บทที่ 7
วงจรย่อยและสายป้อนไฟฟ้า
แสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1

7.1 บทนำ

- ในการออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการต่าง ๆ นั้น

- วิศวกรไฟฟ้าจะต้องออกแบบระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Electrical Distribution System)

2

- เพื่อให้สามารถจ่ายกระแส ไฟฟ้าให้แก่
  บริภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างเพียงพอและเชื่อถือได้

- ขนาดของระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นหาได้จาก

  รายการ โหลด (**Load Schedule**)
  และรายการสายป้อน (**Feeder Schedule**)

3

7.2 โหลดไฟฟ้า

7.2.1 ชนิดของโหลด

ได้แบ่งโหลดออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. โหลดต่อเนื่อง (**Continuous Load**)
2. โหลดไม่ต่อเนื่อง (**Noncontinuous Load**)

4

โหลดต่อเนื่อง

- ใช้ติดต่อกัน ตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป
  เช่น โหลดดวงโคมในสำนักงาน ,
  เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

- เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยและเชื่อถือได้สูง
  บริภัณฑ์ไฟฟ้าสำคัญ ๆ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ ,
  สายไฟฟ้า , หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น
  จะเผื่อพิกัดอีก 25 % สำหรับโหลดต่อเนื่อง

5

โหลดไม่ต่อเนื่อง

- คือโหลดไฟฟ้าที่ ใช้ติดต่อกันไม่ถึง 3 ชั่วโมง

ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

ถ้าไม่ทราบแน่ชัดว่า โหลดไฟฟ้าเป็นแบบใด
ให้ถือว่าเป็น โหลดแบบต่อเนื่อง

6

7.2.2 คำนิยามเกี่ยวที่ใช้เกี่ยวกับโหลด

1. Total Connected Load

คือผลรวมทั้งหมดของโหลดไฟฟ้าที่ต่ออยู่ของสถานประกอบการ คิดเป็น **kVA** หรือ **MVA**

2. Maximum Demand

คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกันสูงสุดในเวลาที่กำหนดให้ คิดเป็น **kVA** หรือ **MVA**

7

3. Demand Factor (D.F.)

คืออัตราส่วนของ **Maximum Demand** ต่อ **Total Connected Load**

$$\text{D.F.} = \frac{\text{Maximum Demand}}{\text{Total Connected Load}} \times 100\%$$

8

4. Diversity Factor

คืออัตราส่วนของผลรวมโหลดไฟฟ้าสูงสุดของ
การใช้ไฟฟ้าแต่ละกลุ่มย่อยของระบบต่อ
Maximum Demand ของทั้งระบบ
Diversity Factor จะมีค่ามากกว่า 1.00 เสมอ

9

5. Peak Load (P)

คือค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
ในช่วงเวลาที่ กำหนดให้
เช่น ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน
คือความ ต้องการพลังไฟฟ้า
เป็น kW เฉลี่ยในเวลา 15 นาทีสูงสุด

10

6. Load Factor (L. F.)

คืออัตราส่วนของ **Average Load**
ในช่วงเวลาหนึ่งต่อ **Peak Load** ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น

$$\text{L.F.} = \frac{E}{(P \times T)} \times 100\%$$

โดย **E** = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ **(kWh)**
(คิดในรอบเดือน)
P = ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด **(Peak Load)**
T = จำนวนชั่วโมงในรอบเดือน

11

7. Load Profile

คือเส้นกราฟแสดงค่า **Demand Load**
อาจเป็นของแต่ละวัน เดือน หรือปี

12

ตัวอย่างที่ 7.1 สถานประกอบการแห่งหนึ่งมีโหลดไฟฟ้าต่ออยู่ในระบบทั้งหมด (Total Connected Load) รวม ทั้งสิ้น 1200 kVA แต่มีความต้องการพลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงของวันดังตาราง

เวลา	ความต้องการพลังไฟฟ้า (kW)
0.00- 6.00 น.	250
6.00-12.00 น.	500
12.00-18.00 น.	750
18.00-24.00 น.	250

หมายเหตุ ในช่วง Peak Load วัดค่า P.F. ได้ประมาณ 0.8 จงหา

- Load Profile - Load Factor - Demand Factor

13

วิธีทำ

จากตารางสามารถแสดง Load Profile ได้ดังนี้

$E = (250 \times 6) + (500 \times 6) + (750 \times 6) + (250 \times 6)$

$= 10500$ kWh

$P = 750$ kW

$T = 24$ ช.ม.

$$L.F. = \frac{10500}{750 \times 24} \times 100\%$$

$= 58\ \%$

14

วิธีทำ

Maximum Demand = $\frac{750}{0.8}$

= **937.5 kVA**

D.F. = $\frac{937.5}{1200} \times 100\%$

= **78 %**

15

7.2.3 การคำนวณโหลด

- ขนาดของโหลดของบริภัณฑ์ไฟฟ้ากระแสสลับ อาจ คิด เป็น
  - กระแส (A)
  - โวลต์แอมแปร์ (VA)
  - กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA)
- การทำรายการโหลดและรายการสายป้อน ส่วนมากคิดโหลดเป็น VA หรือ kVA

16

โหลดของบริภัณฑ์ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

1. **ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย**

   โหลด (VA) = V x I

2. **ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย**

   โหลด (VA) = $\sqrt{3} \times V_L \times I$

โดย V = **แรงดันระหว่างสายเฟสกับนิวทรัล (V)**

V_L = **แรงดันระหว่างสายเฟสกับเฟส (V)**

I = **กระแส (A)**

17

ตัวอย่างที่ 7.2 **หลอด PL ขนาด 11W , 230V มี กระแสผ่านหลอด 0.155A ให้หาโหลด**

วิธีทำ

โหลด (VA) = V x I **VA**

= 230 x 0.155 **“**

= 35.7 **“**

18

ตัวอย่างที่ 7.3 มอเตอร์ 3 เฟส 400 V , 75 kW ,

I_n = 138 A ให้หาโหลด

วิธีทำ

โหลด (VA) = $\sqrt{3} \times V_L \times I$ VA

= $\sqrt{3} \times 400 \times 138$ “

= 95609 “

หรือ = 95.6 kVA

คิดต่อเฟสได้ = 95.6 / 3 kVA/Phase

= 31.9 “

19

7.3 โหลดไฟฟ้าของสถานประกอบการ

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้ในสถานประกอบการแบ่งเป็นกลุ่ม ใหญ่ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง
2. เต้ารับ
3. มอเตอร์
4. เครื่องปรับอากาศ
5. ระบบขนส่งแนวดิ่ง
6. อุปกรณ์ไฟฟ้า

20

7.3.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง

- โหลดไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารที่มีระบบ ปรับอากาศจะมีค่าประมาณ 20 - 50 % ของโหลดทั้งหมด
- หากคิดต่อพื้นที่จะประมาณ 20 - 100 VA ต่อตารางเมตร
- โหลดไฟฟ้าแสงสว่างอาจคิดแยกเป็นจุด ๆ ได้โดยจะ คิดตามชนิดและขนาดของหลอดไฟฟ้า

21

1.หลอดไส้ (Incandescent Lamp)

หลอดไส้เป็นโหลดไฟฟ้าที่มี

ตัวประกอบกำลัง (Power Factor , P.F.) 100 %

โหลด (VA) = W

เช่น ดวงโคมไฟฟ้าใช้หลอดไส้ 100 W

โหลด = 100 VA

22

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

- เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีใช้แพร่หลายมากที่สุด
- ขนาดที่ใช้กันมากคือ 18W (20W)
  และ 36W (40W)
- หลอด FL จะต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์
- โหลดต้องคิดกำลังไฟฟ้าของหลอดรวม
  กับ กำลังสูญเสียของบัลลาสต์
  และต้องคำนึงถึงตัวประกอบกำลังด้วย
- หรือโหลดคิดตามกระแสที่ไหลผ่านดวงโคม

23

ตัวอย่างที่ 7.4 หลอด FL 36W , 230V แบบ

LPF (Low Power Factor) บัลลาสต์พิกัดกระแส = 0.43 A

HPF (High Power Factor) บัลลาสต์พิกัดกระแส = 0.25 A

ให้หาโหลด

24

วิธีทำ

FL , LPF โหลด = 230 x 0.43 = 98.9 VA

FL , HPF โหลด = 230 x 0.25 = 57.5 “

ค่าโหลดที่แนะนำให้ใช้ในการออกแบบ (Recommended Design Load) คือ ค่าที่เผื่อได้เล็กน้อยและสะดวกในการรวมโหลด เช่น

หลอด FL , 36W LPF = 100 VA

หลอด FL 36W HPF = 60 “

ค่าโหลดของหลอด FL และหลอดประหยัดไฟมีแสดง ในตารางที่ 7.1 และ 7.2

25

ตารางที่ 7.1 ค่าโหลดของหลอด FL

กำลังไฟฟ้า (W)	โหลด (VA)	
	LPF บัลลาสต์	HPF บัลลาสต์
18 (20)	90	40
36 (40)	100	60

26

ตารางที่ 7.2 ค่าโหลดของหลอดประหยัดไฟ

กำลังไฟฟ้าของโหลด (W)	โหลด (VA)
9	15
11	20
15	25
20	35
หลอด PL	
5 , 7 , 11	40

27

หลอดก๊าซแรงดันไอสูง

(High Intensity Discharge ,HID Lamp)

- หลอด HID ที่ใช้กันแพร่หลายในขณะนี้ได้แก่
  1. หลอดแสงจันทร์ (High Pressure Mercury)
  2. หลอดโซเดียมความดันไอสูง
     (High Pressure Sodium)
  3. หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide)

28

- หลอด HID ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์
  เหมือนหลอด FL
  บัลลาสต์อาจเป็นแบบ LPF หรือ HPF

- โหลดของหลอด HID มีแสดงใน

  ตารางที่ 7.3

29

ตารางที่ 7.3 ค่าโหลดของหลอด HID

กำลังไฟฟ้าของหลอด (W)	โหลด (VA)	
	LPF บัลลาสต์	HPF บัลลาสต์
80	180	100
125	260	160
250	500	300
400	750	500
700	1250	850
1000	1900	1200

30

7.3.2 เต้ารับ

- เต้ารับเป็นบริภัณฑ์ซึ่งติดตั้งไว้ เพื่อความสะดวก
  ในการใช้กับบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เคลื่อนย้ายได้ (Portable)
  หรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่กับที่ (Fixed) ที่นำมาใช้ภายหลัง
- โหลดไฟฟ้าสำหรับเต้ารับจึงไม่แน่นอน
- เต้ารับที่ใช้แต่ละชุดมีทั้งแบบ
  เต้ารับเดี่ยว , คู่ และเต้ารับ 3 หัวจ่าย

31

เต้ารับ (ต่อ)

- ในการคิดโหลดให้คิดต่อชุด
  โหลดของเต้ารับ = 180 VA / ชุด

- เพื่อเป็นการเผื่อและสะดวกในการรวมโหลดของเต้ารับ
  อาจให้โหลดของเต้ารับเป็น 200 VA / ชุด

  ส่วน 4 เต้า ให้ใช้ 360 VA

32

7.3.3 มอเตอร์

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนมีอยู่มากมาย โหลดมอเตอร์โดยทั่วไปถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่องซึ่งมีทั้งแบบใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 230V หรือ 3 เฟส 400V ขนาดของโหลดมอเตอร์ดูได้ที่ตาราง 8.1 และ 8.2 แสดงพิกัดกระแสมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส 3 เฟส และพิกัดกระแสมอเตอร์กระแสตรง ตามลำดับ

