**บทเรียน เรื่อง การกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน**

**จุดประสงค์การสอน**

3.2 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับการกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน

3.2.1 อธิบายสายต่อหลักดิน

3.2.2 อธิบายสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

3.3.3 อธิบายสายเส้นที่มีการต่อลงดิน

3.3.4 อธิบายสายต่อฝาก

**3.2 การกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน**

ชนิดของสายต่อหลักสายต่อหลักดินต้องเป็นสายทองแดงเท่านั้น จะใช้สายเดี่ยว หรือสาย ตีเกลียวก็ได้แต่ต้องเป็นเส้นเดียวกันตลอดความยาวโดยไม่มีการต่อระหว่างทาง กรณีที่ใช้เป็นบัสบาร์ต้องเป็นบัสบาร์ทองแดงเช่นกันแต่ยอมให้มีการต่อระหว่างทางได้ สายที่ต่อกับหลักดินต้องเป็นสายหุ้มฉนวนห้ามใช้สายเปลือย

สายดิน เป็นคำโดยทั่ว ๆ ไปสายดินในวงจรไฟฟ้าอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ

1. สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor)

2. สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor)

3. สายเส้นที่มีการต่อลงดิน (Grounded Conductor)

4. สายต่อฝาก (Bonding Jumper)



**ภาพที่ 3.14** ระบบสายดินของวงจร

**3.2.1 สายต่อหลักดิน**

**1. ชนิดของสายต่อหลักดิน** สายต่อหลักดินต้องเป็นสายทองแดงเท่านั้น จะใช้สายเดี่ยว หรือสายตีเกลียวก็ได้แต่ต้องเป็นเส้นเดียวกันตลอดความยาวโดยไม่มีการต่อระหว่างทาง กรณีที่ใช้เป็นบัสบาร์ต้องเป็นบัสบาร์ทองแดงเช่นกันแต่ยอมให้มีการต่อระหว่างทางได้ สายที่ต่อกับหลักดินต้องเป็นสายหุ้มฉนวนห้ามใช้สายเปลือย

**2. ขนาดของสายต่อหลักดิน** ต้องมีขนาดไม่เล็กที่กำหนดในตารางที่ 3.1 โดยกำหนดจากขนาดสายเมนเข้าอาคาร

**ตารางที่ 3.1** ขนาดสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

|  |  |
| --- | --- |
| **ขนาดสายเมนเข้าอาคาร(ตัวนำทองแดง) ตร.มม.** | **ขนาดสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) ตร.มม.** |
| ไม่เกิน 35 | 10\* |
| เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50 | 16 |
| เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95 | 25 |
| เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185 | 35 |
| เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300 | 50 |
| เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500 | 70 |
| เกิน 500 | 95 |

หมายเหตุ \*แนะนำให้ติดตั้งในท่อโลหะหนา ท่อโลหะหนาปานกลาง ท่อโลหะบาง หรือท่ออโลหะ

**3.2.2 สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า**

**1. ชนิดสายเดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า** ถ้าใช้เป็นสายไฟฟ้าต้องเป็นสายทองแดง อาจเป็นสายหุ้มฉนวนหรือเปลือยก็ได้ กรณีที่ใช้เป็นสายหุ้มฉนวน ฉนวนหรือเปลือกต้องเป็นสีเขียวหรือเขียวแถบเหลือง สายที่ขนาดใหญ่กว่า 10 ตร.มม. ให้ทำเครื่องหมายแทนได้ เครื่องหมายให้ทำที่ปลายสายและทุกจุดที่เข้าถึงได้ อุปกรณ์เดินสายที่ยอมให้ใช้ทำหน้าที่เป็นสายดินได้ คือ เปลือกโลหะของเคเบิลชนิด AC MI และ MC และเปลือกของบัสเวย์ชนิดที่ออกแบบให้เป็นสายดินได้

**2. ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า** ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 3.2 โดยกำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของแต่ละวงจร แต่ถ้าขนาดสายที่กำหนดจากตาราง มีขนาดใหญ่กว่าขนาดสายของวงจรให้ใช้ขนาดเท่ากับสายของวงจรก็พอ

สายพร้อมเต้าเสียบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าจากวงจรซึ่งมีเครื่องป้องกันกระแสเกินที่มีขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวนำทองแดงและเป็นแกนหนึ่งของสายอ่อนอาจเล็กกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.2 ได้ แต่ต้องไม่เล็กว่าขนาดของสายวงจรและไม่เล็กกว่า 1.0 ตร.มม.

