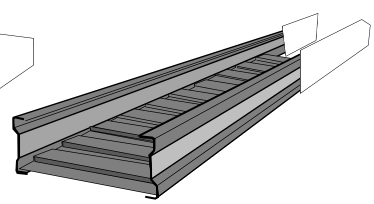
การเดินสายบนรางเคเบิล (Cable Trays)



รางแบบบันได



รางแบบระบายอากาศ



รางแบบด้านล่างทึบ

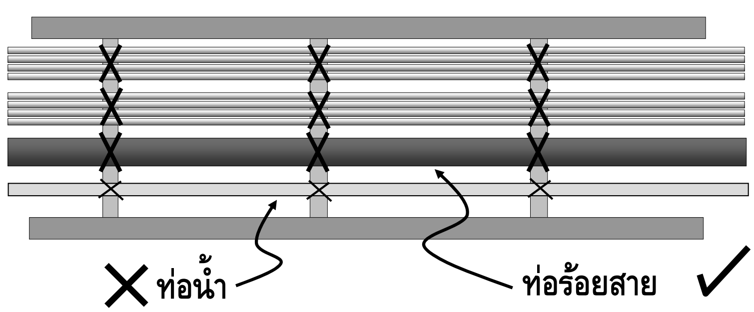
โครงสร้าง

- มีความแข็งแรงและมั่นคง สามารถรับน้ำหนักสายทั้งหมดที่ติดตั้ง และไม่มีส่วนแหลมคมที่อาจทำให้ฉนวนหรือเปลือกสายชำรุด
- มีการป้องกันการผุกร่อนอย่างพอเพียงกับสภาพการใช้งานเช่น การพ่นสี และการชุบสังกะสี เป็นต้น
- ต้องมีผนังด้านข้าง และใช้เครื่องประกอบการติดตั้งที่เหมาะสม
- ถ้าเป็นรางเคเบิลอโลหะ ต้องทำด้วยวัสดุต้านทานเปลวเพลิง

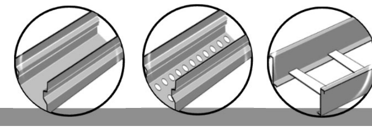
การติดตั้งใช้งาน...ห้ามใช้

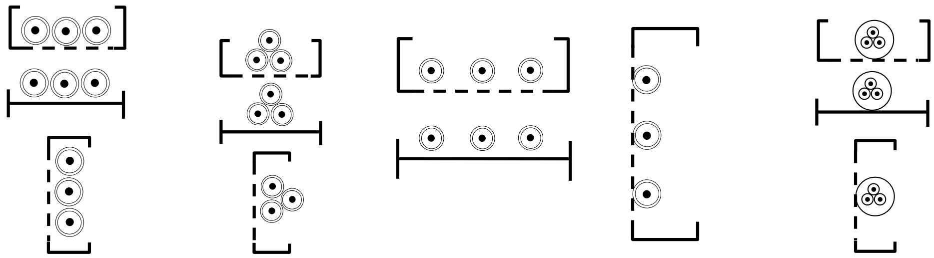
- ในปล่องลิฟต์ หรือที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ
- ห้ามวางเคเบิลแรงต่ำรวมกับแรงสูง ยกเว้นมีแผ่นกั้น
- เป็นสายดิน
- ห้าม ท่อสำหรับงานอื่นวางบนรางเคเบิล

