แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
กลุ่มอาชีพไฟฟ้ากำลัง
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา30104-2004 **วิชา**การออกแบบระบบไฟฟ้า

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการสอนวิชา “การออกแบบระบบไฟฟ้า ” รหัสวิชา 30104-2002 จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน วิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2567 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 ชั่วโมง เนื้อหาภายใน ประกอบด้วย ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า ชนิดและขนาดสายไฟฟ้า เครื่องป้องกันประแสเกิน ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสาย และการเดินสายแบบอื่น ๆ การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล ระบบสายดิน และระบบป้องกันฟ้าผ่า

สำหรับแผนการสอนรายวิชานี้ ผู้จัดทำได้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจและเวลาในการศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอน และการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางหลักปรัชญาของเศรษฐกิจแบบพอเพียง

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่สร้างแหล่งความรู้ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แผนการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นที่เรียบร้อย และหากผู้ใช้พบข้อบกพร่องหรือมีข้อเสนอแนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งผู้จัดทำทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

นางสาววรัญญา พรหมสาขา ณ สกลนคร

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	
หลักสูตรรายวิชา	x
มาตรฐานอาชีพ	x
ตาราวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	x
หน่วยการเรียนรู้	x
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 1 เรื่อง/งานระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 2 เรื่อง/งานชนิดและขนาดสายไฟฟ้า	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 3 เรื่อง/งานเครื่องป้องกันกระแสเกิน	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 4 เรื่อง/งานท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 5 เรื่อง/งานการเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 6 เรื่อง/งานระบบสายดิน	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
หน่วยที่ 7 เรื่อง/งานระบบป้องกันฟ้าผ่า	x
แผนการจัดการเรียนรู้	x
บรรณานุกรม	x
ภาคผนวก	x

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
ประเภทวิชา อุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ ไฟฟ้ากำลัง **สาขาวิชา**ช่างไฟฟ้ากำลัง
รหัส30104-2004ชื่อวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า
ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ออกแบบระบบไฟฟ้า คำนวณ กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าด้วยความประณีตรอบคอบและปลอดภัย

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการมาตรฐานระบบไฟฟ้า
2. สามารถคำนวณ กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า
3. มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีตรอบคอบและปลอดภัย
4. มีความสามารถประยุกต์ออกแบบระบบไฟฟ้า การเดินสายอุปกรณ์ประกอบการเดินสาย ออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคาร

สมรรถนะรายวิชา

1. ประมวลความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า
2. เลือกใช้ วัสดุอุปกรณ์ในงานติดตั้งระบบไฟฟ้า
3. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานป้องกันระบบไฟฟ้า
4. ประยุกต์ใช้ความรูSเกี่ยวกับมาตรฐานระบบไฟฟ้า ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับกฎมาตรฐานทางไฟฟ้า บริภัณฑ์ไฟฟ้า แผงสวิตช์และการติดตั้ง ระยะห่าง ในการปฏิบัติงาน สายไฟฟ้าและการใช้งาน การต่อลงดิน ออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร การเดินสาย อุปกรณ์ประกอบการเดินสาย มอเตอร์ไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองระบบไฟฟ้าภายในโรงงาน การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง

คำอธิบาย หลักสูตรรายวิชา ให้คัดลอกจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 หรือ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ฉบับปัจจุบันที่สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ เผยแพร่ เท่านั้น

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

รหัส 30104-2004 ชื่อวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวนชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์					
1.ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า	✓	✓		✓		✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓		
2.ชนิดและขนาดสายไฟฟ้า	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ✓		
3.เครื่องป้องกันกระแสเกิน	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		
4. ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ	✓	✓	✓	✓			✓	✓			
5. การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			
6. ระบบสายดิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
7. ระบบป้องกันฟ้าผ่า	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
รวม											
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา											
รวมทั้งรายวิชา											

คำชี้แจง ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ มี 2 รูปแบบ ให้เลือกวิเคราะห์เพียงรูปแบบเดียว

คำอธิบาย ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 2 รูปแบบ

1. **หน่วยการเรียนรู้** เป็นหน่วยการเรียนที่ได้จากการวิเคราะห์งานหลัก (Duty) และหรืองานย่อย (Task)
2. **พุทธิพิสัย** เป็นการกำหนดความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่คาดหวัง ในแต่ละหน่วย ว่าจะมีความสามารถในการเรียนรู้อยู่ในระดับใดบ้าง
3. **ทักษะพิสัย** เป็นการกำหนดความสามารถในการฝึกทักษะ หรือปฏิบัติงานของผู้เรียนที่คาดหวัง ในแต่ละหน่วย ว่าจะมีความสามารถอยู่ในระดับใดบ้าง
4. **จิตพิสัย** เป็นการกำหนดความคาดหวังต่อ ลักษณะนิสัย ลักษณะบุคคลของผู้เรียนในแต่ละหน่วย ว่าจะมีความสามารถในการพัฒนาลักษณะนิสัย ลักษณะบุคคลอยู่ในระดับใดบ้าง
5. **ประยุกต์ใช้** เป็นการกำหนดความสามารถของผู้เรียนที่คาดหวังในการนำความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ในห้องเรียนของแต่ละหน่วย ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรืองานอาชีพได้ระดับใดบ้าง

5. **การกำหนดชั่วโมง** หลักสูตร ปวส. 2567 ให้จัดเรียน ไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ โดยไม่รวมการวัดและประเมินผล หลักสูตร ปวช. 2567 ให้จัดเรียน ไม่น้อยกว่า 18 สัปดาห์รวมวัดผล
5. **จัดให้มีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา** การกำหนดคะแนนให้อยู่ในดุลพินิจครูผู้สอน

หน่วยการเรียนรู้

รหัส 30104-2004 ชื่อวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า	4	6	10
2	ชนิดและขนาดสายไฟฟ้า	4	6	10
3	เครื่องป้องกันกระแสเกิน	4	6	10
4	ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ	4	6	10
5	การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล	4	6	10
6	ระบบสายดิน	4	6	10
7	ระบบป้องกันฟ้าผ่า	6	9	15
	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			
	รวม	**30**	**45**	**75**

