**หน่วยที่ 4**

**การออกแบบระบบไฟฟ้า**

**บทเรียน เรื่อง โหลดในระบบไฟฟ้า**

**จุดประสงค์การสอน**

4.1 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับโหลดในระบบไฟฟ้า

4.1.1 บอกชนิดของโหลดไฟฟ้า

4.1.2 อธิบายวงจรย่อย

4.1.3 อธิบายสายป้อน

4.1.4 อธิบายสายประธาน

**4.1 โหลดในระบบไฟฟ้า**

โหลดไฟฟ้ามีการใช้งานต่างกัน บางชนิดก็ใช้ต่อเนื่องกันเป็นเวลาหลายชั่วโมงบางชนิดก็ใช้เพียงไม่กี่ทีก็หยุด ดังนั้นในการคำนวณหาโหลดรวมจึงได้แบ่งโหลดออกเป็น 2 ชนิด คือ

- โหลดต่อเนื่อง (Continuous Load)

- โหลดไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Load)

**โหลดต่อเนื่อง** คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้งานติดต่อกันตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป เช่น โหลดดวงโคมในสำนักงาน, เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยและเชื่อถือได้สูง อุปกรณ์ไฟฟ้าสำคัญ ๆ เช่น สายไฟฟ้า, หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น จะเผื่อพิกัดอีก 25 % สำหรับโหลดต่อเนื่อง

**โหลดไม่ต่อเนื่อง** คือโหลดไฟฟ้าที่ใช้ติดต่อกันไม่ถึง 3 ชั่วโมง เช่น เตาไฟฟ้า เป็นต้น

ในการออกแบบที่ดีนั้น ถ้าไม่ทราบแน่ชัดว่าโหลดเป็นโหลดชนิดใดให้ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง จะต้องเผื่อพิกัดอีกประมาณ 25 %

**ขนาดของโหลด** ขนาดของโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับอาจคิดเป็นกระแส (A) หรือ โวลต์แอมแปร์ (VA) หรือ กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) ก็ได้

โหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้สูตรดังต่อไปนี้

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย

โหลด (VA) = V  I

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

โหลด (VA) =   V  I

**4.1.1 ชนิดของโหลดไฟฟ้า**

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้มีอยู่มากมาย แต่อาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ดังต่อไปนี้

* ไฟฟ้าแสงสว่าง
* เต้ารับ
* มอเตอร์
* เครื่องปรับอากาศ
* ระบบขนส่งแนวดิ่ง
* อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ

**4.1.1.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง**

โหลดไฟฟ้าแสงสว่างอาจแบ่งตามชนิดและขนาดของหลอดไฟฟ้าได้ดังนี้

หลอดไส้ (Incandescent Lamp)

โหลด (VA) = W

เช่น ดวงโคมไฟฟ้าใช้หลอดไส้ 100 W 230 V

โหลด = 100 VA

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีใช้แพร่หลายมากที่สุด ขนาดที่ใช้กันมาก คือ 18 W (20 W) และ 36 W (40 W) หลอด FL จะต้องใช้ร่วมกันบัลลัสต์ ดังนั้นเวลาคิดโหลดต้องคิดกำลังไฟฟ้าของหลอดรวมกับกำลังสูญเสียของบัลลัสต์และต้องคำนึงถึงตัวประกอบกำลังด้วยหรือคิดตามกระแสที่ไหลผ่าน ค่าโหลดโดยประมาณของหลอด FL 18 W และ 36 W แสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ค่าโหลดของหลอด FL

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **กำลังไฟฟ้าของหลอด (W)** | **โหลด (VA)** | |
| **LPF บัลลัสต์** | **HPF บัลลัสต์** |
| 18 (20) | 90 | 40 |
| 36 (40) | 100 | 60 |

หมายเหตุ - LPF (Low Power Factor) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตัวประกอบกำลังต่ำ

- HPF (High Power Factor) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตัวประกอบกำลังสูง

**ตารางที่ 4.2** ค่าโหลดของหลอด FL ชนิดประหยัดไฟ

|  |  |
| --- | --- |
| **กำลังไฟฟ้าของหลอด (W)** | **โหลด (VA)** |
| 9 | 15 |
| 11 | 20 |
| 16 | 25 |
| 20 | 35 |
| หลอด PL | 40 |

หลอดก๊าซแรงดันไอสูง (High Intensity Discharge Lamp : HID)

หลอด HID ที่ใช้กันแพร่หลายในขณะนี้ได้แก่

- หลอดแสงจันทร์ (High Pressure Mercury)

- หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High Pressure Sodium)

- หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide)

ขนาดโหลดของหลอด HID มีดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ค่าโหลดของหลอด HID

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **กำลังไฟฟ้าของหลอด (W)** | **โหลด (VA)** | |
| **LPF บัลลัสต์** | **HPF บัลลัสต์** |
| 80 | 180 | 100 |
| 125 | 260 | 160 |
| 250 | 500 | 300 |
| 400 | 750 | 500 |
| 700 | 1,250 | 850 |
| 1,000 | 1,900 | 1,200 |

**4.1.1.2 เต้ารับ**

เต้ารับเป็นอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งไว้ เพื่อความสะดวกในการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่เคลื่อนย้ายได้ (Portable) หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่กับที่ (Fixed) ที่นำมาใช้ภายหลัง ดังนั้นโหลดไฟฟ้าจึงไม่แน่นอน

เต้ารับที่ใช้แต่ละชุดมีทั้งแบบเต้ารับเดี่ยว เต้ารับคู่และเต้ารับ 3 หัวจ่ายแต่ในการคิดโหลดให้คิดต่อชุด

โหลดของเต้ารับ = 180 VA/ ชุด

เพื่อเป็นการเผื่อและสะดวกในการรวมโหลดของเต้ารับอาจให้เป็น 200 VA/ ชุด

**4.1.1.3 มอเตอร์**

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนมีอยู่มากมาย โหลดมอเตอร์โหลดทั่วไปถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง ซึ่งมีทั้งแบบใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 230 V หรือ 3 เฟส 400 V

**4.1.1.4 ระบบปรับอากาศ**

โหลดของระบบปรับอากาศประกอบด้วย มอเตอร์โหลดเป็นส่วนใหญ่ ในการประมาณโหลดของระบบปรับอากาศพบว่า มอเตอร์ขนาด 1 HP (0.75 kW) จะขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็นขนาดประมาณ 1 ตันความเย็น หรือ ประมาณ 1 kVA คอมเพรสเซอร์โดยทั่วไปจะเป็น โหลดประมาณ 55 - 70% ของโหลดทั้งระบบ ดังนั้นจะได้

โหลดของระบบปรับอากาศ = (1.5 - 1.8)  ตันความเย็น (kVA)

เช่นระบบปรับอากาศขนาด 100 ตันความเย็น โหลดไฟฟ้ามีค่าประมาณ 150 - 180 kVA

โหลดของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ มีแสดงในตารางที่ 4.4 - 4.5

**ตารางที่ 4.4** ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230 V

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

**ตารางที่ 4.5** ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400 V

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

**4.1.1.5 ระบบขนส่งแนวดิ่ง**

เครื่องจักรสำหรับขนส่ง หรือเคลื่อนย้ายของต่าง ๆ ในอาคาร ได้แต่ ลิฟต์ บันไดเลื่อนเป็นต้น โหลดเหล่านี้เป็นโหลดมอเตอร์ ขนาดมอเตอร์ขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และความเร็ว ค่าโหลดของลิฟต์ 3 เฟส 400 V และค่าโหลดโดยประมาณของบันไดเลื่อน 3 เฟส 400 V แสดงดังตารางที่ 4.6 – 4.7