ในวงจรไฟฟ้าที่ใช้สายดินขนาดเล็กกว่า 10 ตร.มม. ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากวงจรที่มีค่าอิมพีแดนช์สูง เป็นผลให้อิมพีแดนช์ของวงจรการต่อลงดินสูง เซอร์กิตเบรกเกอร์จะปลดวงจรช้าลง บุคคลที่สัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้าขณะที่รั่วอาจเกิดอันตรายได้ และสายดินอาจร้อนจนหลอมละลายได้เข้ากัน แก้ได้ด้วยการเพิ่มขนาดสายดินให้ใหญ่ขึ้น

อิมพีแดนช์ของวงจรการต่อลงดินเริ่มจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปจนถึงจุดที่เกิดกระแสรั่วลงดินและย้อนกลับมาที่หม้อแปลงไฟฟ้าอีก

**ตารางที่ 3.2** ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

|  |  |
| --- | --- |
| **พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุด**  **ของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)** | **ขนาดเล็กสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า**  **(ตัวนำทองแดง – ตร.มม.)** |
| 16 | 1.5 |
| 20 | 2.5 |
| 40 | 4 |
| 70 | 6 |
| 100 | 10 |
| 200 | 16 |
| 400 | 25 |
| 500 | 35 |
| 800 | 50 |
| 1,000 | 70 |
| 1,250 | 95 |
| 2,000 | 120 |
| 2,500 | 185 |
| 4,000 | 240 |
| 6,000 | 400 |

**ตัวอย่างที่ 3.1** จงกำหนดขนาดสายต่อหลักดินและสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าจากเมนสวิตช์ไปถึงโหลด



**ภาพที่ 3.15** ประกอบการตัวอย่างที่ 3.1

**วิธีทำ**

ขนาดสายต่อหลักดิน กำหนดจากสายเมนเข้าอาคาร ใช้ตารางที่ 3.1

สายเมนเข้าอาคารขนาด 150 ตร.มม.

ได้สายต่อหลักดินขนาด 35 ตร.มม.

ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า กำหนดขนาดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินใช้ตารางที่ 3.2

สายดินจากเมนสวิตช์ถึงแผงย่อย

เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาด 150 แอมแปร์

ได้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ขนาด 16 ตร.มม.

สายดินจากแผงย่อยถึงโหลด

เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาด 60 แอมแปร์

ได้สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ขนาด 6 ตร.มม.

การเดินสายไฟบางวงจรมีการออกแบบหรือติดตั้งที่แตกต่างไปจากวงจรทั่วไป ในวงจรที่มีกระแสสูงอาจต้องใช้สายหลายเส้นต่อเฟสเรียกว่าเดินสายควบ บางวงจรโหลดที่ใช้ไฟจากแผงย่อยเดียวกันอาจใช้สายดินร่วมกัน จึงมีข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการเดินสายดินไว้ดังนี้

(1) สายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้ากรณีเดินสายควบ การเดินสายไฟฟ้าที่ต้องใช้สาย หลายเส้นควบกันและเดินแยกไปชุดละช่องเดินสาย ในแต่ละช่องเดินสายต้องเดินสายดินไปด้วย ขนาดสายดินในแต่ละช่องเดินสายนี้กำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ป้องกันสายในวงจรนั้น สมมติว่าในวงจรไฟฟ้าวงจรหนึ่งใช้เครื่องป้องกันกระแสเกินขนาด 1,600 แอมแปร์ จากตารางที่ 3.2 จะใช้สายดินขนาด 120 ตร.มม. ถ้าแต่ละเฟสใช้สายไฟฟ้า 3 เส้นเดินควบกัน แต่ละชุดเดินควบกันแต่ละท่อ ในแต่ละท่อจะมีสายเฟสทั้ง 3 เฟส สายนิวทรัล และสายเดินขนาด 120 ตร.มม. เดินร่วมไปด้วยกัน ถ้าใช้สายดินขนาด 50 ตร.มม. ท่อละเส้นซึ่งรวมพื้นที่หน้าตัดได้ 150 ตร.มม. จะไม่ถูกต้อง