คำอธิบาย ตารางหน่วยการเรียน

1. ตารางหน่วยการเรียน เป็นการกำหนดระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ ของแต่ละหน่วยให้สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาที่กำหนด โดยให้กำหนดชั่วโมงทฤษฎี และ ชั่วโมงปฏิบัติ
2. การกำหนด ชั่วโมงทฤษฎี และ ชั่วโมงปฏิบัติ ในแต่ละหน่วย ให้มีความสัมพันธ์ ชั่วโมงทฤษฎีและ ชั่วโมงปฏิบัติต่อสัปดาห์ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรรายวิชา
3. ชั่วโมงรวม ทฤษฎีและปฏิบัติ ทั้งรายวิชา ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 ติดตั้งระบบไฟฟ้า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายการใช้แรงดันสูงเพื่อการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 บอกอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงได้(ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 สาธิตระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้(ด้านพุทธิพิสัย)

2.4 แก้ปัญหาระบบไฟฟ้าได้(ด้านพุทธิพิสัย)

2.5 ผลิตระบบการจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำจากการไฟฟ้าได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.6 ยอมรับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าได้ (ด้านจิตพิสัย)

2.7 ปฏิบัติตามข้อกำหนดสำหรับสถานที่ติดตั้งเครื่องอุปกรณ์ได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

การใช้แรงดันสูงกระแสสลับ

การใช้แรงดัน AC เพื่อส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า นับเป็นประโยชน์สำคัญประการแรกของการสร้างแรงดันสูง การเลือกระดับแรงดันของสายส่งให้เหมาะสมนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานและระยะทางที่ต้องการส่ง โดยระดับแรงดันสูง ที่ใช้ส่งกำลังไฟฟ้าอยู่ในปัจจุบันนี้ แบ่งออกเป็น 3 ช่วงด้วยกัน คือแรงดันสูงแรงดันสูงพิเศษแรงดันสูงยิ่งการใช้แรงดันสูงกระแสตรงแรงดันสูงกระแสตรงที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าใช้ทางการแพทย์ ใช้ทดสอบความเป็นฉนวนของวัสดุ การสร้างแรงดันสูงกระแสตรงสำหรับส่งพลังงานไฟฟ้ามีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีข้อดีหลายประการคือ ไม่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในฉนวนที่เกิดจากการสลับขั้วของรูปคลื่นแรงดัน การเชื่อมต่อระหว่างสถานีไฟฟ้าทำง่าย

3.2 อันตรายจากไฟฟ้าแรงสูง

ไฟฟ้าแรงสูงเป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไฟฟ้าแรงสูงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สิน ไฟฟ้าแรงสูงที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าการทดสอบและอื่นๆ อย่างไรก็ดี ไฟฟ้าแรงสูงที่สร้างขึ้น หากใช้ถูกหลักและถูกวิธีจะมีคุณประโยชน์มากมาย แต่ถ้าใช้ไม่ถูกวิธีหรือวัตถุประสงค์ ก็จะทำให้เกิดผลเสียขึ้นมากมายเช่นกัน

3.2.1 อันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงที่มนุษย์สร้างขึ้นแก่คนและสัตว์

ไฟฟ้าแรงสูงที่มนุษย์สร้างขึ้น มีอันตรายแก่คนและสัตว์ทางตรงและทางอ้อมจากผลสืบเนื่อง อันตรายทางตรงก็คือ การสัมผัสกับไฟฟ้าแรงสูง หรือการสปาร์กเข้าหาคนและสัตว์ทำให้เกิดหระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย อันตรายจากไฟฟ้าถูกกำหนดด้วยค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกาย อันตรายจากไฟฟ้าถูกกำหนดด้วยค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายเกินค่าวิกฤต

3.2.2 ผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคนและสัตว์

ผลกระทบหรืออันตรายจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อคนและสัตว์ จะมีคำถามเรื่องนี้อยู่เสมอ โดยเฉพาะผู้ที่มีที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงานอยู่ใกล้กับสายส่งจ่ายแรงสูง จะมีความวิตกกังวลถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่มองไม่เห็น ในเรื่องนี้ได้มีการศึกษา แต่ยังไม่มีข้อสรุปใดๆ เพราะไม่มีหลักฐานหรือข้อมูลยืนยันที่สามารถพิสูจน์ได้ แต่จากการศึกษาพบว่า บริเวณใต้สายส่งจ่ายแรงสูงหรือในสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อยค่าความเข้มสนามไฟฟ้าย่อยค่าความเข้มสนามไฟฟ้าและความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นมีหลายระบบ โดยขึ้นอยู่กับระดับแรงดันที่จ่ายซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามีอยู่ 3 หน่วยงานหลักคือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งมีลักษณะงานดังนี้

3.3.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีหน้าที่ผลิตไฟฟ้าและจัดส่งไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3.3.2 การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีหน้าที่จำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่ 3 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรีและสมุทรปราการ

3.3.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีหน้าที่เช่นเดียวกัยการไฟฟ้านครหลวง โยจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่ต่างๆทั่วประเทศยกเว้น 3 จังหวัดในเขตของการไฟฟ้านครหลวง

3.4 ระบบไฟฟ้า

ระบบไฟแรงสูงนั้นจะเป็นชนิด 3 เฟส 3 สาย โดยไม่มีสายนิวทรัล และสายดิน แรงดันที่ระบุนั้นจะเป็นแรงดันระหว่างสายเส้นไฟ สำหรับผู้ใช้ไฟขนาดใหญ่ระบบไฟแรงฟ้า แรงต่ำนั้น จะมีทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โดยระบบ 1 เฟส เท่านั้น เหมาะสมกับโหลดที่มีขนาดเล็ก และต้องการกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะใช้กับที่อยู่อาศัย ส่วนระบบ 3 เฟส ใช้กับอาคารหรือโรงงานที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากหรือโหลดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงๆ การเลือกขนาดสายไฟฟ้าหรือเครื่องป้องกันนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสใช้งานสูงสุดของโหลดที่ต่ออยู่ในวงจรเดียวกัน เพราะหากมีขนาดน้อยเกินไปสายไฟฟ้าหรือเครื่องป้องกันอาจไหม้หรือตัดวงจรได้แม้ในสภาวะปกติ แต่ต้องมีขนาดที่ไม่สูงเกินไป เพราะเป็นการสิ้นเปลือง