**ตารางที่ 4.6** ค่าโหลดของลิฟต์ 3 เฟส 400 V

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ขนาดน้ำหนัก (kg)**  **(จำนวนคน)** | **ความเร็ว**  **m/min** | **โหลด**  **(kVA)** |
| 1,150  (17) | 90  105  120  150  180  210  240 | 11  12  22  27  30  34  38 |
| 1,350  (20) | 90  105  120  150  180  210  240 | 14  16  26  31  36  40  44 |
| 1,600  (24) | 90  105  120  150  180  210  240 | 15  19  30  36  41  47  52 |
| 1,800  (26) | 120  150  180  210  240 | 34  40  45  56  60 |

**ตารางที่ 4.7** ค่าโหลดของบันไดเลื่อน 3 เฟส 400 V

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ความกว้าง**  **(มม.)** | **ระยะขึ้น**  **(มม.)** | **โหลด**  **(kVA)** |
| 800 | 3,000  4,000 | 11 |
| 4,500  5,000  5,500  6,000 | 15 |
| 1,000 | 3,000  3,500 | 11 |
| 4,000  4,500  5,000  5,500 | 15 |
| 6,000 | 20 |

**4.1.1.6 อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ**

อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในการทำงานมีอยู่มากมาย และขนาดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ก็แปรไปตามชนิดของอุปกรณ์ โหลดที่แน่นอนของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถดูได้จากป้ายพิกัด (Name Plate) ค่าโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยประมาณแสดงดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า

|  |  |
| --- | --- |
| **อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้** | **กำลัง (W)** |
| เครื่องดูดฝุ่น  เครื่องปั่นผสมอาหาร  เตาอบขนาดเล็ก  กระทะไฟฟ้า  ตู้ทำน้ำเย็นแบบตั้งพื้น  เครื่องซักผ้า  หม้อหุงข้าว   * 1 ลิตร * 1.5 ลิตร * 4 ลิตร | 850-1,300  270  280  1,300  100  430  500  600  1,400 |

**ตารางที่ 4.8 (ต่อ)** โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า

|  |  |
| --- | --- |
| **อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้** | **กำลัง (W)** |
| เครื่องทำน้ำร้อน (อ่างน้ำ)   * Lo * Med * Hi   โทรทัศน์   * 14 นิ้ว * 21 นิ้ว * 28 นิ้ว   ตู้เย็น   * 2.1 คิว (ลูกบาศก์ฟุต) * 5.7 คิว (ลูกบาศก์ฟุต) * 7.1 คิว (ลูกบาศก์ฟุต) * 10 คิว (ลูกบาศก์ฟุต) * 13.6 คิว (ลูกบาศก์ฟุต)   พัดลม  พัดลมตั้งโต๊ะ 12 นิ้ว  พัดลมติดผนัง 12 นิ้ว  พัดลมติดเพดาน 16 นิ้ว  พัดลมตั้งพื้น 16 นิ้ว | 1,500  2,000  3,500  58  81  145  50  90  150  150  175  22-39  22-39  42-68  42-68 |

**4.1.2 วงจรย่อย**

วงจรย่อย (Branch Circuit, BC) หมายถึง ตัวนำของวงจรระหว่างเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวสุดท้ายกับจุดต่อไฟฟ้า

**4.1.2.1 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย**

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะต้องทราบลักษณะเฉพาะ (Characteristics) ของเครื่องป้องกันกระแสเกินว่าปลดวงจรตามขนาดที่ระบุหรือไม่ ปกติเครื่องป้องกันกระแสเกิน เมื่อนำมาติดตั้งใช้งาน อาจมีตัวคูณลดเนื่องจากสภาพการใช้งานต่างจากสภาพที่ทำการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิโดยรอบและการระบายอากาศ ค่านี้แตกต่างกันตามมาตรฐานการผลิต ดังนั้นในการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจึงควรเผื่อขนาดไว้ประมาณ 25 % เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาดตามท้องตลาด โดยสามารถหาพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ดังสมการต่อไปนี้

|  |
| --- |
| พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน = 1.25 x โหลดในวงจรย่อย |

**4.1.2.2 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย**

สายไฟฟ้าของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และกำหนดให้ขนาดตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม.

กรณีวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่าง 3 เฟส 4 สาย ที่จ่ายโหลด 1 เฟส และเดินรวมในช่องเดินสายเดียวกัน อนุญาตให้ใช้ตัวนำนิวทรัลร่วมกันได โดยแต่ละเฟสต้องมีโหลดใกล้เคียงกันและขนาดตัวนำนิวทรัลไม่เล็กกว่าตัวนำเฟส ยกเว้นโหลดที่มีฮาร์มอนิกส์สูง

**ข้อควรระวัง** หากสายนิวทรัลหยุดอาจทำให้เกิดแรงดันเกินได้

**4.1.3 สายป้อน**

สายป้อน (Feeder) หมายถึง ตัวนำของวงจรระกว่างเมนสวิตซ์กับเครื่องป้องกันกระแสเกินขอวงจรย่อย

**4.1.3.1 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน**

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินควรพิจารณาการทำงานที่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินเช่นเดียวกับวงจรย่อย เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาดตามท้องตลาด โดยสามารถหาพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ดังสมการต่อไปนี้

|  |
| --- |
| พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน = 1.25 x โหลดของสายป้อน |

**4.1.3.2 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน**

สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และกำหนดให้ขนาดตัวนำของสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

สายนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดมเล็กกว่าสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

กรณีระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ขนาดตัวนำนิวทรัลมีข้อกำหนดดังนี้

1. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดนั้น
2. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดมากกว่า 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของตัวนำนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่า 200 แอมแปร์ บวกด้วยร้อยละ 70 ของส่วนที่เกิด 200 แอมแปร์
3. ไม่อนุญาตให้คำนวณลดขนาดกระแสในตัวนำนิวทรัลในส่วนของโหลดไม่สมดุลที่ประกอบด้วยหลอดชนิดปล่อยประจุ (Electric Discharge) (เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น) อุปกรณ์เกี่ยวกับการประมวลผมข้อมูล (Data Processing) หรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายกันที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิก (Harmonic) ในตัวนำนิวทรัล

**หมายเหตุ** 1) กระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดคือค่าสูงสุดที่คำนวณได้จากโหลด 1 เฟส (Single Phase Load) ที่ต่อระหว่าตัวนำนิวทรัลและสายเส้นไฟเส้นใดเส้นหนึ่ง

2) ในระบบไฟ 3 เฟส 4 สายที่จ่ายให้กับระบบคอมพิวเตอร์ หรือโหลดอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเผื่อตัวนำนิวทรัลให้ใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับกระแสฮาร์มอนิกด้วย ในบางกรณีตัวนำนิวทรัลอาจมีขนาดใหญ่กว่าสายเส้นไฟ

**4.1.4 สายประธาน**

สายประธาน (Main) หรือตัวนำประธาน (Service Conductors) หมายถึง ตัวนำที่ต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กับบริภัณฑ์ประธาน (ทั้งระบบแรงสูงและแรงต่ำ)

**4.1.4.1 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายประธาน**

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน กำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ตามตารางที่ 4.9 สำหรับการไฟฟ้านครหลวง และตารางที่ 4.10 สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