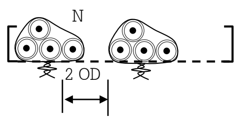
ห้าม ท่อสำหรับงานอื่นวางบนรางเคเบิล



การวางสายไฟฟ้า



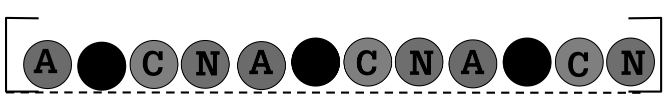


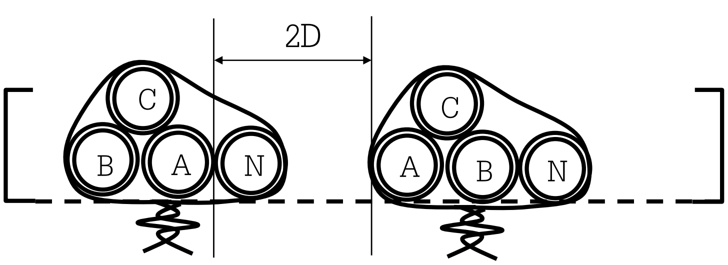


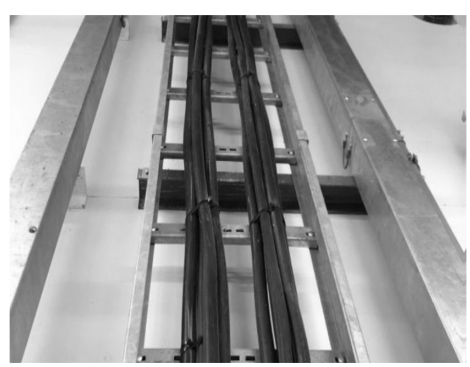
♣ จำนวนสายในรางเคเบิล
เป็นตามวิธีการวางสาย

ตัวอย่างการวางสายบนรางเคเบิล

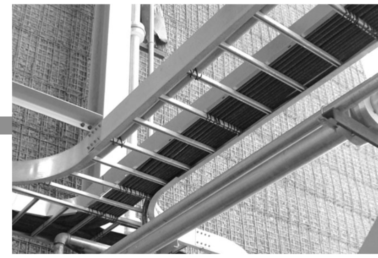
การวางสาย สายของวงจรเดียวกันต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกัน







การติดตั้งใช้งานรางเคเบิล



- ต้องมีความต่อเนื่องทั้งทางกลและทางไฟฟ้า
- เมื่อเดินสายแยกเข้าช่องเดินสายอื่นต้องจับยึดให้มั่นคงด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม
- ต้องติดตั้งในที่เปิดเผยและเข้าถึงได้ และมีที่ว่างพอเพียงที่จะปฏิบัติงานบำรุงรักษาสายเคเบิลได้สะดวก รางเคเบิลวางซ้อนได้ แต่ต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 30 ซม.

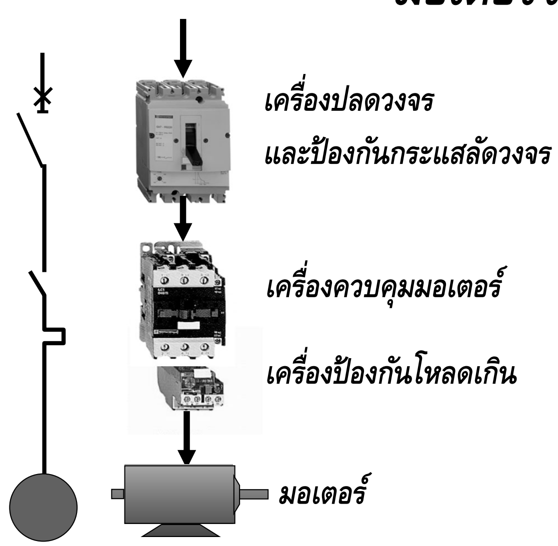
การวางสายในรางเคเบิล

- เมื่อเดินสายแกนเดียว สายเส้นไฟและเส้นศูนย์ของแต่ละวงจรต้องเดินรวมกันเป็นกลุ่มและมัดเข้าด้วยกัน เพื่อป้องกันกระแสไม่สมดุลเนื่องจากการเหนี่ยวนำ และป้องกันการเคลื่อนตัวอย่างรุนแรงเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร
- การต่อสายต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย จุดต่อสายต้องอยู่ภายในรางเคเบิลและไม่สูงเลยขอบด้านข้างของรางเคเบิล

หัวข้อการบรรยาย

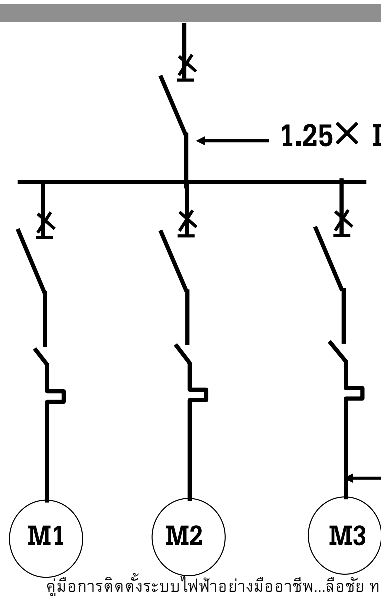
- บทที่ 2 ชนิดของสายไฟฟ้าและการใช้งาน
- บทที่ 3 การเดินสายไฟฟ้า
- บทที่ 6 มอเตอร์ไฟฟ้า
- บทที่ 7 หม้อแปลงไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า



ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์

ดูจากกระแสโหลดเต็มที่

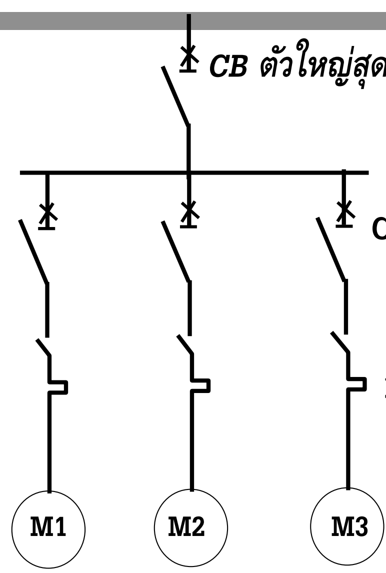


1.25× I_{FL} ของมอเตอร์ตัวใหญ่สุด + I_{FL} มอเตอร์ที่เหลือ

มอเตอร์ที่เริ่มเดินแบบ วาย-เดลตา ขนาดกระแสของสายแต่ละเส้นไม่ต่ำกว่า 72% ของกระแสมอเตอร์ (ไม่มีกำหนดในมาตรฐานฯ)

1.25 x I_{FL} (แต่ไม่เล็กกว่า 1.5 ตร.มม.)

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจร



CB ตัวใหญ่สุด + I_{FL} มอเตอร์ที่เหลือ

CB $\leq$ ตารางที่ 6.1

$\leq$ 100% ของ I_{FL}

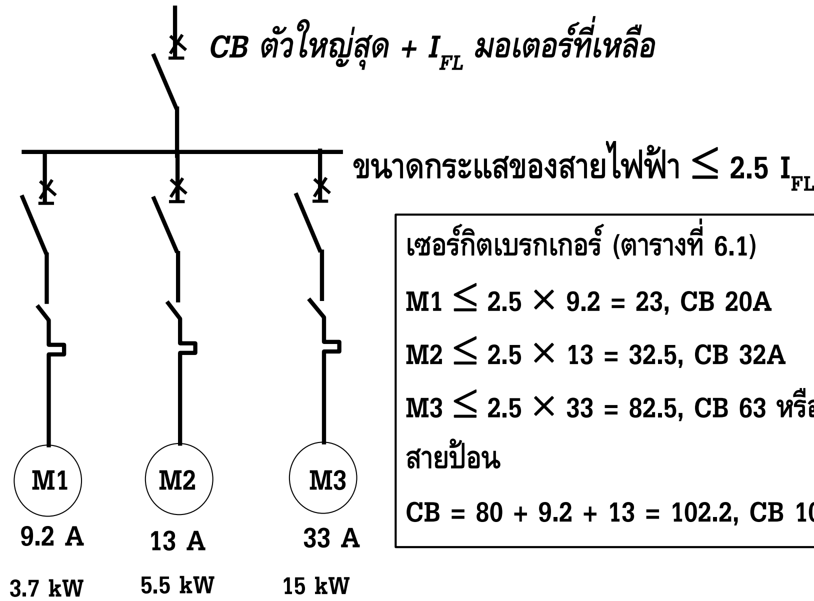
ตารางที่ 6.1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ทำงานไว	ฟิวส์ หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส	300	175	800	250
มอเตอร์กระแสสลับแบบโพลีเฟสอื่น ๆ ที่มากกว่าแบบเวาด์โรเตอร์	300	175	800	250
มอเตอร์แบบกรงกระรอก	300	175	800	250
มอเตอร์แบบซิงโครนัส	300	175	800	250
มอเตอร์แบบเวาด์โรเตอร์	150	150	800	150
มอเตอร์กระแสตรง (แรงดันคงที่)	150	150	250	150

ตัวอย่าง 6.2 (P162)

วงจรไฟฟ้า (สายป้อน) ประกอบด้วยมอเตอร์ 3 เฟส 400 V จำนวน 3 ตัว ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเซอร์กิตเบรกเกอร์ของของมอเตอร์แต่ละตัวและของสายป้อนวงจรมอเตอร์ (กำหนดให้ใช้สาย NYY แกนเดียวเดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง)

