บทที่ 3
ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย

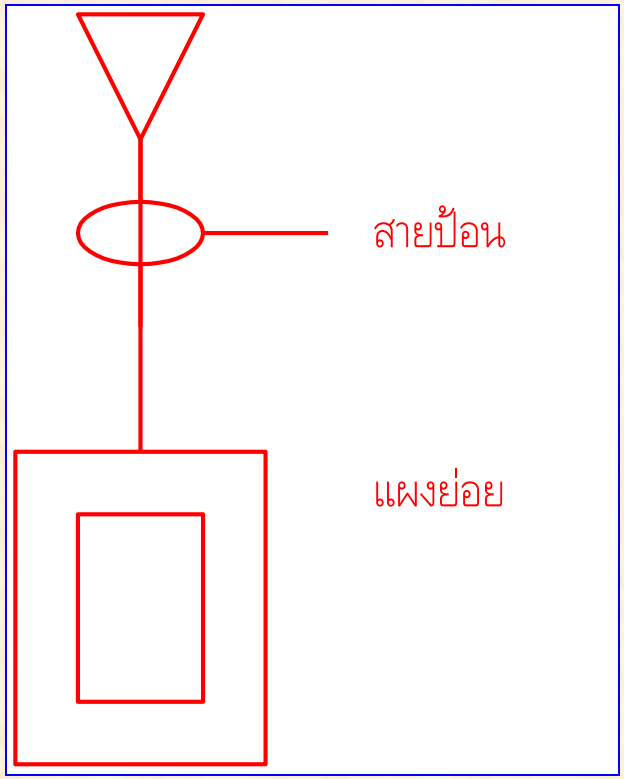
(2) วงจรสายป้อน

โดย
ผศ. ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

3.2 สายป้อน Feeder (FD)

- สายป้อน หมายถึงตัวนำของวงจร ระหว่างบริภัณฑ์ประธานหรือแหล่งจ่ายไฟของระบบติดตั้งแยกต่างหากกับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยตัวสุดท้าย

- สายป้อนโดยทั่วไปจะจ่ายไฟให้แผงย่อย ซึ่งจ่ายไฟให้กับโหลดไฟฟ้าผ่านวงจรย่อย



รูปที่ 3.6 แสดงสายป้อนและ วงจรย่อย

3.2.1 ขนาดตัวนำสายป้อน

- กระแสของสายป้อน (I_F) ต้องไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

$$I_F \geq I_L \text{ (Max)}$$

โดยที่

I_F = กระแสของสายป้อน (A)

I_L (Max) = กระแสโหลดสูงสุด (A)

- กระแสของสายป้อน (I_F) ต้องไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสายป้อน (CB_F)

$$I_F \geq CB_F$$

โดยที่

I_F = กระแสของสายป้อน (A)

CB_F = พิกัด CB (AT)

- กำหนดให้ขนาดตัวนำของสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า $4\ mm^2$

ตัวอย่างที่ 3.12 โหลดของ สายป้อน 1 kVA

ให้หากระแสสำหรับ

ระบบไฟฟ้า 230 / 400 V 3 เฟส 4 สาย

ระบบไฟฟ้า 220 / 380 V 3 เฟส 4 สาย

ในกรณี

1) โหลดไม่ต่อเนื่อง

2) โหลดต่อเนื่อง

วิธีทำ ระบบไฟฟ้า 230 / 400 V

กระแสโหลด $I_L = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 400} = 1.443A$

โหลดไม่ต่อเนื่อง $I_L = 1.443\ A$

โหลดต่อเนื่อง $I_L = 1.25 \times 1.443$

$= 1.80\ A$

ระบบไฟฟ้า 220 / 380 V

กระแสโหลด $I_L = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 380} = 1.519 A$

โหลดไม่ต่อเนื่อง $I_L = 1.519$ A

โหลดต่อเนื่อง $I_L = 1.25 \times 1.519$

$= 1.90$ A

ตัวอย่าง โหลดต่อไปนี้ที่ 400 V , 3 ph ให้หากระแสเท่าใด

1. 1000 kVA
2. 500 kVA
3. Capacitor 50 kVAR , 400 V

วิธีทำ

1. 1000 x 1.443 = 1443 A
2. 1443 / 2 = 722 A
3. 722 / 10 = 72 A

3.2.2 การป้องกันกระแสเกิน

- พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน (CB_F) ต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

