บทที่ 10
วงจรประธาน (Service Circuit)

10.1 บทนำ

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น หลังจากที่ทราบโหลดรวม ทั้งหมดของอาคารหนึ่งๆ แล้วก็จะทำการออกแบบวงจร ประธานให้เหมาะสมได้

วงจรประธาน หมายถึง ตัวนำ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในส่วนของวงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากการไฟฟ้าฯ ไปจนถึงสายป้อน

วงจรประธาน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนด้วยกัน คือ

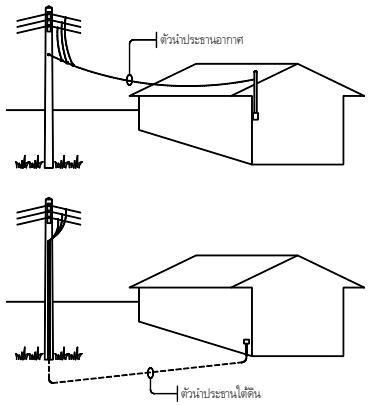
1. ตัวนำประธาน (Service Conductors)
2. บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

10.2 ตัวนำประธาน (Service Conductors)

ตัวนำประธานหมายถึงสายไฟฟ้าในระบบมีหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้า จากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯสู่วงจรสายป้อน ตัวนำประธานจะต้องมี ขนาดเพียงพอที่จะจ่ายโหลดต่างๆ ได้ และโดยทั่วไปตัวนำประธาน ที่จะ จ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารหลังหนึ่งๆ ต้องมี 1 ชุดเท่านั้น

ตัวนำประธานอาจแบ่งตามวิธีการติดตั้งได้เป็น

1. ตัวนำประธานอากาศ (Overhead Service Conductors)
2. ตัวนำประธานใต้ดิน (Underground Service Conductors)



รูปที่ 10.1 ตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน

ตัวนำประธานอาจแบ่งตามระดับแรงดันที่ใช้เป็น

- ตัวนำประธานแรงต่ำ (Low Voltage Service Conductors)
- ตัวนำประธานแรงสูง (High Voltage Service Conductors)

10.3 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

บริภัณฑ์ประธาน หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปลดวงจร บริภัณฑ์ประธานจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. เครื่องปลดวงจร
2. เครื่องป้องกันกระแสเกิน

เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)

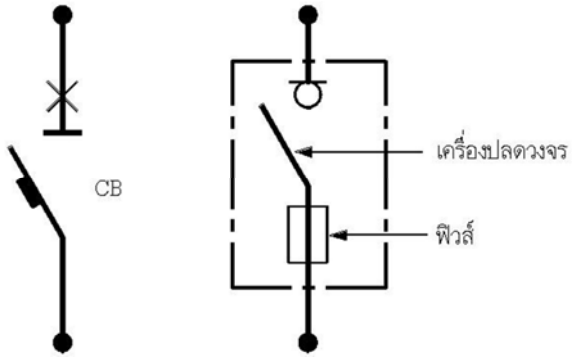
หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปลดตัวนำออกจากวงจรไฟฟ้าได้ทุกขณะที่ต้องการคือสามารถปลดวงจรขณะไม่ได้จ่ายโหลด หรือจ่ายโหลดก็ได้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. สวิตช์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch หรือ Switch Disconnector) คือ สวิตช์ที่ปลดวงจรได้ขณะที่มีโหลด โดยที่ตัวสวิตช์ไม่เสียหาย คือ มีการป้องกันประกายไฟ ที่เกิดขึ้นเป็นอย่างดี
2. สวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch หรือ Disconnector) คือ สวิตช์ที่ปลดวงจรได้เฉพาะขณะที่ไม่มีโหลด

เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection Equipment)

หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินจากการ ทำงานเกินโหลด (Overload)หรือลัดวงจร (Short Circuit) อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ใช้คือ ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์

เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกินอาจจะเป็น อุปกรณ์ตัวเดียว กันก็ได้ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์



รูปที่ 10.2 บริภัณฑ์ประธาน

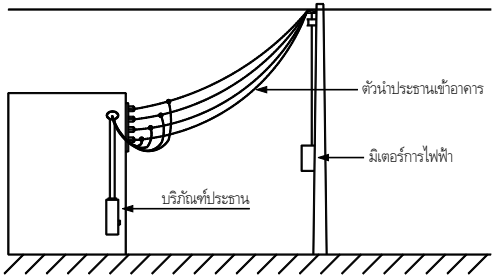
10.4 ตัวนำประธานในระบบแรงต่ำ

ตัวนำประธานแรงต่ำ ได้แก่ ตัวนำประธานในระบบไฟฟ้าดังต่อไปนี้

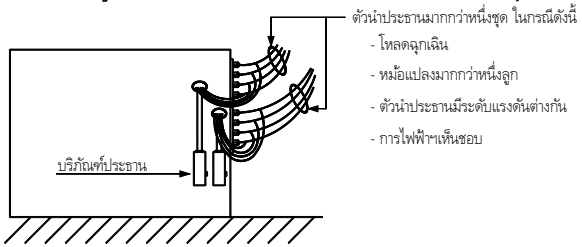
1. ระบบ 1 เฟส 2 สาย 220 V, 230 V
2. ระบบ 3 เฟส 4 สาย 380/220 V , 400/230 V

การไฟฟ้าได้ให้ข้อกำหนดโดยทั่วไปสำหรับตัวนำประธาน ทั้งตัวนำประธาน และตัวนำประธานใต้ดิน ดังนี้

- อาคารหลังหนึ่งจะมีตัวนำประธานได้เพียง 1 ชุด เท่านั้น ยกเว้นกรณีต่อไปนี้ ที่สามารถมีได้มากกว่า 1 ชุด
  - กรณีที่แยกตัวนำประธานสำหรับระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน หรือระบบที่มีความสำคัญ เช่น ระบบสัญญาณเตือนภัย , ระบบปั๊มน้ำป้องกันไฟไหม้ เป็นต้น
  - กรณีที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 1 ลูก
  - กรณีที่ตัวนำประธานมีระดับแรงดันต่างกัน
  - กรณีที่การไฟฟ้าเห็นชอบ เช่น มีโหลดขนาดใหญ่

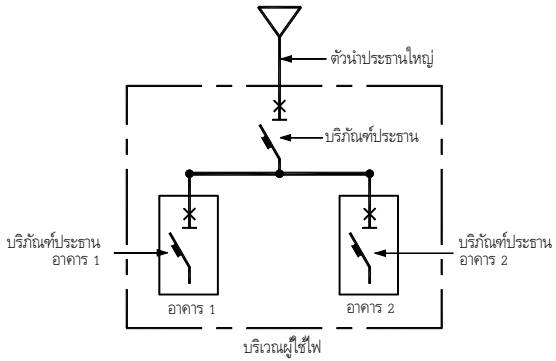


รูปที่ 10.3 อาคารแต่ละหลังมีตัวนำประธาน 1 ชุด



รูปที่ 10.4 อาคารที่มีตัวนำประธานมากกว่า 1 ชุด

สำหรับกรณีผู้ใช้ไฟมีอาคารหลายหลัง ตัวนำประธานที่แยกไฟเข้าอาคารแต่ละหลังจะต้องมี บริภัณฑ์ประธานของตัว และจุดแยกสายจะต้อง อยู่ในบริเวณของผู้ใช้ไฟด้วย



รูปที่ 10.5 กรณีผู้ใช้ไฟมีอาคารหลายหลัง

- การเดินตัวนำประธาน สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้
  - เดินสายเปิด หรือ เดินลอย (Open Wiring)
  - เดินในท่อร้อยสาย (Conduit)
  - รางเดินสาย (Wireways)
  - รางเคเบิล (Cable Tray)
  - บัสเวย์ (Busways)
  - วิธีอื่นที่การไฟฟ้าเห็นชอบ