**ภาพที่ 3.16** ขนาดสายดิน กรณีเดินสายควบ (สายวงจรแสดงเพียงเส้นเดียว)

(2) สายดินของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ากรณีใช้สายดินร่วมกัน บริภัณฑ์ไฟฟ้าสามารถใช้สายดินร่วมกันได้ ถ้าสายไฟฟ้าที่เดินไปเข้าบริภัณฑ์ไฟฟ้าเหล่านั้นเดินรวมอยู่ในช่องเดินสายเดียวกัน

การกำหนดขนาดสายดิน ให้คิดจากพิกัดหรือขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ที่ใหญ่ที่สุดที่ใช้ป้องกันบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จะใช้สายดินร่วมกันนี้



**ภาพที่ 3.17** การใช้สายดินร่วมกัน

จากข้อกำหนดนี้ กรณีของอาคารชุดจะทำให้สายดินของแต่ละห้องชุดของอาคารชุดสามารถใช้สายดินร่วมกันได้ แต่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดคือ สายเมนทั้งหมดนี้ต้องเดินรวมอยู่ในช่องเดินสายเดียวกันและการต่อต้องทำให้ถูกต้องด้วย การกำหนดขนาดสายดินจะกำหนดจากขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตัวใหญ่ที่สุดที่ใช้สายดินร่วมกันนี้

**ตัวอย่างที่ 3.2** โหลด 3 ชุด ใช้ไฟฟ้าจากเครื่องป้องกันกระแสเกินชุดละตัวดังนี้

โหลด A ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100 A

โหลด B ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 150 A

โหลด C ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 250 A

สายไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้โหลดทั้ง 3 ชุดนี้เดินรวมอยู่ในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน และใช้สายดินร่วมกัน จงกำหนดขนาดสายดิน

**วิธีทำ**

สายดินของวงจรกำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใหญ่สุดในวงจร คือขนาด 250 A

จากตารางที่ 3.2 ได้สายดินขนาด 25 ตร.มม.

**3.2.3 สายเส้นที่มีการต่อลงดิน**

สายเส้นที่มีการต่อลงดินสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าแรงต่ำจากการไฟฟ้า คือสายนิวทรัลเส้นที่ต่อจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้า หรือถ้าใช้ไฟฟ้าแรงสูงสายเส้นที่มีการต่อลงดินคือสายนิวทรัลเส้นที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงต่ำมายังแผงเมนสวิตช์แรงต่ำ สายนี้ต้องเดินไปที่ เมนสวิตช์ด้วยไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ก็ตาม ขนาดสายต้องไม่เล็กกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 โดยกำหนดจากขนาดสายเมนเส้นเฟส และถ้าใช้สายเมนเป็นสายทองแดงขนาดโตกว่า 500 ตร.มม. ขนาดสายเส้นนิวทรัลต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5 % ของสายเส้นเฟส แต่ไม่จำเป็นต้องใหญ่กว่าสายเส้นเฟสที่ใหญ่ที่สุด

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย กำหนดให้ขนาดสายนิวทรัลของวงจร 3 เฟส 4 สาย ต้องสอดคล้องกับที่กำหนดในเรื่องสายเมนเข้าอาคารด้วยดังนี้

1. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่ากระแสโหลดสูงสุดนั้น

2. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า 200 แอมแปร์บวกด้วย 70% ของส่วนที่เกิน 200 แอมแปร์

3. ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นโหลดประเภทดีชาร์จ (เช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์) บริภัณฑ์เกี่ยวกับการประมวลผล (เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์) หรือบริภัณฑ์อื่นที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์โมนิกส์ ไหลในสายเส้นนิวทรัล สายนิวทรัลต้องขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

โหลดไม่สมดุลคือโหลด 1-เฟส ที่ต่ออยู่ในวงจร 3-เฟส เลือกใช้เฟสที่มากที่สุด

การกำหนดสายเส้นที่มีการต่อลงดินจึงทำได้ 2 วิธี คือกำหนดจากขนาดสายเมนเข้าอาคารเส้นเฟสหรือกำหนดจากข้อกำหนดของขนาดสายนิวทรัล ทั้งสองวิธีดังกล่าวอาจได้ขนาดสายนิวทรัล ไม่เท่ากัน ในทางปฏิบัติจึงควรใช้ทั้ง 2 วิธี และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยจะเลือกใช้วิธีที่ ได้ขนาดสายใหญ่กว่า

