

หน่วยที่ 10 ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า

ทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น

1. ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ในการผลิตไฟฟ้าแบ่งตามลักษณะการแปรรูปพลังงาน ได้ 2 แบบ

- โรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เช่น พลังน้ำ แสงอาทิตย์ ลม พลังงานไฟฟ้าได้พิภพ
- โรงไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซ พลังงานนิวเคลียร์

ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะมีการลดทอนแรงดันต่ำจนมีค่าเหมาะสมกับผู้ใช้ ระดับแรงดันที่ใช้ในประเทศไทย

1.1 ระดับแรงดันสำหรับสายส่งแรงสูง ส่งจากโรงไฟฟ้า ระหว่างสถานีไฟฟ้า 69kv 115kv 230kv 500kv อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

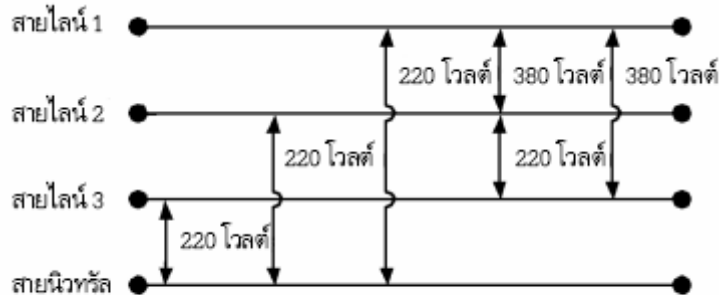
1.2 ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงสูง สถานีไฟฟ้าย่อยระบบจำหน่าย ไปยังหม้อแปลงระบบจำหน่าย 11kv 22kv 33kv 22kv 24kv

1.3 ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงต่ำ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์



ภาพที่ 10.2 ระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส

และ ระบบแรงต่ำ 3 เฟส 4 สาย 380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์



ภาพที่ 10.3 ระบบไฟฟ้า 380 โวลต์ 3 เฟส

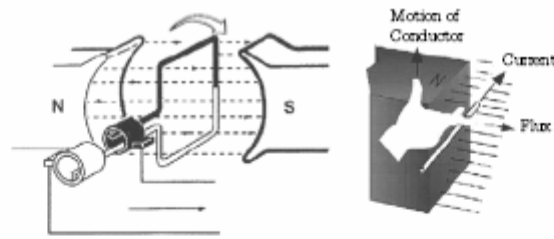
2 ประจุไฟฟ้า มี 2 ชนิดคือ ประจุบวก ถูกพาเคลื่อนที่ด้วยโปรตอน และประจุลบถูกพาเคลื่อนที่ด้วยอิเล็กตรอน ประจุเหมือนกันจะผลักกันประจุต่างกันจะดูดกัน เมื่อประจุลบหรืออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ภายในตัวนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current : DC) คือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีทิศทางการไหลในทิศทางเดียวจากขั้วลบไปยังขั้วบวก เช่นแบตเตอรี่รถยนต์ 24 volt ถ่านไฟฉาย 1.5 volt

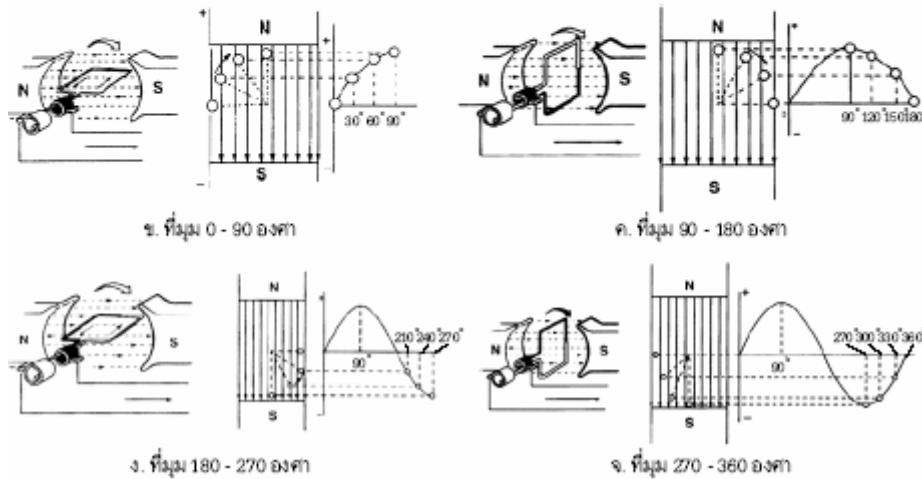
2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current: AC) เป็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีทิศทางไหลกลับไปกลับมาตลอดเวลา โดยการเคลื่อนที่ประจุไฟฟ้าบวกและลบสลับกันในตัวนำสาย เช่น ไฟฟ้าตามบ้าน 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

3. หลักการเบื้องต้นของการกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำในขดลวด ขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ขนาดของสนามแม่เหล็ก จำนวนรอบของขดลวด ความเร็วของการเคลื่อนที่ และตำแหน่งขดลวดในสนามไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1 เฟส และ 3 เฟส

3.1 การกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 เฟส เกิดจากการเคลื่อนที่ของขดลวด 1 ชุด ตัดสนามแม่เหล็กคงที่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เป็นกระแสดับ ที่มี การเปลี่ยนแปลงทิศทางเป็นรูปคลื่นไซน์

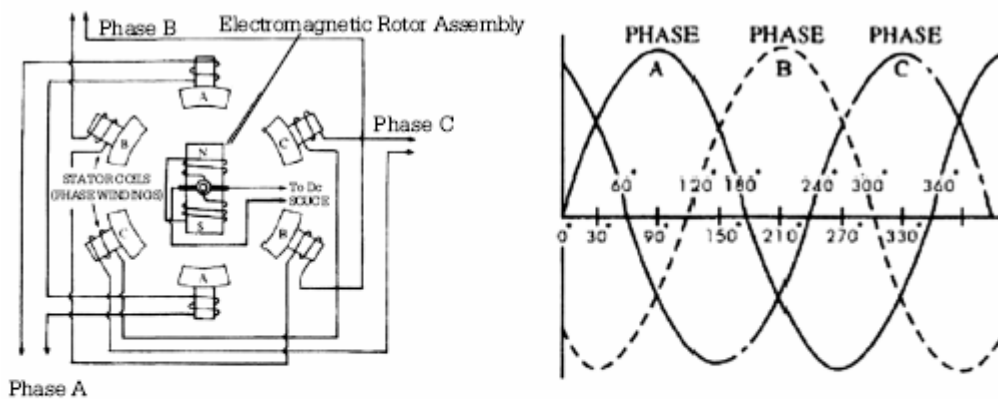


ก. การกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส



การกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส ที่เวลาต่างๆ

3.2 การกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 3 เฟส เกิดจากการเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็ก ตัดขดลวดตัวนำ 3 ชุด มีมุมองศาต่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า



ก. การกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส

ข. แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นในขดลวดทั้ง 3 ชุด

ภาพที่ 10.8 การกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

กิจกรรม 10.1.1

จงอธิบายระดับแรงดันที่ใช้ในการส่งจ่ายระบบไฟฟ้าและประเภทกระแสไฟฟ้ามาพอสังเขป

แนวตอบกิจกรรม 10.1.1

ในการส่งจ่ายระบบไฟฟ้าใช้ระดับแรงดัน 3 ระดับ ดังนี้

1. ระดับแรงดันสำหรับระบบสายส่งแรงสูงเป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการส่งพลังงานจากโรงไฟฟ้าและการส่งพลังงานระหว่างสถานีไฟฟ้า

2. ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงสูง เป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการส่งพลังงานจากสถานีไฟฟ้าย่อยระบบจำหน่าย ไปยังหม้อแปลงระบบจำหน่าย

3. ระดับแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายแรงต่ำเป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้รายย่อย

กระแสไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. ไฟฟ้ากระแสตรง

2. ไฟฟ้ากระแสสลับ

หน่วยวัดและสมการทางไฟฟ้า

1. หน่วยวัดทางไฟฟ้า

1.1 ความต้านทานไฟฟ้า (resistance) เป็นคุณสมบัติของสสารที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า สสารที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าเรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ส่วนสสารที่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า ความต้านทานมีหน่วยเป็น โอห์ม

1.2 แรงดันไฟฟ้า (voltage) เป็นแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ หรือแรงที่ทำให้เกิดการไหลของไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ V

1.3 กระแสไฟฟ้า (current) เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ภายในตัวนำไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ A

1.4 กำลังงานไฟฟ้า (power) อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน หรืออัตราการทำงาน มีหน่วยเป็น วัตต์ watt W

1.5 พลังงานไฟฟ้า (energy) คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไประยะหนึ่ง มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง (watt-hour) หรือ ยูนิต(unit)

1.6 ความถี่ (frequency) คือจำนวนรอบของกระแสไฟฟ้าสลับ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ Hz

1.7 รอบ (cycle) คือการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าครบ 360 องศาซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าค่าบวกและค่าลบได้สมบูรณ์

1.8 แรงม้า (horse power) หรือกำลังม้า เป็นหน่วยวัดกำลังหรืออัตราการทำงาน 1 แรงม้า = 550 ฟุต-ปอนด์ หรือ 745.7 วัตต์ ประมาณ 746 วัตต์

2. สมการไฟฟ้า

2.1 กฎของโอห์ม (ohm's law) ค.ศ. 1862 นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน George Simon Ohm กล่าวว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับค่าความต้านทาน $E = IR$

2.2 สมการค่ากำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ $P=EI$

2.3 สมการค่าพลังงานไฟฟ้า $W = Pt$ กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือยูนิต(unit)

กิจกรรม 10.1.2

จงระบุหน่วยวัดทางไฟฟ้า และอธิบายกฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า และพลังงาน ไฟฟ้ามาพอสังเขป

แนวตอบกิจกรรม 10.1.2

1. หน่วยวัดทางไฟฟ้ามีดังนี้คือ ความต้านทานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า ความถี่ รอบ และแรงม้า
2. กฎของโอห์ม คือ ปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานของวงจร
3. กำลังไฟฟ้า เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้เกิดพลังงานในรูปแบบต่างๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ (watt)
4. พลังงานไฟฟ้า หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่นำไปใช้ในระยะเวลาช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง หรือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือยูนิต (unit)

อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐานและวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

1. อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐาน

- ตัวต้านทาน (resistor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม มีชนิดคงที่ปรับค่าได้ ชนิดเปลี่ยนค่าได้
- ตัวเก็บประจุ (capacitor) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้า สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้ มีชนิด ค่าคงที่ปรับค่าได้ และชนิดเลือกค่าได้
- ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) เป็นอุปกรณ์นำมาใช้ในวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านำมาใช้เกี่ยวกับความถี่วิทยุ หน่วยเป็นเฮนรี่ H มีชนิด ตัวเหนี่ยวนำแบบโซลิดแกนเหล็กในย่านความถี่ต่ำๆ แบบโซลิดแกนอากาศใช้ในย่านความถี่วิทยุ แบบโซลิดแกนเฟอร์ไรท์ ใช้ในย่านความถี่สูง

2. วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

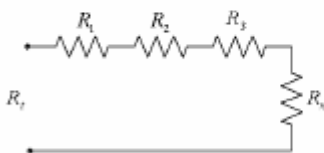
- วงจรอนุกรม กระแสไฟฟ้าตลอดวงจรมีค่าเดียวกันตลอด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับแรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว

สูตรหาค่าภาระรวมของวงจรอนุกรมในการต่ออุปกรณ์แต่ละชนิด

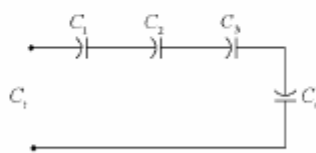
1. ความต้านทานรวม $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

2. ตัวเก็บประจุรวม $\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$

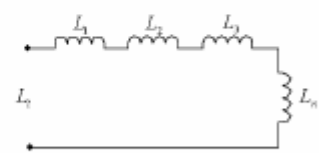
3. ความเหนี่ยวนำรวม $L_t = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$



ก. ตัวต้านทาน



ข. ตัวเก็บประจุ



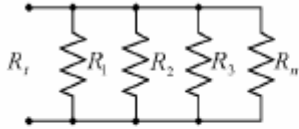
ค. ตัวเหนี่ยวนำ

ภาพที่ 10.16 วงจรอนุกรม

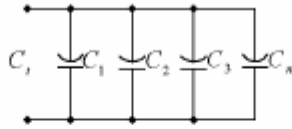
- วงจรขนาน(parallel circuit) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัว รวมกันจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว มีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งจ่าย

สูตรหาค่าการรวมของวงจรขนานในการต่ออุปกรณ์แต่ละชนิด

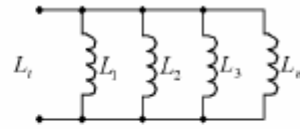
1. ความต้านทานรวม $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$
2. ตัวเก็บประจุรวม $C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$
3. ความเหนี่ยวนำรวม $\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$



ก. ตัวต้านทาน



ข. ตัวเก็บประจุ



ค. ตัวเหนี่ยวนำ

ภาพที่ 10.17 วงจรขนาน

- วงจรผสม เป็นการต่อทั้งอนุกรมและขนานในวงจรเดียวกัน

แนวตอบกิจกรรม 10.1.3

1. อุปกรณ์ไฟฟ้าพื้นฐานมีดังนี้

1.1 ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า สามารถแบ่งชนิดของความต้านทานตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้ ตัวต้านทานชนิดคงที่ เช่น คาร์บอน ฟิล์มคาร์บอน ฟิล์ม โลหะ เป็นต้น ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ และตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้

1.2 ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแส สามารถแบ่งตัวเก็บประจุตามประเภทได้ดังนี้ ตัวเก็บประจุค่าคงที่ เช่น ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ และตัวเก็บประจุเลือกค่าได้

1.3 ตัวเหนี่ยวนำ เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถแบ่งชนิดของความเหนี่ยวนำได้ดังนี้ ตัวเหนี่ยวนำแบบใช้แกนเหล็ก และตัวเหนี่ยวนำแบบใช้แกนอากาศ

2. วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น แบ่งวงจรไฟฟ้าออกเป็น 3 วงจร คือ

2.1 วงจรอนุกรม การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมนั้น มีทางเดินของกระแสเพียงทางเดียวเท่านั้น คือ จากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์แล้วกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ

2.2 วงจรขนาน เป็นการนำเอาอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อกัน โดยให้ดินขั้วของอุปกรณ์ทุกตัวต่อเข้าขั้วข้างหนึ่งของแหล่งจ่าย และให้ปลายขั้วของอุปกรณ์ทุกตัวต่อกับขั้วอีกด้านหนึ่งของแหล่งจ่าย

2.3 วงจรแบบผสมเป็นการต่อที่มีทั้งวงจรในแบบอนุกรม และแบบขนานรวมอยู่ในวงจรเดียวกัน

สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

1. ส่วนประกอบของสายไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ส่วนคือตัวนำและฉนวน

- ตัวนำ (conduction) ทำจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจเป็นสายเดี่ยว หรือสายตีเกลียว นิยม ทองแดงและอลูมิเนียม ทองแดง นำไฟฟ้าได้ดี น้ำหนักมาก ราคาแพง เหมาะกับการใช้ในอาคารทั่วไป อลูมิเนียม นำไฟฟ้ารองจากทองแดง น้ำหนักเบา ราคาถูกกว่า เหมาะกับอาคารและแรงดันสูง

- ฉนวน (insulator) ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ นิยมใช้ PVC (polyvinyl chloride) ไม่ซึมน้ำเหนียวทนทาน ทนต่อการกัดกร่อน ไม่มีปฏิกิริยากับกรดด่าง และ XLPE (cross link polyethylene) มีความแข็งแรงทนความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า

2. ประเภทของสายไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ สายไฟฟ้าแรงดันสูง และสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ

- สายไฟฟ้าแรงดันสูง มีสายเปลือย และสายหุ้มฉนวน

- สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์

กิจกรรม 10.2.1

จรรยาบรรณของสายไฟฟ้าตามระดับแรงดัน พร้อมทั้งยกตัวอย่าง

แนวตอบกิจกรรม 10.2.1

สายไฟฟ้าสามารถแบ่งตามระดับของแรงดันได้ 2 ประเภท คือ

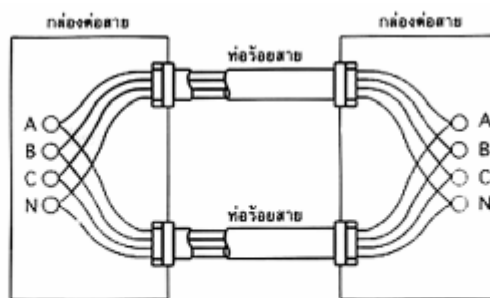
1. สายไฟฟ้าแรงดันสูง เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้งานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นสายที่มีขนาดใหญ่ ในลักษณะตัวนำตีเกลียว โดยแบ่งเป็นสายเปลือย เช่น สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมผสม สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมแกนเหล็กเป็นคั่นและสายหุ้มฉนวนเช่น สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนบางสาย สาย space aerial cable สาย preassembly aerial cable สาย cross-linked polyethylene

2. สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ได้กับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์ มีลักษณะเป็นสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน โดยที่ตัวนำอาจจะใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียม ส่วนฉนวนนิยมใช้ PVC และ XLPE ตัวอย่างของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เช่น สายไฟฟ้าไอวี สายไฟฟ้าวีเอเอฟ สายไฟฟ้าทีเอสดับเบิลยู สายไฟฟ้าเอ็นวายวาย สายไฟฟ้าวีจีที สายไฟฟ้าชนิดซีวี สายดินของบริษัทฯไฟฟ้า

การเลือกสายไฟฟ้าที่เหมาะสม

1. ข้อพิจารณาในการเลือกสายไฟฟ้า

- พิกัดแรงดัน มอก. 11-2531 ได้กำหนดแรงดัน 2 ระดับ คือ 300 โวลต์ และ 750 โวลต์ การใช้งานต้องคำนึงพิกัดแรงดันให้เหมาะสม
- พิกัดกระแส ความสามารถของสายไฟฟ้าในการนำกระแส มีตัวแปรได้แก่ ขนาดสายไฟฟ้า ชนิดของฉนวน อุณหภูมิโดยรอบ ลักษณะการติดตั้ง
- สายควบ สายหลายเส้นต่อขนาน



ภาพที่ 10.28 สายควบ

ที่มา: ประสิทธิ์ พิชยพัฒน์ การออกแบบระบบไฟฟ้า พ.ศ. 2545 หน้า 53

ข้อกำหนดสำหรับการใช้สายควบ มีดังนี้

- ใช้กับตัวนำที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ตารางมิลลิเมตร ขึ้นไป
- สายไฟฟ้าที่จะเดินควบกันได้นั้นจะต้องเป็นสายไฟฟ้าชนิดเดียวกัน
- สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีความยาวเท่ากัน
- ลักษณะการเดินสายไฟฟ้าเหมือนกัน

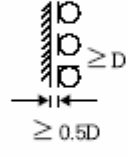




1.4 แรงดันตก (voltage drop) คือ ความแตกต่างระหว่างขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จุดแหล่งจ่ายต้นทาง และจุดรับไฟฟ้า เกิดเนื่องจากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ (impedance) ของตัวสายไฟฟ้าเอง

- แรงดันตก (voltage drop) ความแตกต่างระหว่างแรงดันต้นทางและปลายทาง

2. การเลือกสายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวงจรต่างๆ แบ่งเป็นสามวงจร ได้แก่ วงจรย่อย วงจรสายป้อน และวงจรประธาน

2.1 วงจรย่อย (branch circuit) เป็นส่วนของวงจรไฟฟ้าที่ต่อมาจากบริภัณฑ์ป้องกันตัวสุดท้ายกับจุดต่อโหลด เช่นวงจรย่อยแสงสว่าง วงจรย่อยมอเตอร์

ตารางที่ 10.3 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ตาม มอก. 11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 โวลต์ และ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ)

ขนาดสาย (ตารางมิลลิเมตร)	ขนาดกระแสแอมแปร์						
	วิธีการเดินสาย						
							
			ค	ค	ง	ง	
ก	ข	ท้อโลหะ	ท้อโลหะ	ท้อโลหะ	ท้อโลหะ	จ	
0.5	9	8	8	7	10	9	-
1.0	14	11	11	10	15	13	21
1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4.0	31	27	24	23	32	28	45
6.0	42	<u>35</u>	31	30	42	36	56
10	60	50	<u>43</u>	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

2.2 วงจรสายป้อน (feeder circuit) วงจรที่รับไฟจากสายประธานไปจนบริภัณฑ์ป้องกันวงจรย่อย

2.3 วงจรประธาน (main circuit) หมายถึง ตัวนำ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่รับไฟจากการไฟฟ้า มีตัวนำประธานอากาศ และตัวนำประธานใต้ดิน

กิจกรรม 10.2.2

จรรยาบรรณข้อพิจารณาในการเลือกสายไฟฟ้ามาพอสังเขป

แนวตอบกิจกรรม 10.2.2

ข้อพิจารณาในการเลือกสายไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 4 ข้อด้วยกัน คือ

1. พิกัดแรงดัน โดยสายไฟฟ้าที่จะใช้ต้องสามารถทนต่อแรงดันใช้งานได้ตาม มอก. 11-2531
2. พิกัดกระแส คือ ความสามารถของสายไฟฟ้า ในการที่จะนำกระแสไฟฟ้าปริมาณหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ใช้งาน
3. สายควบ ในวงจรที่มีการใช้ไฟฟ้ามากๆ นั้น พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าเส้นเดียวอาจไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องใช้สายหลายเส้นต่อขนาน ซึ่งเรียกว่า สายควบ
4. แรงดันตกคือ ความแตกต่างระหว่างขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จุดแหล่งจ่ายต้นทาง และจุดรับไฟฟ้า เกิดเนื่องจากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟฟ้าที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของตัวสายไฟฟ้าเอง

อุปกรณ์ ป้องกันระบบไฟฟ้า และการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม

1. อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

- ฟิวส์ (fuse) อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ทำมาจากโลหะผสมสามารถนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมละลายต่ำ ฟิวส์ที่ดี เมื่อกระแสไหลเกิน 2.5 ของขนาดทนกระแสของฟิวส์ ฟิวส์ต้องขาด

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (circuit breaker :CB) อุปกรณ์ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสเกินหรือลัดวงจร สามารถกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่เปลี่ยนใหม่เหมือนฟิวส์ การทำงานมี 2 แบบคือ เชิงความร้อน และเชิงแม่เหล็ก

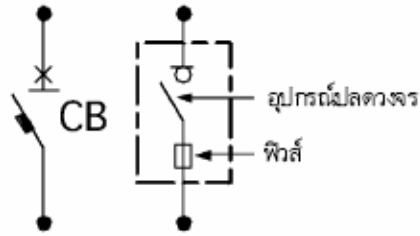
2. การเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม

- อุปกรณ์ป้องกันวงจรย่อย ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน สอดคล้องกับ โหลดสูงสุดที่คำนวณได้ นิยมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC (International Electrotechnical Commission)

ตารางที่ 10.4 ขนาดตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)	ขนาดสายตัวนำดินในท่อโลหะ (ตารางมิลลิเมตร) (พิกัดตัวนำ)
15	2.5 (18A)
20	4 (24A)
25	6 (31A)
30	6 (31A)
40	10 (43A)
50	16 (56A)

- อุปกรณ์ป้องกันวงจรสายป้อน ต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และขนาดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับ โหลดสูงสุดที่คำนวณได้
- อุปกรณ์ป้องกันวงจรประธาน หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ปลดวงจรบริภัณฑ์ประธาน ประกอบด้วย อุปกรณ์ปลดวงจร และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน



ภาพที่ 10.29 บริเวณชำประธาน

กิจกรรม 10.2.3

จงอธิบายคุณสมบัติที่ดีของอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่ดี พร้อมทั้งยกตัวอย่างอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า

แนวตอบกิจกรรม 10.2.3

คุณสมบัติของอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่ดี ได้แก่

1. ในสภาวะที่กระแสไหลผ่านปกติต้องไม่เปิดวงจร
2. ในสภาวะที่มีกระแสไหลเกินหรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจรต้องเปิดวงจรทันที
3. ทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ

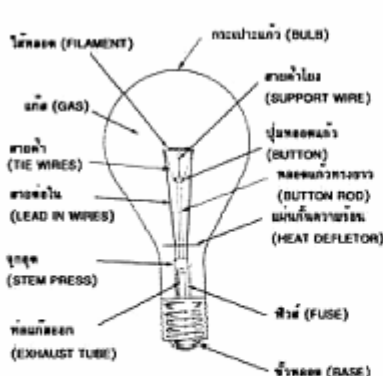
และอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าที่ใช้กับระบบแรงดันต่ำที่ใช้โดยทั่วไป คือ

1. ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ที่ป้องกันกระแสเกินทำมาจากโลหะผสมสามารถนำไฟฟ้าได้ดีแต่มีจุดหลอมละลายต่ำเมื่อมีกระแสเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยเมื่อกระแสไหลเกินกว่าที่กำหนดฟิวส์เปิดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ฟิวส์มีอยู่ด้วยกันหลายขนาด สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสเกินหรือลัดวงจรเหมือนกับฟิวส์แต่มีส่วนที่แตกต่างกัน คือ เมื่อกระแสเกินอุปกรณ์ป้องกันนี้จะตัดระบบออก เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนใหม่ แต่ฟิวส์ต้องเปลี่ยนใหม่

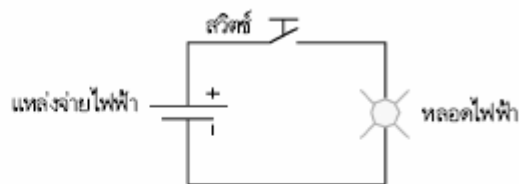
วงจรพื้นฐานสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง

- ประเภทของหลอดไฟฟ้า มีหลอดไส้ หลอดท้าวสแตนฮาโลเจน หลอดเรืองแสง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์



ก. ส่วนประกอบของหลอดไส้



ข. วงจรการใช้งานของหลอดไส้



ค. ภาพตัวอย่างของหลอดไส้

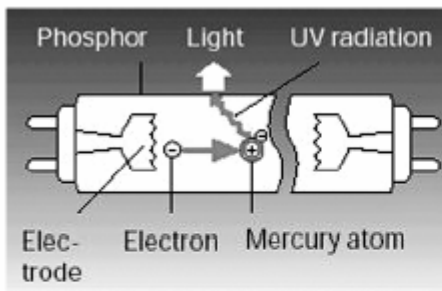
ภาพที่ 10.30 หลอดไส้

ตารางที่ 10.5 ข้อดีและข้อเสียของหลอดไส้

ข้อดี	ข้อเสีย
<ol style="list-style-type: none"> ใช้งานง่ายเนื่องจากใช้อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ น้อย ราคาถูก หาซื้อง่าย ติดตั้งง่าย สามารถปรับความสว่างได้ง่าย โดยใช้เครื่องหรี่ไฟ 	<ol style="list-style-type: none"> กินกระแสไฟฟ้ามาก อายุการใช้งานสั้นต้องเปลี่ยนหลอดบ่อย ให้ความสว่างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟฟ้าชนิดอื่นที่ กำลังไฟฟ้าเท่ากัน



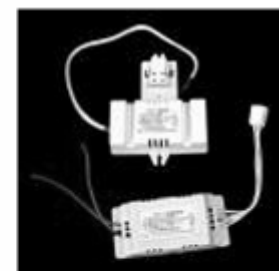
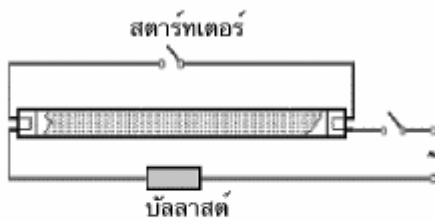
ภาพที่ 10.31 หลอดทั้งสแตนฮาโลเจน



ก. โครงสร้างภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข. หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ

ภาพที่ 10.32 หลอดฟลูออเรสเซนต์



ก. วงจรการใช้งานวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข. สตาร์ทเตอร์

ค. บัลลาสต์

ภาพที่ 10.33 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 10.6 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี	ข้อเสีย
<ol style="list-style-type: none"> อายุการใช้งานยาวนานไม่ต้องเปลี่ยนหลอดบ่อย ให้ความสว่างมากมีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดมีไส้ ให้ความร้อนน้อยกว่าหลอดมีไส้ 	<ol style="list-style-type: none"> ราคาติดตั้งสูงเพราะมีอุปกรณ์มากกว่า ตรวจสอบซ่อมแซมได้ยากกว่า เพราะมีอุปกรณ์หลายชนิด

กิจกรรม 10.3.1

จรรยาบรรณของหลอดไฟฟ้า ส่วนประกอบของแต่ละชนิด พร้อมทั้งยกตัวอย่าง

แนวตอบกิจกรรม 10.3.1

หลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

1. หลอดไส้ เป็นหลอดที่ใช้ไส้หลอดเป็นตัวเปล่งแสง โดยมีส่วนประกอบของหลอด คือ ขั้วหลอด ไส้หลอด ทั้งสแตน แท่งแก้วยึดไส้หลอดกับฐานหลอด กระจาปะแก้ว ภายในกระจาปะแก้วบรรจุก๊าซเฉื่อย ตัวอย่างของหลอดไส้ เช่น หลอดไส้หรืออินแคนเดสเซนต์ และ หลอดทั้งสแตนฮาโลเจน
2. หลอดเรืองแสง เป็นหลอดที่ใช้ก๊าซบรรจุภายในหลอดเป็นตัวเปล่งแสง โดยมีโครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ ฐานหลอด ขาหลอด ไส้หลอด ลวดตัวนำเชื่อมระหว่างไส้หลอดกับขั้วหลอด โปรท ก๊าซอาร์กอน และ ไอปรอท ตัวอย่างของหลอดเรืองแสง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาดของมอเตอร์เรียกเป็นแรงม้า $1 \text{ Hp} = 764 \text{ วัตต์}$ ในการควบคุมมอเตอร์ ประกอบด้วยวงจรควบคุมและวงจรกำลัง

1. ประเภทของมอเตอร์

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor) นิยมใช้มา มี 1 เฟส และ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และ แบบวาวด์โรเตอร์
- มอเตอร์ซิงโครนัส (synchronous motor) เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มีขดลวดอาร์เมเจอร์ และขดลวดสนาม ความเร็วคงที่
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) มีขดลวดสนามอยู่บนสเตเตอร์และขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่บนสเตเตอร์ สามารถควบคุมความเร็วได้ดี แรงบิดเริ่มเดินเครื่องสูง

2. วงจรย่อยของมอเตอร์ (motor branch circuit)

2.1 กรณีมอเตอร์ใช้งานทั่วไป โหลดมอเตอร์ถือว่าเป็นโหลดต่อเนื่อง ดังนั้นสายวงจรมอเตอร์ต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 125% ของพิกัดกระแสของมอเตอร์

$$\text{สูตรหาค่าพิกัดกระแสของมอเตอร์ : } I_C \geq 1.25I_n$$

โดยที่ I_C คือ พิกัดกระแสของวงจรย่อยมอเตอร์ (แอมแปร์)

I_n คือ พิกัดกระแสของมอเตอร์ (แอมแปร์)

2.2 กรณีมอเตอร์หลายตัว (multi speed motor) แต่ละความเร็วจะมีค่าพิกัดกระแสต่างกัน ให้ใช้ค่ากระแสสูงสุด

2.3 กรณีมอเตอร์ใช้งานไม่ต่อเนื่อง เป็นระยะ หรือเป็นคาบ ต้องไม่ต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ คูณพิกัดกระแสของมอเตอร์

สูตรหาค่าพิกัดกระแสแสงย่อยมอเตอร์ : $I_C \geq K_1 I_n$

โดยที่ I_C คือ พิกัดกระแสแสงย่อยมอเตอร์ (แอมแปร์)

I_n คือ พิกัดกระแสของมอเตอร์ (แอมแปร์)

K_1 คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ตามตารางที่ 10.7 (%)

ตารางที่ 10.7 ขนาดกระแสของสายสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

ประเภทการใช้งาน	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง (K_1)			
	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้น เช่น มอเตอร์หมุนเปิด-ปิดวาล์ว	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะ เช่น มอเตอร์เครื่องลิฟต์	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบ เช่น มอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

3. อุปกรณ์ที่สำคัญในการควบคุมมอเตอร์

3.1 สวิตช์ปุ่มกด (push button) เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณ โดยการกดจากตู้ควบคุม

ตารางที่ 10.8 รายละเอียดการทำงานของแต่ละสีของสวิตช์ปุ่มสำหรับกด

สี	รายละเอียด
แดง	ใช้สำหรับหยุดการทำงานของมอเตอร์
เหลือง	ใช้สำหรับควบคุมการทำงานในระหว่างระบบการทำงานโดยที่ส่วนอื่นยังดำเนินอยู่
เขียวหรือดำ	ใช้สำหรับสั่งให้เริ่มทำงาน

3.2 สวิตช์ควบคุม (selector switch) สวิตช์ที่เลือกการทำงานของอุปกรณ์ที่จะควบคุม อาจมี 2 หรือ 3 ตำแหน่ง

3.3 หลอดไฟ (pilot lights) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงสัญญาณการทำงานหรือหยุดทำงานของอุปกรณ์

ตารางที่ 10.9 รายละเอียดของแต่ละสีของหลอดไฟ

สี	รายละเอียด
แดง	ใช้เพื่อแสดงสัญญาณเตือนภัย เช่น การทำงานผิดปกติของระบบ การหยุดทำงานของระบบเนื่องจากส่วนป้องกันระบบทำงาน
เหลือง	ใช้เพื่อแสดงการแนะนำหรือเตือน เช่น แสดงการผิดปกติของระดับแรงดันภายในห้อง การทำงานของเครื่องจักรกลที่อยู่ในชั้นเก็บเป็นอันตราย
เขียว	ใช้เพื่อแสดงว่าปลอดภัยหรือปกติ เช่น แสดงการทำงานของอุปกรณ์ในสภาพปกติ

3.4 อุปกรณ์ป้องกันวงจรควบคุม นิยมใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์

3.5 คอนแทคเตอร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดวงจรไฟฟ้าควบคุมโดยแม่เหล็กไฟฟ้า

3.6 โอเวอร์โหลด (overload relay) เป็นอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ไม่ให้เกิดโอเวอร์โหลด



ก. สวิตช์ปุ่มสำหรับกด



ข. สวิตช์ควบคุม



ค. หลอดไฟ



ง. เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ 1 ขั้ว และ 2 ขั้ว



จ. คอนแทคเตอร์

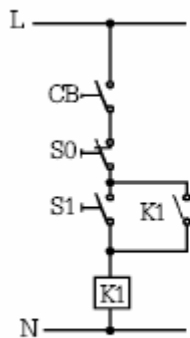


ฉ. โอเวอร์โหลดรีเลย์

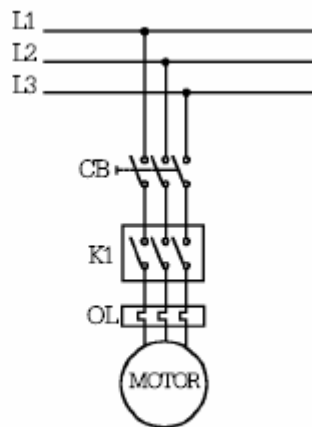
อุปกรณ์ที่สำคัญในการควบคุมมอเตอร์

4. วงจรควบคุมพื้นฐาน

4.1 วงจรสตาร์ทและควบคุมมอเตอร์โดยตรง

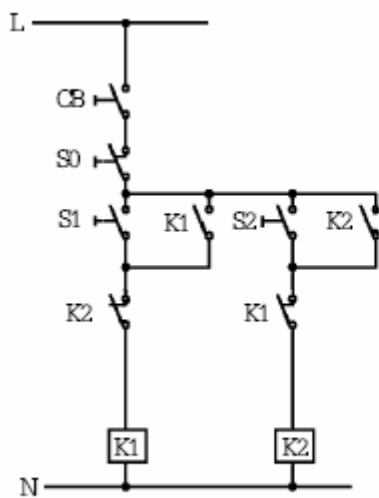


ก. วงจรควบคุม

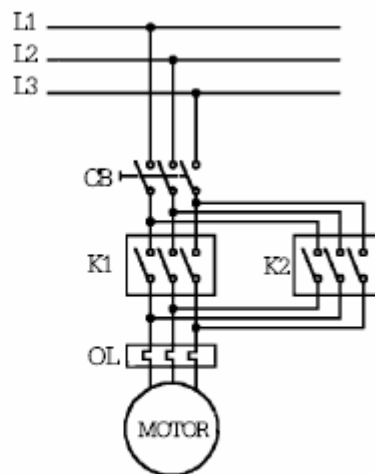


ข. วงจรกำลัง

4.2 วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์

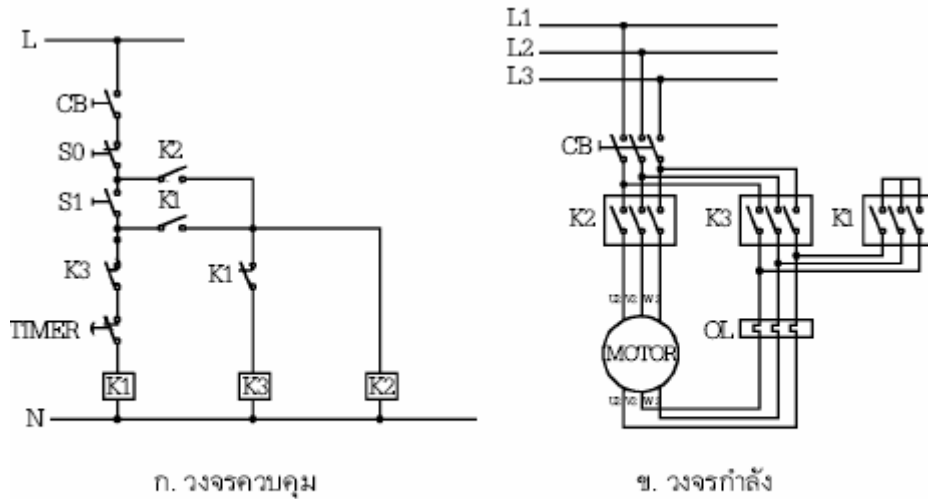


ก. วงจรควบคุม



ข. วงจรกำลัง

4.3 วงจรเริ่มต้นแบบสตาร์เดลต้า ใช้กับมอเตอร์ที่มีกำลังแรงม้าสูงๆ เพื่อลดกระแสในช่วงสตาร์ทมอเตอร์ กระแสเริ่มหมุนจะประมาณ 7 เท่าของกระแสตอนทำงานปกติ



ภาพที่ 10.39 วงจรการเริ่มต้นเครื่องแบบสตาร์ - เดลต้า

กิจกรรม 10.3.2

1. จงระบุชนิดของมอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน
2. จงระบุอุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรควบคุมมอเตอร์

แนวตอบกิจกรรม 10.3.2

1. มอเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ มอเตอร์ซิงโครนัส และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. อุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรควบคุมมอเตอร์ ได้แก่ สวิตช์ปุ่มสำหรับกด สวิตช์ควบคุมหยุดไฟ อุปกรณ์ป้องกันวงจรควบคุม คอนแทกเตอร์ และโอเวอร์โวลต์รีเลย์

การต่อลงดิน หมายถึงการต่อสายไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังสายดิน โดยสายดินคือแท่งตัวนำทองแดงที่ต่อลงไปในดิน เพื่อป้องกันไฟรั่วช็อตบุคคลผู้ใช้งาน

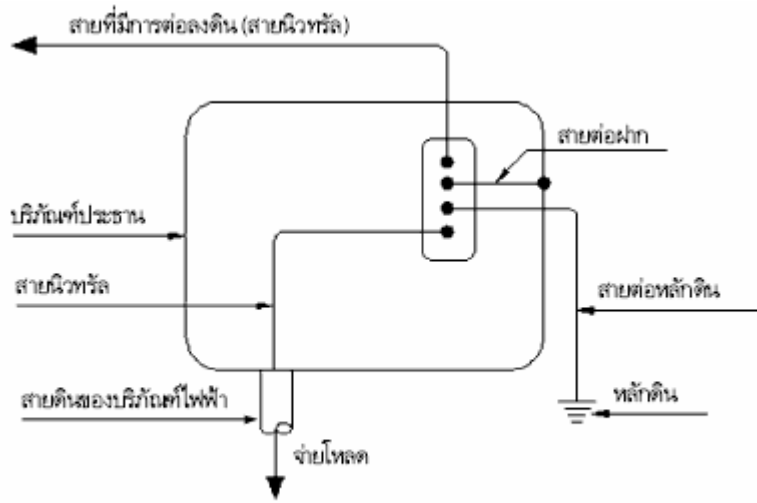
1. ประเภทของการต่อลงดิน แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.1 การต่อลงดินที่ระบบไฟฟ้า หมายถึง การต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านลงดิน เช่น การต่อจุดนิวทรัล (neutral point) ลงดิน

1.2 การต่อลงดินที่อุปกรณ์ไฟฟ้า หมายถึงการต่อส่วนที่เป็นโลหะ ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านของอุปกรณ์ต่างๆ ลงดิน

2. ส่วนประกอบการต่อลงดิน

- หลักดิน หรือระบบหลักดิน (grounding electrode) เป็นหลักดิน นิยมใช้ทองแดง
- สายต่อหลักดิน



ภาพที่ 10.40 สายต่อหลักดิน

ความต้านทานระหว่างหลักดินกับดิน ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดความต้านทานหลักดินกับดินไม่เกิน 5 โอห์ม การไฟฟ้า นครหลวง ไม่เกิน 25 โอห์ม หากวัดแล้วเกินต้องปักเพิ่มอีก 1 แท่ง

กิจกรรม 10.3.3

จรรยาบรรณประกอบของการต่อลงดิน

แนวตอบกิจกรรม 10.3.3

การต่อลงดิน มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. หลักดินหรือระบบหลักดิน มีแบบต่างๆ มีดังนี้ หลักดินแบบแท่ง หลักดินหุ้มด้วยคอนกรีต แบบแผ่น โลหะ หลักดินแบบวงแหวน แบบกริด เป็นต้น
2. สายต่อหลักดิน เป็นการนำตัวนำต่อระหว่างหลักดินกับส่วนทั้งสามดังนี้ คือ สายที่มีการต่อลงดิน สายดินของบริษัทรักษาไฟฟ้า และสายต่อฝากที่บริษัทรักษาไฟฟ้า ส่วนชนิดของสายต่อหลักดินต้องมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทองแดง ตัวนำเหนียว หรือดีบุกเคลือบด้วยดีบุก ต้องมีฉนวนหุ้ม และต้องเป็นสายเส้นเดียวยาวต่อเนื่องตลอด ไม่มีการตัดต่อ แต่ถ้าเป็นบัสบาร์อนุญาตให้มีการต่อได้ มีวิธีที่ดีที่ คือ วิธี exothermic welding
3. การต่อฝากมีจุดประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และสามารถรับกระแสลัด วงจรใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ แบ่งประเภทได้ 2 ประเภท คือ การต่อฝากที่บริษัทรักษาไฟฟ้า และการต่อฝากที่บริษัทรักษาไฟฟ้า
4. สายดินของบริษัทรักษาไฟฟ้าเป็นการต่อตัวนำไฟฟ้ากับส่วนที่เป็นโลหะของบริษัทรักษาไฟฟ้าลงดิน โดยการต่อสายดินของบริษัทรักษาไฟฟ้า ต้องใช้วิธีเชื่อมด้วยความร้อน (exothermic welding) หรือใช้หัวต่อแบบหนีบประกบจับสาย ห้ามต่อโดยการใช้บัดกรีเป็นหลัก