การคำนวณวงจรประธาน

1. การหาขนาดตัวนำประธาน

ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้ โหลดของตัวนำประธานก็คือ ผลรวมของโหลดสายป้อน

การหาพิกัดกระแสของตัวนำประธานมีหลักการเช่นเดียวกับพิกัดกระแสของสายป้อน คือ

$$I_M \geq I_{Lmax}$$

โดยที่

I_M = พิกัดกระแสตัวนำประธาน (A)

I_{Lmax} = พิกัดกระแสโหลดสูงสุด (A)

ตัวนำนิวทรัลต้องมีขนาดดังนี้

- เพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุด ซึ่งการคำนวณเหมือนตัวนำนิวทรัลของสายป้อน
- ไม่เล็กกว่าสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้า
- ไม่เล็กกว่า 12.5% ของตัวนำประธานใหญ่ที่สุด

2. การหาขนาดบริภัณฑ์ประธาน

การหาขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร สามารถทำได้ดังนี้

เครื่องป้องกันกระแสเกิน

เครื่องป้องกันกระแสเกินมีหน้าที่ป้องกันตัวนำประธาน เพราะฉะนั้น

$$CB_S \leq I_M$$

โดยที่

CB_S = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

I_M = พิกัดกระแสของตัวนำประธาน (A)

เครื่องปลดวงจร

ขนาดของเครื่องปลดวงจรจะต้องไม่น้อยกว่าขนาดที่โตที่สุด ของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้

$$LBS \geq CB_{max}$$

โดยที่

LBS = พิกัดเครื่องปลดวงจร (A)

CB_{max} = พิกัดที่มากที่สุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้ (A)

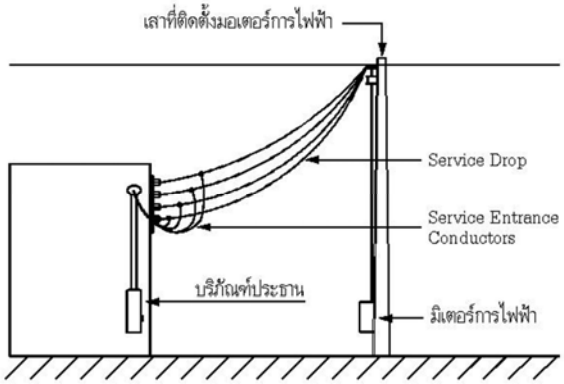
ตัวนำประธานอากาศระบบแรงต่ำ

ตัวนำประธานอากาศในระบบแรงต่ำ หมายถึง ตัวนำประธานที่เดินจากเสาที่ติดตั้งมิเตอร์แรงต่ำ ของการไฟฟ้าเข้าอาคารหรือบริเวณของผู้ใช้ไฟ

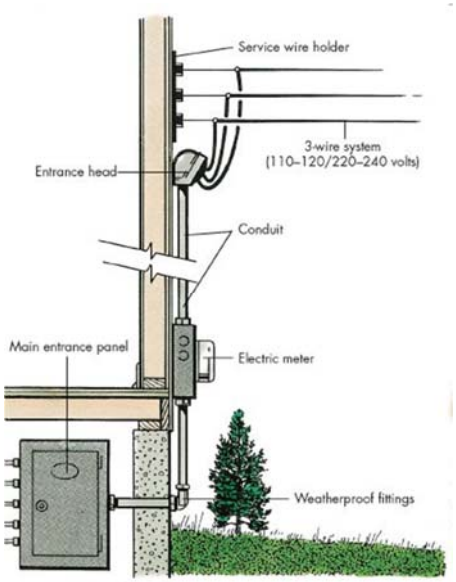
ส่วนประกอบ

ตัวนำประธานอากาศจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ **2** ส่วน ซึ่งข้อกำหนดจะครอบคลุมทั้ง **2** ส่วนนี้ ส่วนประกอบของตัวนำประธานอากาศ มีดังนี้

- **Service Drop**
- **Service Entrance Conductors**



รูปที่ **10.6** แสดงส่วนประกอบตัวนำประธานอากาศ



สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำประธานอากาศ นอกจากจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดแล้ว ยังจะต้องมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกได้ เช่น สามารถทนแดดทนฝนได้

ข้อกำหนดสำหรับตัวนำประธานอากาศ

1. ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนเท่านั้น โดยทั่วไปจะใช้สายตามตารางที่ 4 มอก.11-2531 (THW) ซึ่งสามารถทนแดด ทนฝน ได้
2. ขนาดเล็กที่สุดที่ใช้คือ 4 mm^2

การติดตั้ง

ในการติดตั้งตัวนำประธานอากาศ เพื่อความปลอดภัย ระยะห่างของสายไฟกับสิ่งก่อสร้างต้องได้ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ว.ส.ท

ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงต่ำ

การเดินตัวนำประธานแรงต่ำใต้ดิน ต้องพิจารณา ถึงสายไฟที่ใช้และการติดตั้ง

สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับฝังใต้ดิน จะต้องมีความแข็งแรง ทนต่อการกระแทกได้ดี สามารถป้องกันน้ำและความชื้นได้ การไฟฟ้ามีข้อกำหนดสำหรับตัวนำประธานใต้ดิน ดังนี้

- ต้องเป็นสายตัวนำทองแดงชนิดที่ฝังใต้ดินได้ โดยทั่วไปใช้สายตามตาราง 6 , 7 , 8 และ 14 (NYY) หรือ XLPE (CV)
- ขนาดเล็กสุดที่ใช้คือ 10 mm^2
- ขนาดต้องสอดคล้องกับขนาดมิเตอร์ในตารางที่ 10.2 และ 10.3

10.5 บริภัณฑ์ประธานในระบบแรงต่ำ

บริภัณฑ์ประธานจะประกอบไปด้วยเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้เป็นบริภัณฑ์ ประธานในระบบแรงต่ำ มีอยู่ 2 ชนิด ดังนี้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์
2. ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

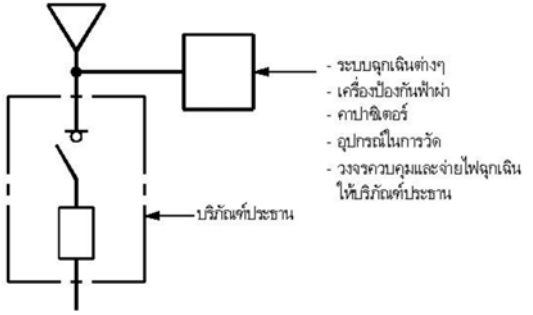
เซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจร และเครื่องป้องกันกระแสเกินในตัว ส่วนการใช้ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด ฟิวส์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกิน และสวิตช์สำหรับตัดโหลด จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจร

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน

1. บริภัณฑ์ประธานติดตั้งได้ทั้งภายนอก และภายในอาคาร แต่จะต้องติดตั้งอยู่ในกล่อง หรือเครื่องห่อหุ้ม ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้สัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า และป้องกันประกายไฟสู่ภายนอก
2. บริภัณฑ์ประธานควรมีป้ายแสดงว่าเป็นบริภัณฑ์ ประธานที่จ่ายโหลดส่วนใดให้ชัดเจน
3. ตำแหน่งที่ติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน จะต้องใกล้กับตัวนำประธานให้มากที่สุด

4. อุปกรณ์ที่อนุญาตต่อทางด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ประธาน มีดังนี้

- ระบบฉุกเฉินต่างๆ เช่น เครื่องแจ้งเหตุเพลิงไหม้ , ระบบสัญญาณป้องกันอันตราย , เครื่องสูบน้ำ, ดับเพลิง , ระบบเตือนอัคคีภัย เป็นต้น
- เครื่องป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Arrester)
- คาปาซิเตอร์ (Capacitor)
- เครื่องวัด และอุปกรณ์ต่อเข้าเครื่องวัด เช่น CT, VT
- วงจรควบคุม และจ่ายไฟฉุกเฉินให้บริภัณฑ์ประธาน