หมายความว่า

CB ของสายป้อนต้อง
มีพิกัดกระแสสูงกว่ากระแสโหลด

$$CB_F \geq I_L$$

ตัวอย่างที่ 3.13 โหลดสายป้อนวงจรหนึ่ง
โหลดสูงสุดที่คำนวณได้
83 A , 400 V, 3 เฟส 3 สาย
จงหาขนาดตัวนำของสายป้อน

วิธีทำ

กระแสโหลด I_L = 83 A

เลือกใช้ CB 90 A

ใช้สาย 3 x 35 mm^2 (96 A)
ในท่อร้อยสายโลหะในอากาศ
สาย IEC 01 ตาราง 5 - 20 กลุ่มที่ 2

กระแสโหลด I_L = 83 A

ถ้าเลือกใช้ CB 100 A

ใช้สาย $3 \times 50\ mm^2$ (117 A)

ในท่อร้อยสายโลหะในอากาศ

สาย IEC 01 ตาราง 5 - 20 กลุ่มที่ 2

3.2.3 การคำนวณโหลดสายป้อน

โหลดสายป้อนต้องคำนวณดังต่อไปนี้

1) กระแสของสายป้อน (I_F) ต้องเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลดหรือ เท่ากับผลรวมของโหลดในวงจรย่อยคูณด้วย ดีมานด์แฟกเตอร์

$$I_F \geq I(BC) \times D.F.$$

โดยที่

I_F = กระแสของสายป้อน (A)

$I(BC)$ = กระแสโหลดของวงจรย่อย (A)

D.F. = ดีมานด์แฟกเตอร์

2) โหลดแสงสว่างให้ใช้ D.F. ตาม ตารางที่ 3 - 1

3) โหลดเต้ารับของสถาน

ที่ไม่ใช้ที่อยู่อาศัย (สำนักงาน,โรงงาน)

- คำนวณโหลดแต่ละเต้ารับไม่เกิน 180 VA
- อนุญาตให้ใช้ D.F. ตามตารางที่ 3

4) โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปอนุญาตให้ใช้

D.F. ตามตารางที่ 3 - 3

5) เต้ารับในที่อยู่อาศัยที่ต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบโหลดแน่นอนให้คำนวณโหลด

I_L (เต้ารับ) = I_L (Max) + 0.4 $\sum I_r$ ตัวที่เหลือ

โดยที่

I_L = กระแสโหลดเต้ารับ (A)

I_L(Max) = กระแสโหลดสูงสุด (A)

$\sum I_r$ = ผลรวมของโหลดที่เหลือ (A)

6) D.F. นี้ใช้กับการคำนวณสายป้อนเท่านั้น

ห้าม ใช้กับการคำนวณวงจรย่อย

ตารางที่ 3 - 1 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดไฟแสงสว่าง	ดีมานแฟกเตอร์
	(VA)	(%)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 2,000	100
	ส่วนเกิน 2,000	35
โรงพยาบาล*	ไม่เกิน 50,000	40
	ส่วนเกิน 50,000	20
โรงแรม รวมถึง ห้องชุด	ไม่เกิน 20,000	50
ที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัย	20,001-100,000	40
ประกอบอาหารได้*	ส่วนเกิน100,000	30
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนเกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่าง ใน สถานที่บางแห่งของโรงพยาบาลหรือโรงแรม

ตัวอย่างที่ 3.14 โหลดแสงสว่างของที่อยู่อาศัยแห่งหนึ่ง

ดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์

(1 x 36 W)(100 VA) 20 ชุด

ดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์

(1 x 18 W)(60 VA) 15 ชุด

จงคำนวณหาโหลดรวม

วิธีทำ

ดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W , 100 x 20 = 2000 VA

ดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 W , 60 x 15 = 900 VA

โหลดรวม 2000 + 900 = 2,900 VA

โหลดไม่เกิน 2000 VA ใช้ D.F. 1.0 = 1 x 2000

= 2000 VA

โหลดที่เกิน 2000 VA ใช้ D.F 0.35

โหลด = 0.35 x (2900 - 2000) = 315 VA

โหลดรวม = 2000 + 315 = 2315 VA

ตารางที่ 3 - 2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับ (คำนวณโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)
10 kVA แรก	100
ส่วนเกิน 10 kVA	50

ตัวอย่างที่ 3.15 วงจรเต้ารับของที่อยู่อาศัย 230 V ประกอบด้วยเต้ารับใช้งานทั่วไป 40 ชุด ให้คำนวณหาโหลดของวงจรเต้ารับ