**ตารางที่ 4.9** พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

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

**หมายเหตุ** พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

**ตารางที่ 4.10** ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตี้สวิตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับเมนสวิตช์ (สำหรับ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ขนาด**  **เครื่องวัด**  **หน่วยไฟฟ้า**  **(แอมแปร์)** | **โหลด**  **สูงสุด**  **(แอมแปร์)** | **ขนาดตัวนำประธาน**  **เล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้**  **(ตร.มม.)** | | **บริภัณฑ์ประธาน** | | | | |
| **เซฟตี้สวิตช์หรือ**  **โหลดเบรกสวิตช์** | | **คัตเอาต์ใช้ร่วมกับ**  **คาร์ทริดจ์ฟิวส์** | | **เซอร์กิต**  **เบรกเกอร์** |
| **สาย**  **อะลูมิเนียม** | **สาย**  **ทองแดง** | **ขนาดสวิตช์**  **ต่ำสุด**  **(แอมแปร์)** | **ขนาดฟิวส์**  **สูงสุด**  **(แอมแปร์)** | **ขนาด**  **คัทเอาต์**  **ต่ำสุด**  **(แอมแปร์)** | **ขนาดฟิวส์**  **สูงสุด**  **(แอมแปร์)** | **ขนาด**  **ปรับตั้ง**  **สูงสุด**  **(แอมแปร์)** |
| 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 | 50 | 100 | 100 | - | - | 100 |

**หมายเหตุ**  1) สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง

2) ขนาดในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธาน ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดตามตาราง

**4.1.4.2 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของสายประธาน**

สำหรับระบบแรงต่ำ

สายประธานอากาศ ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนที่เหมาะสมและต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมให้ใข้สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนที่เหมาะสมเป็นสายประธานได้เฉพาะการเดินสายลอยในอากาศบนวัสดุภายนอกอาคาร แต่ทั้งนี้ขนาดต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

สายประธานใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

หมายเหตุ 1) การติดตั้งใต้ดิน ต้องมีแผนผังแสดงแนวสายไฟฟ้าใต้ดินไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้และต้องทำป้ายระบุแนวสายไฟฟ้าและบอกความลึกของสายบนสุด ป้ายต้องเห็นไดชัดเจน ระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร

2) การติดตั้งใต้ดินที่มีหลายวงจร ที่ปลายสายและสายที่อยู่ในช่วงช่องเปิดของแต่ละวงจรจะต้องมีเครื่องหมายแสดงให้เห็นความแตกต่างติดอยู่อย่างถาวร

3) อนุญาตให้ใช้สายเมนขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. ได้ กรณีจ่ายโหลดผ่านเครื่องวัดฯ ขนาด 5(15 A) 1 เฟส 2 สาย โดยโหลดเป็นลักษณะ Fixed-load และอยู่บริเวณทางเดินริมถนน (Sidewalk)

สำหรับระบบแรงสูง

สายประธานอากาศ เป็นสายเปลือยหรือสายหุ้มฉนวนได้

สายประธานใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้งโดยจะต้องทำป้ายระบุแนวสายใต้ดินและบอกความลึกของสายบนสุด ป้ายต้องเห็นได้ชัดเจน ระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร และต้องมีแผงผังแสดงแนวสายใต้ดินรักษาไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

1. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา
2. นักศึกษาร่วมอภิปราย
3. ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด
5. ให้งานที่มอบหมาย

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : โชติอนันต์ ครีเอชั่น, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมารัท ดิจิทัล โซลูชั่น, 2556.
* ลือชัย ทองนิล. **การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : ส.ส.ท., 2556.
* นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. **เอกสารคำสอน รายวิชา 04-112-313 การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉายและคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับโหลดในระบบไฟฟ้า

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. จงอธิบายโหลดไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง
  2. จงอธิบายโหลดแสงสว่างที่นิยมใช้งานมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
  3. โหลดเต้ารับที่ใช้ในการออกแบบกำหนดให้มีขนาดเท่าใด
  4. จงอธิบายวงจรย่อยทำหน้าที่อะไร
  5. จงอธิบายพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย
  6. จงอธิบายสายป้อนทำหน้าที่อะไร
  7. จงอธิบายหลักการกำหนดขนาดตัวนำของสายป้อน
  8. สายประธานอยู่ในส่วนไหนของระบบไฟฟ้า
  9. จงอธิบายหลักการกำหนดขนาดตัวนำของสายประธาน