**ตัวอย่างที่ 3.3** จงกำหนดขนาดสายนิวทรัลของวงจรสายเมนเข้าอาคาร กำหนดให้สายเมนเข้าอาคารเส้นเฟสใช้สายทองแดงขนาด 500 ตร.มม. เดินในอากาศ กระแสของวงจรแสดงในภาพต่อไปนี้



**ภาพที่ 3.18** ประกอบการคำนวณตัวอย่างที่ 3.3

**วิธีทำ**

**วิธีที่ 1** กำหนดจากขนาดสายเมนเข้าอาคาร จากตารางที่ 3.1

ขนาดสายเมนเข้าอาคาร 500 ตร.มม.

ได้สายนิวทรัลขนาด 70 ตร.มม.

**วิธีที่ 2** กำหนดข้อกำหนดของสายนิวทรัล ดังนี้

กระแสสูงสุดที่ไหลในสายนิวทรัลคือโหลด 1-เฟส ที่มีค่ามากที่สุดคือ 300 แอมแปร์

กระแสของสายนิวทรัล = 300 A

ขนาดกระแสของสายนิวทรัล = 200 + (1000.7) = 270

ได้สายไฟฟ้าเดินในอากาศขนาด 95 ตร.มม.

กำหนดสายนิวทรัลเป็นขนาด 95 ตร.มม.

**3.2.4 สายต่อฝาก**

การต่อฝากคือการใช้ตัวนำต่อถึงกันทางไฟฟ้าระหว่างโหลดหรือตัวนำไฟฟ้า ซึ่งในสภาพปกติไม่ใช้เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า แต่เมื่อเกิดผิดปกติและมีกระแสไหลผ่านต้องให้กระแสไหลผ่านได้สะดวกเพื่อให้ระบบป้องกันทำงานได้ดีและถูกต้อง การต่อฝากเป็นการทำเพื่อให้มั่นใจว่าระบบสายดินมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี สายต่อฝากนี้จะต้องสามารถรับกระแสลัดวงจรที่อาจเกิดขึ้นได้ ในวงจรการต่อฝากต้องทำทุกจุดตั้งแต่ที่เมนสวิตช์และตามจุดต่าง ๆ หลังจากเมนสวิตช์เช่น ช่องเดินสายไฟฟ้าโลหะ แผงสวิตช์ และกล่องต่อสาย เป็นต้น การต่อฝากอาจใช้เป็นสายทองแดง หรืออุปกรณ์การเดินสายอื่นก็ได้ ถ้าเป็นสายไฟฟ้าจะกำหนดขนาด ดังนี้

**1. สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทางไฟเข้าของเมนสวิตช์** คือสายต่อฝากก่อนที่จะถึงเมนสวิตช์ ส่วนที่เป็นโลหะซึ่งไม่ใช้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าต้องมีการต่อฝากถึงกันอย่างดี ดังต่อไปนี้

1. บริภัณฑ์สำหรับการเดินสาย เช่น ช่องเดินสายไฟฟ้า รางเคเบิล และเปลือกเคเบิลที่เป็นโลหะ
2. เครื่องห่อหุ้มเมนสวิตช์
3. ช่องเดินสายไฟฟ้าโลหะของสายต่อหลักดิน การต่อฝากต้องทำที่ทุก ๆ ปลายช่องเดินสายโดยต่อฝากช่องเดินสายไฟฟ้า กล่อง และเครื่องห่อหุ้ม เข้ากับสายที่ต่อกับหลักดิน

วิธีต่อฝากที่เมนสวิตช์ทางด้านไฟเข้าทำได้หลายวิธีดังนี้

1. โดยการใช้สายไฟฟ้าต่อสายนิวทรัลเข้ากับท่อโลหะของเมนสวิตช์

2. ถ้าใช้ท่อโลหะหนา หรือท่อโลหะหนาปานกลางเดินมาเข้าทางเมนสวิตช์ทางด้านไฟเข้า การต่อฝากทำได้โดยการใช้ต่อแบบเกลียวถ้ากล่องโลหะของเมนสวิตช์เป็นชนิดข้อต่อแบบมีเกลียว