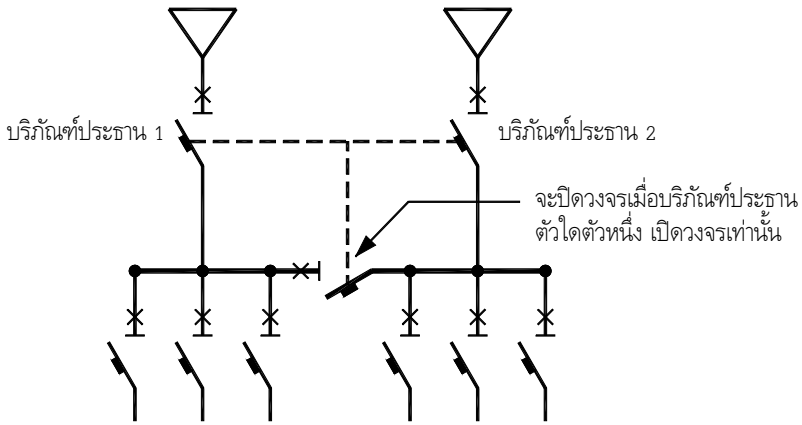
รูปที่ 10.7 อุปกรณ์ที่ต่อด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ประธาน

5. บริภัณฑ์ประธานจะต้องสามารถเข้าถึงได้สะดวก (Readily Accessible) หมายความว่าเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินจะได้สามารถตัดวงจรได้ทันท่วงที
6. จะต้องมีที่ว่างปฏิบัติงาน และแสงสว่างที่เพียงพอ

เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)

ข้อกำหนดสำหรับเครื่องปลดวงจร

1. เครื่องปลดวงจรจะต้องเป็นชนิดสับ-ปลดได้ขณะมีโหลด (Load Break Switch) สำหรับกรณีดังนี้
   - เครื่องปลดวงจร 1 เฟส ขนาด 50 A ขึ้นไป
   - เครื่องปลดวงจร 3 เฟส ทุกชนิด
2. ในระบบ 3 เฟส ต้องใช้เครื่องปลดวงจรชนิด 3 ขั้ว (3P) หรือ 4 ขั้ว (4P) เพื่อให้สามารถปลดตัวนำทั้งสามได้พร้อมกันหมด
3. เครื่องปลดวงจรจะต้องมีเครื่องหมายบอกตำแหน่งปลด-สับ ชัดเจน
4. กรณีที่เครื่องปลดวงจร เป็นสวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch) จะต้องมีการ Interlock



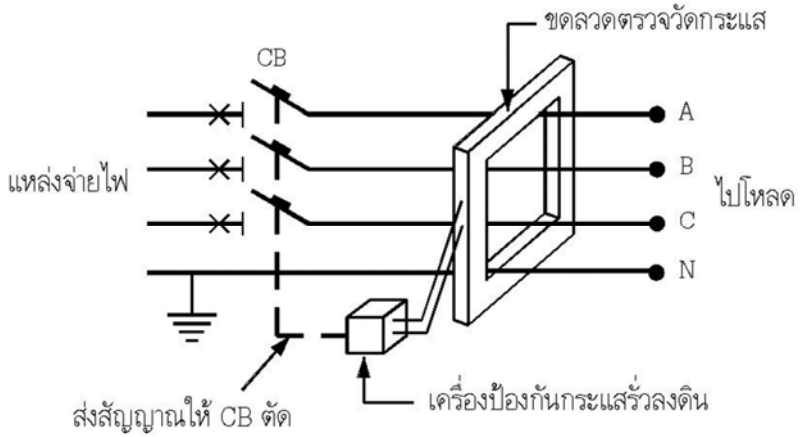
รูปที่ 10.8 การ Interlock ของสวิตช์สับเปลี่ยน

เครื่องป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection)

โดยทั่วไปจะนิยมใช้ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกิน ในกรณีเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลด วงจรในตัวด้วย

ข้อกำหนดสำหรับเครื่องป้องกันกระแสเกิน

1. จะต้องติดตั้งอยู่ใกล้ หรือ รวมในตู้เดียวกันกับเครื่องปลดวงจร
2. ตัวนำที่ออกจากเครื่องปลดวงจรทุกเส้น จะต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน
3. ตัวนำที่มีการต่อลงดินไม่ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน ยกเว้น เครื่องป้องกันกระแสเกินเป็นชนิด **4** ขั้ว (**4P**) ซึ่งสามารถตัดตัวนำทุกเส้นได้พร้อมกันหมด
4. เครื่องป้องกันกระแสเกินที่มีขนาดตั้งแต่ **1000** A ขึ้นไป จะต้องมีเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) ด้วย เนื่องจากการเกิดกระแสรั่วลง



รูปที่ **10.9** เครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน

5. เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถตัดกระแสลัดวง จรค่ามากที่สุดที่จุดติดตั้งได้ และต้องไม่น้อยกว่า **10** kA

สำหรับ CB สามารถเขียนได้

$$I_{CU} \geq I_s$$

โดยที่

I_{CU} = พิกัดตัดกระแสลัดวงจร(Interrupting Capacity) ของเครื่องป้องกักระแสเกิน (kA)

I_s = กระแสลัดวงจรสูงสุด ณ จุดติดตั้ง (kA)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบแรงต่ำ

การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้กำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าและขนาดโหลดตามตารางที่ **10.1** และ **10.2**

ตารางที่ **10.1** พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	โหลดสูงสุด
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

ตารางที่ **10.2** ขนาดสายไฟฟ้า Safety Switch , Cutout และ Catridge Fuse สำหรับตัวนำประธานภายในอาคาร (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	ขนาดของโหลด (A)	ขนาดตัวนำประธานเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ (mm^2)		บริภัณฑ์ประธาน				
				Safety Switch LBS		Cutout Catridge		CB
		สายอะลูมิเนียม	สายทองแดง	ขนาด Switch ต่ำสุด (A)	ขนาด Fuse สูงสุด (A)	ขนาด Fuse Cutout ต่ำสุด (A)	ขนาด สูงสุด (A)	ปรับตั้งสูง
5 (15)	12	10	4	30	15	20	16	15-
16								
15 (45)	36	25	10	60		40-50		
60	35-50	40-50						
30 (100)	80	50	35	100	100			-
100								

ตัวอย่างที่ 10.1 บ้านหลังหนึ่งอยู่ในเขตการไฟฟ้านครหลวง คำนวณโหลดสูงสุดได้ **20A , 220 V** จงหา

- ตัวนำประธานอากาศ โดยใช้สายตารางที่ **4**
- ตัวนำประธานใต้ดิน โดยใช้สายตารางที่ **6** ในท่อร้อยสายโลหะ
- ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB)
- ขนาดมิเตอร์

วิธีทำ กระแสโหลดสูงสุด = **20 A**

จากตารางที่ **10.1**

ต้องใช้ขนาดเครื่องวัด **15 (45) , 220 V** และพิกัดสูงสุดเครื่องป้องกันกระแสเกิน **50 A**

ตัวอย่างที่ 10.1(ต่อ)

ตัวนำประธานอากาศ

ใช้สายตารางที่ 4 ขนาด 2 x 10 mm^2 (60 A)

สายต่อหลักดิน 10 mm^2

ขนาดท่อสายต่อหลักดิน 32 mm (1 1/4")

ตัวนำประธานใต้ดินในท่อร้อยสายโลหะ

ใช้สายตารางที่ 6 ขนาด 2 x 10 mm^2 (58 A)

ขนาดท่อร้อยสาย 32 mm (1 1/4")