3.4.1 ระบบการจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจากการไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าแรงสูงคือมีแรงดันเกิน 1000 โวลต์ โดยจะมีระบบเดียวคือ 3 เฟส 3 สายขนาดแรงดันที่ระบุจะเป็นแรงดันแตกต่างระหว่างสายเส้นไฟ

3.5 ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำจากการไฟฟ้า

การจ่ายไฟฟ้าในระบบแรงต่ำคือ ไม่เกิน 1000 โวลต์ โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะ การใช้งานของผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนี้

3.5.1ระบบ 1 เฟส 2 สาย (ไม่รวมสายดิน)

4.5.2 ระบบ 3 เฟส 4 สาย (ไม่รวมสายดิน)

3.6 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า การติดตั้งทางไฟฟ้านั้นมีความสำคัญ ดังนั้นจึงมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการเดินสายและอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่มากมาย โดยมาตรฐานสำหรับประเทศไทยนั้นเรียกว่า มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นมาตรฐานบังคับใช้สำหรับการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้ามาตรฐานฉบับนี้ได้ออกเมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยวิศวกรรมสถานที่แห่งประเทศไทย ร่วมกับการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องได้ร่วมกันร่างมาตรฐานฉบับนี้ แต่เดิมนั้นการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ออกมาตรฐานของตนเองเพื่อบังคับใช้เฉพาะในพื้นที่จำหน่ายไฟฟ้าของหน่วยงานตนเองเท่านั้นทำให้มีข้อกำหนดบางส่วนที่แตกต่างกัน แต่ปัจจุบันได้รวมกันเป็นมาตรฐานฉบับเดียว เพื่อความสะดวกในการใช้งานและมาตรฐานนี้จะมีการปรับปรุงอยู่เสมอ

เครื่องอุปกรณ์และสายไฟฟ้าทุกชนิดที่ผู้ใช้ไฟจะหามาติดตั้งใช้งาน จะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับหากเครื่องอุปกรณ์ใดที่ไม่ได้ผลิตตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ จะต้องได้รับความเห็นชอบจาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคก่อน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ไฟเอง โดยแยกรายละเอียดได้ ดังนี้

3.6.1 สายไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้า

3.6.1.1 สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน

- สายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี เป็นไปตาม มอก.11
- สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนพีวีซี เป็นไปตาม มอก.293

3.6.1.2 สายไฟฟ้าเปลือย

- ตัวนำไฟฟ้าทองแดงรีดแข็งสำหรับสายส่งกำลังเหนือดิน เป็นไปตาม มอก.64 สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือย เป็นไปตาม มอก.85
- สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมตีเกลียวเปลือยแกนเหล็ก เป็นไปตาม มอก.86

3.6.1.3 สายไฟฟ้าและตัวนำไฟฟ้าชนิดอื่น ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ

3.6.1.4 รหัสสีของสายไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าได้กำหนดสีของสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแรงดันต่ำ

3.6.2 อุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องป้องกันกระแสเกิน

3.6.2.1 ตัวฟิวส์และตัวยึดฟิวส์ เป็นไปตาม มอก.506 และ มอก.507

3.6.2.2 สวิตช์ที่ทำงานด้วยมือ เป็นไปตาม อก.824

3.6.2.3 สวิตช์ในมีด เป็นไปตาม อก.706

3.6.2.4 อุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องป้องกันกระแสเกินชนิดอื่น ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ

3.6.3 มาตรฐานหลักดินและสิ่งที่ใช้แทนหลักดิน

3.6.3.1 แท่งเหล็กอาบโลหะชนิดกันการผุกร่อน หรือแท่งเหล็กหุ้มทองแดง หรือแท่งทอง ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 180 เซนติเมตร

3.6.3.2 แผ่นโลหะที่มีพื้นที่สัมผัสไม่น้อยกว่า 1,800 ตารางเซนติเมตร ถ้าเป็นเหล็กอาบโลหะชนิดกันการผุกร่อน ต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ถ้าเป็นโลหะอื่นที่ทนต่อการผุกร่อน ต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.50 มิลลิเมตร

3.6.3.3 หลักดินชนิดอื่น ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคก่อน

3.6.4 ท่อเดินสายไฟฟ้า

3.6.4.1 ท่อพีวีซีแข็งสำหรับร้อยสายไฟฟ้า เป็นไปตาม มอก.216

3.6.4.2 ท่อเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ต้องเป็นชนิดที่ใช้สำหรับร้อยสายไฟฟ้าเท่านั้น มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ เช่น JIS BS UL

3.6.4.3 ท่อเอชดีพีอีแข็ง ที่นำมาทำท่อร้อยสายไฟฟ้าฝังดินโดยตรงต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2982

3.6.4.4 ท่อและทางเดินสายชนิดอื่นๆ ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับ

3.6.5 มาตรฐานตัวนำไฟฟ้า

3.6.5.1 บัสบาร์ทองแดง ต้องมีความบริสุทธิ์ของทองแดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

3.6.5.2 บัสบาร์อะลูมิเนียม ต้องมีความบริสุทธิ์ของอะลูมิเนียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

3.6.5.3 บัสเวย์ ต้องเป็นชนิดที่ประกอบสำเร็จรูปจากบริษัทผู้ผลิตและได้มีการทดสอบแล้วตามมาตรฐานข้างต้น

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1

4.2 ขั้นสรุปและประเมินผล (45 นาที)

ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทที่ 1 เรื่อง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-7)

5.2 แบบฝึกหัดบทที่ 1 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์

5.3 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.3 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ก่อนเรียน

6.1.1 จัดเตรียมเอกสารบทที่ 1 เรื่อง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

6.1.2 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของบทที่ 1 เรื่อง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

6.1.3 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

6.2 ขณะเรียน

6.2.1 ทำแบบฝึกหัดบทที่ 1

6.3 หลังเรียน

6.3.1 ร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน

6.3.2 ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียนแบบฝึกหัดบทที่ 1

7. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

7.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

7.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

7.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

สื่อการสอนเหมาะสมดี

7.2 ผลการเรียนของนักเรียน

7.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

7.2.2 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

7.2.3 นักศึกษานำความรู้เรื่องระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้าไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

7.3 ผลการสอนของครู

7.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

7.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

7.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ชนิดและขนาดสายไฟฟ้า	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานชนิดและขนาดสายไฟฟ้า		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 เลือกใช้สายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายส่วนประกอบของสายไฟฟ้าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 บอกชนิดของสายไฟฟ้าและลักษณะการติดตั้งได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 แก้ปัญหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.4 ผลิตจำนวนสายในท่อร้อยสายได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.5 เลือกใช้สายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