3. ถ้าใช้ท่อโลหะบาง ให้ใช้ข้อต่อแบบไม่ต้องทำเกลียวต่อให้แน่นสนิท

4. ใช้สายต่อฝากตามจุดต่อต่าง ๆ เพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าที่ดี

5. ใช้อุปกรณ์อื่น ๆ เช่นบุชชิงแบบมีขั้วต่อสายดินพร้อมล็อกนัต

สายต่อฝากเส้นนี้รวมทั้งสายต่อฝากระหว่ากราวด์บาร์กับนิวทรัลบาร์ ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 ถ้าสายเส้นไฟเป็นสายทองแดงมีขนาดโตกว่า 500 ตร.มม. สายต่อฝากต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 12.5% สายเส้นไฟที่ใหญ่ที่สุดด้วย

สายเมนในอาคารที่เดินในช่องเดินสาย หรือใช้สายเคเบิลมากกว่าหนึ่งชุดควบกัน แต่ละช่องเดินสายหรือแต่ละสายเคเบิล ให้ใช้สายต่อฝากที่มีขนาดไม่เล็กกว่าที่กำหนดในตารางที่ 3.1 โดยคิดจากขนาดของสายไฟในแต่ละช่องเดินสาย หรือแต่ละสายเคเบิล



**ภาพที่ 3.19** การแบ่งด้านไฟเข้าและด้านไฟออกของการต่อฝาก

**ตัวอย่างที่ 3.4** วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ใช้สายเมนเข้าอาคารขนาด 500 ตร.มม. เฟสละ 2 เส้น จงกำหนด

1. ขนาดสายต่อหลักดิน

2. ขนาดสายต่อฝากทางด้านไฟเข้าของเมนสวิตช์

**วิธีทำ**

ขนาดสายเมนเข้าอาคาร = 2500 = 1,000 ตร.มม.

สายต่อหลักดิน จากตารางที่ 3.1 = 95 ตร.มม.

สายต่อฝาก จากตารางที่ 3.1 จะได้สายขนาดโตสุด = 95 ตร.มม แต่ต้องไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนเข้าอาคารด้วย ต้องดำเนินการดังนี้

กำหนดข้อกำหนดของสายนิวทรัล ดังนี้

ขนาดสายเมนเข้าอาคาร = 1,000 ตร.มม

12.5% ของสายเมนเข้าอาคาร = 125 ตร.มม

สายต่อฝากต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 125 ตร.มม.

**2. สายต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้าทางด้านไฟออกของเมนต์สวิตช์** ส่วนที่เป็นโลหะ ซึ่งปกติไม่ใช้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ต่อจากทางด้านไฟออกของเมนสวิตช์ไปจนถึงโหลด ต้องต่อฝากเข้าด้วยกันและต่อลงดิน ช่องเดินสายโลหะ รางเคเบิลเครื่องห่อหุ้ม โครงเครื่องประกอบการติดตั้ง และส่วนที่เป็นโลหะอื่น ๆ ที่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าถ้าใช้ทำหน้าที่แทนสายดินต้องต่อฝากถึงกันและสามารถทนกระแสลัดวงจรได้ สายต่อฝากจะมีขนาดเท่ากับขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า โดยกำหนดจากตารางที่ 3.2

**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. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับการกำหนดชนิดและขนาดของสายดิน

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. สายดินในวงจรไฟฟ้าอาจแบ่งออกได้เป็นกี่ส่วน
  2. จงอธิบายลักษณะของสายต่อหลักดิน
  3. ขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า มีข้อกำหนดอย่างไร
  4. สายเส้นที่มีการต่อลงดินสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าแรงต่ำจากการไฟฟ้าคืออะไร
  5. จงอธิบายสายต่อฝากคืออะไร
  6. วงจรไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ใช้สายเมนเข้าอาคารขนาด 400 ตร.มม. เฟสละ 2 เส้น จงหาขนาดสายต่อหลักดินและขนาดสายต่อฝากทางด้านไฟเข้าของเมนสวิตช์