สายต่อหลักดิน 10 mm^2

ขนาดท่อสายต่อหลักดิน 32 mm (1 1/4")

ตัวอย่างที่ 10.2 อาคารหลังหนึ่งอยู่ในเขตการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

คำนวณโหลดสูงสุดได้ 70 A , 3 เฟส 400 V ให้หา

- ขนาดตัวนำประธานอากาศ
- บริภัณฑ์ประธาน

วิธีทำ

โหลดสูงสุด = 70 A , 3 เฟส 400 V

∴ จากตารางที่ 10.2

เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ใช้ขนาด 30 (100 A) , 400 V

ตัวอย่างที่ 10.1(ต่อ)

ขนาดตัวนำประธาน

ใช้สายตารางที่ 4 ขนาด 4 x 35 mm^2

บริภัณฑ์ประธาน

ใช้ CB พิกัด 100 AT

มี Interrupting Capacity ≥10 kA

หลักการข้างต้นเพื่อความสะดวกกับผู้ออกแบบ ผู้เขียนจึงได้คำนวณหา

- ขนาดตัวนำประธาน
- พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- ขนาดสายต่อหลักดิน
- ขนาดท่อร้อยสาย

ไว้ในตารางที่ 10.3 และ 10.4

ตารางที่ 10.3 ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับการเดินสายในอากาศและเดินในท่อโลหะในอากาศ ตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบการจ่ายไฟฟ้า 380/220 V ของ ก.ฟ.น

ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	เดินในอากาศ		เดินในท่อโลหะในอากาศ			พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (AT)
	ขนาดสายเฟส T-4 (mm^2)	ขนาดสายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดสายเฟส T-4 (mm^2)	ขนาดสายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	
5 (15 A) 1P	2 x 4	10	2 x 4	10	15 mm (1/2″)	16
15 (45 A) 1P	2 x 10	10	2 x 16	10	25 mm (1″)	50
30 (100 A) 1P	2 x 25	10	2 x 50	16	40 mm (1 1/2″)	100
50 (150 A) 1P	2 x 50	16	2 x 70	25	40 mm (1 1/2″)	125
15 (45 A) 3P	4 x 10	10	4 x 16	10	32 mm (1 1/4″)	50
30 (100 A) 3P	4 x 25	10	4 x 50	16	50 mm (2″)	100
50 (150 A) 3P	4 x 50	16	4 x 70	25	50 mm (2″)	125
200 A 3P	4 x 95	25	4 x 150	35	80 mm (3″)	250
400 A 3P	4 x 240	50	2 (4 x 150)	50	2 x 80 mm (3″)	500

ตารางที่ 10.4 ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับการเดินสายฝังดินและเดินในท่อโลหะฝังดิน ตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบการจ่ายไฟฟ้า 380/220 V ของ ก.ฟ.น.

ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	เดินฝังดิน		เดินในท่อโลหะฝังดิน			พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (AT)
	ขนาดสายเฟส T-6 (mm^2)	ขนาดสายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดสายเฟส T-6 (mm^2)	ขนาดสายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	
5 (15 A) 1P	2 x 10	10	2 x 10	10	32 mm (1 1/4″)	16
15 (45 A) 1P	2 x 10	10	2 x 10	10	32 mm (1 1/4″)	50
30 (100 A) 1P	2 x 25	10	2 x 25	10	40 mm (1 1/2″)	100
50 (150 A) 1P	2 x 35	16	2 x 50	16	50 mm (2″)	125
15 (45 A) 3P	4 x 10	10	4 x 10	10	40 mm (1 1/2″)	50
30 (100 A) 3P	4 x 25	10	4 x 25	10	50 mm (2″)	100
50 (150 A) 3P	4 x 35	16	4 x 50	16	65 mm (2 1/2″)	125
200 A 3P	4 x 95	25	4 x 120	35	80 mm (3″)	250
400 A 3P	4 x 400	70	2 (4 x 120)	50	2 x 80 mm (2 x 3″)	500

10.6 การป้องกันการลัดวงจรลงดิน (Ground Fault Protection)

การลัดวงจรที่เกิดบ่อยที่สุดสำหรับระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ต่อลงดิน โดยตรง (Solidly Grounded LV System) คือการลัดวงจรลงดิน เนื่องจากสถานประกอบการที่ระบบไฟฟ้ามีการต่อลงดินโดยตรงจะมีส่วนโลหะซึ่งมีศักดาเท่ากับดินอยู่ทั่วไปและใกล้กับส่วนที่มีไฟฟ้า

กระแสลัดวงจรลงดิน มีขนาดตั้งแต่กระแสน้อยๆจนถึงกระแสมากๆ (ในบางครั้งอาจมีขนาดมากกว่ากระแสผิดพร่อง 3 เฟส ด้วยซ้ำ) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Bolted Ground Fault

เป็นการลัดวงจรลงดินที่ตำแหน่งซึ่งเกิดกระแสผิดพร่องต่อกันสนิทแน่น ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของการผิดพร่อง มีค่าน้อย และคงที่ ซึ่งโดยปกติการผิดพร่องประเภทนี้มีค่ามาก จึงสามารถ ตรวจวัดและป้องกันได้โดยอุปกรณ์ป้องกันเฟสกระแสเกิน (Phase Overcurrent Device) เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วๆ ไป เป็นต้น ซึ่งเราสามารถคำนวณค่ากระแสผิดพร่องลงดินชนิดนี้ได้ดังนี้

$$I_{GF} = \frac{\sqrt{3} \times V_L}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_g}$$

โดยที่

I_{GF} = กระแสลัดวงจรลงดิน (A)

V_L = แรงดันระหว่างสาย (V)

Z_1 = อิมพีแดนซ์ลำดับบวก (Ω)

Z_2 = อิมพีแดนซ์ลำดับลบ (Ω)

Z_0 = อิมพีแดนซ์ลำดับศูนย์ (Ω)

Z_g = อิมพีแดนซ์ที่ต่อลงดิน (Ω)

2. Arcing Ground Fault

เป็นการลัดวงจรลงดินที่ทำความเสียหายมากที่สุด โดยจะลัดวงจร ลงดินที่ตำแหน่ง ซึ่งเกิดกระแสผิดพร่องลงดินต่อกันไม่สนิท จึงเกิดอาร์ก (Arc) เกิดขึ้น ซึ่งจะมีอิมพีแดนซ์ของอาร์กอยู่ค่าหนึ่ง ทำให้กระแสผิดพร่องที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย และมีค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (เนื่องจากประกายอาร์กไฟ) ดังนั้น เซอร์กิตเบรกเกอร์ธรรมดา ซึ่งวัดค่ากระแสเกินด้วยค่ากระแส RMS จึงไม่สามารถตรวจจับและป้องกันการลัดวงจรแบบนี้ได้อย่าง มีประสิทธิภาพ หรือตรวจจับได้แต่ใช้เวลานานเกินไปจนเกิดพลังงาน ความร้อนเนื่องจากอาร์กมีค่าสูง ทำให้เกิดความเสียหายกับ แผงสวิตช์หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ใกล้ได้

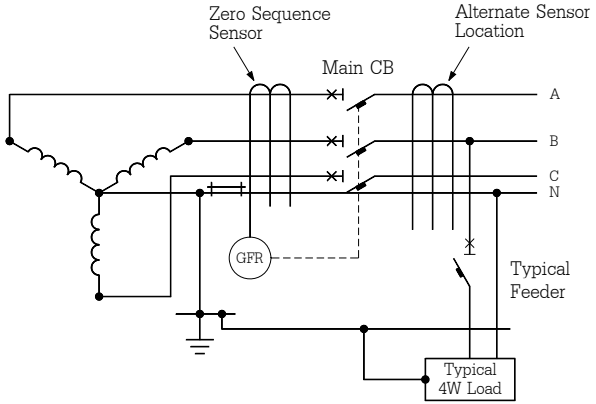
โดยทั่วไปสามารถประมาณค่ากระแสลัดวงจรแบบมีอาร์ก ได้คร่าวๆ ดังนี้