3.1 ส่วนประกอบของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

3.1.1 ตัวนำ

ตัวนำของสายไฟฟ้าทำมาจากโลหะที่มีความนำไฟฟ้าสูง อาจอยู่ในรูปแกนเดี่ยว (Solid) หรือหลายแกนตีเกลียว (Stand) คือตัวนำเล็กๆ พันเป็นเกลียว โลหะที่นิยมทำเป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง และอลูมิเนียม โดยโลหะ 2 ตัวนี้มีคุณสมบัติต่างกัน

ทองแดง มี ความนำไฟฟ้าสูงมาก แข็งแรง เหนียว ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ข้อเสียคือ น้ำหนักมาก ราคาแพง จึงไม่เหมาะกับงานแรงดันสูง แต่เหมาะกับงานทั่วไปโดยเฉพาะงานในอาคาร

อลูมิเนียม มีความนำไฟฟ้ารองจากทองแดง แต่มีข้อดีคือเมื่อเทียบกรณีกระแสเท่ากันแล้ว อลูมิเนียมจะเบาและราคาถูกกว่าจึงเหมาะกับงานนอกอาคารและแรงดันสูง ข้อเสียของอลูมิเนียมคือ ถ้าทิ้งไว้ในอากาศ จะเกิดออกไซด์เป็นฉนวนฟิล์มบางๆป้องกันการสึกกร่อน แต่ทำให้การเชื่อมต่อทำได้ยาก

3.1.2 ฉนวน

ทำหน้าที่ห่อหุ้มตัวนำ เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรง ระหว่างตัวนำ หรือตัวนำกับส่วนที่ต่อลงดินในระหว่างที่ตัวนำ นำกระแสไฟฟ้า จะเกิดพลังงานสูญเสีย ในรูปความร้อน ซึ่งจะถ่ายเทไปยังเนื้อฉนวน ความสามารถในการทนต่อความร้อน ของฉนวน จะเป็นตัวกำหนด ความสามารถในการทน ความร้อนของสายไฟฟ้านั่นเองการเลือกใช้ชนิดของฉนวน จะขึ้นกับอุณหภูมิใช้งาน แรงดันของระบบ และสภาพแวดล้อมในการติดตั้งวัสดุที่นิยมใช้เป็น ฉนวนมากที่สุดในขณะนี้คือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross Linked Polyethylene(XLPE)

3.2 ประเภทของสายไฟฟ้า

3.2.1 สายไฟฟ้าแรงสูง เป็นตัวนำตีเกลียวที่มีขนาดใหญ่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

3.2.1.1 สายเปลือยใช้เป็นสายไฟฟ้าแรงสูงที่เชื่อมโยงระหว่างเขื่อนกับสถานีจ่ายไฟหรือเชื่อมโยงระหว่างจังหวัดต่างๆ สายเปลือยสามารถจุกกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าสายหุ้มฉนวน ที่มีขนาดและพื้นที่เท่ากันได้เกือบเท่าตัว

3.2.1.2 สายไฟฟ้าที่มีฉนวนห่อหุ้ม เหมาะสำหรับใช้ในการเดินสายแรงสูงผ่านที่อยู่อาศัย และอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิด เพื่อความปลอดภัยจึงจำเป็นต้องใช้สายที่มีฉนวนหุ้มซึ่งทำให้มีความเชื่อถือสูงขึ้น สายไฟฟ้าประเภทนี้มีใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

3.2.2 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power Cable)

เป็นสายไฟที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 V. เป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปเป็นสายทองแดงสายขนาดเล็กจะเป็นตัวนำเดี่ยว แต่สายขนาดใหญ่เป็นตัวนำตีเกลียว วัสดุฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-Linked Polyethylene (XLPE)

3.2.2.1 สายวีเอเอฟ(VAF)

สายไฟตาม มอก.11-2531 ที่ตามท้องตลาดเรียกว่า สายชนิด วีเอเอฟ (VAF) เป็นสายที่นิยมใช้กันมากตามบ้านในประเทศไทย เป็นสายชนิด ทนแรงดัน 300 V มีทั้งชนิดที่เป็นสายเดี่ยว สายคู่ และที่มีสายดินอยู่ด้วย มีชนิด 2 แกน หรือ 3 แกน เป็นสายแบน ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้ม แล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง สายคู่จะนิยมรัดด้วยเข็มขัดรัดสาย(Clip) ใช้ในบ้านอยู่อาศัยทั่วไป สายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 phase ที่มีแรงดัน 380 V (ในระบบ 3 phase แต่แยกไปใช้งานเป็นแบบ 1 phase แรงดัน 220 V. จะใช้ได้)

3.2.2.2 สายทีเอชดันเบิลยู(THW)

สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ที่ในท้องตลาดนิยมเรียกว่า ทีเอชดับเบิลยู (THW) เป็นสาย ไฟฟ้าชนิดทนแรงดัน 750 V เป็นสายเดี่ยว นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะใน โรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้า 3 phase ได้ ปกติจะเดินร้อยในท่อร้อยสาย ชื่อ THW เป็นชื่อตามมาตรฐานอเมริกัน ซึ่งเป็นสายชนิดทนแรงดัน 600 V อุณหภูมิใช้งานที่ 75 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยนิยม เรียกสายที่ผลิตตาม มอก. 11 -2531 ว่า สาย THW เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายกันและรู้กันทั่วไปในท้องตลาด

3.2.2.3 สายเอ็นวายวาย(NYY)

สายไฟฟ้าตาม มอก.11-2531 ตามท้องตลาดนิยมเรียกว่าสายชนิด เอ็นวายวาย (NYY) มีทั้งชนิดแกนเดียว และหลายแกนสายหลายแกน ก็จะเป็นสายชนิดกลมเช่นกัน สายชนิดนี้ทนแรงดันที่ 750 V. นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกัน เนื่องจากว่ามี ความทนต่อสภาพแวดล้อม เพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง บางทีเรียกว่าเป็นสายฉนวน 3 ชั้น ความจริงแล้วสายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียว อีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือกเปลือกชั้นในทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนที่ตีเกลียวเข้าด้วยกันมีลักษณะกลม แล้วจึงมีเปลือกนอกหุ้ม อีกชั้นหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