33

7.3.4 ระบบปรับอากาศ

- โหลดของระบบปรับอากาศประกอบด้วยโหลดมอเตอร์ เป็นส่วนใหญ่ ระบบปรับอากาศประกอบด้วยบริภัณฑ์ต่อไปนี้

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor)
2. ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump)
3. ปั๊มคอนเดนเซท (Condensate Pump)
4. หอผึ่งเย็น (Cooling Tower)
5. พัดลมเย็น (Air Distribution Fan)
6. แดมเปอร์หรือวาล์วแบบใช้มอเตอร์ (Motorized Damper and Valve)
7. วงจรควบคุม (Control Circuit)

34

- ในการประมาณโหลดของระบบปรับอากาศพบว่า
  มอเตอร์ขนาด 1 Hp (0.75 kW)

  จะขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็น

  ขนาดประมาณ 1 ตันความเย็น
  หรือ ประมาณ 1 kVA

35

- คอมเพรสเซอร์โดยทั่วไปจะเป็นโหลดประมาณ 55-70 %
  ของโหลดทั้งระบบ ดังนั้นจะได้ว่า
  โหลดของระบบปรับอากาศ เป็น kVA
  = (1.5 - 1.8) x ตันความเย็น

- เช่น ระบบปรับอากาศขนาด 100 ตันความเย็น
  จะเป็นโหลดไฟฟ้าประมาณ 150 - 180 kVA

- โหลดของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ
  แสดงในตารางที่ 7.4 - 7.7

36

ตารางที่ 7.4 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
1	12,000	1.5
1.5	18,000	1.7
2	24,000	2.6
3	36,000	4.2

37

ตารางที่ 7.5 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400 V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
4	48,000	6.1
5	60,000	7.8
6	72,000	9.7
7	84,000	12
8	96,000	13
9	108,000	14
10	120,000	16
12.5	150,000	19
15	180,000	23
20	240,000	35
25	300,000	50
30	360,000	56
35	420,000	58
40	480,000	70
50	600,000	93

38

ตารางที่ 7.6 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package
(Air Cooled) 3 เฟส , 400 V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
7.5	90,000	10
9	108,000	14
11	132,000	17
13	156,000	22
16	192,000	25
18	216,000	26

39

ตารางที่ 7.7 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package
(Water Cooled) 3 เฟส ,

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
5	60,000	7.9
7.5	90,000	8.4
10	120,000	12
15	180,000	17
20	240,000	23
25	300,000	33
30	360,000	40
35	420,000	53
45	540,000	62
55	660,000	77

40

7.3.5 ระบบขนส่งในแนวดิ่ง

- เครื่องจักรสำหรับขนส่งหรือเคลื่อนย้ายของต่าง ๆ ในอาคาร ได้แก่ ลิฟต์ บันไดเลื่อน ปั้นจั่น เป็นต้น
- โหลดเหล่านี้เป็นโหลดมอเตอร์
  ขนาดมอเตอร์ขึ้นอยู่กับ
  น้ำหนัก
  และ
  ความเร็ว

41

- โหลดของลิฟต์ แสดงใน ตารางที่ 7.9
- โหลดของบันไดเลื่อน แสดงใน ตารางที่ 7.10
- โหลดของปั้นจั่น แสดงใน ตารางที่ 7.11
- อาคารที่มีลิฟต์หลายตัว และกลุ่มของลิฟต์ ทำงานแบบ **Group Control** โหลดทั้งหมดของลิฟต์อาจ ใช้ค่า **D.F.** ได้ ดัง ตารางที่ 7.8

42

ตารางที่ 7.8 ค่า D.F. สำหรับโหลดของลิฟต์หลายตัว

จำนวนลิฟต์	ค่า D.F.
1	1.00
2	0.95
3	0.90
4	0.85
5	0.82
6	0.79
7	0.77
8	0.75
9	0.73
10 หรือมากกว่า	0.72

43

<u>ตัวอย่างที่ 7.5</u> **อาคารแห่งหนึ่งติดตั้งลิฟต์**
จำนวน 6 ตัว ภายใต้เครื่องควบคุมกลุ่มลิฟต์
ถ้าลิฟต์แต่ละตัวมีความจุ 17 คน (1150 kg)
และความเร็ว 2 m/s
จงหาโหลดของระบบลิฟต์นี้

44

วิธีทำ

โหลดของลิฟต์แต่ละตัว (1150 kg , 2 m/s) = 22 kVA

ลิฟต์ 6 ตัว ใช้ค่า D.F. = 0.79

โหลดของระบบลิฟต์ = D.F. x จำนวนลิฟต์ x โหลดของลิฟต์แต่ละตัว

= 0.79 x 6 x 22

= 104 kVA

45

ตารางที่ 7.9 ค่าโหลดของลิฟต์ 3 เฟส 400V

ขนาด น้ำหนัก (kg) (จำนวนคน)	ความเร็ว m/min	โหลด (kVA)
1150 (17)	90	11
	105	12
	120	22
	150	27
	180	30
	210	34
	240	38
1350 (20)	90	14
	105	16
	120	26
	150	31
	180	36
	210	40
	240	44
1600 (24)	90	15
	105	19
	120	30
	150	36
	180	41
	210	47
	240	52
1800 (26)	120	34
	150	40
	180	45
	210	56
	240	60

46

ตารางที่ 7.10 ค่าโหลดของบันไดเลื่อน 3 เฟส 400 V

ความกว้าง (mm)	ระยะขึ้น (mm)	โหลด (kVA)
800	3000	11
	4000	
	4500	15
	5000	
	5500	
	6000	
1000	3000	11
	3500	
	4000	15
	4500	
	5000	
	5500	
	6000	20

47

ตารางที่ 7.11 ค่าโหลดของปั้นจั่น 3 เฟส 400 V

ขนาดการยกน้ำหนัก (Ton)	โหลด (kVA)
0.5	2.3
1	2.6
2	4
3.2	9
5	13
8	19
10	19
12.5	28
16	29
20	29
25	53
32	55
40	55
50	56

48

7.3.6 อุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงานมีอยู่มากมาย
เช่น เตารีด Microwave Water Heater เป็นต้น

โหลดทางไฟฟ้าสามารถ อ่านจาก Name Plate ได้
เช่น Water Heater 5000 W , 230 V

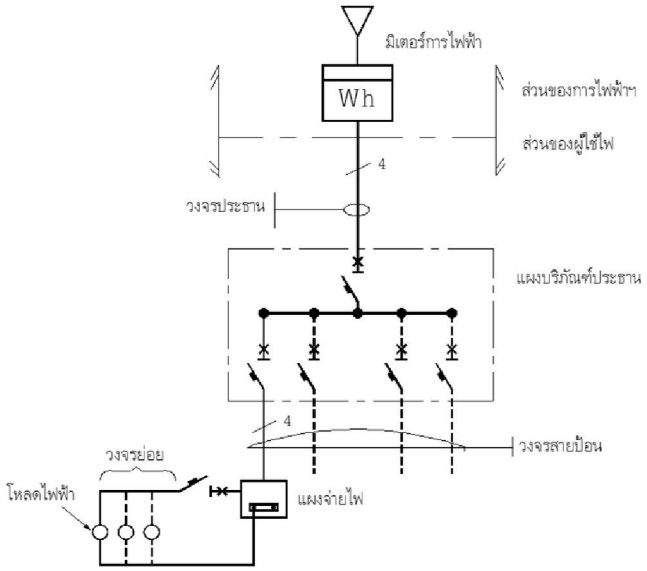
49

7.4 การแบ่งวงจรย่อย

ระบบไฟฟ้าในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าเช่น
อาคารที่อยู่อาศัย
อาคารพาณิชย์
โรงงานอุตสาหกรรม
จะประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ มากมายหลายวงจร
เพื่อให้สะดวกต่อการออกแบบ และติดตั้ง
จึงได้แบ่งวงจรไฟฟ้าเหล่านี้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

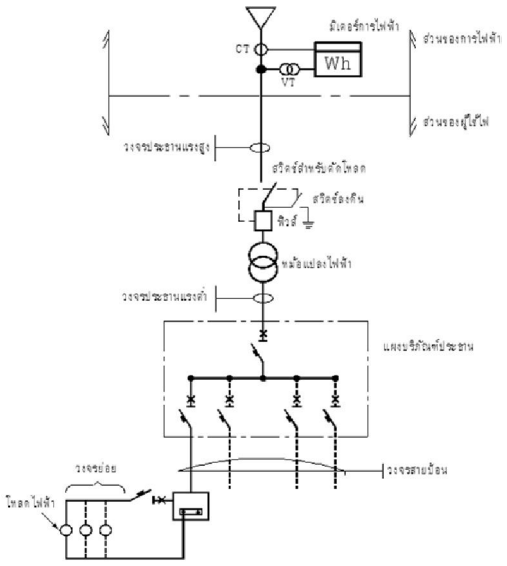
1. วงจรย่อย (Branch Circuit)
2. วงจรสายป้อน (Feeder Circuit)
3. วงจรประธาน (Main Circuit)

50



รูปที่ 7.1 ส่วนของวงจรในระบบแรงดันต่ำ

51



รูปที่ 7.2 ส่วนของวงจรในระบบแรงสูง

52

7.5 วงจรย่อย (Branch Circuit)

- วงจรย่อย คือ ส่วนของวงจรไฟฟ้า ที่ต่อมาจาก บริภัณฑ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลด
- โดยที่บริภัณฑ์ป้องกันนี้จะมีหน้าที่ป้องกันสายวงจรย่อย นั้นเท่านั้น
- วงจรย่อยอาจแบ่งตามลักษณะการจ่ายโหลดได้คือ

1. วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า
   (Lighting or Appliance Branch Circuit)
2. วงจรย่อยมอเตอร์
   (Motor Branch Circuit)

53

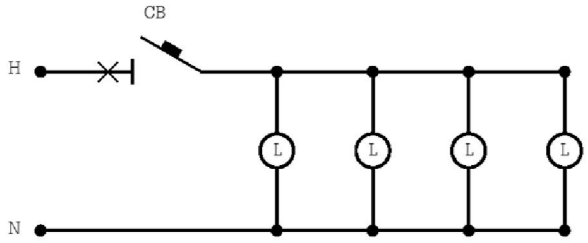
วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

(Lighting or Appliance Branch Circuit)

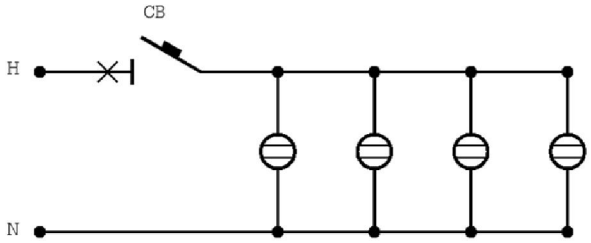
วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า
(Lighting or Appliance Branch Circuit)
อาจแบ่งเป็น 4 แบบคือ

1. วงจรย่อยแสงสว่าง (Lighting Branch Circuit)
2. วงจรเต้ารับ (Receptacle Branch Circuit)
3. วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ(Lighting and Receptacle Branch Circuit)
4. วงจรย่อยเฉพาะ (Individual Branch Circuit)