- **M1 ซิงโครนัสมอเตอร์ ขนาด 3.7 kW กระแส 9.2 A**
- **M2 ซิงโครนัสมอเตอร์ ขนาด 5.5 kW กระแส 13 A**
- **M3 สโควเรลเคจอินดักชั่นมอเตอร์ ขนาด 15 kW กระแส 33 A**



เซอร์กิตเบรกเกอร์ (ตารางที่ 6.1)

M1 $\leq 2.5 \times 9.2 = 23$, CB 20A

M2 $\leq 2.5 \times 13 = 32.5$, CB 32A

M3 $\leq 2.5 \times 33 = 82.5$, CB 63 หรือ 80A

สายป้อน

CB = 80 + 9.2 + 13 = 102.2, CB 100 or 125A

สายไฟฟ้า

M1 ขนาดกระแสของสาย = 1.25 x 9.2 = 11.5 A ได้สายขนาด 1.5 ตร.มม. (13A)

M2 ขนาดกระแสของสาย = 1.25 x 13 = 16.25 A ได้สายขนาด 2.5 ตร.มม. (18A)

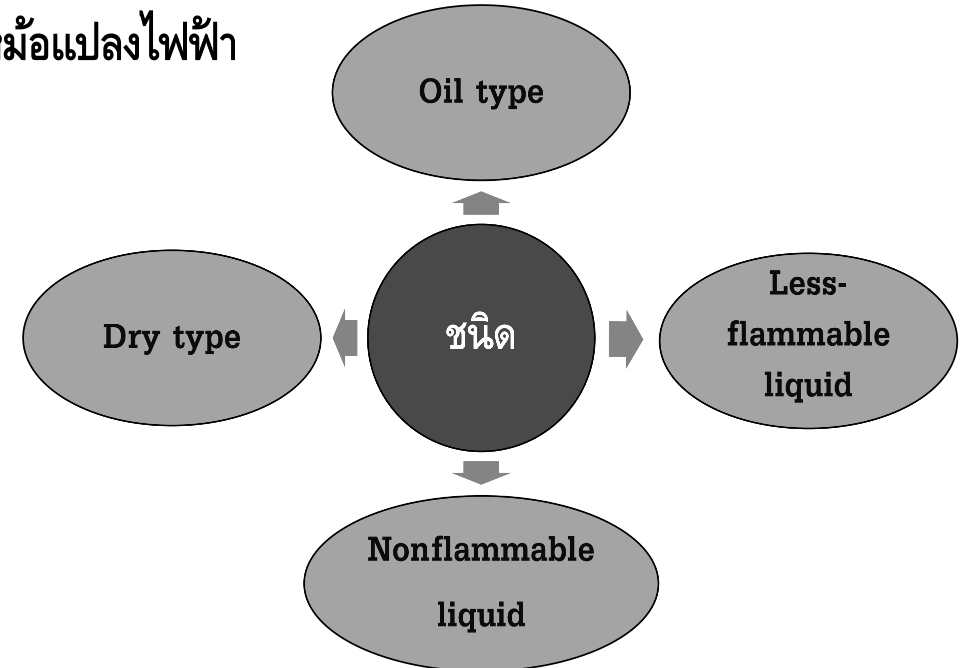
M3 ขนาดกระแสของสาย = 1.25 x 33 = 41.25 A ได้สายขนาด 10 ตร.มม. (44A)

สายป้อน = (1.25 x 33) + 9.2 + 13 = 63.45 A ได้สายขนาด 25 ตร.มม. (77A)

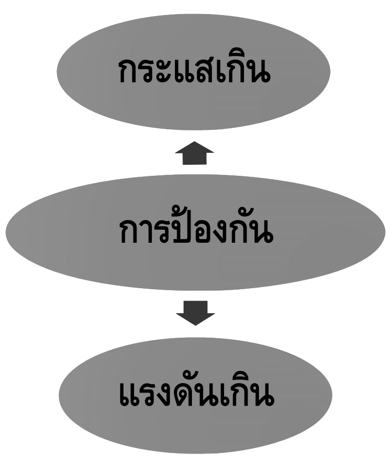
ภาคผนวก G ตารางที่ G3 จะได้ขนาด CB (P321)

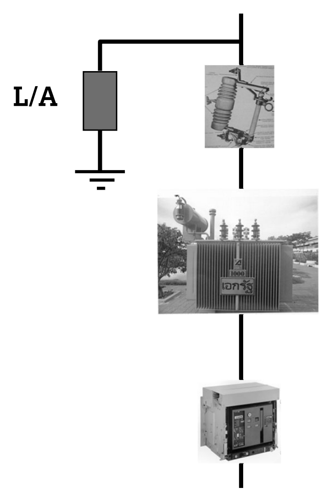
ภาคผนวก G ตารางที่ G4 จะได้ขนาดสายไฟฟ้า (P322)