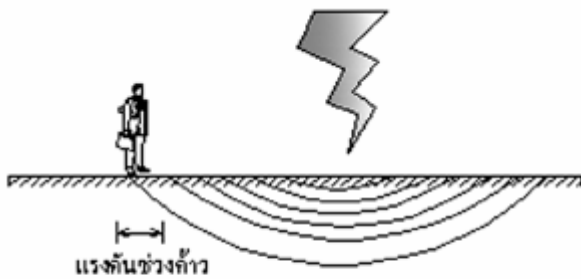
ฟ้าผ่าและระบบป้องกันฟ้าผ่า

ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าและอันตรายจากฟ้าผ่า

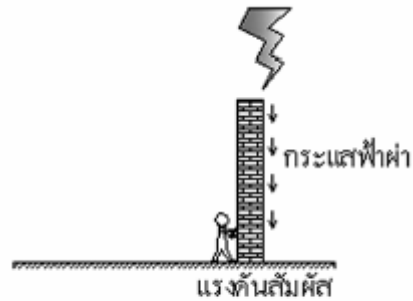
1. ฟ้าผ่า เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดประจุไฟฟ้าอิสระที่ละอองน้ำในอากาศ เมื่อละอองน้ำเหล่านี้รวมตัวกันหนาแน่นเป็นก้อนเมฆ โดยเฉพาะเมฆฝนที่มีประจุไฟฟ้าอิสระรวมกันอยู่มากมาย หากก้อนเมฆที่ประจุในขั้วที่ต่างกัน เคลื่อนตัวเข้าใกล้กันจะทำให้ประจุไฟฟ้าทั้งสองชนิดกระโดดเข้าหากัน ด้วยความเร็ว เสียดสีกับอากาศ เกิดความรุนแรงและเผาไหม้ แสงสว่าง เรียกว่าฟ้าแลบ แต่ถ้าประจุไฟฟ้าอิสระกระโดดไปมาระหว่างก้อนเมฆกับแผ่นดิน เรียกว่าฟ้าผ่า อาจเกิดจากประจุไฟฟ้าวิ่งอย่างรวดเร็วไปยังแผ่นดิน หรือกลับกันจากแผ่นดินไปยังก้อนเมฆได้เช่นกัน

2. อันตรายจากฟ้าผ่า

- ถูกฟ้าผ่าโดยตรง
- ถูกฟ้าผ่าโดยอ้อม แรงดันช่วงก้ำว แรงดันสัมผัส



ภาพที่ 10.43 แรงดันช่วงก้ำว



ภาพที่ 10.44 แรงดันสัมผัส

กิจกรรม 10.4.1

จงอธิบายอันตรายที่เกิดจากฟ้าผ่ามาพอสังเขป

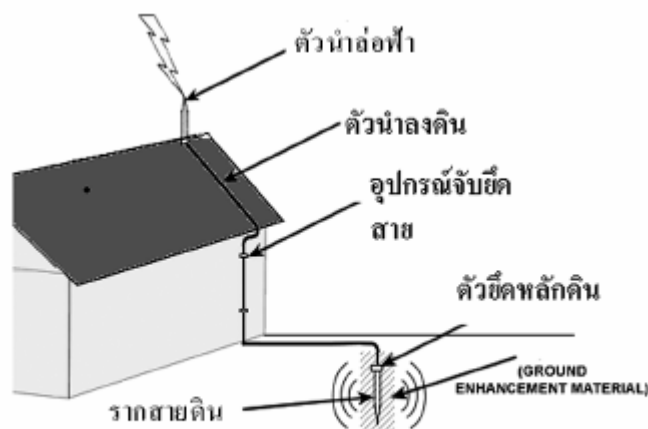
แนวตอบกิจกรรม 10.4.1

อันตรายที่เกิดจากฟ้าผ่า สามารถแยกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ถูกฟ้าผ่าโดยตรง เกิดจากฟ้าผ่าสิ่งที่อยู่สูงเด่นกว่าสิ่งอื่น และมักเป็นอันตรายต่อชีวิต ดังนั้นหากไปอยู่ในที่โล่งแจ้งต้องทำให้ตัวอยู่ต่ำกว่าส่วนอื่นๆ
2. ถูกฟ้าผ่าโดยอ้อม เมื่อเกิดฟ้าผ่าลงสู่พื้นดินที่มีความต้านทาน เป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันช่วงก้ำว หรือแรงดันสัมผัส ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคนและสัตว์

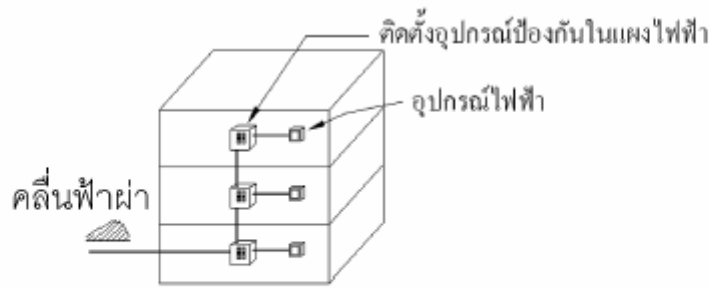
หลักการป้องกันฟ้าผ่า

1. การป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ประกอบด้วยการติดตั้ง ตัวนำล่อฟ้า ตัวนำลงดิน รากสายดิน



ภาพที่ 10.45 ส่วนประกอบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

2. การป้องกันฟ้าผ่าภายใน ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากในแผงไฟฟ้าต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้แรงดันกระชากหรือค่ากระแสสูงไหลเข้าไปหาอุปกรณ์ไฟฟ้า



ภาพที่ 10.46 การป้องกันฟ้าผ่าภายในโดยติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากในแผงไฟฟ้าก่อนจ่ายไปให้อุปกรณ์

กิจกรรม 10.4.2

จงอธิบายระบบป้องกันฟ้าผ่ามาพอสังเขป

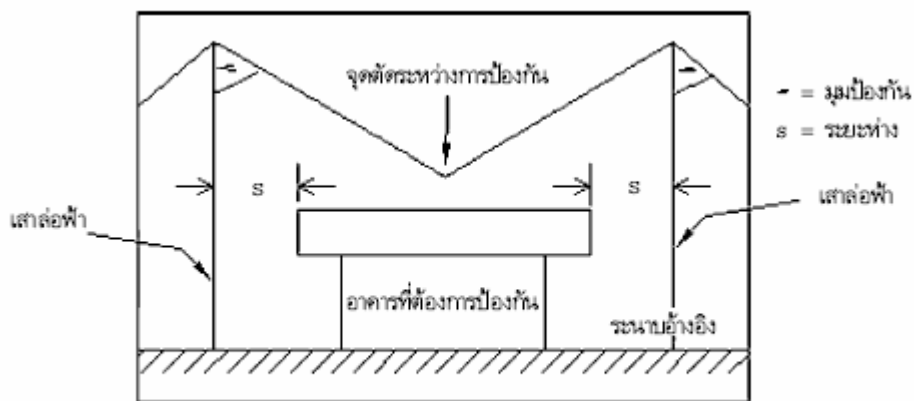
แนวตอบกิจกรรม 10.4.2

ระบบป้องกันฟ้าผ่าที่สมบูรณ์ประกอบด้วยระบบการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกและภายใน โดยระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกมีส่วนประกอบด้วยการติดตั้ง ตัวนำล่อฟ้า ตัวนำลงดินรากสายดิน เพื่อให้กระแสที่เกิดจากฟ้าผ่าไหลลงดินได้สะดวกที่สุด ไม่ให้เกิดอาร์กภายในอาคารเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ ส่วนระบบป้องกันฟ้าผ่าภายในเป็นการป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง ทำให้โดยติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากในแผงไฟฟ้าต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้แรงดันกระชากหรือค่ากระแสสูงไหลเข้าไปหาอุปกรณ์ไฟฟ้า

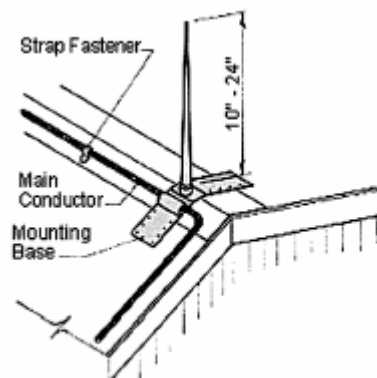
ส่วนประกอบและแนวทางการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