I_{Arc} = 0.38 I_{GF} ที่ระดับแรงดัน 400 V

วิธีการตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน

1. Zero Sequence Sensing Method ใช้รีเลย์ (50GS / 51GS)

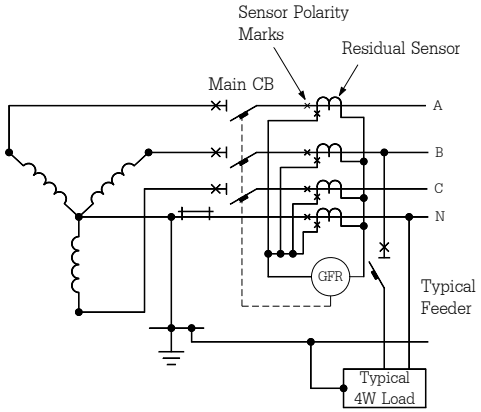
วิธีนี้จะใช้หม้อแปลงกระแสแบบ Window Type ล้อมรอบสายไฟทั้ง 3 เฟส และหากมีสายนิวทรัลในระบบ 3 เฟส 4 สาย ก็ต้องคล้องรอบ ด้วยเช่นกัน ยกเว้นสายดิน เพื่อวัดกระแสรวมที่เกิดจากผลรวม ฟลักซ์แม่เหล็กของกระแสทั้ง 3 เฟส ดังนั้นเมื่อมีกระแสผิดพร่องลง ดินเกิดขึ้นจะมีกระแสไหลกลับลงดิน ทำให้ผลรวมกระแสที่ CT วัดได้ไม่เท่ากับศูนย์ ซึ่งหากเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจรออกจากระบบได้ ดังรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดินด้วยวิธี Zero Sequence Sensing

2. Residual Sensing Method ใช้รีเลย์ (50N / 51N)

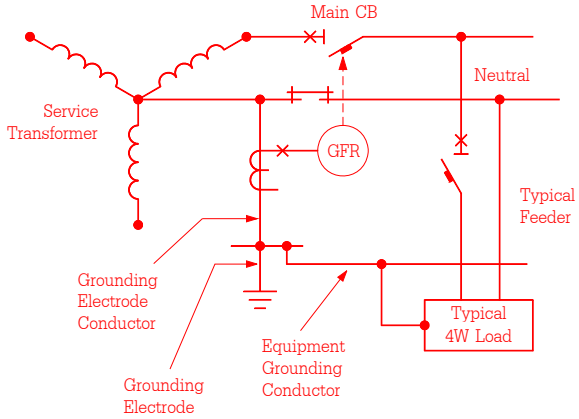
วิธีนี้จะใช้หม้อแปลงกระแสแต่ละตัวคล้องผ่านสาย เฟส แต่ละสาย รวมทั้งสายนิวทรัลด้วย (เฟส A , B , C และ N) ซึ่งถ้าไม่มีกระแสผิดพร่องลงดิน จะรวมได้เท่ากับศูนย์ แต่เมื่อเกิดกระแสผิดพร่องลงดินจะมีค่าผลรวมไม่เท่ากับศูนย์ทำให้มีกระแสไหลผ่านรีเลย์และหากเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร ดังรูปที่ 10.11



รูปที่ **10.11** การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดินด้วยวิธี **Residual Sensing**

3. Ground Return Sensing Method ใช้รีเลย์ (51G)

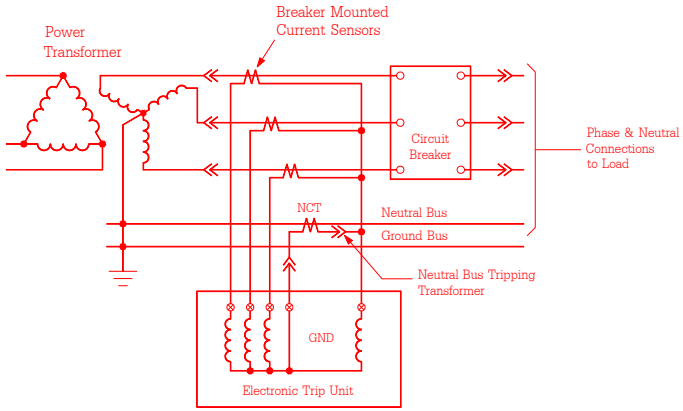
วิธีนี้จะวัดกระแสผิดพร่องลงดิน ซึ่งไหลกลับไปที่จุด **Neutral** ของแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ **10.12**



รูปที่ **10.12** การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดินด้วยวิธี **Ground Return Sensing**

4. Integral Sensing Method

วิธีนี้มีหลักการเดียวกับ วิธี **Residual Sensing** แต่ใช้กับ **Electronic CB** ที่มีการป้องกันกระแสผิดพร่อง ลงดิน แต่ **ECB** ส่วนใหญ่จะมี **3** ขั้วเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องต่อหม้อแปลงกระแสสำหรับสายนิวทรัล เพิ่ม เรียกว่า **Neutral CT (NCT)** ซึ่งจะต่อกับ **Electronic Trip Unit** ของเซอร์กิตเบรกเกอร์อีกที เพื่อเปรียบเทียบกับผล รวมของกระแสเฟส ดังรูปที่ **10.13**



รูปที่ **10.13** การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดินแบบ **Integral Sensing**

ระดับของการป้องกัน

การป้องกันการลัดวงจรลงดินอาจทำได้ 3 ระดับตามความสำคัญของสถานประกอบการคือ

1. มี GFP ที่ Main อย่างเดียว
2. มี GFP ที่ Main และ Feeders
3. มี GFP ที่ Main , Feeders และ Branch Circuits

จากข้อกำหนดของ ว.ส.ท. กำหนดให้ต้องมี GFP ที่บริภัณฑ์ประธานแรงต่ำขนาดเกิน 1000 A การป้องกันการลัดวงจรลงดินที่ดีขึ้นควรมี GFP อย่างน้อยที่วงจรประธาน และ สายป้อน

ค่าปรับตั้ง (Settings) ของ GFP

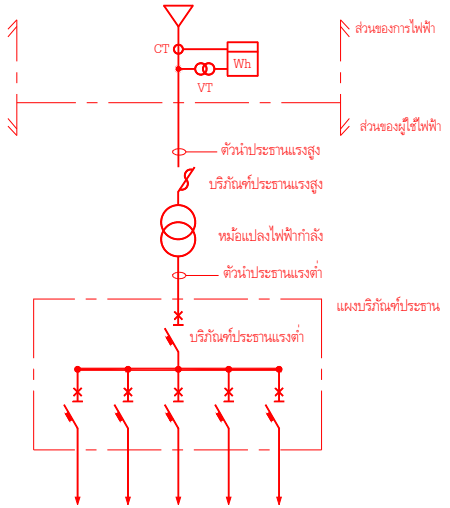
1. วงจรย่อย
   - กระแส ตั้ง 5-15 A
   - เวลา ตั้งให้ทำงานทันที (Instantaneous)
2. วงจรสายป้อน
   - กระแส ตั้ง 200-800 A
   - เวลาตั้งให้ Coordinate กับ GFP ของ BC หรือประมาณ 0.1-0.2 s
3. วงจรประธาน
   - กระแส ตั้ง 400-1200 A
   - เวลา ตั้งให้ Coordinate กับ GFP ของ Feeders หรือ 0.2-0.5 s