วิธีทำ

โหลดเต้ารับของที่อยู่อาศัยห้ามใช้ Demand Factor

โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไป 180 x 40 = 7,200 VA

โหลดรวมทั้งหมด = 7,200 VA

= 7.2 kVA

ตัวอย่างที่ 3.16 วงจรเต้ารับของ อาคารสำนักงาน

ประกอบด้วยเต้ารับใช้งานทั่วไป 100 ชุด

ให้คำนวณหาโหลด

วงจรเต้ารับของอาคารสำนักงาน

วิธีทำ

โหลดเต้ารับทั่วไป 180 x 100 = 18,000 VA

โหลดเต้ารับ 10 kVA แรก โหลด = 10 kVA

โหลดเต้ารับที่มากกว่า 10 kVA

= (18 - 10) x 0.5

= 4 kVA

โหลดรวม = 10 + 4 = 14 kVA

ตารางที่ 3 - 3 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 A + ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 A
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน +
		ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
		กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด +
2. อาคารสำนักงาน	เครื่องหุงต้มอาหาร	ร้อยละ 80 ของตัวใหญ่รองลงมา +
และร้านค้ารวมถึง		ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
ห้างสรรพสินค้า	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด +
		ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
3. โรงแรม	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
อาคารประเภทอื่น	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 75
	ประเภทแยกแต่ละห้อง	

หมายเหตุ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง (Central) ให้ดูดีมานด์แฟกเตอร์ที่แนะนำไว้ ในภาคผนวก ฌ.

ตัวอย่างที่ 3.17 โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าของที่อยู่อาศัย

เครื่องทำน้ำร้อนขนาด

3000 W (3000 VA) 3 ชุด

เครื่องปรับอากาศขนาด

12000 BTU (1500 VA) 4 เครื่อง

จงคำนวณหาโหลดรวมของที่อยู่อาศัย

วิธีทำ

เครื่องทำน้ำร้อน 3000 x 2 = 6000 VA

เครื่องทำน้ำร้อนตัวที่เหลือ 3000 x 0.25 = 750 “

เครื่องปรับอากาศ 1500 x 4 = 6000 VA

โหลดรวม = 6000 + 750 + 6000 VA

= 12750 VA

= 12.75 kVA

3.2.4 ขนาดตัวนำ Neutral

1) ขนาดตัวนำ Neutral ต้องมี
พิกัดกระแสตัวนำ Neutral
ต้องไม่น้อยกว่ากระแส ไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น

2) ไม่เล็กกว่า สายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตามข้อ 4.20

กระแสไม่สมดุลคือ กระแส 1 เฟสที่ต่ออยู่

สำหรับ ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

ขนาดตัวนำ Neutral มีข้อกำหนดดังนี้

1) กระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด ไม่เกิน 200 A

ขนาดตัวนำ Neutral ต้องไม่น้อยกว่า กระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดนั้น

I_n = I_p (ใช้สาย Neutral เท่ากับสายเฟส)

โดย I_n = พิกัดกระแส Neutral (A)

I_p = โหลดไม่สมดุลสูงสุดคำนวณได้จากโหลด 1 เฟส

2) กระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดมากกว่า 200 A และโหลดเป็นแบบ Resistive (ไม่มีกระแส Harmonic) ขนาดกระแสของตัวนำ Neutral ต้องไม้น้อยกว่า 200 A บวกด้วย 70 % ของส่วนที่เกิน 200 A

$$I_n = 200 + (I_p - 200) \times 0.7$$

โดย

I_n = พิกัดกระแส Neutral (A)