54

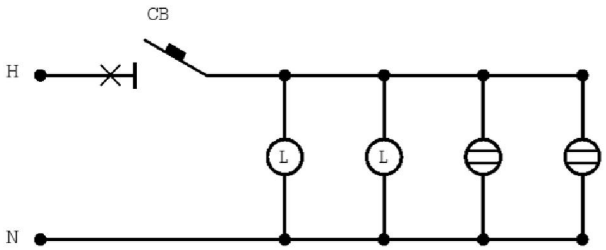


รูปที่ 7.3 วงจรย่อยแสงสว่าง

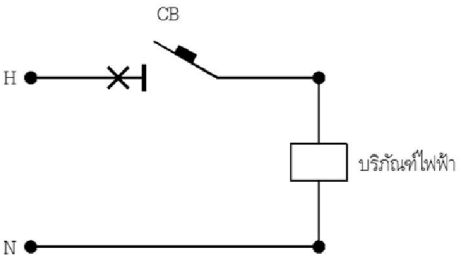


รูปที่ 7.4 วงจรย่อยเต้ารับ

55



รูปที่ 7.5 วงจรย่อยแสงสว่างและเต้ารับ



รูปที่ 7.6 วงจรย่อยเฉพาะ

56

7.5.1 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า
ผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่

$\therefore \quad L_{BC} = \Sigma L$

โดยที่

L_{BC} = โหลดวงจรย่อย (A , VA)

ΣL = ผลรวมของโหลด (A , VA)

57

ตัวอย่างที่ 7.6 วงจรย่อยแสงสว่าง 230 V 1 เฟส จ่ายโหลดหลอด HID 250 W HPF 8 ชุด ให้หาโหลด

วิธีทำ

หลอด HID 250 W HPF โหลด 300 VA

$L_{BC} = \Sigma L$

$= 8 \times 300$

$= 2400$ VA

58

ตัวอย่างที่ 7.7 วงจรย่อยเฉพาะจ่ายโหลดให้เครื่อง **Xerox** ซึ่งมีป้ายบอกพิกัด (**Name Plate**)

230 V , 8.5 A

ให้หาโหลดวงจรย่อย

วิธีทำ

โหลดวงจรย่อยคิดเป็นกระแส = **8.5 A**

โหลดวงจรย่อยคิดเป็นกำลังไฟฟ้า = **230 x 8.5**

= **1955 VA**

59

7.5.2 ขนาดตัวนำวงจรย่อย

- ตัวนำของวงจรย่อย ต้องมีขนาดกระแส ไม่น้อยกว่า โหลดสูงสุดที่คำนวณได้
- และต้อง ไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- ขนาด ไม่เล็กกว่า **2.5 mm^2**

60

ขนาดตัวนำวงจรย่อย (ต่อ)

$$I_{BC} \geq I_{CB} \geq L_{max}$$

โดยที่

I_{BC} = พิกัดตัวนำวงจรย่อย (A)

L_{max} = โหลดสูงสุดของวงจรย่อย (A)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

61

7.5.3 การป้องกันกระแสเกิน

วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน

และขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

ต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

62

เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้ขณะนี้ คือ

- Circuit Breaker , CB

ซึ่งต้องได้ตามมาตรฐาน

IEC 60898

หรือ IEC 60947-2

63

- CB ตาม IEC 60898

เหมาะสำหรับใช้กับ บ้านอยู่อาศัย

- CB ตาม IEC 60947-2

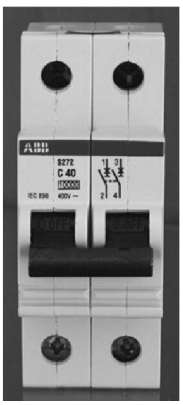
เหมาะสำหรับใช้ในอาคารพาณิชย์หรือ โรงงานอุตสาหกรรม

- ขนาดพิกัดของ CB ที่นิยมใช้คือ

10 A , 16 A,

20 A , 25 A , 32 A ,

40 A , 50 A และ 63 A



64

7.5.4 ขนาดพิกัดวงจรย่อย

- ขนาดพิกัดวงจรย่อยให้ เรียกตามขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน
- เช่น ถ้าวงจรย่อยมีเครื่องป้องกันกระแสเกิน 20 A ก็เรียกว่า BC 20 A เป็นต้น
- วงจรย่อยขนาดมาตรฐานที่นิยมใช้ คือ

  BC 10 A , BC 16 A ,

  BC 20 A , BC 25 A ,

  BC 32 A ,

  BC 40 A ,

  BC 50 A และ BC 63 A

65

ตัวอย่างที่ 7.8 วงจรย่อยแสงสว่าง 230 V , 1 เฟส จ่ายไฟให้ดวงโคม 12 ชุด ดวงโคมแต่ละชุดมีโหลด 200 VA ให้คำนวณหา

1) โหลดของวงจรย่อย

2) ขนาด CB , ขนาด BC

3) ขนาดสายตัวนำ

66

วิธีทำ

1) โหลดคิดเป็นกำลังไฟฟ้า = 12 x 200

= 2400 VA

I_L = 2400 / 230

= 10.4 A

67

ตัวอย่างที่ 7.8 (ต่อ)

2) CB ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าโหลด

ใช้ CB 16 A

BC 16 A

3) ขนาดตัวนำสายไฟฟ้า IEC 01

ในท่อร้อยสายโลหะ การติดตั้งกลุ่มที่ 2

2 x 2.5 mm^2 (21 A)

68

ในการออกแบบวงจรย่อยที่ดี (Good Design) นั้น
จะต้องไม่ใช้เต็มพิกัดวงจรย่อย
โดยจะต้องเผื่อสำหรับ

- โหลดที่ใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ
- การขยายโหลดในอนาคต

โดยทั่วไปจะใช้เพียง

60 – 80 % ของพิกัดวงจรย่อย

69

ตารางที่ 7.12 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกิน
ของวงจรย่อย

เครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	ขนาดสายตัวนำ เดินในท่อโลหะ (mm^2) (พิกัดตัวนำ)
16	2.5 (21 A)
20	4 (21 A)
25	6 (36 A)
32	6 (36 A)
40	10 (50 A)
50	10 (50 A)

70

ตัวอย่างที่ 7.9 วงจรย่อยแสงสว่าง 230 V , 1 เฟส 20 A
ถ้าต้องใช้ ไม่เกิน 70 % ของ BC
กับดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 2 x 36 W LPF
จะใช้ดวงโคมได้กี่จุดต่อวงจรย่อย

71

วิธีทำ

โหลดดวงโคม FL 2 x 36 W LPF = 2 x 100

= 200 VA

70 % BC 20 A = 230 x 20 x 0.7

= 3220 VA

ใช้ดวงโคมได้ = 3220 / 200

= 16.1

= 16 ชุด

72

7.5.5 แรงดันตกของวงจรย่อย

- แรงดันตกในวงจรย่อยจะต้องรักษาไว้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้ อย่าง มีประสิทธิภาพ

- ต้องออกแบบให้ แรงดันตกในวงจรย่อย ไม่ เกิน 1 - 2 % ของแรงดันพิกัด

73

ค่าแรงดันตกสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย สามารถคำนวณได้จากสูตร

VD = VD (T) x I x L / 1000 V

VD = แรงดันตกในวงจรย่อย (V)

VD (T) = ค่าแรงดันตกตามภาคผนวก ฐ (mV/A/m)

I = กระแสในวงจรย่อย (A)

L = ความยาวของสายวงจรย่อย (m)

74

ตัวอย่างที่ 7.10 วงจรย่อย 230 V ใช้สาย IEC 01 2 x 2.5 mm^2
กระแส 10 A ระยะ 30 m
ติดตั้งกลุ่มที่ 2 แรงดันตกเป็นเท่าใด

75

วิธีทำ

$VD = VD(T) \times I \times L / 1000$ V

$VD(T)$ = สายวงจรย่อย 2 x 2.5 mm^2 = 18mV/A/m
I = 10 A
L = 30 m

$VD = 18 \times 10 \times 30 / 1000$
$= 5.4$ V

76

7.5.6 การออกแบบวงจรย่อยแสงสว่าง

- เนื่องจากโหลดไฟฟ้าแสงสว่างถือว่าเป็นโหลดไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง ดังนั้นต้อง ใช้งานไม่เกิน 80 % ของวงจรย่อย (BC)
- การออกแบบที่ดีควรใช้งานประมาณ 50 - 70 % ของวงจรย่อย
- เป็นการเผื่อโหลดไว้ประมาณ 10 - 30 %

77

ตัวอย่างที่ 7.11 การออกแบบวงจรย่อยแสงสว่างซึ่งใช้ดวงโคมหลอด FL 2 x 36 W

วิธีทำ

โหลดของไฟฟ้าแสงสว่างโดยทั่วไป ถือว่าเป็น แบบต่อเนื่อง

โหลด FL 2 x 36 W ,

LPF = 2 x 100 = 200 VA

HPF = 2 x 60 = 120 VA

78

วงจรย่อย 16 A

ถ้าเลือกใช้งาน 60 % ของวงจรย่อย

ซึ่งเป็นการเผื่อโหลดเพิ่มเติมสำหรับอนาคตอีก 20 %

I = 16 x 0.6 = 9.6 A

VA = 230 x 9.6 = 2208 VA

79

วงจรย่อย 16 A

จำนวนชุดดวงโคมแบบ LPF ต่อวงจรย่อย

= 2208 / 200

= 11

= 11 ชุด

จำนวนชุดดวงโคมแบบ HPF ต่อวงจรย่อย

= 2208 / 120

= 18.4

= 18 ชุด

80

วงจรย่อย 20A

ถ้าเลือกใช้งาน 60 % ของวงจรย่อย

I = 20 x 0.6 = 12 A

หรือ VA = 230 x 12 = 2760 VA

81

วงจรย่อย 20A

จำนวนชุดดวงโคมแบบ LPF ต่อวงจรย่อย

= 2760 / 200

= 13.8

= 13 ชุด

จำนวนชุดดวงโคมแบบ HPF ต่อวงจรย่อย

= 2760 / 120

= 23 ชุด

82

อาจสรุปเป็นตารางได้ดัง ตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 ดวงโคม FL 2 x 36 W ใช้งาน 60 % ของวงจรย่อย

วงจรย่อย	จำนวนชุดดวงโคม	
	LPF	HPF
16 A	10	16
20 A	13	22

การออกแบบที่ดีควรใช้ไม่เกิน 10 ชุด ดวงโคมต่อวงจรย่อย

83

<u>ตัวอย่างที่ 7.12</u> การออกแบบวงจรย่อยแสงสว่างซึ่ง
ใช้ดวงโคมหลอด HID 400 W , 230 V

<u>วิธีทำ</u>

โหลดไฟฟ้าแสงสว่างโดยทั่วไปถือว่าเป็นแบบต่อเนื่อง

โหลด HID 400W , LPF = 750 VA

HPF = 500 “

โดยทั่วไปแล้วหลอด HID เป็นโหลดขนาดใหญ่
จึงใช้วงจรย่อย 20 A ขึ้นไป

84

วงจรย่อย 20A

เลือกใช้งาน 70 % ของวงจรย่อย เนื่องจากโหลด HID เป็นโหลดขนาดใหญ่ โอกาสที่จะเพิ่มโหลดในอนาคตน้อยกว่าโหลด FL