10.7 ตัวนำประธานในระบบแรงสูง

ตัวนำประธานแรงสูง ได้แก่ ตัวนำประธานในระบบแรงสูงตามระบบการไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงจะมีระดับแรงดัน 12 kV , 24 kV , 69 kV และ 115 kV แต่สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีระดับแรงดัน 22 kV , 33 kV และ 115 kV

ระบบตัวนำประธาน จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้คือ

1. ตัวนำประธานแรงสูง ซึ่งอยู่ด้านแรงสูงของหม้อแปลง
2. ตัวนำประธานแรงต่ำ ซึ่งอยู่ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง



รูปที่ 10.14 ตัวนำประธานแรงสูง และตัวนำประธานแรงต่ำ

ตัวนำประธานอากาศระบบแรงสูง

การเดินตัวนำประธานอากาศในระบบแรงสูง ให้มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ จะต้องคำนึงถึงเรื่องสายไฟฟ้าที่ใช้ และระยะห่างในการติดตั้งสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้า

สายไฟที่นิยมใช้เป็นตัวนำประธานอากาศแรงสูง มีดังนี้

- สายเปลือย ได้แก่ สาย AAC (All Aluminium Conductor)
- สายหุ้มฉนวน ได้แก่ สาย PIC (Partial Insulated Cable) , สาย SAC (Space Aerial Cable) และ สาย Preassembly Aerial Cable

สาย PIC จะใช้เดินลอยบนลูกถ้วย แทนสายเปลือย เนื่องจากมีฉนวน XLPE หุ้ม 1 ชั้น มีข้อดีกว่าสายเปลือย ตรงที่สามารถลดการลัดวงจรลงดินได้

- สาย SAC จะมีฉนวน XLPE หุ้ม 2 ชั้น จึงสามารถลดระยะห่างระหว่างสายลงได้ โดยใช้ Spacer
- สาย PIC และ SAC ไม่มีชีลด์หุ้ม จึงไม่สามารถแตะต้องได้ ส่วนสาย Preassembly Aerial Cable จัดเป็นสายประเภท Fully Insulated มีชีลด์หุ้ม สามารถเดินในที่แคบมากๆ ได้ แต่สายประเภทนี้มีน้ำหนักมาก จึงต้องใช้ Messenger Wire ช่วยในการเดินสาย

ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงสูง

การเดินตัวนำประธานแรงสูงใต้ดิน ต้องพิจารณาถึง สายไฟที่ใช้ และการติดตั้ง

สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำประธานแรงสูงใต้ดิน จะเป็นสายไฟตัวนำทองแดงหุ้มด้วยฉนวน XLPE แบบ Fully Insulated เนื่องจากมีความทนทานต่อแรง กระแทกสูง และสามารถป้องกันความชื้นได้อย่างดี

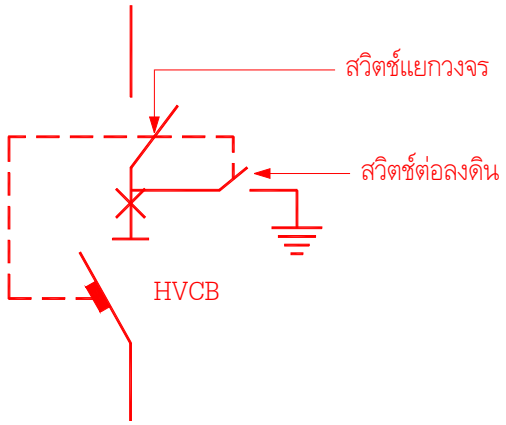
10.8 บริภัณฑ์ประธานระบบแรงสูง

อุปกรณ์ที่นิยมใช้เป็นบริภัณฑ์ประธานในระบบแรงสูงมี 3 ชนิด ดังนี้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch , Disconnector)
2. ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch , Switch Disconnector)
3. ฟิวส์ชนิดขาดตก (Dropout Fuse)

เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์แยกวงจร

เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกัน กระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร โดยจะต้องใช้ร่วมกับ สวิตช์แยกวงจรเนื่องจาก สวิตช์แยกวงจรจะทำหน้าที่ปลดวงจร เพื่อนำเซอร์กิตเบรกเกอร์ ออกไปซ่อมแซม หรือบำรุงรักษา



รูปที่ 10.15 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูง (HVCB) และสวิตช์แยกวงจร โดยมีการใช้สวิตช์ต่อลงดิน เพื่อความปลอดภัยขณะปลดวงจร

ข้อกำหนดสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องเป็นแบบปลดวงจรได้โดย อิสระ (Trip Free)
2. จะต้องมีเครื่องหมายบอกตำแหน่งปลด-สับ ชัดเจน
3. จะต้องมีค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร ไม่น้อยกว่าค่า กระแสลัดวงจรสูงสุดที่ตำแหน่งติดตั้ง

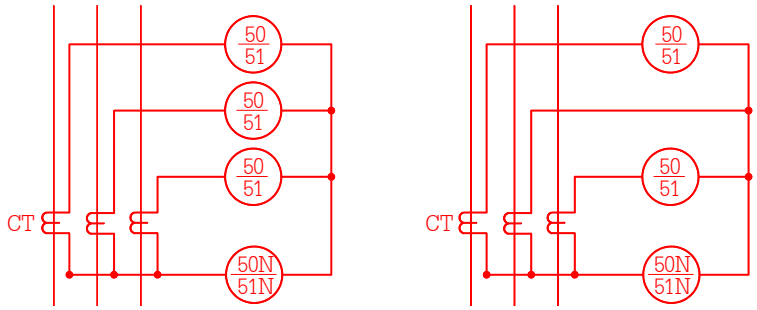
$$IC \geq I_S$$

โดยที่

IC = Interrupting Capacity (kA)

I_S = กระแสลัดวงจรสูงสุด ณ จุดติดตั้ง (kA)

4. การใช้งานร่วมกับรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Relay) จะต้องต่อวงจรดังในรูป



รูปที่ 10.16 การใช้งาน Overcurrent Relay กับ HVCB

$\frac{50}{51}$ คือ รีเลย์ป้องกันกระแสเกินของเฟส

50 คือ ลักษณะที่ทำงานทันที (**Instantaneous**)

51 คือ ลักษณะที่ทำงานแบบมีการหน่วงเวลา

(**Time Delay**)

$\frac{50N}{51N}$ คือ รีเลย์ป้องกันกระแสเกินของการผิดพร่องลงดิน

(**Ground Fault**)

50N คือ ลักษณะที่ทำงานทันที (**Instantaneous**)

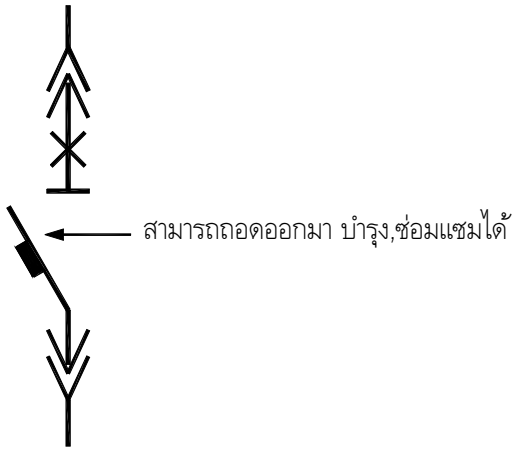
51N คือ ลักษณะที่ทำงานแบบมีการหน่วงเวลา

(**Time Delay**)

ข้อกำหนดสำหรับสวิตช์แยกวงจร

1. ทางด้านโหลดของสวิตช์แยกวงจร จะต้องมีสวิตช์ต่อลงดิน ซึ่งขณะสวิตช์แยกวงจรปลดวงจรจะต่อลงดินทันที ทั้งนี้เพื่อช่วยถ่ายเทประจุ ที่สะสมที่โครงโลหะของอุปกรณ์ต่างๆ
2. สวิตช์แยกวงจรจะต้องทำ **Interlock** กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะสามารถสับ-ปลดได้ ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่งปลดเท่านั้น

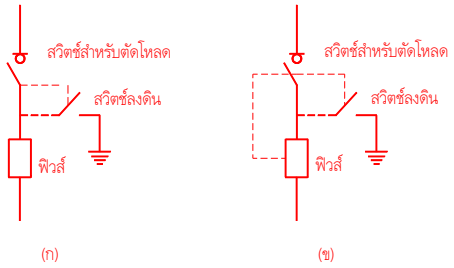
3. จะต้องมีป้ายเตือนไม่ให้มีการสับ-ปลด ขณะที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังอยู่ในตำแหน่งสับ
4. ในกรณีที่ใช้ **Gas Insulated Switchgear (GIS)** หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นชนิด **Draw-Out** ไม่จำเป็นต้องใช้สวิตช์แยกวงจร



รูปที่ **10.17 Draw-Out CB**

ฟิวส์และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

การใช้ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด แสดงในรูปที่ **10.18** ก. โดยใช้สวิตช์ต่อลงดิน เพื่อความปลอดภัยขณะปลดวงจร ส่วนในรูป **10.18** ข. เป็น **Current Limiting Fuse** ซึ่งเมื่อฟิวส์เส้นใดเส้นหนึ่งขาด จะทำให้สวิตช์สำหรับตัดโหลดปลดวงจรทันที



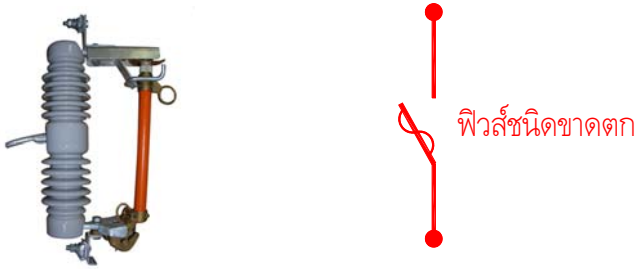
รูปที่ **10.18** ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

ข้อกำหนดของสวิตช์สำหรับตัดโหลด

1. จะต้องปลดได้ทั้ง **3** เส้น พร้อมกัน
2. ต้องมีการต่อ **Earthing Switch** เพื่อถ่ายประจุจากโครงโลหะของอุปกรณ์
3. ค่า **Making Current** ของสวิตช์สำหรับตัดโหลด จะต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุด ณ ตำแหน่งติดตั้งเนื่องจากอาจจะเกิดฟอลท์ได้ขณะสับวงจร
4. ค่า **Breaking Current** จะต้องไม่น้อยกว่าพิกัดกระแสต่อเนื่องของฟิวส์ ยกเว้นกรณี **Current Limiting Fuse** ที่ได้กล่าวตอนต้น

ฟิวส์ชนิดขาดตก

ฟิวส์ชนิดขาดตก (**Dropout Fuse**) จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกินด้วยในตัวโดยจะติดตั้งภายนอก อาคาร ซึ่งอาจอยู่บนเสาไฟฟ้า หรือ โครงสร้างอื่นที่อยู่สูงจากพื้น การปลดวงจรทำได้ โดยการดึงออกจากวงจรโดยตรง แต่จะต้องทำโดยผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น



รูปที่ **10.19** ฟิวส์ชนิดขาดตก (**Dropout Fuse**)

การเลือกขนาดมิเตอร์ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง

ในการออกแบบการจ่ายไฟฟ้าของสถานประกอบการซึ่งใช้ไฟฟ้าปริมาณมาก เมื่อคำนวณโหลดได้แล้วจะต้องเลือกขนาด หม้อแปลงมาตรฐาน ที่เหมาะสมสำหรับโหลด สำหรับหม้อแปลงจำหน่ายมีขนาดมาตรฐานดังนี้

50 , 100 , 160 , 200 , 250 , 315 , 400 , 500 , 630 , 800 , 1000 , 1250 , 1600 , 2000 , 2500 kVA

เมื่อได้ขนาดหม้อแปลงแล้วก็ต้องติดต่อการไฟฟ้าเพื่อหา ขนาดมิเตอร์แรงสูงที่เหมาะสมกับโหลดต่อไป

ส่วนการคำนวณวงจรประธานแรงสูงและแรงต่ำ จะคำนวณตามขนาดหม้อแปลงที่เลือกไว้แล้ว โดยพิกัดกระแสทางด้านแรงสูงและแรงต่ำ หาได้จากสูตรดังนี้

$$I_n \text{ (HV)} = \frac{\text{ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)}}{\sqrt{3} \times \text{พิกัดแรงดันสูง (kV)}}$$

$$I_n \text{ (LV)} = \frac{\text{ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)}}{\sqrt{3} \times \text{พิกัดแรงดันต่ำ (kV)}}$$

เครื่องป้องกันกระแสเกินทางด้านแรงต่ำ ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านแรงต่ำ ต้องใช้ Utilization Category B ตาม IEC 60947-2 คือ มี Short Time Current Withstand (I_{CW}) เพื่อให้สามารถทำ Coordination กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อนได้
2. โดยทั่วไปจะต้องเป็นแบบ Open Frame CB หรือ ACB
3. พิกัดกระแสปรับตั้งไม่เกิน 1.25 I_n ของหม้อแปลง
4. มีค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร (I_{CU}) ไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง

ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ขั้วทางด้านแรงต่ำของ หม้อแปลง (400/230 V) ขึ้นอยู่กับ

- ขนาดหม้อแปลง
- ค่า Impedance Voltage ของหม้อแปลง
- ความจุลัดวงจร (Short-circuit Capacity) ทางด้านแรงสูง และแสดงในตารางที่ 10.5

ตารางที่ 10.5 ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง (400/230 V)

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)	ค่ากระแสลัดวงจร (kA) ความจุลัดวงจร (MVA)		
	350	500	Infinite Bus
315	11.1	11.2	11.4
400	14.0	14.1	14.4
500	17.4	17.6	18.0
630	21.7	22.0	22.7
800	18.5	18.7	19.3
1000	22.9	23.2	24.1
1250	28.2	28.8	30.1
1600	35.5	36.4	38.5
2000	43.6	44.8	48.1
2500	53.2	55.1	60.1

หมายเหตุ

- ค่า % Impedance ของหม้อแปลง

  315 – 630 kVA = 4%

  800 – 2500 kVA = 6%

ตัวอย่างที่ 10.3 โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งอยู่ในเขตการไฟฟ้าส่วน ภูมิภาค ใช้หม้อแปลงขนาด 1600 kVA ,

22 kV/400-230 V

ให้หาเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านแรงดันต่ำ ถ้าความจุลัดวงจรทางด้าน 22 kV เป็น 500 MVA

วิธีทำ

$$I_n(\text{LV}) = \frac{1600\times1000}{\sqrt{3}\times400} = 2309 \text{ A}$$

$$125\% I_n = 2309 = 2886 \text{ A}$$

ตัวอย่างที่ 10.3(ต่อ)

∴ CB ทางด้านแรงต่ำต้องปรับตั้งไว้ไม่เกิน 2886 A ซึ่งสามารถปรับตั้งได้ที่ 2400 AT, 2500 AT, 2600 AT,

2700 AT,2800 AT

CB ที่ใช้ต้องเป็น ACB ซึ่งมี AF

630, 800, 1000, 1280, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000

∴ ในที่นี้จะเลือก 3200 AF

สำหรับค่า Interrupting Capacity จากตารางที่ 10.5 I_{CU}

36.4 kA≥

ตัวอย่างที่ 10.3(ต่อ)

การเลือกพิกัด I_{CU} ของ CB ควรเผื่อไว้สำหรับ

- ค่าความคลาดเคลื่อนของ % Impedance ของหม้อแปลง
- ค่า Motor Contribution ของกระแสลัดวงจร
- Safety Factor