I_p = โหลดไม่สมดุลสูงสุดคำนวณได้จากโหลด 1 เฟส

3) โหลดไม่สมดุลชนิด

- Electric Discharge
- Data Processing
- อุปกรณ์ที่ทำให้เกิด Harmonic

ไม่อนุญาตให้ลด กระแส Neutral

$$I_n = I_p$$

หมายเหตุ

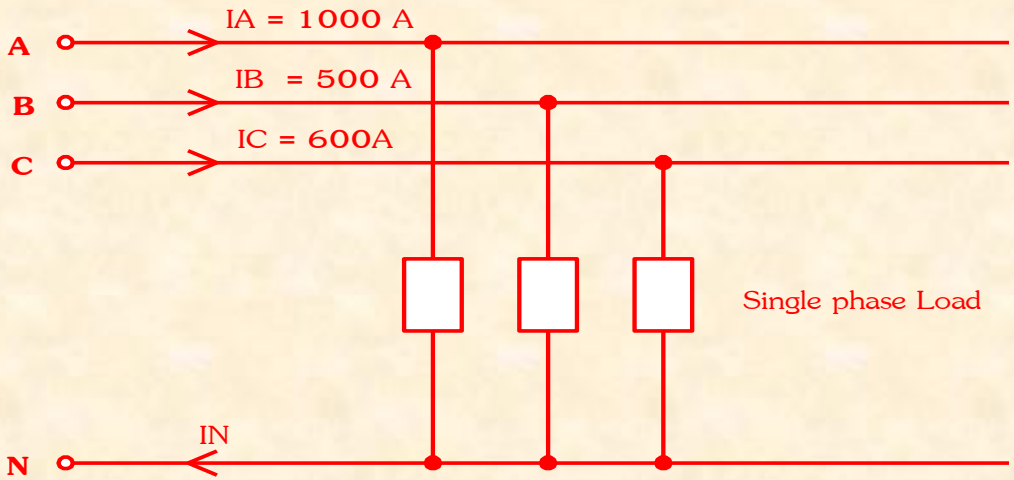
1) กระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด คือ ค่าสูงสุดที่คำนวณได้จาก โหลด 1 เฟส ที่ต่อระหว่าง ตัวนำ Neutral และตัวนำเส้นไฟ

2) ระบบ 3 เฟส 4 สายที่จ่ายให้กับระบบคอมพิวเตอร์หรือโหลดอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องเผื่อตัวนำ Neutral ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับกระแส Harmonic ในบางกรณี ตัวนำ Neutral อาจมีขนาดใหญ่กว่าสายเส้นไฟได้

ตัวอย่างที่ 3.18 จงหากระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้นใน ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230 V

วิธีทำ

วงจรดังรูป



จาก เฟส A มีกระแสไม่สมดุลสูงสุด 1000 A

เฟส B มีกระแสไม่สมดุลสูงสุด 500 A

เฟส C มีกระแสไม่สมดุลสูงสุด 600 A

กระแสไม่สมดุลสูงสุด ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1000 A

ตัวอย่างที่ 3.19 จงหาขนาดสาย Neutral ของสายป้อนที่จ่ายไฟให้กับแผงจ่ายไฟ โดยที่แผงจ่ายไฟมีโหลดเป็นหลอดใส้ (Incandescent) ขนาด 100 kVA , 230 / 400 V , 3 เฟส 4 สาย

วิธีทำ

$$I_L = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 144\ A$$

เนื่องจาก

$I_L <$ 200 A

$\therefore$ จึงใช้ I_n = 144 A

คือสายนิวทรัลเท่ากับสายเฟส

4 × 70 mm^2 (149 A) ในท่อร้อยสายโลหะ

สาย IEC 01 ตาราง 5 - 20 กลุ่มที่ 2

ตัวอย่างที่ 3.20

จงหาขนาด สายตัวนำ Neutral ของสายป้อน

ที่จ่ายให้กับโหลด Heater โหลดมีขนาด

346 kVA , 230 / 400 V , 3 เฟส 4 สาย

วิธีทำ

โหลด Heater เป็นโหลดที่ไม่มีกระแส Harmonic

กระแสโหลด I_L = 346 x 1.443 = 500 A

เนื่องจาก I_L > 200 A

In = 200 + (500 - 200) x 0.7

= 410 A

ขนาดสาย 2 (3 x 185 , 1 x 120 mm^2)
ในท่อโลหะร้อยสาย

สาย IEC 01 ตาราง 5 - 20 กลุ่มที่ 2

ตัวอย่างที่ 3.21 จงหาขนาดสาย Neutral ในระบบ 3 เฟส 4 สายเมื่อจ่ายไฟให้กับโหลดระบบ Computer 200 A ต่อเฟส

วิธีทำ

ระบบ Computer เป็นระบบที่มี Harmonic

กระแสโหลด 200 A

Neutral มีกระแสไหล เนื่องจาก Harmonic

เนื่องจากเป็น Computer เป็นโหลดที่มีกระแส Harmonic

$I_n = I_p = 200$ A

ใช้ขนาดสาย 4×120 mm^2

ใช้สายเฟสและ Neutral

ขนาด 4×120 mm^2 (208 A)