I = 20 x 0.7 = 14 A

หรือ VA = 230 x 14 = 3220 VA

85

จำนวนชุดดวงโคม LPF ต่อวงจรย่อย

= 3220 / 750

= 4.2

= 4 ชุด

86

จำนวนชุดดวงโคม HPF ต่อวงจรย่อย

= 3220 / 500

= 6.4

= 6 ชุด

ในทำนองเดียวกัน หลอด HID

ขนาดอื่น ๆ ก็สามารถคำนวณได้ดังแสดงค่า

ในตารางที่ 7.14

87

ตารางที่ 7.14 ดวงโคม HID ใช้งาน 70 % ของวงจรย่อย

วงจรย่อย	จำนวนชุดดวงโคม							
	250W.		400W.		700W.		1000W.	
	LPF	HPF	LPF	HPF	LPF	HPF	LPF	HPF
20 A	6	10	4	6	2	3	-	-
30 A	-	-	6	9	3	5	2	4
40 A	-	-	8	12	5	7	3	5

88

7.5.7 การออกแบบวงจรย่อยเต้ารับ

- โหลดเต้ารับทั่วไปที่ไม่ทราบแน่นอนให้คิดเป็น **180 VA** ทั้งแบบ **Single , Duplex** และ **Triplex**
- แต่เพื่อความสะดวกในการคำนวณอาจใช้ **200 VA** ก็ได้
- เต้ารับที่ใช้จะต้องเป็นแบบที่มีขั้วสายดิน และต้องต่อลงดิน

89

ตัวอย่างที่ 7.13 การออกแบบวงจรย่อยเต้ารับ **15 A** และ **20 A**

วิธีทำ

วงจรย่อย **16 A**

โหลดเต้ารับคิดโหลดเป็น **200 VA**

ถ้าใช้ **60 %** ของวงจรย่อย

$I = 0.6 \times 16 = 9.6\ A$

$VA = 9.6 \times 230 = 2208\ VA$

จำนวนเต้ารับต่อวงจรย่อย

$= 2208 / 200$

$= 11$ ชุด

90

วงจรย่อย 20 A

โหลดเต้ารับคิดโหลดเป็น 200 VA

ถ้าใช้ 60 % ของ BC

I = 0.6 x 20 = 12 A

VA = 12 x 230 = 2760 VA

91

วงจรย่อย 20 A

จำนวนเต้ารับต่อวงจรย่อย

= 2760 / 200

= 13 ชุด

ในการออกแบบที่ดี ควรใช้ไม่เกิน 10 เต้ารับ/วงจรย่อย

แต่เนื่องจากโหลดเต้ารับไม่แน่นอนเพื่อเป็นการเผื่อโหลด

ไว้ควรใช้ CB ขนาด 20 A

92

7.5.8 การออกแบบวงจรย่อยเฉพาะ

- ในการออกแบบวงจรย่อยเฉพาะ
  ควรใช้โหลดไม่เกิน 80 % วงจรย่อย

93

ตัวอย่างที่ 7.14 จงหาขนาดวงจรย่อย
และ ขนาดสายไฟของ หม้อต้มน้ำไฟฟ้า
ขนาด 3000 W 230 V

94

วิธีทำ

หม้อต้มน้ำไฟฟ้า ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง

$$I_L = 3000 / 230 = 13 \text{ A}$$

พิกัดกระแสของสายไฟ

$$I_{BC} \geq 1.25 \times 13 = 16.3 \text{ A}$$

ขนาดสายไฟ $2 \times 4 \text{ mm}^2$

บริภัณฑ์ป้องกัน CB = 20 AT

95

7.5.9 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัย

3.1.8 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัย และที่คล้ายคลึงกัน

3.1.9 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในสถานประกอบการที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

96

3.1.8 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัย และที่คล้ายคลึงกัน

วงจรย่อยต่อไปนี้นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า และติดตั้งตามบทที่ 4 แล้ว ต้องมีการป้องกันโดย ใช้เครื่องตัดไฟรั่วขนาด IDn ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย คือ

ก) วงจรเต้ารับ ในบริเวณ ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงจอดรถยนต์ ห้องครัว ห้องใต้ดิน

ข) วงจรเต้ารับ ในบริเวณ อ่างล้างชาม อ่างล้างมือ (บริเวณพื้นที่เคาน์เตอร์ ที่มีการติดตั้งเต้ารับภาย ใน ระยะ 1.5 m ห่างจากขอบด้านนอกของอ่าง)

97

ค) วงจรไฟฟ้าเพื่อ ใช้จ่ายภายนอกอาคาร และบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ทุกวงจร

ง) วงจรเต้ารับในบริเวณชั้นล่าง (ชั้น 1) รวมถึงใน บริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน ที่อยู่ในพื้นที่ปรากฏ ว่าเคยมีน้ำท่วมถึงหรืออยู่ใน พื้นที่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง

จ) วงจรย่อย สำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างอาบน้ำ

98

3.1.9 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในสถานประกอบการที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

วงจรย่อย ต่อไปนี้นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าและติดตั้งตามบทที่ 4 แล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้ เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด IDn ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย คือ

ก) วงจรสำหรับ สระหรืออ่างกายภาพบำบัด ธาราบำบัด อ่างน้ำแร่ (spa) อ่างน้ำร้อน (hot tub) อ่างนวดตัว

ข) เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน และ เครื่องทำน้ำเย็น

99

ค) วงจรย่อยเต้ารับ ในบริเวณต่อไปนี้

1) ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ ห้องครัว

2) สถานที่ทำงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง บนดาดฟ้า อู่ซ่อมรถ

3) ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ ที่ทำการเกษตร พืชสวนและปศุสัตว์

4) การแสดงเพื่อการพักผ่อน ในที่สาธารณะกลางแจ้ง

5) งานแสดงหรือขายสินค้า และ ที่คล้ายคลึงกัน

100

6) วงจรเต้ารับที่อยู่ชั้นล่าง (ชั้น 1) ชั้นใต้ดิน
รวมถึงวงจรเต้ารับที่อยู่ ต่ำกว่าระดับผิวดิน
ที่อยู่ในพื้นที่ปรากฏว่าเคยมีน้ำท่วมถึง
หรืออยู่ในพื้นที่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง

<u>ยกเว้น</u> มีระบบป้องกันน้ำท่วม

หมายเหตุ การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วตาม ข้อ 3.1.8 และข้อ 3.19
เป็นการติดตั้งเพิ่มเติม
นอกเหนือจาก สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามบทที่ 4

101

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้ต้องติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว

- เครื่องทำน้ำอุ่น
- เครื่องทำน้ำร้อน
- อ่างน้ำวน

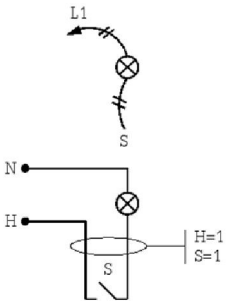
102

7.5.10 การเขียนแบบวงจรย่อย

วงจรย่อยที่ได้รับการออกแบบแล้ว

สามารถเขียนแบบแสดงการต่อวงจรได้ ดังนี้

1. สวิตช์ 1 ตัว ดวงโคม 1 ชุด



รูปที่ 7.7

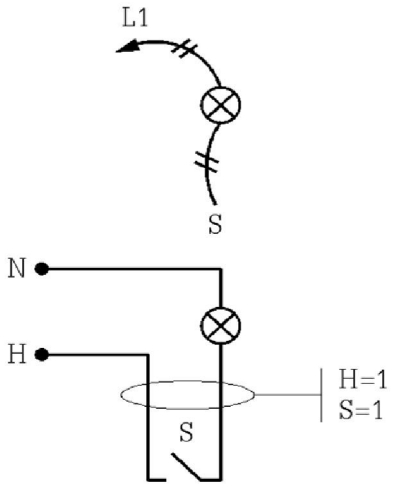
สาย H คือ สายที่มีไฟ (Hot)

สาย N คือ สายนิวทรัล (Neutral)

สำหรับจำนวนสายไฟฟ้า 2 เส้นที่เขียนนั้น ถ้าไม่ได้แสดงจำนวนเส้นแสดงว่าเป็นสาย 2 เส้น