หม้อแปลงไฟฟ้า



การป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า





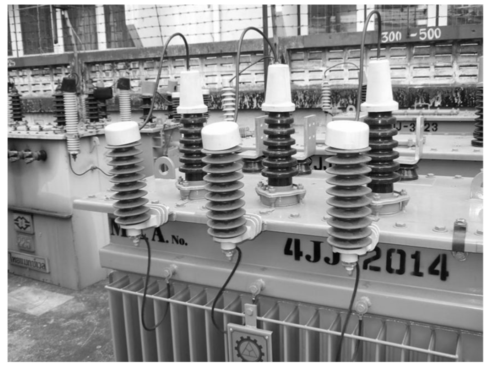
การป้องกันแรงดันเกิน

อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินคือ Lightning Arrester

พิกัด

- แรงดัน 9 kV, 21 kV, 30 kV (ยกเว้นบางพื้นที่)
- กระแส 5 kA, 10 kA

การติดตั้ง L/A ต้องทำให้สายที่ต่อเข้าและออกสั้นที่สุด

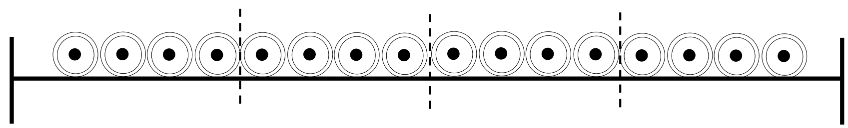


การป้องกันกระแสเกิน

ตารางที่ 7.1 ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า

ขนาดอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดันเกิน 1,000 V		แรงดันเกิน 1,000 V		แรงดันไม่เกิน 750 V
	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์	ฟิวส์	เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	100%
มากกว่า 6% แต่ไม่เกิน 10%	400%	300%	250%	225%	100%

ตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งคำนวณโหลดได้ 850 kVA เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 1,000 kVA แรงดันด้านไฟออก 230/400 V ด้านแรงต่ำเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 1,400 A ใช้สาย NYY ชนิดแกนเดียวควบ 4 เส้นต่อเฟส วางเรียงชิดติดกันบนรางเคเบิลแบบบันได ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า โดยใช้ค่าจากตารางในหนังสือคู่มือ (ตารางที่ F5)



การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

1. คำนวณโหลดและกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (I_n) → **1400A**
2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้า และวิธีการเดินสาย → **NYY กลุ่ม 7**
3. เลือกตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า
4. กำหนดตัวคูณปรับค่า C_a & C_g
5. กำหนดขนาดสายไฟฟ้า $It \geq I_n/(C_a \times C_g)$

ตารางที่ 2.11

รูปแบบการติดตั้ง	สาย มอก.11	สาย XLPE
กลุ่มที่ 5 & 6	ตารางที่ 5-23	ตารางที่ 5-29
กลุ่มที่ 7	ตารางที่ 5-30 5-30(ก) & 5-31	ตารางที่ 5-32 5-32(ก) & 5-33

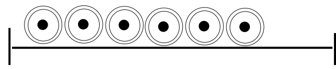
C_g = 0.94 (ตารางที่ 5-40) C_a = 1 (อุณหภูมิเดิม)

$$\boxed{\begin{aligned} I_t &\geq (1400/4)\ /(1 \times 0.94) \\ &\geq 372.3\ \text{A} \end{aligned}}$$

ได้สายขนาด 240 ตร.มม. (441A)

ตารางที่ F5 (P299) สาย NYY แกนเดียววางบนรางเคเบิลแบบบันได

สายวางชิดติดกัน (กลุ่มที่ 7)



ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดรางเคเบิล (มม.)
800	1000	3(3 × 185, 1 × 95)	500
		4(3 × 120, 1 × 70)	500
	1100	3(3 × 240, 1 × 120)	500
		4(3 × 150, 1 × 95)	500
1000	1250	3(3 × 240, 1 × 120)	500
		4(3 × 185, 1 × 95)	600
	1400	4(3 × 240, 1 × 120)	700
		5(3 × 150, 1 × 95)	700

ของฝาก....ต้องเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

THE END