3.2.2.4 สายวีซีที (VCT)

สายไฟฟ้าตาม มอก.11 - 2531 ตามท้องตลาดเรียกว่าสาย วีซีที (VCT) เป็นสายกลมมี ทั้งชนิดหนึ่งแกน 2 แกน 3แกนและ 4 แกนทนแรงดันที่ 750 V. มีฉนวนและเปลือกเช่นกัน มีข้อพิเศษกว่าก็คือตัวนำจะประกอบไปด้วย ทองแดงฝอยเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีข้อดีคือ อ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็นสายเดินเข้าเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งาน สายชนิดนี้ ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิด NYY สาย VCT มีหลายแบบตามรูปทรงโดยแบ่งได้ทั้งแบบ VCT - GRD ซึ่งมี 2 แกน 3 แกนและ 4 แกนและมีสายดินเดินร่วมไปด้วยอีกเส้นหนึ่งเพื่อให้เหมาะสำหรับใช้เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน

3.2.2.5 สายควบ

คือการใช้สายตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไปเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดในวงจรเดียวกัน โดยเฉพาะในวงจรที่มีการใช้ไฟฟ้าปริมาณมากๆ ซึ่งพิกัดกระแสของสายเส้นเดียวอาจไม่พอที่จะรองรับกระแสทั้งหมดในวงจรได้ จึงต้องใช้สายหลายเส้นต่อขนานกัน โดยปลายทั้ง 2 ด้านของเฟสเดียวกันต้องต่อเข้าด้วยกัน

ข้อกำหนดในการใช้สายควบมีดังนี้คือใช้กับตัวนำที่มีขนาดตั้งแต่ 50 มิลลิเมตรขึ้นไปต้องเป็นสายชนิดเดียวกันเช่น THW เหมือนกันทุกเส้นต้องมีความยาวเท่ากันต้องมีลักษณะการเดินสายเหมือนกันสายควบมักใช้ในกรณีที่เป็นสายเมนเช่น เดินจาหม้อแปลงไฟฟ้ามายังตู้สวิตช์บอร์ด สำหรับระบบไฟฟ้าแรงสูงการใช้สายควบมักจะมีอุปกรณ์คั่นสาย ติดตั้งเป็นระยะเพื่อป้องกันสายพันกัน จำนวนสายควบอาจใช้ 2 3 หรือ 4 เส้นก็ได้

3.3 ขนาดของกระแสของสายไฟฟ้า

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ โดยพื้นที่หน้าตัดมากจะมีขนาดกระแสที่สามารถทนได้ก็มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้สายไฟฟ้าแต่ละชนิดและวิธีการเดินสายที่แตกต่างกันจะมีผลต่อขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกระแสของสายไฟฟ้านั้นคืออุณหภูมิหรือความร้อนของตัวนำไฟฟ้านั่นเองเพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำจะทำให้อุณหภูมิของตัวนำสูงขึ้น หากมีการระบายความร้อนที่ดีก็ยังสามารถใช้งานได้ตามปกติแต่หากการระบายความร้อนไม่ดี อุณหภูมิของสายไฟฟ้าก็จะสูงจนเกิดไหม้ได้ ซึ่งจากตารางขนาดกระแสของสายจะเห็นว่าสายชนิดเดินในอากาศจะมีขนาดกระแสสูงกว่านี้ ต้องมีการคูณลดขนาดกระแสของสายไฟฟ้า นอกจากมีการพิจารณาถึงขนาดของสายไฟฟ้าที่สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้แล้วสิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกประการคือความยาวของสายไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดซึ่งถ้าขนาดสายมีความยาวจะมีผลตามมาคือ แรงดันตกในสายไฟฟ้าซึ่งแรงดันตกนี้เกิดจากความต้านทานภายในของตัวนำของสาย ทำให้แรงดันที่โหลดลดลงต่ำหว่าพิกัด ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้สายไฟฟ้าที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่ขึ้นหรือใช้สายควบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการติดตั้ง

3.4 จำนวนสายสูงสุดในท่อร้อยสาย

ข้อกำหนดตาม มอก.11-1531 สำหรับจำนวนสายสูงสุดในท่อร้อยสาย แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

3.4.1 สายไฟฟ้าที่มีขนาดเท่ากันดูได้จากตารางที่ 2.9 ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับสาย THW

3.4.2 สายไฟฟ้าต่างขนาดต่างกันเดินรวมกัน สามารถดูได้จากตารางที่ 2.10

3.4.3 เปอร์เซ็นต์สูงสุดของพื้นที่หน้าที่ตัดรวมฉนวนของสายไฟฟ้าต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อดังตารางที่ 3.11 และได้มีข้อกำหนดเพิ่มเติมคือในการคิดจำนวนสายไฟฟ้าในท่อถ้าเป็นสายขนาดเดียวกันเศษส่วนที่เกิน 0.8 ให้ปัดขึ้นเช่น 3.82 เส้นให้คิดเป็น 4 เส้นเป็นต้นและสายไฟฟ้าหลายแกนให้ถือเป็นสายแกนเดียว

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1

4.2 ขั้นสรุปและประเมินผล (45 นาที)

ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทที่ 1 เรื่อง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและมาตรฐานการติดตั้งระบบไฟฟ้า

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)

5.1.2 แบบฝึกหัดบทที่ 2 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.1 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

.....-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกัน

6.2.2 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.3 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.4 นักศึกษานำความรู้เรื่องชนิดและขนาดสายไฟฟ้าไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้เครื่องป้องกันกระแสเกิน	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานเครื่องป้องกันกระแสเกิน		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 เลือกใช้สายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายฟิวส์ป้องกันกระแสเกินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 บอกหลักการทำงานเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 สาธิตหลักการทำงานของเครื่องตัดไฟรั่วได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.4 จำแนกหลักการใช้งานของแผงย่อยและแผงสวิตช์ได้ (ด้านจิตพิสัย)