103

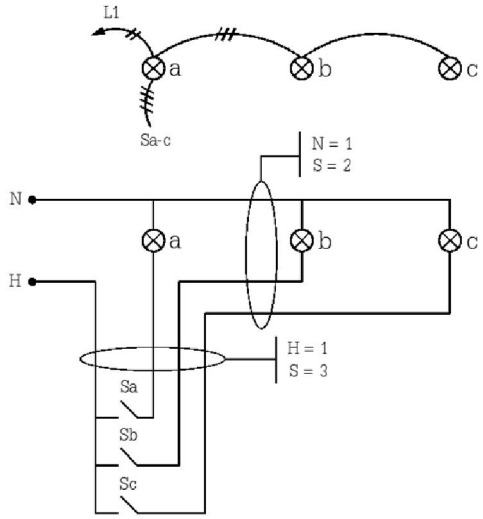
2. สวิตช์ 2 ตัว ดวงโคม 2 ชุด



รูปที่ 7.8

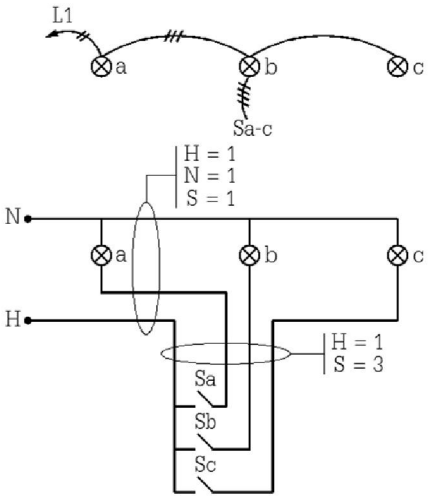
104

3. สวิตช์ 3 ตัว ดวงโคม 3 ชุด



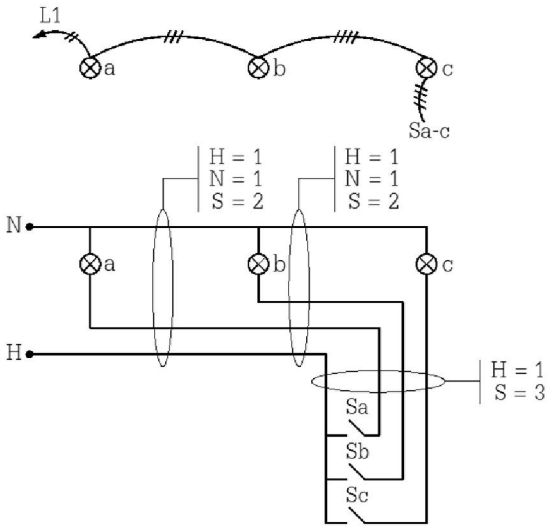
รูปที่ 7.9

105



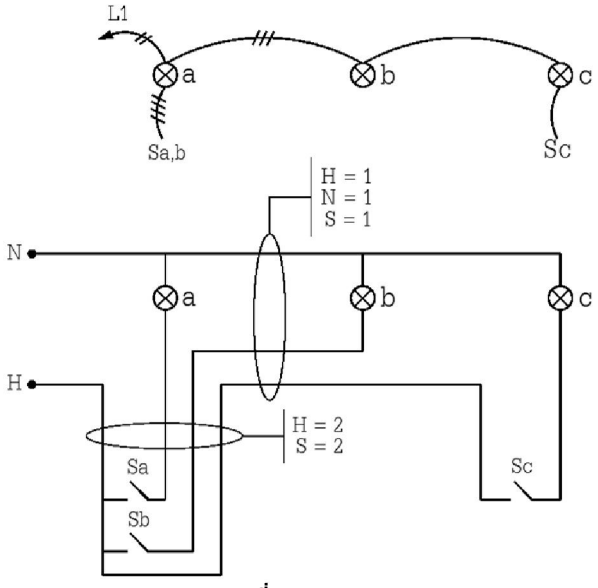
รูปที่ 7.10

106



รูปที่ 7.11

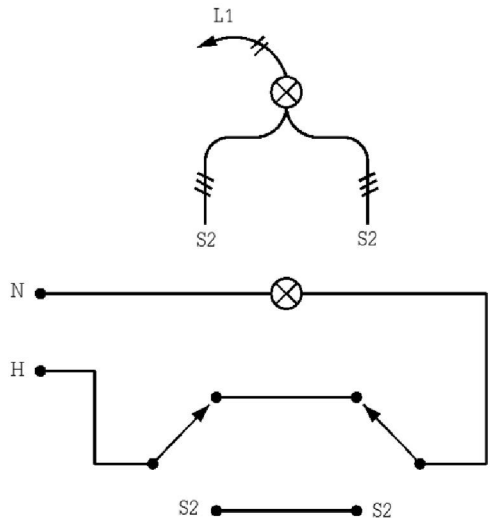
107



รูปที่ 7.12

108

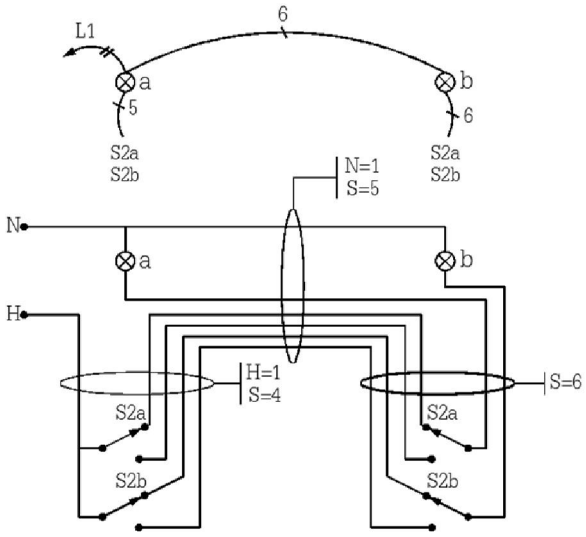
4. สวิตช์ 2 ทาง ดวงโคม 1 ชุด



รูปที่ 7.13

109

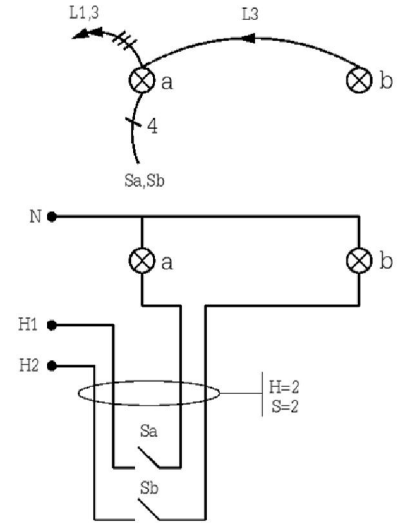
5. สวิตช์ 2 ทาง ดวงโคม 2 ชุด



รูปที่ 7.14

110

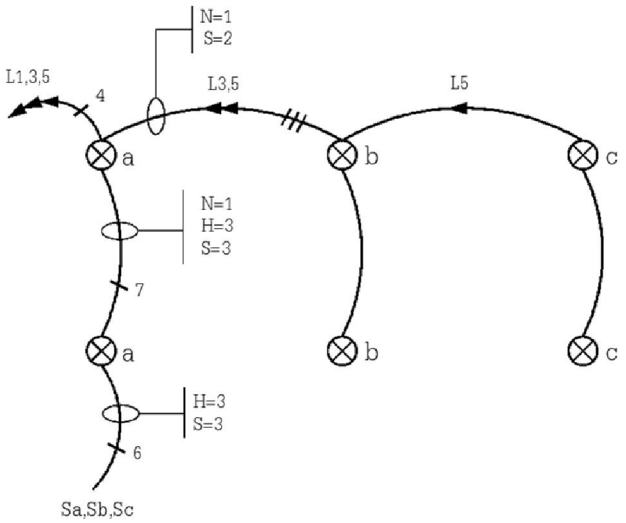
6. สวิตช์ 2 ตัว ดวงโคม 2 ชุด ๆ ละ 1 เฟส



รูปที่ 7.15

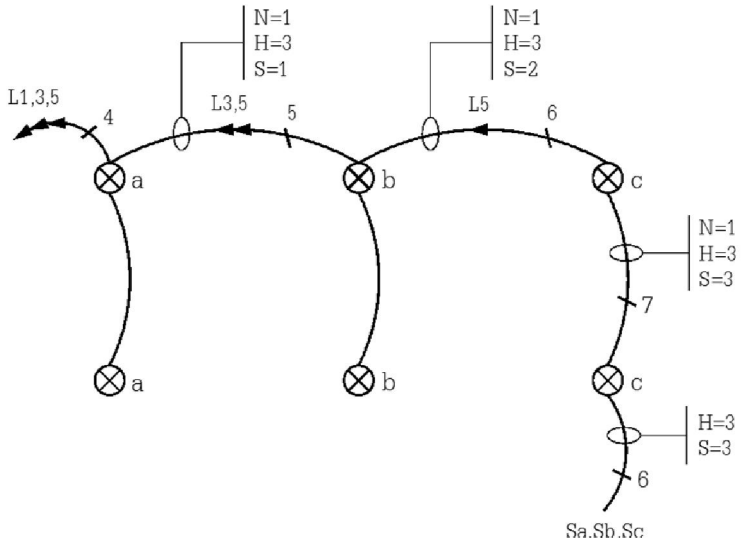
111

7. สวิตช์ 3 ตัว ดวงโคม 3 ชุด ๆ ละ 1 เฟส



รูปที่ 7.16

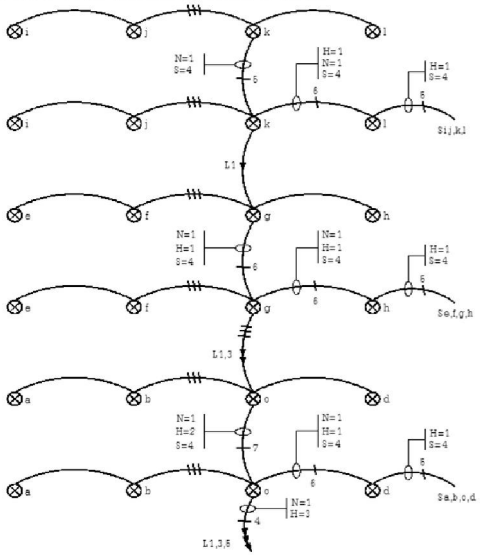
112



รูปที่ 7.17

113

8. สวิตช์หลายตัว ดวงโคมหลายชด 3 เฟส



รูปที่ 7.18

114

7.5.11 แผงย่อยกับวงจรย่อย (Panelboard)

- เป็นจุดเริ่มต้นของวงจรย่อย
- มีบริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินติดตั้งอยู่ภายใน
- บริภัณฑ์ป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ในแผงย่อย คือ Circuit Breaker (CB)

115

แผงย่อยกับวงจรย่อย (Panelboard) (ต่อ)

- การเลือกใช้แผงย่อยต้องพิจารณาจาก จำนวนวงจรที่ต้องการใช้ ในกรณีไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จำนวนวงจร เป็นมาตรฐานคือ 12 , 18 , 24 , 30 , 36 และ 42 วงจร

116

แผงย่อยกับวงจรย่อย (Panelboard) (ต่อ)

- ต้องเลือกขนาดบัสบาร์ให้มีพิกัดเพียงพอ กับความต้องการไฟฟ้า ของวงจรย่อย ทุกวงจรรวมกัน
- ขนาด 100 A , 200 A

117

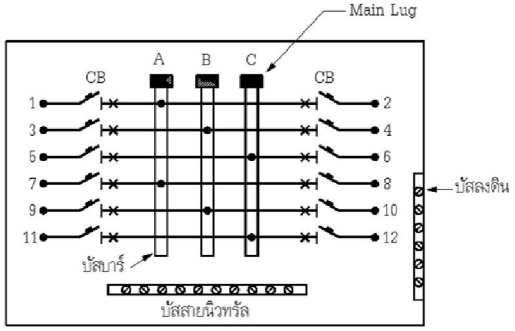
แผงย่อยกับวงจรย่อย (Panelboard) (ต่อ)

- พิกัดของบัสบาร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในแผงย่อย ต้องมีค่าไม่น้อยไปกว่า ขนาดพิกัดของสายป้อน ที่จะจ่ายไฟมายังแผงย่อยนั้น
- โดยทั่วไปบัสบาร์จะมีขนาดพิกัด 100 A และ 200 A

118

การให้ชื่อของวงจรย่อยจะเรียงตาม

- **ลำดับเฟส**
- **เลขลำดับวงจรจากซ้ายไปขวา**
- **จากบนลงล่าง ดังแสดงในรูป 7.20**



รูปที่ 7.19 แผงย่อยขนาด12 วงจร

<u>หลักทั่วไปในการเลือกใช้ และออกแบบแผงย่อยมีดังนี้</u>

1. **แผงย่อยหนึ่ง ๆ จะมีวงจรย่อยได้**
   ไม่เกิน 42 วงจร

2. **ระยะทางของวงจรย่อยจากแผงย่อย ไป**
   จนถึงจุดจ่ายไฟจุดสุดท้าย ควร ยาวไม่เกิน 50 m

หลักทั่วไปในการเลือกใช้ และออกแบบแผงย่อยมีดังนี้ (ต่อ)

3. แผงย่อยจะต้องติดตั้งในบริเวณที่สามารถ
   เข้าถึงได้โดยง่าย โดย ติดตั้งสูงไม่เกิน 1.8 m
   และไม่มีอะไรมาขวาง สามารถเข้าไปทำงานได้ง่าย

4. แผงย่อย ควรจะติดตั้งในบริเวณศูนย์กลาง
   ของการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้า
   ไปยังจุดต่าง ๆ โดยมีแรงดันตกน้อยที่สุด

121

หลักทั่วไปในการเลือกใช้ และออกแบบแผงย่อยมีดังนี้ (ต่อ)

5. แผงย่อย ควรจะติดตั้งให้ อยู่ในแนวของสายป้อน
   เพื่อให้สายป้อนมีระยะสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
   และให้มีการโค้งงอน้อยที่สุด

6. ค่าพิกัดของแผงย่อย จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า
   ค่าพิกัดของสายป้อน

122

หลักทั่วไปในการเลือกใช้ และออกแบบแผงย่อยมีดังนี้ (ต่อ)

7. ในแต่ละชั้นของอาคารควรจะ
   มีแผงย่อย อย่างน้อย 1 แผง

8. แผงย่อย จะต้องมี
   บริภัณฑ์ป้องกันหลัก (Main Protection)