สาย IEC 01 ตาราง 5 - 20 กลุ่มที่ 2

ตัวอย่าง สายป้อน 3ph , 4 w , 230 / 400 V

กระแสโหลดทั้งหมด 200 A

ให้หาขนาดสาย Neutral

1) โหลดทั้งหมด เป็น โหลด 3 เฟส

2) โหลด 50 % เป็น โหลด 1 เฟส

3) โหลด 60 % เป็น โหลด 1 เฟส

วิธีทำ

กระแสโหลดทั้งหมด 200 A

เลือก CB 250 A

1) โหลดทั้งหมด เป็น โหลด 3 เฟส

สาย Neutral ใช้ขนาดเล็กได้
แต่ต้อง ไม่เล็กกว่า สายดินบริภัณฑ์ไฟฟ้า

CB 250 A , G - 25 mm^2

3 x 185 , 1 x 25 , G - 25 mm^2

2) โหลด 50 % เป็น โหลด 1 เฟส

สาย Neutral ใช้ขนาดตาม โหลด 1 เฟส

CB 250 A G - 25 mm^2

โหลด 50 % , 250 / 2 = 125 A

สาย Neutral ใช้ขนาด 1 x 70 mm^2 (149 A)

3 x 185 , 1 x 70 , G – 25 mm^2

2) โหลด 60 % เป็น โหลด 1 เฟส

สาย Neutral ใช้ขนาดตาม โหลด 1 เฟส

CB 250 A G - 25 mm^2

โหลด 60 % , 250 x 0.6 x 1.25 = 150 A

สาย Neutral ใช้ขนาด 1 x 95 mm^2 (180 A)

3 x 185 , 1 x 95 , G – 25 mm^2 **Haft Neutral**

ข้อเสนอแนะ

ถ้าสายป้อนมี โหลด 3 เฟส เกิน 40 %

สามารถ ใช้ Half Neutral ได้

เนื่องจากสายขนาด 50 % สามารถนำกระแส

ได้มากกว่า 60 % ของสายขนาด 100 %

เช่น

สาย IEC 01 70 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 149 A

สาย IEC 01 35 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 96 A = 64,4 %

สาย IEC 01 240 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 301 A

สาย IEC 01 120 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 208 A = 69.1 %

สาย IEC 01 300 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 343 A

สาย IEC 01 150 mm^2 กลุ่มที่ 2 พิกัดกระแส 228 A = 66.5 %

3.3 การป้องกันกระแสเกินสำหรับ วงจรย่อย และ สายป้อน

- วงจรย่อยและสายป้อน ต้องมี การป้องกันกระแสเกิน

- เครื่องป้องกันกระแสเกินต้อง มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องป้องกันกระแสเกินเป็น Fuse หรือ CB ก็ได้
(ส่วนมากใช้ CB)

2) Fuse, CB นำมาต่อขนานกันไม่ได้

3) ถ้ามีเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมกับดวงโคม
หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ
ใช้แทนเครื่องป้องกันกระแส เกินของวงจรย่อยไม่ได้

4) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถป้องกันตัวนำทุกสายเส้นไฟ (สาย **Hot**) และไม่ต้องมีที่ตัวนำต่อลงดิน (กล่าวคือสาย **Neutral** ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันกระแสเกิน)

5) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ติดตั้งในสถานที่ซึ่งทำให้เกิดความเสียหาย และต้องไม่อยู่ใกล้วัสดุที่ติดไฟง่าย

6) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องบรรจุในกล่องหรือตู้อย่างมิดชิด

7) กล่องหรือตู้ที่บรรจุเครื่องป้องกันกระแสเกินติดตั้งในสถานที่เปียกชื้น

- การติดตั้งต้องมีช่องว่างระหว่างตู้กับผนัง ไม่น้อยกว่า 5 mm

8) เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องติดตั้งในที่ซึ่งสามารถปฏิบัติงานได้สะดวก มีที่ว่างและแสงสว่างอย่างเพียงพอ

9) ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน

ทุกจุดต่อแยก

ข้อยกเว้น

1) เครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนต้อง

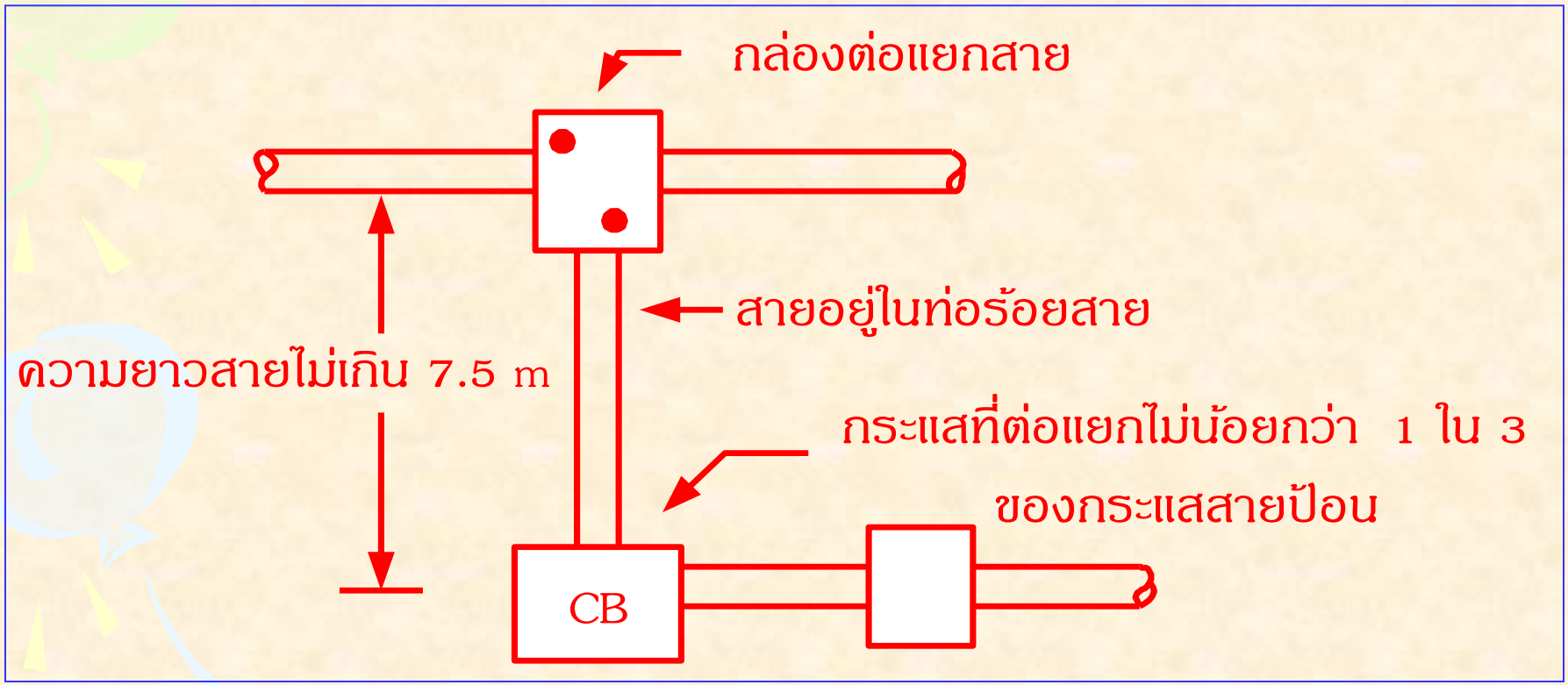
สามารถป้องกันสายที่ต่อแยกได้

ไม่ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่

จุดต่อแยก

2) สายที่ต่อแยกจากสายป้อน

- ความยาวของสายต่อแยก ไม่เกิน 7.5 m
- ขนาดกระแสของสายที่ต่อแยกไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของขนาดกระแสสายป้อน
- จุดปลายของสายต่อแยกต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 1 ตัว
- สายที่ต่อแยกต้อง ติดตั้งในท่อสาย



รูปที่ 3.7 เงื่อนไขของสายที่ต่อแยกจากส่ายป้อน

10) เครื่องป้องกันกระแสเกิน

ของวงจรย่อยและสายป้อนในแผงสวิตช์ต่าง ๆ

ต้องระบุโหลดที่จ่ายให้ชัดเจน

ติดไว้ตาม ข้อ 1.107

เครื่องปลดวงจรที่ใช้ สำหรับมอเตอร์

เครื่องใช้ไฟฟ้า สายเมน สายป้อน หรือ วงจรย่อย

จะต้องทำเครื่องหมาย

ระบุวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน