บทที่ 10
วงจรประธาน (Service Circuit)

1

10.1 บทนำ

ในการออกแบบระบบไฟฟ้านั้น หลังจากที่ทราบโหลดรวมทั้งหมดของอาคารหนึ่ง ๆ แล้วก็จะทำการออกแบบวงจรประธานให้เหมาะสมได้

วงจรประธาน หมายถึง ตัวนำ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ใน ส่วนของวงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากการไฟฟ้าฯ ไปจนถึงสายป้อน

2

วงจรประธาน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ
2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ตัวนำประธาน (Service Conductors)

2. บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

3

10.2 ตัวนำประธาน (Service Conductors)

- ตัวนำประธานหมายถึงสายไฟฟ้าในระบบ มีหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้า จากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯสู่วงจรสายป้อน
- ตัวนำประธานจะต้องมี ขนาดเพียงพอที่จะจ่ายโหลดต่าง ๆ ได้
- โดยทั่วไปตัวนำประธาน ที่จะ จ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารหลังหนึ่ง ๆ ต้องมี 1 ชุดเท่านั้น

4

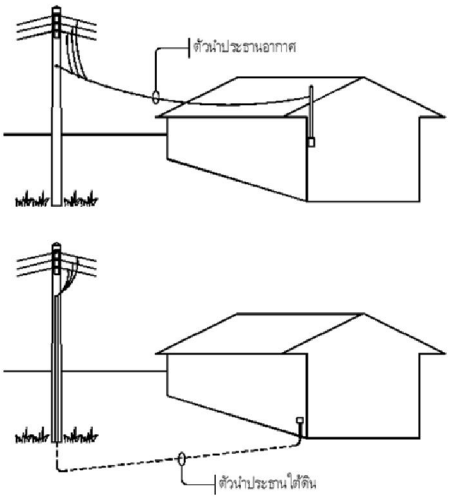
การแบ่งตัวนำประธาน

ตัวนำประธานอาจแบ่งตามวิธีการติดตั้งได้เป็น

1. ตัวนำประธานอากาศ
   (Overhead Service Conductors)

2. ตัวนำประธานใต้ดิน
   (Underground Service Conductors)

5



รูปที่ 10.1 ตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน

6

ตัวนำประธานอาจแบ่งตามระดับแรงดันที่ใช้เป็น

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

7

10.3 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

- บริภัณฑ์ประธาน หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปลดวงจร
- บริภัณฑ์ประธานจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. เครื่องปลดวงจร
2. เครื่องป้องกันกระแสเกิน

8

10.3.1 เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)

- หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปลดตัวนำออกจากวงจรไฟฟ้าได้ทุกขณะที่ต้องการคือ

- สามารถปลดวงจรขณะไม่ได้จ่ายโหลด หรือจ่ายโหลดก็ได้
  คือ สวิตช์ที่ปลดวงจรได้เฉพาะขณะที่ไม่มีโหลด

9

เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)(ต่อ)

แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. สวิตช์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch หรือ Switch Disconnector) คือ สวิตช์ที่ปลดวงจรได้ ขณะที่มีโหลด โดยที่ตัวสวิตช์ไม่เสียหาย

2. สวิตช์แยกวงจร (Isolating Switch หรือ Disconnector)
   คือ สวิตช์ที่ปลดวงจรได้เฉพาะขณะที่ไม่มีโหลด

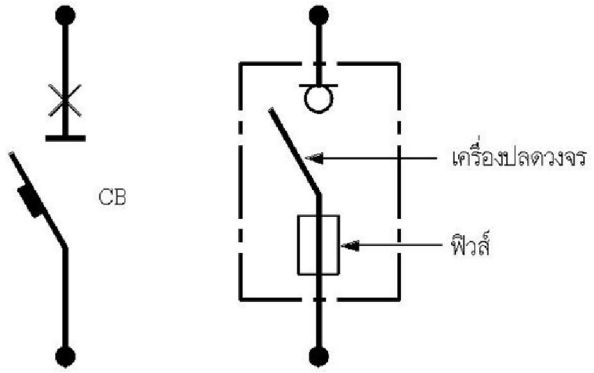
10

10.3.2 เครื่องป้องกันกระแสเกิน

(Overcurrent Protection Equipment)

- หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินจาก การ ทำงานเกินโหลด (Overload)หรือ ลัดวงจร (Short Circuit)
- ฟิวส์ หรือ Circuit Breaker
- เครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน อาจจะเป็น อุปกรณ์ตัวเดียว กันก็ได้ เช่น Circuit Breaker

11



รูปที่ 10.2 บริภัณฑ์ประธาน

12

10.4 ตัวนำประธานในระบบแรงต่ำ

ตัวนำประธานแรงต่ำ ได้แก่ ตัวนำประธานในระบบไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

1. ระบบ 1 เฟส 2 สาย
   220 V, 230 V

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

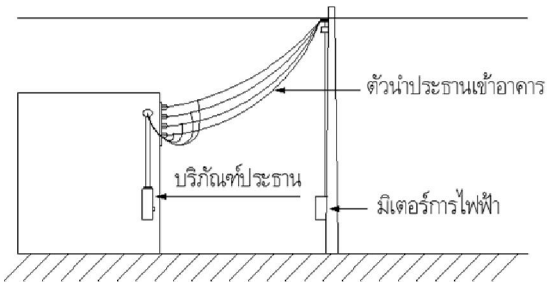
13

การไฟฟ้าได้ให้ข้อกำหนดโดยทั่วไปสำหรับตัวนำประธานทั้งตัวนำประธาน และตัวนำประธานใต้ดิน ดังนี้

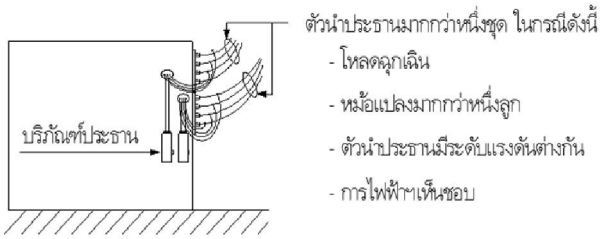
อาคารหลังหนึ่งจะมีตัวนำประธานได้เพียง 1 ชุดเท่านั้น ยกเว้นกรณีต่อไปนี้ ที่สามารถมีได้มากกว่า 1 ชุด

- กรณีที่แยกตัวนำประธานสำหรับระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน หรือ ระบบที่มีความสำคัญ เช่น ระบบสัญญาณเตือนภัย , ระบบปั๊มน้ำป้องกันไฟไหม้ เป็นต้น
- กรณีที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 1 ลูก
- กรณีที่ตัวนำประธานมีระดับแรงดันต่างกัน
- กรณีที่การไฟฟ้าเห็นชอบ เช่น มีโหลดขนาดใหญ่

14



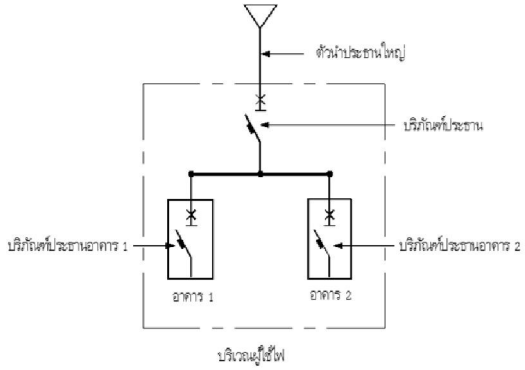
รูปที่ 10.3 อาคารแต่ละหลังมีตัวนำประธาน 1 ชุด



รูปที 10.4 อาคารทีมีตัวนำประธานมากกว่า 1 ชุด

15

สำหรับกรณีผู้ใช้ไฟมีอาคารหลายหลัง ตัวนำประธานที่แยกไฟเข้าอาคารแต่ละหลังจะต้องมี บริภัณฑ์ประธานของตัว และจุดแยกสายจะต้อง อยู่ในบริเวณของผู้ใช้ไฟด้วย



รูปที่ 10.5 กรณีผู้ใช้ไฟมีอาคารหลายหลัง

16

การเดินตัวนำประธาน

สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

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

17

10.4.1 การคำนวณวงจรประธาน

1. การหาขนาดตัวนำประธาน

- ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้

- โหลดของตัวนำประธานก็คือ ผลรวมของโหลดสายป้อน

18

การคำนวณวงจรประธาน

- การหาพิกัดกระแสของตัวนำประธานมีหลักการเช่นเดียวกับพิกัดกระแสของสายป้อน คือ

$$I_M \geq I_{Lmax}$$

โดยที่

I_M = พิกัดกระแสตัวนำประธาน (A)

I_{Lmax} = พิกัดกระแสโหลดสูงสุด (A)

19

ตัวนำ Neutral ต้องมีขนาดดังนี้

- เพียงพอที่จะ รับกระแสไม่สมดุลสูงสุด ซึ่งการคำนวณเหมือนตัวนำ Neutral ของสายป้อน
- ไม่เล็กกว่า สายต่อหลักดิน ของระบบไฟฟ้า
- ไม่เล็กกว่า 12.5 % ของตัวนำประธานใหญ่ที่สุด

20

2. การหาขนาดบริภัณฑ์ประธาน

การหาขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร สามารถทำได้ดังนี้

เครื่องป้องกันกระแสเกิน

เครื่องป้องกันกระแสเกินมีหน้าที่ ป้องกันตัวนำประธาน

$$CB_S \leq I_M$$

21

<u>เครื่องปลดวงจร</u>

ขนาดของเครื่องปลดวงจรจะต้องไม่น้อยกว่า ขนาดที่โตที่สุด ของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้

$$LBS \geq CB_{max}$$

โดยที่

LBS = พิกัดเครื่องปลดวงจร (A)

CB_{max} = พิกัดที่มากที่สุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใส่ได้ (A)

22

10.4.2 ตัวนำประธานอากาศระบบแรงต่ำ

- ตัวนำประธานอากาศในระบบแรงต่ำ

หมายถึง

ตัวนำประธานที่เดินจากเสาที่ติดตั้งมิเตอร์แรงต่ำ

ของการไฟฟ้าเข้าอาคารหรือบริเวณของผู้ใช้ไฟ

23

ตัวนำประธานอากาศระบบแรงต่ำ

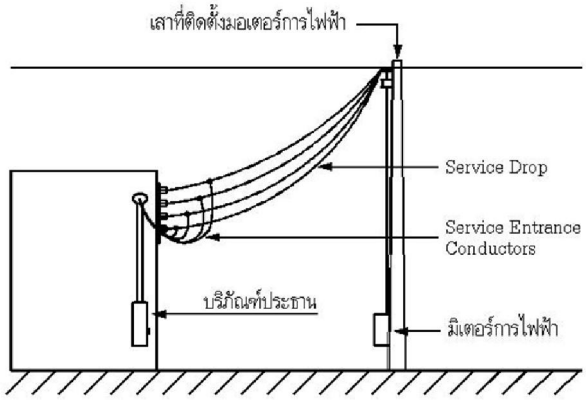
ส่วนประกอบ

ตัวนำประธานอากาศจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ

2 ส่วน คือ

- Service Drop
- Service Entrance Conductors

24



รูปที่ 10.6 แสดงส่วนประกอบตัวนำประธานอากาศ

25

สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวนำประธานอากาศ
จะต้องมีขนาด เพียงพอที่จะรับโหลดแล้ว
ยังจะต้องมีความทนทาน ต่อสภาพแวดล้อมภายนอกได้
เช่น สามารถทนแดดทนฝนได้

26

ข้อกำหนดสำหรับตัวนำประธานอากาศ

1. ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนเท่านั้น โดยทั่วไป
   จะใช้สาย **IEC 01 , NYY , XLPE**
   ซึ่งสามารถทนแดด ทนฝน ได้

2. ขนาดเล็กที่สุดที่ใช้คือ **4 mm^2**

27

การติดตั้ง

ในการติดตั้งตัวนำประธานอากาศ เพื่อความปลอดภัย
ระยะห่างของสายไฟกับสิ่งก่อสร้างต้องได้
ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน วสท.

28

10.4.3 ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงต่ำ

การเดินตัวนำประธานแรงต่ำใต้ดิน

ต้องพิจารณา ถึงสายไฟที่ใช้และการติดตั้ง

29

สายไฟฟ้า

ต้องมีความแข็งแรง ทนต่อการกระแทกได้ดี
สามารถป้องกันน้ำและความชื้นได้

- ต้องเป็นสายตัวนำทองแดง
  ชนิดที่ฝังใต้ดินได้โดยทั่วไปใช้
  สาย NYY หรือ XLPE (CV)
- ขนาดเล็กสุดที่ใช้คือ 10 mm^2
- ขนาดต้องสอดคล้องกับขนาดมิเตอร์ใน
  ตารางที่ 10.2 และ 10.3

30

10.5 บริภัณฑ์ประธานในระบบแรงต่ำ

- บริภัณฑ์ประธานจะประกอบไปด้วยเครื่องป้องกันกระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร

- อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้เป็นบริภัณฑ์ ประธานในระบบแรงต่ำ มีอยู่ 2 ชนิด ดังนี้
  1. Circuit Breaker
  2. ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

31

- CB จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจร และเครื่องป้องกันกระแสเกินในตัว

- ฟิวส์ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกิน และสวิตช์สำหรับตัดโหลด จะทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจร

32

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน

1. บริภัณฑ์ประธานติดตั้งได้
   ทั้งภายนอก และภายในอาคาร แต่จะต้องติดตั้ง
   อยู่ในกล่อง หรือเครื่องห่อหุ้ม
   ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้สัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้า
   และป้องกันประกายไฟสู่ภายนอก

33

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน (ต่อ)

2. บริภัณฑ์ประธานควรมีป้ายแสดงว่าเป็น
   บริภัณฑ์ ประธานที่จ่ายโหลดส่วนใดให้ชัดเจน

3. ตำแหน่งที่ติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน จะ
   ต้องใกล้กับตัวนำประธานให้มากที่สุด

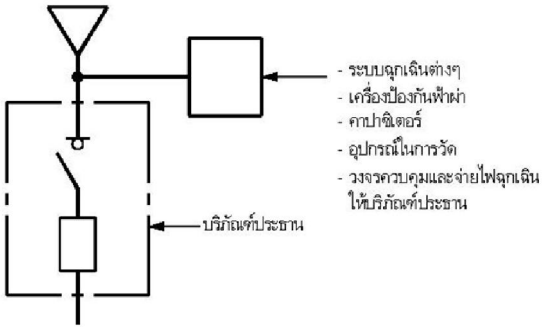
34

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการติดตั้งบริภัณฑ์ประธาน (ต่อ)

4. อุปกรณ์ที่อนุญาตต่อทางด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ประธาน มีดังนี้

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

35



รูปที่ 10.7 อุปกรณ์ที่ต่อด้านไฟเข้าของบริภัณฑ์ประธาน

5. บริภัณฑ์ประธานจะต้องสามารถเข้าถึงได้สะดวก (Readily Accessible) หมายความว่าเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินจะได้สามารถตัดวงจรได้ทันท่วงที

6. จะต้องมีที่ว่างปฏิบัติงาน และแสงสว่างที่เพียงพอ

36

10.5.1 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

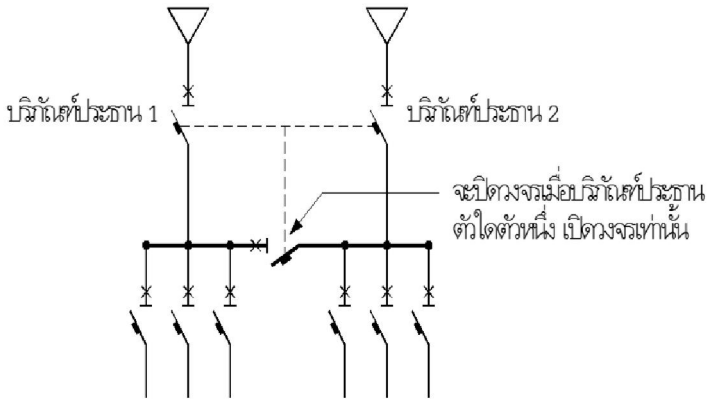
37

เครื่องปลดวงจร (Disconnecting Means)
ข้อกำหนดสำหรับเครื่องปลดวงจร (ต่อ)

3. เครื่องปลดวงจรจะต้องมีเครื่องหมายบอกตำแหน่งปลด-สับ ชัด เจน

4. กรณีที่เครื่องปลดวงจร เป็นสวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch) จะต้องมีการ Interlock เพื่อป้องกันไฟชนกัน

38



รูปที่ 10.8 การ Interlock ของสวิตช์สับเปลี่ยน

39

10.5.2 เครื่องป้องกันกระแสเกิน
(Overcurrent Protection)

- โดยทั่วไปจะนิยมใช้ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทำหน้าที่เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกิน

- ในกรณีเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทำหน้าที่เป็น เครื่องปลด วงจรในตัวด้วย

40

ข้อกำหนดสำหรับเครื่องป้องกันกระแสเกิน

1. จะต้องติดตั้งอยู่ใกล้ หรือ รวมในตู้เดียวกัน กับเครื่องปลดวงจร

2. ตัวนำที่ออกจากเครื่องปลดวงจรทุกเส้น จะต้องมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน

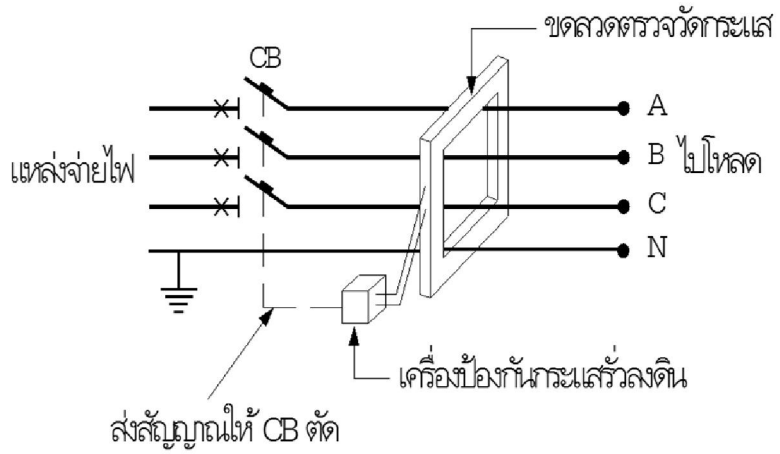
3. ตัวนำที่มีการต่อลงดินไม่ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน

41

ข้อกำหนดสำหรับเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ต่อ)

4. เครื่องป้องกันกระแสเกินที่มีขนาดตั้งแต่ **1000 A** ขึ้นไป จะต้องมีเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน **(Ground Fault Protection)**

42



รูปที่ 10.9 เครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน

43

5. เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสามารถตัดกระแสลัดวงจรค่ามากที่สุดที่จุดติดตั้งได้

และ

ต้องไม่น้อยกว่า 10 kA

44

สำหรับ **CB** สามารถเขียนได้

$$I_{CU} \geq I_S$$

โดยที่

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

I_S = กระแสลัดวงจรสูงสุด ณ จุดติดตั้ง (kA)

45

10.5.3 ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบแรงต่ำ

การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้กำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า และขนาดโหลดตาม ตารางที่ 10.1 และ 10.2

46

ตารางที่ 10.1 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน และโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

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

47

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 Cutout ต่ำสุด (A)	Fuse สูงสุด (A)	ขนาดปรับตั้งสูง
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

48

ตัวอย่างที่ 10.1 บ้านหลังหนึ่งอยู่ในเขตการไฟฟ้านครหลวง คำนวณโหลดสูงสุดได้ 20A , 220 V จงหา

- ตัวนำประธานอากาศ โดยใช้สาย IEC 01
- ตัวนำประธานใต้ดิน โดยใช้สาย NYY ในท่อร้อยสายโลหะ
- ขนาด CB
- ขนาดมิเตอร์

49

วิธีทำ

กระแสโหลดสูงสุด = 20 A

จากตารางที่ 10.1

ต้องใช้ขนาดเครื่องวัด 15 (45) , 220 V

และพิกัดสูงสุดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 50 A

50

ตัวนำประธานอากาศ

ใช้ สาย IEC 01 ติดตั้งกลุ่มที่ 2

ขนาด 2 x 16 mm^2 (66 A)

สายต่อหลักดิน 10 mm^2

ขนาดท่อสายต่อหลักดิน 32 mm (1 1/4")

51

ตัวนำประธานใต้ดินในท่อร้อยสายโลหะ

ใช้สาย NYY ติดตั้งกลุ่มที่ 5

ขนาด 2 x 10 mm^2 (62 A)

ขนาดท่อร้อยสาย 32 mm (1 1/4")

สายต่อหลักดิน 10 mm^2

ขนาดท่อสายต่อหลักดิน 32 mm (1 1/4")

52

ตัวอย่างที่ 10.2 อาคารหลังหนึ่งอยู่ในเขต
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
คำนวณโหลดสูงสุดได้
70 A , 3 เฟส 4 สาย , 230 / 400 V
ให้หา
- ขนาดตัวนำประธานอากาศ
- บริภัณฑ์ประธาน

53

วิธีทำ

โหลดสูงสุด = 70 A , 3 เฟส 4 สาย, 230/400 V
จากตารางที่ 10.2
เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า
ใช้ขนาด 30 (100 A) , 400 V

54

ขนาดตัวนำประธาน

ใช้สาย IEC 01 ติดตั้งกลุ่มที่ 2

ขนาด 4 x 50 mm^2

55

บริภัณฑ์ประธาน

ใช้ CB พิกัด 100 AT

มี Interrupting Capacity $\geq$ 10 kA

หลักการข้างต้นเพื่อความสะดวกกับผู้ออกแบบ ผู้เขียนจึงได้คำนวณหา

- ขนาดตัวนำประธาน
- พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- ขนาดสายต่อหลักดิน
- ขนาดท่อร้อยสาย

ไว้ในตารางที่ 10.3 และ 10.4

56

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

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	เดินลอยในอากาศ		เดินในท่อโลหะในอากาศ			CB (A)
	ขนาดสาย (mm^2)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดท่อ (mm.)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	
5(15A) 1P	2x4	10	2x4	15	10	16
15(45A) 1P	2x10	10	2x16	20	10	50
30(100A) 1P	2x25	10	2x35	32	10	100
50(150A) 1P	2x35	10	2x50	40	16	125
15(45A) 3P	4x10	10	4x16	25	10	50
30(100A) 3P	4x25	10	4x50	50	16	100
50(150A) 3P	4x35	10	4x70	50	25	125
200A 3P	4x95	25	4x185	80	35	250
400A 3P	4x300	50	2(4x185)	2x80	70	500

57

ตารางที่ 10.4 ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับการเดินสายฝังดินและเดินในท่อโลหะฝังดิน ตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบการจ่ายไฟฟ้า 230/380 V ของ ก.ฟ.น.

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	เดินในท่อโลหะในอากาศ			เดินในท่อโลหะฝังดิน			CB (A)
	ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	
5(15 A) 1P	2 x 4	32	10	2 x 10	32	10	16
15(45 A) 1P	2 x 16	40	10	2 x 10	32	10	50
30(100 A) 1P	2 x 35	50	10	2 x 25	40	10	100
50(150 A) 1P	2 x 50	50	16	2 x 35	50	10	125
15(45 A) 3P	4 x 16	50	10	4 x 10	40	10	50
30(100 A) 3P	4 x 50	65	16	4 x 35	65	10	100
50(150A) 3P	4 x 70	65	25	4 x 50	65	16	125
200A 3P	4 x 185	90	35	4 x 150	90	35	250
400A 3P	2(4x185)	2x90	70	2(4x150)	2x90	50	500

58

ตารางที่ 10.5 ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับการเดินในท่อโลหะในอากาศและเดินท่อโลหะฝังดินตามขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าระบบการจ่ายไฟฟ้า 230/380 V ของ ก.ฟ.น.

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	เดินในท่อโลหะในอากาศ			เดินในท่อโลหะฝังดิน			CB (A)
	ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	ขนาดสาย (mm^2)	ขนาดท่อ (mm)	สายต่อหลักดิน (mm^2)	
5(15 A) 1P	2 x 4	20	10	2 x 10	25	10	16
15(45 A) 1P	2 x 10	25	10	2 x 10	25	10	50
30(100 A) 1P	2 x 25	32	10	2 x 25	32	10	100
50(150 A) 1P	2 x 35	32	10	2 x 35	40	10	125
15(45 A) 3P	4 x 10	32	10	4 x 10	32	10	50
30(100 A) 3P	4 x 25	40	10	4 x 25	40	10	100
50(150 A) 3P	4 x 35	40	10	4 x 35	40	10	125
200 A 3P	4 x 120	65	35	4 x 120	65	35	250
400 A 3P	2 (4x120)	2x65	50	2(4x120)	2x65	50	500

59

10.6 การป้องกันการลัดวงจรลงดิน

(Ground Fault Protection)

- การลัดวงจรที่เกิดบ่อยที่สุดสำหรับระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ต่อลงดินโดยตรง

(Solidly Grounded LV System)

คือการลัดวงจรลงดิน (Ground Fault)

60

10.6 การป้องกันการลัดวงจรลงดิน (Ground Fault Protection) (ต่อ)

- เนื่องจากสถานประกอบการที่ระบบไฟฟ้ามีการต่อลงดินโดยตรงจะมีส่วนโลหะซึ่งมีศักดาเท่ากับดินอยู่ทั่วไปและใกล้กับส่วนที่มีไฟฟ้า
- กระแสลัดวงจรลงดิน มีขนาดตั้งแต่กระแสน้อย ๆ จนถึงกระแสมาก ๆ (ในบางครั้งอาจมีขนาดมากกว่ากระแสผิดพร่อง 3 เฟส ด้วยซ้ำ)

61

Ground Fault แบ่ง เป็น 2 แบบคือ

1. Bolted Ground Fault
2. Arcing Ground Fault

62

1. Bolted Ground Fault

- เป็นการลัดวงจรลงดินที่ตำแหน่งซึ่งเกิด
  กระแสผิดพร่องต่อกันสนิทแน่น
  ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของการผิดพร่อง
  มีค่าน้อย และคงที่

63

1. Bolted Ground Fault (ต่อ)

- โดยปกติการผิดพร่องประเภทนี้มีค่ามาก
  จึงสามารถ ตรวจวัดและป้องกันได้โดย
  อุปกรณ์ป้องกันเฟสกระแสเกิน
  (Phase Overcurrent Device) เช่น CB ทั่ว ๆ ไป เป็นต้น

- สามารถคำนวณค่ากระแสผิดพร่องลงดินชนิดนี้ได้ดังนี้

64

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

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)

65

2. Arcing Ground Fault

- เป็นการลัดวงจรลงดินที่ทำความเสียหายมากที่สุด โดยจะลัดวงจร ลงดินที่ตำแหน่ง ซึ่งเกิดกระแสผิดพร่องลงดินต่อกันไม่สนิท จึงเกิดอาร์ก (Arc) เกิดขึ้น
- ซึ่งจะมีอิมพีแดนซ์ของอาร์กอยู่ค่าหนึ่ง
- ทำให้กระแสผิดพร่องที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยและมีค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

66

2. Arcing Ground Fault (ต่อ)

- ดังนั้น CB ธรรมดา ซึ่งวัดค่ากระแสเกินด้วย ค่ากระแส RMS จึงไม่สามารถตรวจจับและ ป้องกันการลัดวงจรแบบนี้ได้อย่าง มีประสิทธิภาพ

- ทำให้เกิดความเสียหายกับ แผงสวิตช์หรือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ได้

67

10.6.1 วิธีการตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน

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

- วิธีนี้จะใช้หม้อแปลงกระแสแบบ Window Type ล้อมรอบสายไฟทั้ง 3 เฟส และหากมีสาย Neutral ในระบบ 3 เฟส 4 สาย ก็ต้องคล้องรอบ ด้วยเช่นกัน ยกเว้นสายดิน

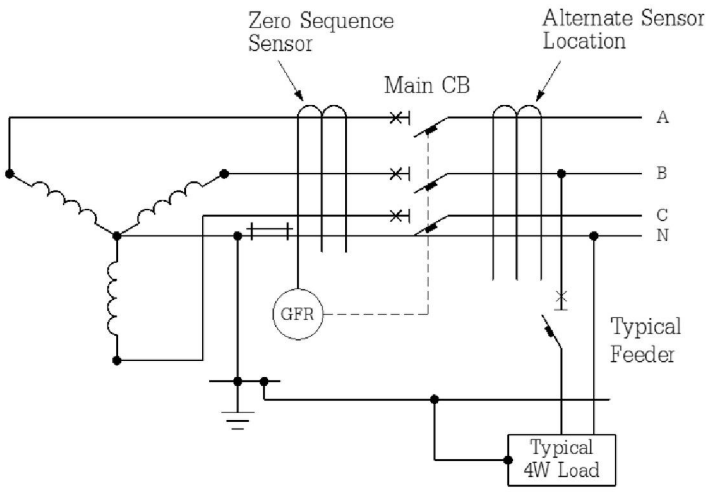
68

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

- ดังนั้นเมื่อมีกระแสผิดพร่องลง ดินเกิดขึ้น จะมีกระแสไหลกลับลงดิน ทำให้ผลรวมกระแสที่ CT วัดได้ไม่เท่ากับศูนย์

- ซึ่งหากเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งให้ CB ตัดวงจรออกจากระบบได้ ดังรูปที่ 10.10

69



รูปที่ 10.10 การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน ด้วยวิธี Zero Sequence Sensing

70

2. Residual Sensing Method ใช้รีเลย์

(50N / 51N)

- วิธีนี้จะใช้หม้อแปลงกระแสแต่ละตัวคล้อง
  ผ่านสาย เฟส แต่ละสายรวมทั้งสาย Neutral ด้วย
  (เฟส A , B , C และ N)

71

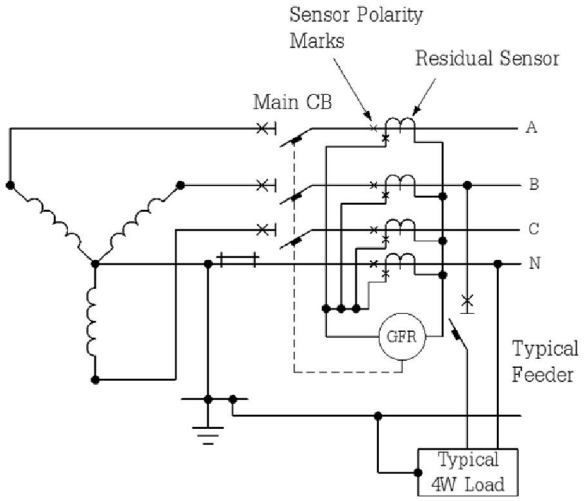
2. Residual Sensing Method ใช้รีเลย์

(50N / 51N) (ต่อ)

- ถ้าไม่มีกระแสผิดพร่องลงดิน จะรวมได้เท่ากับศูนย์
  แต่เมื่อเกิดกระแสผิดพร่องลงดินจะ
  มีค่าผลรวมไม่เท่ากับศูนย์

- ทำให้มีกระแสไหลผ่านรีเลย์และหากเกินค่าที่ตั้งไว้
  ก็จะสั่งให้ CB ตัดวงจร
  ดังรูปที่ 10.11

72



รูปที่ 10.11 การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน
ด้วยวิธี **Residual Sensing**

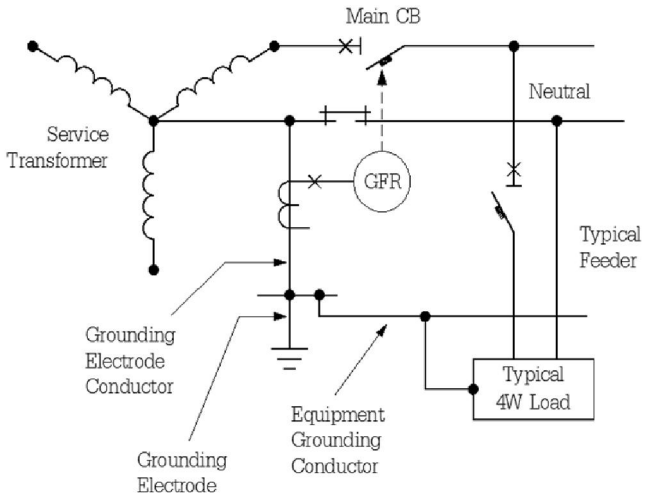
73

3. Ground Return Sensing Method ใช้รีเลย์ (51G)

วิธีนี้จะวัดกระแสผิดพร่องลงดิน ซึ่งไหลกลับไปที่จุด **Neutral** ของแหล่งจ่ายไฟ

ดังรูปที่ 10.12

74



รูปที่ 10.12 การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน
ด้วยวิธี Ground Return Sensing

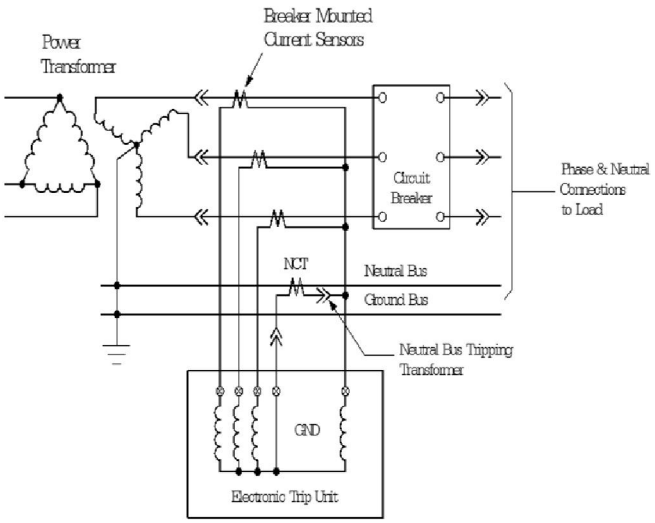
75

4. Integral Sensing Method

- วิธีนี้มีหลักการเดียวกับ วิธี **Residual Sensing**
  แต่ใช้กับ **Electronic CB** ที่มีการป้องกัน
  กระแสผิดพร่อง ลงดิน

- แต่ **ECB** ส่วนใหญ่จะมี **3** ขั้วเท่านั้น
  ดังนั้นจึงจำเป็นต้องต่อหม้อแปลงกระแส
  สำหรับสาย **Neutral** เพิ่ม เรียกว่า **Neutral CT (NCT)**
  ซึ่งจะต่อกับ **Electronic Trip Unit** ของ **CB** อีกที
  เพื่อเปรียบเทียบกับผล รวมของกระแสเฟส
  ดังรูปที่ **10.13**

76



รูปที่ 10.13 การตรวจจับกระแสผิดพร่องลงดิน แบบ Integral Sensing

77

10.6.2 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 อย่างน้อยที่วงจรประธานและ สายป้อน

78

10.6.3 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 ประมาณ 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

79

10.7 ตัวนำประธานในระบบแรงสูง

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

80

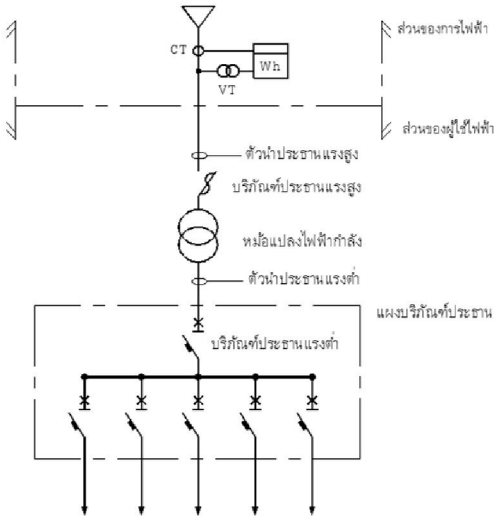
ระบบตัวนำประธาน

จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้คือ

1) ตัวนำประธานแรงสูง ซึ่งอยู่ด้านแรงสูงของหม้อแปลง

2) ตัวนำประธานแรงต่ำ ซึ่งอยู่ด้านแรงต่ำของหม้อแปลง

81



รูปที่ 10.14 ตัวนำประธานแรงสูง และตัวนำประธานแรงต่ำ

82

10.7.1 ตัวนำประธานอากาศระบบแรงสูง

- การเดินตัวนำประธานอากาศในระบบแรงสูง ให้มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ จะต้องคำนึงถึงเรื่อง ชนิดสายไฟฟ้าที่ใช้ และระยะห่างในการติดตั้งสายไฟฟ้า

83

ตัวนำประธานอากาศระบบแรงสูง

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

84

สาย PIC

- สาย PIC จะใช้เดินลอยบนลูกถ้วย แทนสายเปลือย
  เนื่องจากมีฉนวน XLPE หุ้ม 1 ชั้น

- มีข้อดีกว่าสายเปลือย ตรงที่สามารถลด
  การลัดวงจรลงดินได้

85

สาย SAC

- สาย SAC จะมีฉนวน XLPE หุ้ม 2 ชั้น
  สามารถลดระยะห่างระหว่างสายลงได้
  โดยใช้ Spacer

  สาย PIC และ SAC ไม่มีชีลด์หุ้ม
  จึงไม่สามารถแตะต้อง

86

สาย Preassembly Aerial Cable

- สาย **Preassembly Aerial Cable** จัดเป็นสาย
  ประเภท **Fully Insulated**
  มีชีลด์หุ้ม

- สามารถเดินในที่แคบมาก ๆ ได้
  แต่สายประเภทนี้มีน้ำหนักมาก
  จึงต้องใช้ **Messenger Wire** ช่วยในการเดินสาย

87

10.7.2 ตัวนำประธานใต้ดินระบบแรงสูง

การเดินตัวนำประธานแรงสูงใต้ดิน ต้องพิจารณาถึง
สายไฟฟ้าที่ใช้ และการติดตั้ง

สายไฟฟ้า

- สายไฟฟ้าที่ใช้เป็น ตัวนำประธานแรงสูงใต้ดิน
  จะเป็นสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหุ้มด้วย
  ฉนวน **XLPE** แบบ **Fully Insulated**

88

10.8 บริภัณฑ์ประธานระบบแรงสูง

อุปกรณ์ที่นิยมใช้เป็นบริภัณฑ์ประธานใน
ระบบแรงสูงมี 3 ชนิด ดังนี้

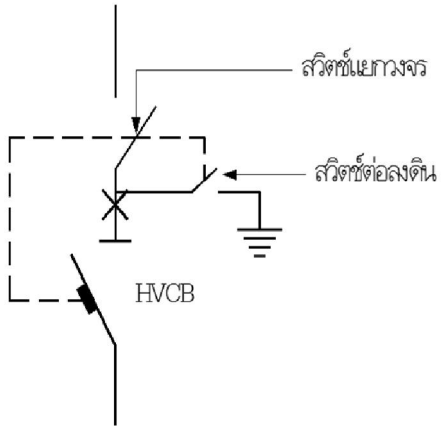
1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์แยกวงจร
   (Isolating Switch , Disconnector)
2. ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด
   (Load Break Switch , Switch Disconnector)
3. ฟิวส์ชนิดขาดตก
   (Dropout Fuse)

89

10.8.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสวิตช์แยกวงจร

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะทำหน้าที่เป็น
  เครื่องป้องกัน กระแสเกิน และเครื่องปลดวงจร
  โดยจะต้องใช้ร่วมกับ สวิตช์แยกวงจร
  เนื่องจากสวิตช์แยกวงจรจะทำหน้าที่ปลดวงจร
  เพื่อนำเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกไปซ่อมแซม
  หรือบำรุงรักษา

90



รูปที่ 10.15 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูง (HVCB) และสวิตช์แยกวงจร โดยมีการใช้สวิตช์ต่อลงดิน เพื่อความปลอดภัยขณะปลดวงจร

91

ข้อกำหนดสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องเป็นแบบ ปลดวงจรได้โดย อิสระ (Trip Free)
2. จะต้องมีเครื่องหมายบอกตำแหน่งปลด-สับ ชัดเจน
3. จะต้องมีค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร ไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ตำแหน่งติดตั้ง

$$IC \geq I_s$$

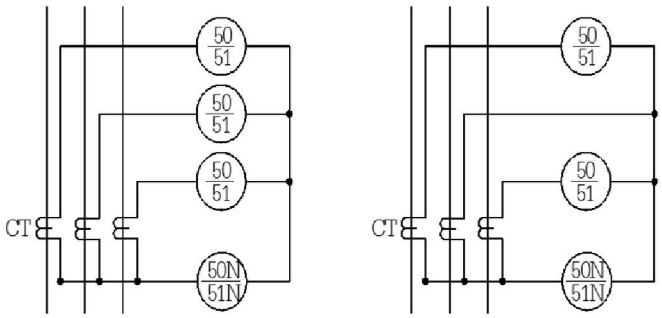
โดยที่

IC = Interrupting Capacity (kA)

I_s = กระแสลัดวงจรสูงสุด ณ จุดติดตั้ง (kA)

92

4. การใช้งานร่วมกับรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Relay) จะต้องต่อวงจรดังในรูป



รูปที่ 10.16 การใช้งาน Overcurrent Relay กับ HVCB

93

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

50 คือ ลักษณะที่ทำงานทันที (Instantaneous)

51 คือ ลักษณะที่ทำงานแบบมี

การหน่วงเวลา (Time Delay)

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

การผิดพร่องลงดิน (Ground Fault)

50N คือ ลักษณะที่ทำงานทันที (Instantaneous)

51N คือ ลักษณะที่ทำงานแบบมี

การหน่วงเวลา (Time Delay)

94

ข้อกำหนดสำหรับสวิตช์แยกวงจร

1. ทางด้านโหลดของสวิตช์แยกวงจร จะต้องมี
   สวิตช์ต่อลงดิน ซึ่งขณะสวิตช์แยกวงจรปลดวงจร
   จะต่อลงดินทันที ทั้งนี้เพื่อช่วยถ่ายเทประจุ
   ที่สะสมที่โครงโลหะของอุปกรณ์ต่าง ๆ

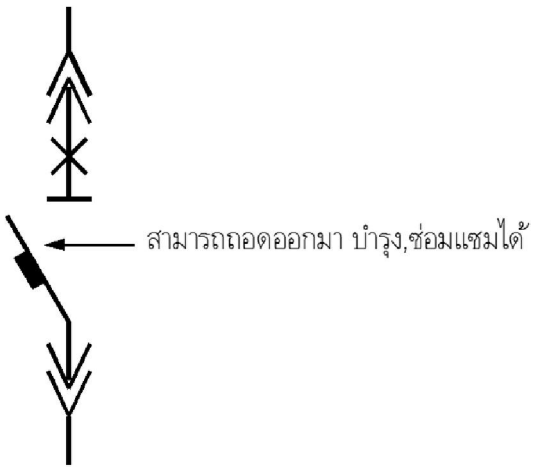
2. สวิตช์แยกวงจรจะต้องทำ **Interlock** กับ
   เซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะสามารถสับ-ปลดได้
   ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในตำแหน่งปลดเท่านั้น

95

3. จะต้องมีป้ายเตือนไม่ให้มีการสับ-ปลด
   ขณะที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังอยู่ในตำแหน่งสับ

4. ในกรณีที่ใช้ **Gas Insulated Switchgear (GIS)**
   หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นชนิด **Draw-Out**
   ไม่จำเป็นต้องใช้สวิตช์แยกวงจร

96



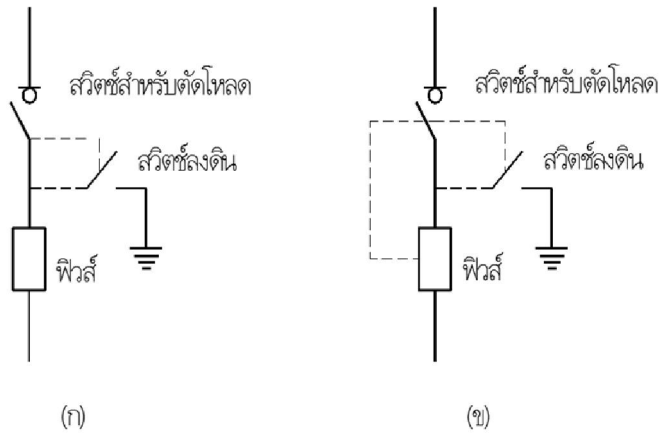
รูปที่ 10.17 Draw-Out CB

97

10.8.2. ฟิวส์และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

การใช้ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด
แสดงในรูปที่ 10.18 ก.
โดยใช้สวิตช์ต่อลงดิน
เพื่อความปลอดภัยขณะปลดวงจร
ส่วนในรูป 10.18 ข. เป็น Current Limiting Fuse
ซึ่ง เมื่อฟิวส์เส้นใดเส้นหนึ่งขาด
จะทำให้สวิตช์สำหรับตัดโหลด ปลดวงจรทันที

98



รูปที่ 10.18 ฟิวส์ และสวิตช์สำหรับตัดโหลด

99

ข้อกำหนดของสวิตช์สำหรับตัดโหลด

1. **จะต้องปลดได้ทั้ง 3 เส้น พร้อมกัน**

2. **ต้องมีการต่อ Earthing Switch**
   เพื่อถ่ายประจุ จากโครงโลหะของอุปกรณ์

100

ข้อกำหนดของสวิตช์สำหรับตัดโหลด (ต่อ)

3. ค่า **Making Current** ของสวิตช์สำหรับตัดโหลด จะต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุด ณ ตำแหน่งติดตั้งเนื่องจากอาจจะเกิดฟอลท์ได้ขณะสับวงจร

4. ค่า **Breaking Current** จะต้องไม่น้อยกว่าพิกัดกระแสต่อเนื่องของฟิวส์ ยกเว้นกรณี **Current Limiting Fuse** ที่ได้กล่าวตอนต้น

101

10.8.3 ฟิวส์ชนิดขาดตก

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

รูปที่ 10.19 ฟิวส์ชนิดขาดตก (**Dropout Fuse**)

102

10.8.4 การเลือกขนาดมิเตอร์ใน ระบบไฟฟ้าแรงดันสูง

- ในการออกแบบการจ่ายไฟฟ้าของสถานประกอบการ ซึ่งใช้ไฟฟ้าปริมาณมาก เมื่อคำนวณโหลดได้แล้ว

- จะต้องเลือกขนาด หม้อแปลงมาตรฐาน ที่เหมาะสม

103

การเลือกขนาดมิเตอร์ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (ต่อ)

- หม้อแปลงจำหน่ายมีขนาดมาตรฐานดังนี้

  315 , 400 , 500 , 630 , 800 , 1000 , 1250 , 1600 , 2000 , 2500 kVA

- เมื่อได้ขนาดหม้อแปลงแล้วก็ต้อง ติดต่อการไฟฟ้าเพื่อหา ขนาดมิเตอร์แรงสูง ที่เหมาะสมกับโหลดต่อไป

104

- ส่วนการคำนวณวงจรประธานแรงสูง และแรงต่ำ จะคำนวณตามขนาดหม้อแปลง ที่เลือกไว้แล้ว
- พิกัดกระแสทางด้านแรงสูงและแรงต่ำ หาได้จากสูตรดังนี้

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

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

105

<u>เครื่องป้องกันกระแสเกินทางด้านแรงต่ำ ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้</u>

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านแรงต่ำ ต้องใช้ Utilization Category B ตาม IEC 60947-2 มี Short Time Current Withstand (I_{CW}) เพื่อให้สามารถทำ Coordination กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อนได้

106

เครื่องป้องกันกระแสเกินทางด้านแรงต่ำ ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (ต่อ)

2. โดยทั่วไป CB ต้องเป็นแบบ Open Frame CB หรือ ACB

3. พิกัดกระแสปรับตั้งไม่เกิน 1.25 I_n ของหม้อแปลง

4. มีค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร (I_{CU})
   ไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง

107

ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ขั้วทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลง (230/400 V) ขึ้นอยู่กับ

- ขนาดหม้อแปลง
- ค่า Impedance Voltage ของหม้อแปลง
- ความจุลัดวงจร (Short-circuit Capacity) ทางด้านแรงสูง และแสดงในตารางที่ 10.6

108

ตารางที่ 10.6 ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง (230/400 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

<u>หมายเหตุ</u> - ค่า % Impedance ของหม้อแปลง

315 – 630 kVA = 4%

800 – 2500 kVA = 6%

109

<u>ตัวอย่างที่ 10.3</u> โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งอยู่ในเขตการไฟฟ้าส่วน ภูมิภาค ใช้หม้อแปลงขนาด **1600 kVA , 22 kV / 400-230 V** ให้หา **Main CB** ทางด้านแรงดันต่ำ ถ้าความจุลัดวงจร **Short Circuit Capacity** ทางด้าน **22 kV** เป็น **500 MVA**

110

วิธีทำ

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

125% I_n = 1.25 x 2309 = 2886 A

111

CB ทางด้านแรงต่ำต้องปรับตั้งไว้ไม่เกิน 2886 A

ซึ่งสามารถปรับตั้งได้ที่ 2400 , 2500 , 2600 ,

2700 , 2800 AT

CB ที่ใช้ต้องเป็น ACB ซึ่งมี AF 630, 800, 1000,

1280, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000

ในที่นี้จะเลือก 3200 AF

สำหรับค่า Interrupting Capacity

จากตารางที่ 10.6 ถ้าให้ S_{cc} = 500 MVA

$I_{CU} \geq$ 36.4 kA

112

การเลือกพิกัด I_{CU} ของ CB ควรเผื่อไว้สำหรับ

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

113

ในที่นี้จะ เผื่อไว้ 25 %

$I_{CU} \geq 1.25 \times 36.4 \geq 45.3$ kA

≈ 50 kA

เพื่อความสะดวก ผู้เขียนได้คำนวณ
ตามหลักการที่กล่าวมาแล้ว
และแสดงใน ตารางที่ 10.7

114

ตารางที่ 10.7 ขนาด CB ที่ใช้กับหม้อแปลงที่ด้านแรงดันต่ำ (230/400 V)

ขนาดพิกัดหม้อแปลง (kVA)	กระแสพิกัด (A)	125% กระแสพิกัด (A)	ค่าปรับตั้ง CB (AT)	AF (A)	ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (kA)
315	455	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	2887	3609	2900 – 3600	4000	65
2500	3608	4510	3700 – 4500	5000	80

115

<u>ตัวอย่างที่ 10.4</u> สถานประกอบการแห่งหนึ่งซึ่งอยู่ในเขตของการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจ่ายไฟฟ้าระบบ **22 kV / 230-400 V 3 เฟส 4 สาย**
วิศวกรไฟฟ้าผู้ออกแบบคำนวณโหลดสูงสุดได้ **820 kVA**
ให้ คำนวณหาสายไฟฟ้าและการป้องกันทางด้าน **HV** และ**LV**

116

วิธีทำ

- โหลดสูงสุดมีขนาด 820 kVA
  หม้อแปลงจำหน่ายมีขนาด ใกล้เคียง
  800 , 1000 , 1250 kVA

- เลือกใช้หม้อแปลงอย่างน้อย
  ขนาดถัดไปคือ 1000 kVA

117

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

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

118

ด้าน HV

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

$= 1.25 \times 26.2$

$= 32.8$ A

119

สายไฟฟ้า

สายเหนือดิน Overhead (OH)

ปัจจุบันสาย OH ในระบบแรงดันปานกลางนิยมใช้สาย Space Aerial Cable (SAC)

ดังนั้นใช้สาย SAC 3 x 35 mm^2 (206 A)

120

สายไฟฟ้า

สายใต้ดิน Underground (UG)

สาย HV ที่เดินฝังดินโดยตรง ร้อยในท่อร้อยสาย
หรือเดินใน Duct Bank ต้องเป็นแบบ Fully Insulated

ซึ่งนิยมใช้กันมากคือสาย XLPE
ดังนั้นใช้สาย XLPE 3 x 35 mm^2 (149 A)

121

บริภัณฑ์ประธาน

- หม้อแปลงจำหน่ายที่มีพิกัดถึงประมาณ 2500 kVA

  โดยทั่วไปจะใช้ HV HRC Fuse เป็นอุปกรณ์ป้องกัน

  การลัดวงจร

122

บริภัณฑ์ประธาน

- การเลือกขนาดพิกัดของ Fuse จะต้องคำนึงถึง Inrush Current ของหม้อแปลง
- และต้องสามารถ Coordinate กับอุปกรณ์ทางด้าน LV ด้วย
- ตามกฎการเดินสายยอมให้ใช้ขนาดฟิวส์ถึง 3 เท่าของกระแสพิกัด
- แต่ในทางปฏิบัติสามารถใช้พิกัดฟิวส์ 1.5 - 2.0 เท่ากระแสพิกัด

123

$I_C = 2 \times I_n$

$= 2 \times 26.2$

$= 52.4$ A

HRC Fuse มีขนาด 40 , 63 , 80

ดังนั้นเลือกใช้ **Fuse 63 A**

124

ด้าน LV

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

$= 1.25 \times 1443$

$= 1804$ A

125

สายไฟฟ้า

สายเหนือดิน Overhead (OH)

สาย OH ของหม้อแปลงส่วนใหญ่นิยมเดินใน

รางเคเบิลแบบระบายอากาศ

1) ใช้สายไฟฟ้า NYY

สายควบ 5 ชุด

$$5 \begin{pmatrix} 3\times300 & mm^2 \\ 1\times150 & " \end{pmatrix}$$

126

- สายไฟฟ้า

สายเหนือดิน Overhead (OH)

2) ใช้สาย XLPE (CV , 90°C)

สายควบ 4 ชุด

$$4 \begin{pmatrix} 3\times240 & mm^2 \\ 1\times120 & " \end{pmatrix}$$

127

บริภัณฑ์ประธาน

- ทางด้าน LV ของหม้อแปลง ก็ต้องมีการป้องกัน กระแสลัดวงจร และกระแสเกินโหลด เช่นเดียวกัน
- อุปกรณ์ป้องกันที่นิยมใช้กันมากคือ Circuit Breaker
- พิกัดของ CB ที่ใช้เป็นดังนี้
  1. ค่าปรับตั้งกระแสไม่เกิน 125 % ของ กระแสพิกัดหม้อแปลง
  2. มีค่า IC เพียงพอกับกระแสลัดวงจร ณ. จุดติดตั้ง

128

I_C = 1.25 x 1443 = 1804 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

129

หม้อแปลง 1000 kVA มีค่า I_S = 23.2 kA

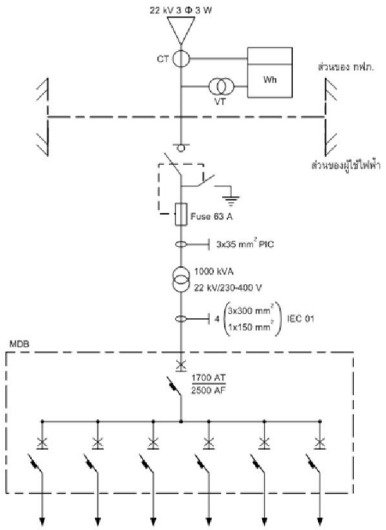
โดยทั่วไปจะเผื่ออีก 25 %

CB มีค่า IC $\geq$ 1.25 x 23.2 $\geq$ 29 kA

ดังนั้น CB ในตู้ MDB IC = 30 kA ที่ 400 V

130

Single Line Diagram อาจเป็นดังนี้



131

คำถามท้ายบท

1. วงจรประธานมีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง จงอธิบาย
2. บริภัณฑ์ประธานคืออะไร
3. หลักการคำนวณวงจรประธานมีอะไรบ้าง
4. การป้องกันกระแสรั่วลงดินมีความสำคัญอย่างไร และวิธีการตรวจจับการรั่วลงดินทำได้อย่างไร
5. สถานประกอบการแห่งหนึ่งอยู่ในเขตของการไฟฟ้านครหลวง วิศวกรผู้ออกแบบคำนวนโหลดสูงสุดได้ 300 A, 380V จงคำนวณหาวงจรประธานและขนาดมิเตอร์ที่เหมาะสม

132

คำถามท้ายบท...(ต่อ)

6. ตัวนำประธานอากาศและใต้ดินระบบแรงสูงที่ใช้มีอะไรบ้าง

7. บริภัณฑ์ประธานแรงสูงมีอะไรบ้าง

8. ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลงพิกัด 1600 kVA , 22 kV/400 V % U_k = 6 ควรมีค่าเท่าไร และที่ตู้ MDB ของหม้อแปลงลูกนี้ควรมีพิกัดลัดวงจรเท่าไร

9. สถานประกอบการแห่งอยู่ในเขตการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โหลดสูงสุงคำนวณได้ 450 kVA ให้คำนวณหาสายไฟฟ้า และการป้องกันทางด้าน HV และ LV

133