123

7.5.12 การใช้ Neutral ร่วมของวงจรย่อยแสงสว่าง 3 เฟส 4 สาย

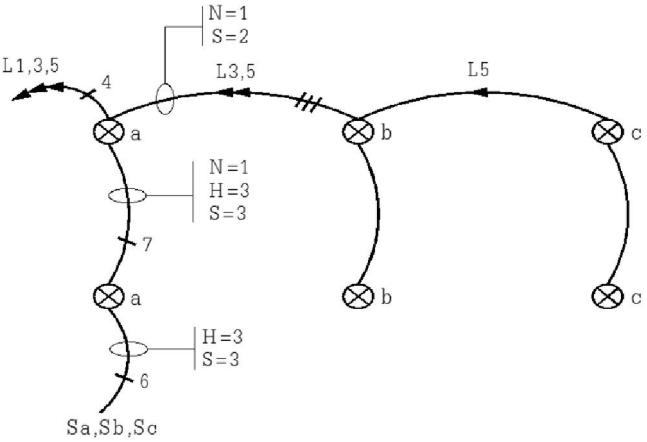
- กรณี วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง 3 เฟส 4 สาย
  ที่จ่ายโหลด 1 เฟส และ เดินรวมในช่องเดินสายเดียวกัน
  อนุญาตให้ใช้ ตัวนำนิวทรัลร่วมกันได้

  โดยโหลดแต่ละเฟสต้องมีโหลดใกล้เคียงกัน
  และขนาดตัวนำนิวทรัลไม่เล็กกว่าตัวนำเฟส

  ยกเว้นโหลดที่มีฮาร์มอนิกส์สูง

124

วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง 3 เฟส 4 สาย ใช้ Neutral ร่วม



125

- ระบบไฟฟ้า แรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย

  นับว่าเป็นระบบไฟฟ้า ที่ดีที่สุด และ ใช้มากที่สุด

- มีเหตุผลหลายประการคือ

  1) สามารถใช้กับ โหลด 1 เฟส และ 3 เฟส ได้

  2) โหลด 1 เฟส ถ้าใช้ครบ 3 เฟส และสมดุล

  จะไม่มีกระแสโหลดใน Neutral

  3) กำลังสูญเสียสาย ของ ระบบ 3 เฟส 4 สาย

  จะน้อยกว่าระบบ 1 เฟส 3 ชุด ซึ่งมี

  กระแสโหลด 6 เส้น และสามารถประหยัดสายได้

126

-ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ โหลด 1 เฟส ถ้าเดิน **Neutral** แยกกัน มีผลดังนี้

1) ถ้าเดินในท่อเดียวกัน ซึ่งมี 6 เส้น

และ ต้องมีตัวคูณปรับค่า สำหรับ 3 วงจร Cg = 0.7

2) ถ้าเดินในท่อแยกกัน มี 2 เส้น ไม่ต้องมีตัวคูณปรับค่า

และ ต้องมีท่อ 3 ท่อ

3) กำลังสูญเสียในสาย ในการเดินแยกกัน

จะเพิ่มเป็นประมาณ 2 เท่า ของระบบ ที่ Neutral ร่วมกัน

127

- สำหรับระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย

สำหรับโหลด 1 เฟส การเดินสายแบบ Neutral ร่วมกัน

จะประหยัด และค่าสูญเสียในสายต่ำ

- แต่ต้องระวัง Neutral ของชุดที่ใช้ร่วมกับ หลุด หรือ ขาด

เมื่อ Neutral หลุด ระบบจะกลายแบบ Potential Divider

ซึ่ง แรงดันที่โหลดบางส่วนอาจสูง

และทำให้ เกิดความเสียในอุปกรณ์ได้

128

7.5.13 จำนวนวงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย

- จำนวนวงจรย่อยที่มีในแผงย่อย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของแผงย่อย
- สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400V หรือ 220/380V นั้น
- โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตจะทำให้มีจำนวนวงจรย่อยเป็นมาตรฐาน คือ 12 , 18 , 24 , 30 , 36 และ 42 วงจร

129

วงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. วงจรย่อยใช้งาน (Active Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่จ่ายโหลดจริง ๆ จึงมีทั้ง CB และสายวงจรย่อย
2. วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit) คือ วงจรย่อยที่คาดว่าจะใช้ในอนาคตจะมีเฉพาะ CB แต่ไม่มีสายวงจรย่อย
3. วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit) คือ ช่องว่างที่จะใส่ CB ในอนาคต

130

ในการออกแบบนั้น ควรใช้
วงจรย่อยปริมาณหนึ่งเป็นวงจรใช้งาน
ส่วนที่เหลือนั้นใช้เป็นวงจรย่อยสำรอง
และ วงจรย่อยว่าง เพื่อเผื่อโหลดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
โดยทั่วไปจะใช้วงจรย่อยดังต่อไปนี้

Active Branch Circuit	60-80 %	ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Spare Branch Circuit	10-20 %	ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Space Branch Circuit	10-20 %	ของวงจรย่อยในแผงย่อย

131

<u>ตัวอย่างที่ 7.15</u> แผงย่อย 30 วงจร
ควรใช้เป็น Active , Spare
และ Space อย่างละกี่วงจร

132

กรณีที่ 1 ให้ใช้

Active Circuit 60 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Spare Circuit 20 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Space Circuit 20 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย

จะได้

Active Circuit	0.6 x 30	=	18	วงจร
Spare Circuit	0.2 x 30	=	6	วงจร
Space Circuit	0.2 x 30	=	6	วงจร
รวม			30	วงจร

133

กรณีที่ 2 ให้ใช้

Active Circuit 70 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Spare Circuit 15 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย
Space Circuit 15 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย

จะได้

Active Circuit	0.70 x 30	=	21	วงจร
Spare Circuit	0.15 x 30	=	5	วงจร
Space Circuit		=	4	วงจร
รวม			30	วงจร

134

กรณีที่ 3 ให้ใช้

Active Circuit 80 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย

Spare Circuit 10 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย

Space Circuit 10 % ของวงจรย่อยในแผงย่อย

จะได้

Active Circuit	**0.80 x 30**	**=**	**24**	วงจร
Spare Circuit	**0.10 x 30**	**=**	**3**	วงจร
Space Circuit	**0.10 x 30**	**=**	**3**	วงจร
	รวม		**30**	วงจร

135

ตารางที่ 7.15 จำนวนวงจรย่อยที่ใช้ในแผงย่อย

แผงย่อย	60 %			70 %			80 %		
(วงจร)	Active	Spare	Space	Active	Spare	Space	Active	Spare	Space
12	7	3	2	8	2	2	9	2	1
18	10	4	4	12	3	3	14	2	2
24	14	5	5	16	4	4	19	3	2
30	18	6	6	21	5	4	24	3	3
36	21	8	7	25	6	5	28	4	4
42	25	9	8	29	7	6	33	5	4

136

ตารางที่ 7.16 สรุปจำนวนวงจรย่อยที่แนะนำให้ใช้ในแผงย่อย

แผงย่อย (วงจร)	Active	Spare	Space
12	7 - 9	2 - 3	1 - 2
18	10 - 14	2 - 4	2 - 4
24	14 - 19	3 - 5	2 - 5
30	18 - 24	3 - 6	3 - 6
36	21 - 28	4 - 8	4 - 7
42	25 - 33	5 - 9	4 - 8

137

7.5.14 ข้อแนะนำในการออกแบบวงจรย่อย

- คำแนะนำต่อไปนี้สามารถใช้เป็นหลักการพื้นฐานในการออกแบบวงจรย่อย

- แม้ว่าในบางกรณีอาจจะต้องดัดแปลงแก้ไขบ้างตามความเหมาะสม

138

หลักในการออกแบบวงจรย่อย มีดังนี้

1. การจัดวงจรย่อย เพื่อจ่ายโหลดชนิดต่าง ๆ นั้น
   ควรให้ วงจรย่อยจ่ายโหลดประเภทต่าง ๆ แยกกัน
   เช่น วงจรย่อยจ่ายโหลดแสงสว่าง ,
   วงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่
   และวงจรย่อยเต้ารับ
   โดยวงจรย่อยบริภัณฑ์ไฟฟ้าอยู่กับที่
   ควรจัดเป็นวงจรย่อยเฉพาะ

139

2. การออกแบบที่ดีนั้น ควรจะมีการเผื่อโหลดในอนาคต
   ดังนั้นสำหรับวงจรย่อยแสงสว่าง
   และวงจรย่อยเต้ารับทั่วไป เพื่อเป็นการเผื่อโหลด
   ควรจะให้โหลดวงจรย่อยไม่เกิน 60 %
   ในกรณีโหลดต่อเนื่อง ซึ่งจะมีการเผื่อโหลดไว้ 20 %
   เช่น
   ขนาดวงจรย่อย 20 A
   จ่ายโหลด 0.6 x 20 = 12 A
   หรือ 12 x 230 = 2760 VA

140

3. การพิจารณาโหลดเป็นชนิดต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่อง
บางครั้งไม่สามารถทราบได้
ดังนั้นเมื่อไม่มีข้อมูลเพียงพอ
การออกแบบที่ดีควรถือโหลดเป็นแบบต่อเนื่อง
ซึ่งจะเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตด้วย

141

4. การไฟฟ้าฯ กำหนดให้สายไฟ 2.5 mm^2
เป็นขนาดเล็กที่สุด ซึ่งมีพิกัดกระแส 21 A
ซึ่งจะใช้ได้กับวงจรย่อยขนาด 5 A , 10 A และ 16 A
แต่เพื่อเป็นการจ่ายโหลดได้มากและคุ้มค่า
ควรจะใช้วงจรย่อยขนาด 16 A

142

5. โหลดเต้ารับทั่วไปคิดเป็น 180 VA
   เพื่อเป็นการเผื่อโหลด อาจใช้เป็น 200 VA

6. ในวงจรย่อยหนึ่ง ๆ ควรมีจำนวนจุดต่อไฟที่พอเหมาะ
   เนื่องจากถ้าน้อยเกินไปจะเป็นการไม่ประหยัด
   แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้ความเชื่อถือได้ลดลง
   วงจรย่อยหนึ่งควรมีจุดต่อไฟประมาณ 10 จุด

143

7. การจ่ายไฟให้โหลดควรคำนึงถึงขนาดแรงดันตก
   ที่โหลดด้วย
   ระยะห่างจากแผงย่อยถึงจุดต่อไฟจุดสุดท้าย
   ไม่ควรเกิน 50 m เพื่อแรงดันตกไม่เกิน 2%
   สำหรับระยะทางไกลกว่านี้ ควรพิจารณาเพิ่ม
   ขนาดสายไฟให้ใหญ่ขึ้น

144

7.6 สายป้อน

- หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่รับไฟจากสายประธานไปจนถึงบริภัณฑ์ป้องกันวงจรย่อย แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท
  1. สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า
  2. สายป้อนมอเตอร์
  3. สายป้อนผสม
- จะกล่าวถึงเฉพาะ สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

145

7.6.1 การคำนวณโหลดสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

$$LF = \sum (L_{BC}) \times D.F.$$

โดยที่

LF = โหลดของสายป้อน (A , VA , kVA)

$\sum L_{BC}$ = ผลรวมของโหลดวงจรย่อย (A , VA , kVA)

$D.F.$ = ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)

146

ตัวอย่างที่ 7.16 สายป้อนชุดหนึ่งจ่ายไฟให้แผงจ่ายไฟ
ซึ่งมีวงจรอยู่ 12 วงจร โดยมีรายละเอียดดังนี้
วงจร 1 – 6 โหลดวงจรละ 2000 VA
วงจร 7 – 12 โหลดวงจรละ 3000 VA
ถ้าให้ D.F. รวมเป็น 80 %
ให้หาโหลดของสายป้อน

147

วิธีทำ

$$LF = (\sum L_{BC}) \times D.F.$$

$$\sum L_{BC} = 2,000 \times 6 + 3,000 \times 6$$

$$= 30,000 \text{ VA}$$

$$LF = 30,000 \times 0.8$$

$$= 24,000 \text{ VA}$$

$$= 24 \text{ kVA}$$

148

7.6.2 ขนาดตัวนำสายป้อน

- ตัวนำสายป้อนต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุด
- ไม่น้อยกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน
- ขนาดตัวนำสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า **4 mm^2**

149

ขนาดตัวนำสายป้อน (ต่อ)

$$I_F \geq I_{CB} \geq I_{Lmax}$$

โดยที่

I_F = พิกัดกระแสตัวนำสายป้อน (A)

I_{Lmax} = โหลดสูงสุด (A)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

150

7.6.3 การป้องกันกระแสเกิน

- สายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน

- ขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน
  ต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

151

ตัวอย่างที่ 7.17 สายป้อนชุดหนึ่งใช้ไฟ 3 เฟส 4 สาย 400 V
คำนวณโหลดสูงสุดได้ 120 kVA
ให้หา

1) ตัวนำสายป้อนตามตารางที่ 4
เดินในท่อร้อยสายโลหะ

2) พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน

152

วิธีทำ

$I_F = \frac{120 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 173 \text{ A}$

ขนาดสาย IEC 01

เดินในท่อร้อยสายโลหะ 4 x 120 mm^2 (208 A)

ใช้ CB 200 A

153

ตัวอย่างที่ 7.18 โหลด 1000 VA 3 เฟส 4 สาย 230/400 V จงหากระแสโหลดสายป้อนที่ต้องใช้โดยพิจารณาเป็นโหลดต่อเนื่อง

154

วิธีทำ

230/400 V 3ph , 4w

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

สำหรับโหลด 1000 VA (1 kVA) , 400 V
นั้นคิดเป็นกระแสได้ 1.443 A
ถ้าเป็นโหลดต่อเนื่อง
พิกัดกระแสสายป้อน

$$I_F \geq 1.25 \times 1.443 = 1.80 \text{ A}$$

155

7.6.4 สายนิวทรัล (Neutral)

- ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจ่ายให้กับโหลดชนิด 1 เฟส
- ขนาดสาย Neutral จะต้องมี ขนาดเพียงพอที่จะนำ กระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดได้
- และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า
- การคำนวณหาขนาดสาย Neutral สามารถทำได้ดังนี้

156

ขนาดสาย Neutral

1. กรณีโหลดมีกระแสไม่เกิน 200 A

$I_N = I_P$ คือ ใช้ขนาดสาย Neutral เท่ากับสายเฟส (Full Neutral)

157

2. กรณีโหลดมีกระแสเฟสมากกว่า 200 A

- โหลดชนิดไม่มีกระแส Harmonic

$I_N = 200 + 0.7 (I_P - 200)$

- กรณีโหลดชนิด Electric Discharge , Data Processing หรือ โหลดอื่นที่มีกระแส Harmonic ในสาย Neutral

$I_N = I_P$ คือ ใช้ขนาดสาย Neutral เท่ากับสายเฟส (Full Neutral)

158

ตัวอย่าง 7.19 จงหาขนาดสาย Neutral ของสายป้อนที่จ่ายไฟให้กับแผงย่อย โดยที่แผงย่อยมีโหลดเป็นหลอดไส้ (Incandescent)

ขนาด 100 kVA 230/400 V, 3 ph , 4 w

159

วิธีทำ

$I_L = 1.443 \times 100 = 144$ A

$I_L < 200$ A

$I_N = 144$ A

คือสายนิวทรัลเท่ากับสายเฟส IEC 01

4 x 95 mm^2 (180 A)

160

ตัวอย่างที่ 20 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) โหลดทั้งหมด เป็น โหลด 1 เฟส

วิธีทำ

กระแสโหลดทั้งหมด 200 A
เลื่อก CB 250 A

161

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

162

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

163

2) โหลดทั้งหมด เป็น โหลด 1 เฟส

สาย Neutral ใช้ขนาดตาม โหลด 1 เฟส

CB 250 A G - 25 mm^2

สาย Neutral เท่า สาย Phase

4 x 185 mm^2 , G – 25 mm^2

164

ตัวอย่างที่ 7.21 จงหาขนาดสาย Neutral ในระบบ 3 เฟส 4 สาย เมื่อจ่ายโหลดต่าง ๆ ดังนี้

1) หลอดไส้ 1 เฟส มีกระแสโหลด 1000 A
2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 เฟส มีกระแสโหลด 1000 A
3) หลอดไส้ 1 เฟส มีกระแสโหลด 500 A และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 เฟส มีกระแสโหลด 500 A

165

วิธีทำ

กรณี 1 หลอดไส้ กระแสโหลด 1000 A
หลอดไส้เป็นโหลดชนิดไม่มี Harmonic
โดยมีกระแสโหลดมากกว่า 200 A ดังนั้น

$$I_N \geq 200 + 0.7 (I_{LN} - 200)$$
$$\geq 200 + 0.7 (1000 - 200)$$
$$\geq 760 \text{ A}$$

166

<u>กรณี 2</u> หลอดฟลูออเรสเซนต์ กระแสโหลด 1000 A

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด

ชนิด Electric Discharge ดังนั้น

$$I_N = I_{LN}$$

$$= 1000 \text{ A}$$

167

<u>กรณี 3</u> หลอดไส้ และ หลอดฟลูออเรสเซนต์

การหาขนาดสาย Neutral จะต้องคิดรวมจาก

หลอดไส้ และ หลอดฟลูออเรสเซนต์

$$I_N \geq 200 + 0.7 (500 - 200) + 500$$

$$\geq 910 \text{ A}$$

168

7.6.5 แรงดันตก

แรงดันตกสำหรับสายป้อนนั้น ไม่ควรเกิน 2-3 %
รวมแรงดันทั้งหมดแต่ไม่ควรเกิน 5 %

โดยค่าแรงดันตกนี้อาจหาได้จากตารางหรือคำนวณ
ตามสูตรค่าแรงดันตกสำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

169

VD = VD (T) x I x L / 1000

VD = แรงดันตกในวงจรย่อย (V)

VD (T) = ค่าแรงดันตกตามภาคนวก ฐ (mV/A/m)

I = กระแสในวงจรย่อย (A)

L = ความยาวของสายวงจร (m)

170

ตัวอย่างที่ 7.22 ตู้ MDB ใช้ไฟ 230/400 V 3 เฟส 4 สาย
ห่างจากตู้ ป้อนไฟย่อย (DB) 100 m
และจ่ายโหลดให้ตู้ DB ที่ค่าโหลด 120 A
ถ้าใช้ สาย XLPE ติดตั้งในกลุ่มที่ 2
แรงดันตกไม่เกิน 3 %
จะใช้สายขนาดเท่าใด

171

วิธีทำ

VD = 3 % 400 x 0.03 = 12 V

เลือกสายขนาด 35 mm^2 เปิดตาราง 5-20 ได้ 206 A

ดูค่า VD(T) จากภาคผนวก ฐ 3 = 1.17 mV/A/m

VD = VD (T) x I x L / 1000

= 1.17 x 120 x 100 / 1000

= 14.0 V

172

VD สูงไป ต้องเลือกสายขนาดโตขึ้น

เลือกสายขนาด 50 mm^2 VD(T) = 0.90 mV/A/m

VD = VD (T) x I x L / 1000

= 0.90 x 120 x 100 / 1000

= 10.8 V

ใช้ได้ เลือกสายขนาด 50 mm^2

173

7.7 การจัดทำรายการโหลด (Load Schedule)

- ขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่งของการออกแบบไฟฟ้า คือการทำ Load Schedule
- ในการจัดทำรายการโหลด (Load Schedule) ของระบบไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไปแล้วนั้นสามารถแบ่งออกได้
  - ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย 230 V
  - ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400 V

174

- เนื่องจากในการจัดทำรายการโหลดนั้นส่วนใหญ่

  เป็นแบบ ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

  ดังนั้นในที่นี้จึงจะขอกล่าวเฉพาะ

  วิธีการจัดทำรายการโหลดของ ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

175

ขั้นตอนการทำ Load Schedule

1. ทำการคำนวณหาโหลดของวงจรย่อยต่าง ๆ

โดยเริ่มจาก

วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง

วงจรย่อยเต้ารับ

วงจรย่อยโหลดเฉพาะ

วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ

และวงจรย่อยมอเตอร์

176

2. ทำการจัดวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง

โดยให้ใช้หมาย เลขวงจรย่อยตามลำดับ

คือ 1 (A) , 3 (B) , 5 (C)

ตามด้วย 2 (A) , 4 (B) , 6 (C)

และ 7(A) , 9 (B) , 11(C)

และต่อไปเรื่อย ๆ ทำจนครบวงจรย่อยไฟฟ้า แสงสว่าง การที่ให้หมายเลขวงจรย่อย เป็นไปตามลำดับข้างต้นก็เพื่อที่จะเป็น การทำโหลดไฟฟ้าแสงสว่างเกิด ความสมดุลระหว่างเฟส

177

3. ทำการจัดวงจรย่อยเต้ารับโดย

ให้หมายเลขวงจรย่อยต่อ จากหมายเลขวงจรย่อยไฟฟ้า แสงสว่าง และพยายามจัด ให้เกิดความสมดุลกันเอง เท่าที่จะทำได้

4. ทำการจัดวงจรย่อยของโหลดเฉพาะ

ถ้ามีโหลดเฉพาะหลายชุดก็ให้พยายาม จัดโหลดให้เกิด ความสมดุลกัน

178

5. ทำการจัดวงจรย่อยของเครื่องปรับอากาศ ให้เกิดความสมดุล

6. ทำการจัดวงจรย่อยของมอเตอร์

ได้แก่ วงจรบริภัณฑ์ ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่
ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ ได้แก่ ปั๊ม เป็นต้น

179

7. ทำการจัดวงจรย่อยของโหลดต่าง ๆ จนครบแล้ว

ก็จะต้องจัดให้มี วงจรย่อยสำรอง (Spare Branch Circuit)
และ วงจรย่อยว่าง (Space Branch Circuit)
ในการออกแบบควรให้มี
วงจรย่อยสำรองและวงจรย่อย ว่าง
ประมาณ 20 - 30 % ของวงจรทั้งหมด
แผงย่อยจะมีจำนวนวงจรมาตรฐานเป็น
12 , 18 , 24 , 30 , 36 และ 42 วงจร

180

8. ทำการรวมโหลดของแต่ละเฟส

แล้วตรวจดูว่าโหลดของแต่ละ เฟสสมดุลหรือไม่
โดยมีความแตกต่างกันไม่เกิน 20 %
ถ้าโหลดยังไม่สมดุลให้ทำการจัดสลับหมายเลข
วงจรเพื่อให้ โหลดแต่ละเฟสมีความสมดุลกันดีขึ้น
จากนั้นก็รวมโหลดแต่ละเฟส เข้าด้วยกันได้
เป็นโหลดติดตั้งทั้งหมด (Total Connected Load)