2.5 เลือกใช้งานของเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

3.1 ฟิวส์ป้องกันกระแสเกิน

ฟิวส์นั้นทำจากตัวนำไฟฟ้าที่เป็นโลหะชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยเส้นลวดที่ทำมาจากวัสดุที่มีจุดหลอมละลายต่ำโดยมีผงทรายควอทซ์ล้อมรอบ และทั้งหมดจะบรรจุอยู่ในกระบอกฟิวส์เซรามิคเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินโดยจะตัดวงจรที่มีปัญหาออกจากระบบไฟฟ้า โดยตัวนำหรือไส้ฟิวส์นี้จะเป็นทางเดินของกระแสเมื่อมีกระแสไหลผ่านทำให้ไส้ฟิวส์ร้อนขึ้น

3.1.1 ฟิวส์แบบไม่หน่วงเวลา (Non-Time-Delay Fuses)

โดยทั่วไปฟิวส์จะมีตัวเชื่อม(Link)ให้กระแสไหลผ่าน โดยพิกัดของฟิวส์จะขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้า ซึ่งคุณลักษณะของฟิวส์ชนิดเดี่ยวนั้น(Single-element fuse)อาจจะมีตัวเชื่อมเพียงชุดเดียวหรือมากกว่าก็ได้ โดยจะทำการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของปลายทั้งสองด้านของฟิวส์และถูกห่อหุ้มด้วยกล่องหรือกระบอก ซึ่งภายในกระบอกหรือสิ่งห่อหุ้มดังกล่าวจะบรรจุสารหรือวัสดุช่วยการดับการเกิดอาร์คไว้ด้วยปกติแล้วการทำงานของฟิวส์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านฟิวส์เท่ากับหรือใกล้เคียงกับพิกัดของกระแสฟิวส์ ฟิวส์ดังกล่าวก็จะยังคงนำกระแสอย่างต่อเนื่อง ดังสามารถอธิบายในรูปที่ 1 ถ้ามีการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินเกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิที่ตัวเชื่อมจะค่อยๆสูงขึ้นจนถึงระดับหรือถึงจุดที่ทำให้ตัวเชื่อมหลอมละลายและทำให้เกิดช่องอากาศขึ้นและทำให้เกิดการอาร์คของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งการเกิดการอาร์คดังกล่าวก็จะเป็นสาเหตุทำให้โลหะตรงจุดตัวเชื่อมขาดในที่สุดและทำให้การเกิดช่องอากาศกว้างขึ้นด้วย โดยค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของการเกิดการอาร์คจะมีค่าสูงในระดับหนึ่งซึ่งก็จะทำให้เกิดการอาร์คดังกล่าวที่เกิดขึ้นดับในช่วงระยะเวลาอันสั้นด้วย จากที่กล่าวข้างต้นฟิวส์ก็จะตัดกระแสไฟฟ้าที่สูงผิดปกติได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งการเกิดอาร์คดังกล่าวจะถูกเร่งการดับอาร์คจากวัสดุที่บรรจุภายในสิ่งห่อหุ้มหรือกระบอกฟิวส์นั่นเองกระแสเกินพิกัดกับการเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าของฟิวส์แบบ Single-element fuseในกรณีการเกิดกระแสไฟฟ้าสูงเกิดพิกัดเนื่องจากการลัดวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะมีค่าสูงอยู่ระหว่าง 1 เท่าถึง 6 เท่าของพิกัดกระแสไฟฟ้าของฟิวส์ ซึ่งผลที่ได้ทำให้กระแสไฟฟ้ามีค่าสูงและในบางครั้งอาจจะทำให้ฟิวส์เกิดการลัดวงจรมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงถึง 30,000-40,000 แอมป์ หรือมากกว่า สำหรับการตอบสนองของการจำกัดกระแสไฟฟ้าของฟิวส์จะเกิดขึ้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยส่วนที่ทำหน้าที่ยับยั้งกระแสไฟฟ้าของฟิวส์จะเกิดการหลอมละลายพร้อมๆกัน โดยเกิดขึ้นภายในระยะเวลาที่น้อยกว่า 1/2000 -1/3000 วินาทีจากการเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรข้างต้น ทำให้เกิดค่า

ความต้านทานสูงที่จุดการเกิดอาร์คพร้อมๆกันหลายจุดก็จะทำให้เกิดการรวมกันดับอาร์คได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะส่งผลให้การตัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการลัดวงจรได้อย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 1 การเกิดกระแสลัดวงจรจะใช้ในเวลาการตัดกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าครึ่งคาบเวลา (half-cycle) หรือมากกว่าก่อนที่ค่ากระแสลัดวงจรจะมีค่าสูงสุด

3.1.2 ฟิวส์แบบหน่วงเวลาชนิดคู่ (Dual–element Time-Delay Fuses)

ฟิวส์แบบนี้จะไม่เหมือนกับฟิวส์ชนิดเดี่ยว โดยฟิวส์ชนิดคู่สามารถประยุกต์ใช้กับวงจรไฟฟ้าของมอเตอร์ที่มีการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดชั่วขณะได้และยังสามารถใช้กับวงจรไฟฟ้าที่มีการเกิดกระแสพุ่งชั่วขณะ (Surge current) ได้เพื่อรองรับการทำงานของวงจรไฟฟ้าที่สมรรถนะสูงทั้งเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าและการป้องกันกระแสเกินพิกัด สำหรับการเพิ่มขนาดพิกัดของฟิวส์ชนิดเพื่อขจัดปัญหาการเปิดวงจรไฟฟ้า (ฟิวส์ขาด) โดยไม่จำเป็นนั้นจะไม่มีความจำเป็นเลยสำหรับฟิวส์ชนิดนี้ ดังรูปที่ 2 ฟิวส์ชนิดคู่จะมีการแบ่งเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน โดยทั้งสองจะถูกต่ออนุกรมกัน โดยส่วนแรกจะเป็นตัวเชื่อม (Link) ของฟิวส์จะมีลักษณะคล้ายกับตัวเชื่อมที่ใช้ในฟิวส์แบบไม่หน่วงเวลาเพื่อทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้าและส่วนที่สองจะมีหน้าที่เพื่อใช้สำหรับป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดในระดับต่ำๆหรือการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดมากกว่าห้าเท่าของพิกัดกระแสไฟฟ้าของฟิวส์เป็นเวลาอย่างน้อย 10 วินาที