ในที่นี้จะเผื่อไว้ 25%

I_{CU} 1.25 x 36.4 45.3 kA

∴ ≥ 50 kA ≥

เพื่อความสะดวก ผู้เขียนได้คำนวณตามหลักการที่กล่าวมาแล้ว และแสดงในตารางที่ 10.6

ตารางที่ 10.6 ขนาด CB ที่ใช้กับหม้อแปลงที่ด้านแรงดันต่ำ (400/230 V)

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)	กระแสพิกัด (A)	125% กระแสพิกัด (A)	ค่าปรับตั้ง CB (AT)	AF (A)	ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (kA)
315	454	568	500 - 550	630	18
400	577	721	600 – 700	800	18
500	722	903	800 – 900	1000	22
630	909	1136	1000 – 1100	1250	30
800	1155	1443	1250 – 1400	1600	25
1000	1443	1804	1500 – 1800	2000	30
1250	1804	2255	1900 – 2200	2500	42
1600	2309	2886	2400 – 2800	3200	50
2000	2889	3609	2900 – 3600	4000	65
2500	3608	4510	3700 – 4500	5000	80

ตัวอย่างที่ 10.4 สถานประกอบการแห่งหนึ่งซึ่งอยู่ในเขตการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจ่ายไฟฟ้าระบบ **22 kV/400-230 V 3** เฟส 4 สาย วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบคำนวณโหลดสูงสุดได้ **820 kVA** ให้ คำนวณหาสายไฟฟ้าและการป้องกันทางด้าน HV และLV

วิธีทำ

โหลดมีขนาด **820 kVA** หม้อแปลงจำหน่ายมีขนาดใกล้เคียง **800 , 1000 , 1250 kVA** แม้ว่าโหลดสูงสุดคำนวณได้ **820 kVA** แต่ว่าเลือกใช้หม้อแปลงอย่างน้อยขนาดถัดไปคือ **1000 kVA** ดังนั้นตัวนำประธานทั้งด้าน HV และ LV จึงควรเลือกตาม ขนาดหม้อแปลงและให้ถือว่าหม้อแปลงจ่ายโหลดแบบต่อ เนื่องทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

$$I_n \text{ (HV)} = \frac{1000}{\sqrt{3}\times 22} = 26.2 \text{ A}$$

$$I_n \text{ (LV)} = \frac{1000}{\sqrt{3}\times 0.4} = 1443 \text{ A}$$

ด้าน HV

$$I_C \geq 1.25 \times I_n \text{ (HV)}$$

$$= 1.25 \times 26.2$$

$$= 32.8 \text{ A}$$

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

สายไฟฟ้า

สายเหนือดิน Overhead (OH)

ปัจจุบันสาย OH ในระบบแรงดันปานกลางนิยมใช้สาย **Partial Insulated Cable (PIC)**

ดังนั้นใช้สาย PIC **3 x 35 mm^2 (148 A)**

สายใต้ดิน Underground (UG)

สาย HV ที่เดินฝังดินโดยตรง ร้อยในท่อร้อยสาย หรือเดินใน **Duct Bank** ต้องเป็นแบบ **Fully Insulated** ซึ่งนิยมใช้กันมากคือสาย **XLPE**

ดังนั้นใช้สาย XLPE **3 x 35 mm^2 (176 A)**

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

บริภัณฑ์ประธาน

หม้อแปลงจำหน่ายที่มีพิกัดถึงประมาณ **2500 kVA** โดยทั่วไปจะใช้ **HV HRC Fuse** เป็นอุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร การเลือกขนาดพิกัดของ **Fuse** จะต้องคำนึงถึง **Inrush Current** ของหม้อแปลง และต้องสามารถ **Coordinate** กับอุปกรณ์ทางด้าน **LV** ด้วย ตามกฎการเดินสายยอมให้ใช้ขนาดฟิวส์ถึง **3** เท่าของกระแสพิกัด แต่ในทางปฏิบัติสามารถใช้พิกัดฟิวส์ **1.5-2** เท่ากระแสพิกัด ซึ่งจะทำให้การป้องกันดีขึ้น

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

$I_C = 2 \times I_n$

$= 2 \times 26.2 = 52.4$ A

HRC Fuse มีขนาด **40 , 63 , 80** ดังนั้นเลือกใช้ **Fuse 63 A**

ด้าน LV

$I_C \geq 1.25 \times I_n$ (LV)

$= 1.25 \times 1443 =$ **1803 A**

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

สายไฟฟ้า

สายเหนือดิน Overhead (OH)

สาย **OH** ของหม้อแปลงส่วนใหญ่นิยมเดินในรางเคเบิล

1) ใช้สายไฟฟ้าตารางที่ **6** (**NYY**)

สายควบ 5 ชุด $= \frac{1803}{5} = 361$ A, $\begin{pmatrix} 3\times300 & mm^2 \\ 1\times150 & " \end{pmatrix}$ 5 x **444**

$=$ 2220 A

2)ใช้สาย **XLPE (CV , 90°C)**

สายควบ 4 ชุด $= \frac{1803}{4} = 451$ A, $\begin{pmatrix} 3\times300 & mm^2 \\ 1\times150 & " \end{pmatrix}$ 4 x **586**

$=$ 2344 A

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

สายใต้ดิน Underground (UG)

1)ใช้สายตารางที่ **6** (**NYY , 1/C**) เดินในท่อฝังดิน

สายควบ 4 ชุด $= \frac{1803}{4} = 361$ A , 4 $\begin{pmatrix} 3\times400 & mm^2 \\ 1\times240 & " \end{pmatrix}$ 4 x **599**

$=$ 2396 A

2)ใช้สาย **XLPE (90°C)** เดินในท่อฝังดิน

สายควบ **3** ชุด $= \frac{1803}{3} = 601$ A, 3 $\begin{pmatrix} 3\times300 & mm^2 \\ 1\times150 & " \end{pmatrix}$ **3 x 615**

$=$ **1845 A**

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

บริภัณฑ์ประธาน

ทางด้าน LV ของหม้อแปลง ก็ต้องมีการป้องกันกระแสลัดวงจร และกระแสเกินโหลด เช่นเดียวกัน อุปกรณ์ป้องกันที่นิยมใช้กันมากคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์

พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้เป็นดังนี้

1. ค่าปรับตั้งกระแสไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลง
2. มีค่า IC เพียงพอกับกระแสลัดวงจร ณ. จุดติดตั้ง

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

I_C = 1.25 x 1443 = 1803 A

ขนาด AT. ของ CB = 1700 AT

ขนาด AF. ของ CB = 1700/0.8 = 2125 A

เลือก CB = 2500 AF

ดังนั้น เลือก CB = 1700 AT / 2500 AF

หม้อแปลง 1000 kVA มีค่า I_S = 23.2 kA

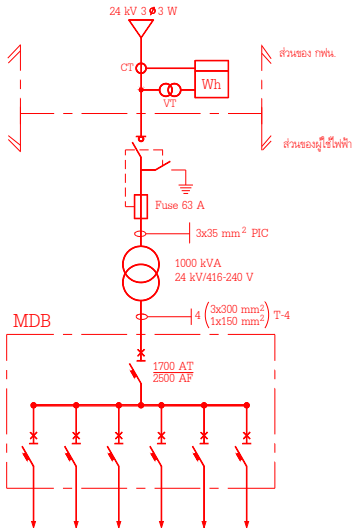
โดยทั่วไปจะเผื่ออีก 25 % $\geq$ $\geq$

CB มีค่า IC $\geq$ 1.25 x 23.2 29 kA

ดังนั้น CB ในตู้ MDB IC 30 kA ที่ 400 V

ตัวอย่างที่ 10.4(ต่อ)

Single Line Diagram อาจเป็นดังนี้



THE END