181

9. จากโหลดติดตั้งทั้งหมดที่ได้

สามารถนำไปคำนวณหาขนาด ของสายป้อน

และขนาดของ CB ที่ป้องกันสายป้อนนั้นต่อไป

182

การคำนวณขนาดสายป้อนและบริภัณฑ์ป้องกัน

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400 V

สมมุติให้ Total Connected Load = L kVA

$$I_L = \frac{Lx1000}{\sqrt{3}x400}$$

$$= 1.44 \times L$$

พิกัดกระแสสายป้อนอาจพิจารณา
ตามโหลดลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

183

1) โหลดทั้งหมดเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

$I_F = 1.00 \times 1.44 \times L = 1.44 \times L$

2) โหลดทั้งหมดเป็นแบบต่อเนื่อง

$I_F = 1.25 \times 1.44 \times L = 1.80 \times L$

เนื่องจากโหลดรวมจากรายการโหลดจะประกอบไปด้วย
โหลดหลายชนิด ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
ดังที่กล่าวไปแล้วเพื่อเป็นการเผื่อโหลดในอนาคต
จะถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่องทั้งหมด

$I_F = 1.80 \times L$

184

บริภัณฑ์ป้องกัน

CB = ใช้ขนาดสูงขึ้นถัดไปของ CB

ในกรณีที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าต้องการเผื่อโหลด สำหรับอนาคตมากกว่านี้ ก็สามารถทำได้ดังนี้

$$I_F = 2.00 \times L$$

185

ข้อเสนอแนะ

การให้ $I_F = 2.00 \times L$

นั้นนอกจากจะเป็นการ
เผื่อโหลดสำหรับอนาคตแล้ว
ยังทำให้การคำนวณสะดวกยิ่งขึ้น

186

ตัวอย่างที่ 7.23 แผงย่อยแผงหนึ่งมีรายการโหลดดังนี้

1) วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง 9 วงจร

วงจรละ 1500 VA

2) วงจรย่อยเต้ารับ 6 วงจร

วงจรละ 1200 VA

จงหาขนาดสายป้อนและบริภัณฑ์ป้องกัน

และทำตารางรายการโหลด

187

วิธีทำ

จากโจทย์มีวงจรใช้งาน (Active Circuit)

9 + 6 = 15 วงจร

เลือกจำนวนวงจรย่อยสำรอง = 3 วงจร

เลือกจำนวนวงจรย่อยว่าง = 6 วงจร

ดังนั้นวงจรย่อยทั้งหมด = 24 วงจร

จึงเลือกใช้วงจรย่อยตาม

จำนวนวงจรย่อยมาตรฐานคือ 24 วงจร

188

วงจรย่อยแสงสว่าง วงจรละ 1500 VA

I_L = 1500/230 = 6.5 A

วงจรย่อย 16 A โดยใช้ 60 % ของ BC

I_{BC} = 16 x 0.6 = 9.6 A

189

เนื่องจากมีวงจรย่อยแสงสว่าง 9 วงจร
เพื่อให้เกิดความสมดุล จึงแบ่งเฟสละ 3 วงจร
วงจรย่อยเต้ารับ วงจรละ 1200 VA
สามารถใช้วงจรย่อย 16 A ได้
แต่เนื่องจากวงจรย่อยเต้ารับนั้น
อาจต้องจ่ายโหลดขนาดใหญ่
ดังนั้นในที่นี้จึงเลือกใช้วงจรย่อย 20 A

190

วงจรย่อยเต้ารับ 6 วงจร จึงแบ่งเฟสละ 2 วงจร

วงจรย่อยสำรอง (Spare)

ให้โหลดวงจรละ 1000 VA , รวม 3 วงจร

เลือกใช้วงจรย่อย 20 A

191

โหลด

วงจรแสงสว่าง	9 X 1500	=	13,500 VA
วงจรเต้ารับ	6 X 1200	=	7,200 VA
วงจรสำรอง	3 X 1000	=	3,000 VA
Total connected Load		=	23,700 VA
		=	23.7 kVA

192

เมื่อต้องการเผื่อโหลดสำหรับอนาคต 10 %

พิกัดสายป้อน

ให้ $I_F = 2.00 \times L$

$I_F \geq 2.0 \times 23.7$

$= 47.4$ A

บริภัณฑ์ป้องกัน

$CB \geq 47.4$ A

$= 50$ AT

193

ขนาดสายป้อน

เพื่อให้ CB ป้องกันสายได้ สายป้อนจะต้องมีพิกัด กระแสมากกว่า 50 A (มากกว่าขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน)

สาย IEC01 16 mm^2 (59 A)

ดังนั้นเลือกใช้สาย IEC01 ขนาด 4 x 16 mm^2

ขนาดสายดิน 6 mm^2 (ดูในเรื่องสายดิน)

ถ้าใช้ท่อโลหะ IMC จากตารางท่อ จะได้

ขนาดท่อ 32 mm (1 1/4") IMC (ดูในเรื่องท่อร้อยสาย)

194

PANELBOARD LOAD SCHEDULE

PANEL LP1 LOCATION 1st FL.
CAPACITY 24 CKT MOUNTING SURFACE
CONNECTED TO F1 FROM MDB

Ckt No.	DESCRIPTION	CONNECTED LOAD (VA)			BRANCH CB			WIRE	
		ΦA	ΦB	ΦC	POLE	AT	AF	SIZE	TYPE
1	LIGHTING	1500			1	15	50	2.5	T-4
3	LIGHTING		1500		1	15	50	2.5	T-4
5	LIGHTING			1500	1	15	50	2.5	T-4
2	LIGHTING	1500			1	15	50	2.5	T-4
4	LIGHTING		1500		1	15	50	2.5	T-4
6	LIGHTING			1500	1	15	50	2.5	T-4
7	LIGHTING	1500			1	15	50	2.5	T-4
9	LIGHTING		1500		1	15	50	2.5	T-4
11	LIGHTING			1500	1	15	50	2.5	T-4
8	RECEPTACLE	1200			1	20	50	4.0	T-4
10	RECEPTACLE		1200		1	20	50	4.0	T-4
12	RECEPTACLE			1200	1	20	50	4.0	T-4
13	RECEPTACLE	1200			1	20	50	4.0	T-4
15	RECEPTACLE		1200		1	20	50	4.0	T-4
17	RECEPTACLE			1200	1	20	50	4.0	T-4
14	SPARE	1000			1	20	50		
16	SPARE		1000		1	20	50		
18	SPARE			1000	1	20	50		
19	SPACE	-							
21	SPACE		-						
23	SPACE			-					
20	SPACE	-							
22	SPACE		-						
24	SPACE			-					
		7900	7900	7900				4x16	T-4
TOTAL CONNECTED LOAD (VA)		23700			MAIN CB 3P 50AT/100AF			G-6	
								CONDUIT 32 mm 1 1/4" IMC	

195

<u>ตัวอย่างที่ 7.24</u> **แผงย่อยแผงหนึ่งมีรายการโหลดดังนี้**

1) วงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง 6 วงจร วงจรละ 2000 VA
2) วงจรย่อยเต้ารับ 6 วงจร วงจรละ 1200 VA
3) วงจรย่อยเฉพาะ 6 วงจร วงจรละ 2000 VA

จงหาขนาดสายป้อนและบริภัณฑ์ป้องกัน
และทำตารางรายการโหลด

196

วิธีทำ

จากโจทย์มีวงจรใช้งาน	Active circuit	18	วงจร
จึงต้องมี	Spare	6	วงจร
	Space	6	วงจร
ดังนั้นวงจรย่อยรวมทั้งหมด		30	วงจร

197

โหลด

วงจรแสงสว่าง	6 x 2000	=	12,000 VA
วงจรเต้ารับ	6 x 1200	=	7,200 VA
วงจรเฉพาะ	6 x 2000	=	12,000 VA
วงจรสำรอง	6 x 1000	=	6,000 VA
Total connected Load		=	37,200 VA
		=	37.2 kVA

198

พิกัดสายป้อน

ให้

I_F = 2.00 x L

= 2.00 x 37.2

= 74.4 A

บริภัณฑ์ป้องกัน

CB > 74.4 A

= 80 AT

199

ขนาดสายป้อน

เพื่อให้ CB ป้องกันสายได้ สายป้อนจะต้อง

มีพิกัดกระแสมากกว่า 80 A (มากกว่าขนาดบริภัณฑ์ป้องกัน)

สาย 4 x 35 mm^2 (96 A)

ดังนั้นเลือกใช้สาย IEC 01 ขนาด 4 x 35 mm^2

ขนาดสายดิน 10 mm^2 (ดูในเรื่องสายดิน)

ถ้าใช้ท่อโลหะ IMC จากตารางท่อ

จะได้ขนาดท่อ 40 mm IMC (ดูในเรื่องท่อร้อยสาย)

สามารถนำมาจัดลงตารางรายการโหลด (Load Schedule)

200

201

คำถามท้ายบท

1. โหลดไฟฟ้าของสถานประกอบการมีอะไร จงอธิบาย
2. โหลดไฟฟ้าแสงสว่างมีกี่แบบ จงอธิบาย
3. โหลดมอเตอร์คำนวณหาได้อย่างไร
4. โหลดระบบปรับอากาศแบ่งออกเป็นส่วนย่อยอะไรบ้าง และประมาณโหลดได้อย่างไร
5. โหลดระบบขนส่งแนวดิ่งมีอะไรบ้าง
6. ในการออกแบบระบบไฟฟ้า แบ่งวงจรไฟฟ้าได้เป็นกี่วงจร จงอธิบายพร้อมเขียน Single Line Diagram

202

คำถามท้ายบท...(ต่อ)

7. วงจรย่อยคืออะไร และแบ่งได้กี่ชนิด
8. ถ้าโหลดทั้งหมดของวงจรย่อยเป็นแบบต่อเนื่อง 25 A , 230 V จงคำนวณหาขนาดวงจรย่อย
9. จงออกแบบวงจรแสงสว่างใช้ดวงโคมหลอด HID 2000 W , 230 V HPF
10. จงออกแบบวงจรย่อยเฉพาะสำหรับเครื่อง Xerox ขนาด 3000 VA , 230 V
11. แผงย่อย 3 เฟส 4 สาย 230/400 V , 30 วงจร ควรใช้กับระบบไฟฟ้า ที่มีวงจรย่อยกี่วงจร จงอธิบาย

203

คำถามท้ายบท...(ต่อ)

12. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 230/400 V จ่ายไฟฟ้าให้แผงไฟ ซึ่งมีโหลดดังนี้
    1) มอเตอร์ 110 kW , 400 V 1 เครื่อง
    2) โหลดแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์รวม 60 kVA

    จงคำนวณหาขนาดสายเฟสและนิวทรัล

13. แผงย่อย 3 เฟส 4 สาย 230/400 V มีรายการโหลดดังนี้
    1) วงจรย่อยแสงสว่าง 12 วงจร ๆ ละ 1200 VA
    2) วงจรย่อยเฉพาะ 3 ” 2000 VA
    3) วงจรเต้ารับ 6 ” 1500 VA

    จงหาขนาดสายป้อน และ บริภัณฑ์ป้องกัน และทำตาราง รายการโหลด (Load Schedule)

204