เนื่องจากสาเหตุกระแสเกินพิกัดกับการเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรดังรูปที่ 3.4 ในส่วนของการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดจะประกอบด้วยแผ่นทองแดงซับความร้อนและชุดสปริง โดยแผ่นซับความร้อนจะถูกต่อแบบถาวรกับจุดต่อซับความร้อนซึ่งเป็นฉนวนทางไฟฟ้าและตัวเชื่อมของฟิวส์ซึ่งอยู่ด้านปลายของฟิวส์โดยจะมีการต่อกับตัวต่อรูป S ของชุดสปริง ซึ่งการต่อทางไฟฟ้าของตัวเชื่อมในส่วนป้องกันการลัดวงจรจะมีการต่อกับแผ่นซับความร้อนในส่วนของการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดด้วย ซึ่งการต่อเชื่อมดังที่ได้กล่าวข้างต้นจะถูกต่อเชื่อมด้วยแผ่น Calibrated fusing alloy และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดเกิดขึ้นก็จะเป็นสาเหตุเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวเชื่อมของชุดลัดวงจรกับชุดสปริง ซึ่งความร้อนจะถูกถ่ายเทจากตัวเชื่อมชุดลัดวงจรไปยังแผ่นซับความร้อนที่อยู่ส่วนกลางของกระบอกฟิวส์ซึ่งความร้อนจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและถ้าการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดมีขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นถึงระดับที่ทำให้แรงดึงของชุดสปริงสามารถแยกจากชุด Calibrated fusing alloy และทำให้จุดต่อเป็นอิสระจากตัวเชื่อมของชุดลัดวงจรกับแผ่นซับความร้อน จากผลดังกล่าวตัวเชื่อมของชุดลัดวงจรจะถูกแยกจากแผ่นซับความร้อน ดังนั้นฟิวส์ก็จะถูกเปิดวงจรออกและกระแสไฟฟ้าที่เกินพิกัดก็จะถูกตัดออกจากวงจรเช่นกัน แต่สำหรับการเกิดกระแสเกินพิกัดเพียงชั่วขณะนั้นชุด fusing alloy ก็จะไม่มีการทำงานแต่อย่างใดและจะยังคงสภาพของคุณสมบัติของการป้องกันกระแสเกินพิกัดได้อย่างสมบูรณ์เช่นเดิม สำหรับจุดประสงค์หลักของการนำฟิวส์แบบหน่วงเวลาชนิดคู่นี้ไปใช้งานนั้นได้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้ใช้กับการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด การเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดินและการป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของมอเตอร์ใช้เพื่อเพิ่มพิกัดระดับการป้องกันกระแสลัดวงจรในวงจรให้สูงขึ้นได้ในกรณีที่วงจรมีการเกิดกระแสพุ่งชั่วขณะหรือการเกิดกระแสเกินพิกัดขึ้นชั่วคราวขึ้นช่วยทำให้การจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าง่ายขึ้น

3.1.3 ชนิดของฟิวส์

ฟิวส์ป้องกันกระแสเกินสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการใช้งานและรูปร่างภายนอก คือ

3.1.3.1 ฟิวส์ชนิด เอช.อาร์.ซี

ขนาดกระแสพิกัดของฟิวส์ชนิด เอช.อาร์.ซี มีตั้งแต่ 2 ถึง 1250 แอมแปร์ รวมทั้งพิกัดตัดกระแสสูงถึง 200 กิโลแอมแปร์

3.1.3.2 ฟิวส์ชนิด ดี (Diazed Type, D)

การใช้งานของฟิวส์ชนิดนี้เป็นแบบมีฝาครอบขันเกลียว ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ทั่วไปในที่อยู่อาศัยที่ฝาครอบนั้นจะมีช่องสำหรับมองดูหรือตรวจสอบได้ว่าฟิวส์ขาดหรือไม่ขนาดกระแสพิกัดมีตั้งแต่ 2 ถึง 100 แอมแปร์ โดยจะมี 5 ขนาด ส่วนประกอบและขนาดของฟิวส์ชนิดดี

3.1.3.3 ฟิวส์ชนิด ดีศูนย์

ลักษณะของการใช้งานของงฟิวส์ชนิดนี้จะเหมือนกับชนิด ดี แต่ฟิวส์ชนิด ดีศูนย์จะมีความสะดวกในการติดตั้งมากกว่า เพราะขนาดของฟิวส์สอดคล้องกับขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์

3.1.3.4 ฟิวส์ชนิดทรงกระบอก

การใช้งานและกระแสพิกัดของฟิวส์ชนิดนี้เหมือนกับฟิวส์ชนิด ดี และดีศูนย์ โดยชนิดนี้จะเรียกตามลักษณะภายนอกซึ่งเป็นทรงกระบอก

3.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์

3.2.1 ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.2.1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดย่อย

3.2.1.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่

เมื่อ มีกระแสเกินไหลผ่านโลหะ bimetal (เป็นโลหะ 2 ชนิด ที่มีสัมประสิทธิ์ ทางความร้อน ไม่เท่ากัน) จะทำให้ bimetal โก่งตัว ไปปลดอุปกรณ์ทางกล และทำให้ CB. ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ ต้องอาศัย เวลาพอสมควร ขึ้นอยู่กับ กระแสขณะนั้น และความร้อน ที่เกิดขึ้นจนทำให้ bimetal โก่งตัวใช้ สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไป ไหลผ่าน กระแสจำนวนมาก จะทำให้เกิด สนามแม่เหล็กความเข้มสูง ดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมาก โอกาสที่ breakerจะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อยมากจาก Diagram จะเห็นว่ามี CT อยู่ภายในตัว breaker ทำหน้าที่ แปลงกระแสให้ต่ำลง ตามอัตราส่วนของ CT และมี microprocessor คอยวิเคราะห์กระแส หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด จะสั่งให้ tripping coil ซึ่งหมายถึง solenoid coil ดึงอุปกรณ์ทางกลให้ CB. ปลดวงจร

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 3

4.2 ขั้นสรุปและประเมินผล (45 นาที)

ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทที่ 3 เรื่อง เครื่องป้องกันกระแสเกิน

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)

5.1.2 แบบฝึกหัดบทที่ 3 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.2 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

6.1.3 สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกัน

6.2.2 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.3 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.4 นักศึกษานำความรู้เรื่องเครื่องป้องกันกระแสเกินไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 เดินสายในรางเดินสาย และการเดินสายแบบอื่นๆ