1. ส่วนประกอบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

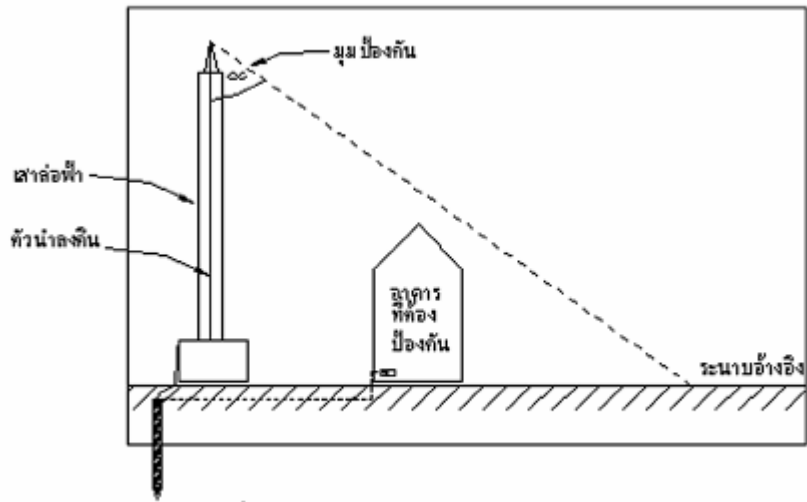
- ตัวนำหรือล่อฟ้า มีหลักล่อฟ้า สายชิงตัวนำ ตัวนำลงดิน



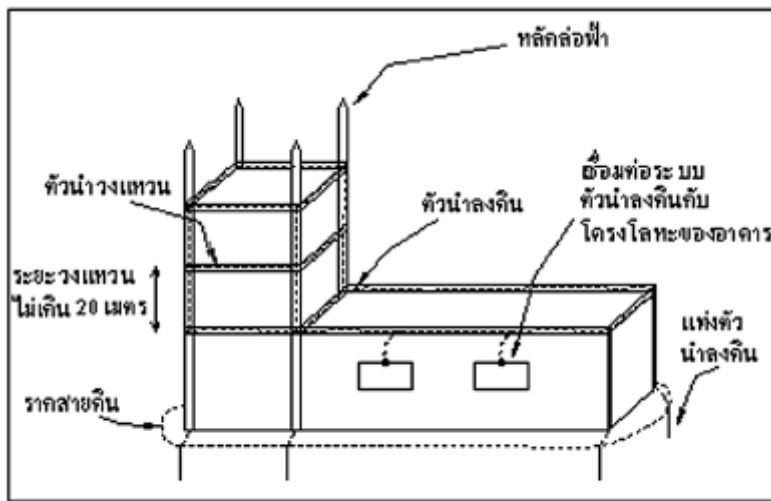
ภาพที่ 10.47 ตัวนำล่อฟ้า แบบใช้หลักล่อฟ้า ในระนาบแนวตั้ง (มองจากด้านข้างของอาคาร)



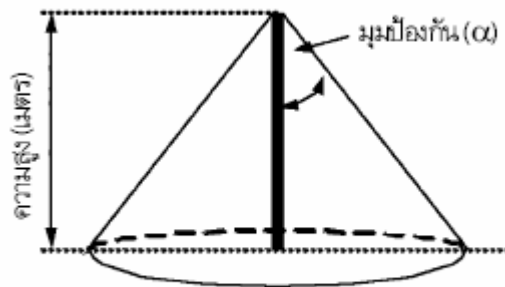
ภาพที่ 10.49 หลักล่อฟ้าบนส่วนที่สูงของอาคาร



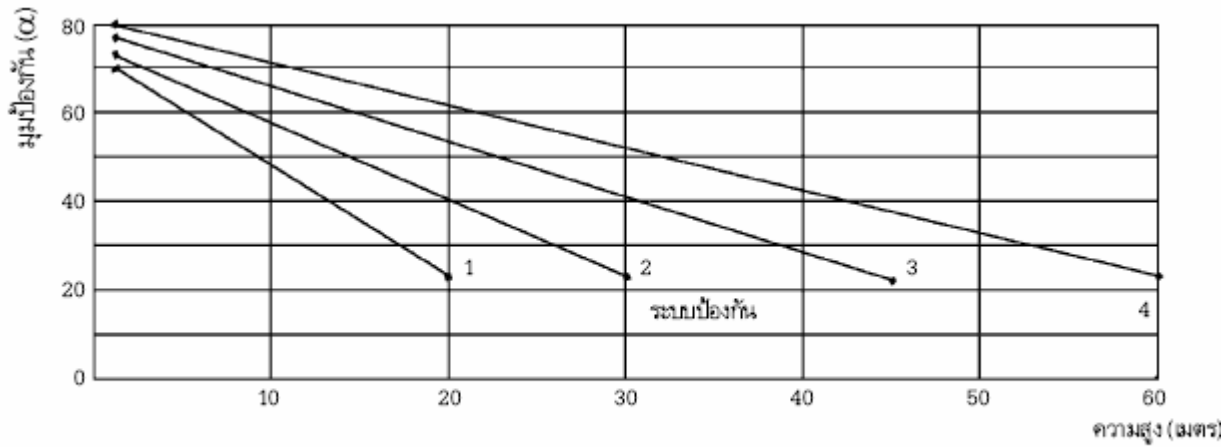
ภาพที่ 10.53 ระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบแยกอิสระ



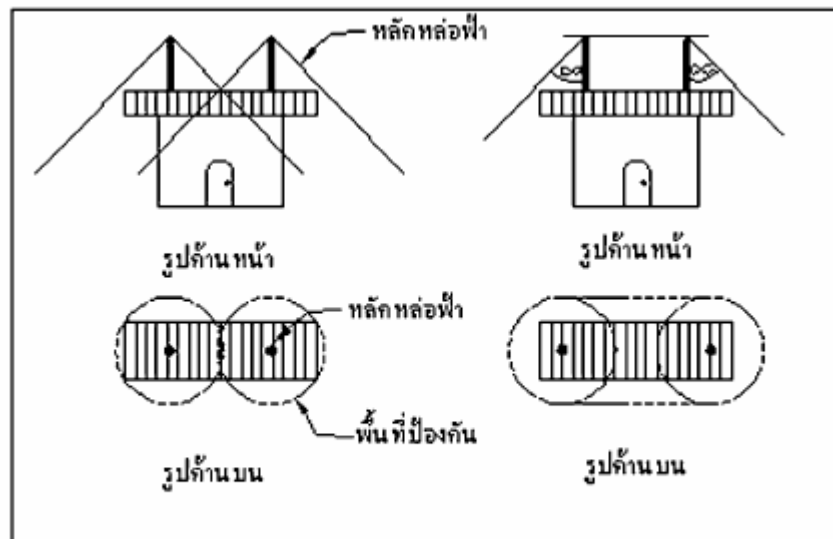
ภาพที่ 10.54 ระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบไม่แยกอิสระ



ภาพที่ 10.57 กรวยมุมป้องกันของหลักหล่อฟ้า



ภาพที่ 10.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและมุมป้องกัน ตามระดับการป้องกัน



ภาพที่ 10.60 การติดตั้งหลักหล่อฟ้าโดยวิธีมุมป้องกัน

กิจกรรม 10.4.3

จงระบุส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก และวิธีป้องกันฟ้าผ่าภายนอก

แนวตอบกิจกรรม 10.4.3

ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอก ได้แก่

1. ตัวนำล่อฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 คือหลักล่อฟ้า สายตัวนำขึง และตัวนำตาข่าย

2. ตัวนำลงดิน เป็นตัวนำที่เชื่อมต่อกับระบบตัวนำล่อฟ้า เพื่อทำหน้าที่นำกระแสฟ้าผ่าลงดินโดยเร็วที่สุด แบ่งตามการติดตั้งได้ 2 รูปแบบ ดังนี้ ระบบตัวนำลงดินของระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกแบบแยกอิสระ และระบบตัวนำลงดินระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกไม่แยกอิสระ