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายท่อร้อยสายชนิดต่างๆ ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 บอกข้อกำหนดการใช้งานและติดตั้งท่อร้อยสายชนิดต่างๆ ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 คำนวณหาขนาดท่อร้อยสายที่เหมาะสมกับจำนวนสายไฟฟ้าได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.4 จำแนกวิธีดึงสายท่อร้อยสายได้ (ด้านจิตพิสัย)

2.5 เลือกใช้ชนิดท่อร้อยสายให้เหมาะสมกับงานได้ (ด้านจิตพิสัย

3. สาระการเรียนรู้

3.1 ท่อโลหะ

ท่อในงานไฟฟ้ามีด้วยกันอยู่หลายประเภทซึ่งสามารถจัดเป็นหมวดหมู่ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ด้วยกันคือ

ท่อโลหะบาง (Electrical Metallic Tubing: EMT) ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบ ด้วยอีนาเมล ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ และมีความมันวาว ปลายท่อเรียบทั้ง 2 ด้านไม่สามารถทำเกลียวได้ มาตรฐานกำหนด ให้ใช้ ตัวอักษรสีเขียวระบุชนิด และขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ EMT ปัจจุบันมีขนาดตั้งแต่ ½ " - 2" และยาวท่อนละ 10 ฟุตหรือประมาณ 3 เมตร ดังรูป 4.1

ท่อ EMT ใช้เดินลอยในอากาศ หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ แต่ห้ามฝังดิน หรือฝังในพื้นคอนกรีตในสถานที่อันตราย ระบบแรงสูง หรือบริเวณ ที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ ½ " , ¾ " , 1" , 1 ¼ " , 1 ½ " , 2" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ bender ที่มีขนาดเท่ากับขนาดท่อ สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูป (Elbow) ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา ดังรูป 4.2

4.1.2 การเดินสายในท่อโลหะหนาปานกลาง (Intermediate Metal Conduit: IMC)

ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ผิวภายในเคลือบด้วยอีนาเมล ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ และมีความมันวาว มีความหนากว่าท่อ EMT ปลายท่อทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้าน มาตรฐานกำหนดให้ใช้ตัวอักษรสีส้ม (บางครั้งอาจเห็นเป็นสีแดง) ระบุชนิดและขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ IMC มีขนาดตั้งแต่ ½ " - 4" และยาวท่อนละ 10 ฟุต หรือประมาณ 3 เมตร ดังรูป 4.3

ท่อ IMC ใช้เดินนอกอาคาร หรือฝังในผนัง-พื้นคอนกรีตได้ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ ½ " , ¾ " , 1" , 1 ¼ " , 1 ½ " , 2" , 2 ½ " , 3" , 3 ½ " และ 4" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ hickey ที่มีขนาดเท่ากัน สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูป ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา ดังรูป 4.4

4.1.3 การเดินสายในท่อโลหะหนา (Rigid Steel Conduit: RSC)

ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าชนิดรีดร้อนหรือรีดเย็น หรือแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายใน ทำให้ผิวท่อเรียบทั้งภายใน และภายนอกท่อ แต่ผิวจะด้านกว่าและหนากว่าท่อ EMT และ IMC ปลายท่อทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ด้าน มาตรฐานกำหนดให้ใช้ตัวอักษรสีดำ ระบุชนิดและขนาดของท่อ เรียกกันทั่วไปว่าท่อ RSC มีขนาดตั้งแต่ ½ " - 6" และยาวท่อนละ 10 ฟุตหรือประมาณ 3 เมตร ดังรูป 4.5

ท่อ RSC ใช้เดินนอกอาคาร หรือฝังในผนัง-พื้นคอนกรีตได้ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ ½ " , ¾ " , 1" , 1 ¼ " , 1 ½ " , 2" , 2 ½ " , 3" , 3 ½ " , 4" ,5" และ 6" การดัดท่อชนิดนี้ใช้ hickey หรือเครื่องดัดท่อไฮดรอลิกที่มีขนาดเท่ากัน สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่ อาจใช้ข้อโค้งสำเร็จรูปคล้ายกับข้อโค้งสำเร็จรูปของท่อ IMC ที่วางขายทั่วไปได้เช่น ข้อโค้ง 90 องศา เป็นต้น

4.1.4 ท่อโลหะอ่อน (Flexible Metal Conduit)

ทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีทั้งผิวภายนอกและภายใน เป็นท่อที่มีความอ่อนตัว โค้งงอไปมาได้ เหมาะสำหรับต่อเข้ากับดวงโคม มอเตอร์หรือ เครื่องจักรกลที่มีการสั่นสะเทือน มีขนาดตั้งแต่ ½ " - 4" ลักษณะของท่อแสดงดังรูป 4.7

ท่อโลหะอ่อน ใช้เดินในสถานที่แห้งและเข้าถึงได้ ห้ามใช้เดินในสถานที่เปียก , ในช่องขึ้นลง , ในห้องเก็บแบตเตอรี่ , ในสถานที่อันตราย , ฝังดินหรือ ฝังในคอนกรีต ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาดคือ ½ " , ¾ " , 1" , 1 ¼ " , 1 ½ " , 2" , 2 ½ " ,3" และ 4" ท่อโลหะอ่อนที่ใช้ต้องมีขนาด ไม่เล็กกว่า ½ " ยกเว้นท่อโลหะอ่อนที่ประกอบมากับขั้วหลอดไฟฟ้า และมีความยาวไม่เกิน 180 เซนติเมตร การจับยึดท่อชนิดนี้ต้องมีระยะห่าง ระหว่างอุปกรณ์ ไม่เกิน 1.50 เมตร และห่างจากกล่องต่อสาย ไม่เกิน 30 เซนติเมตร และห้ามใช้ท่อโลหะอ่อนเป็นตัวนำ แทนสายดิน

4.1.5 ท่อโลหะอ่อนกันน้ำ

เป็นท่อโลหะอ่อนที่มีเปลือก PVC หุ้มด้านนอกเพื่อกันความชื้น ไม่ให้เข้าไปภายในท่อได้ ใช้งานในบริเวณที่ต้องการ ความอ่อนตัว ของท่อเพื่อป้องกันสายไฟฟ้า ชำรุด จากไอของเหลวหรือของแข็งหรือในที่อันตราย ห้ามใช้ในบริเวณที่อุณหภูมิใช้งานของ สายไฟฟ้าสูงมากจน ทำให้ท่อเสียหายมีขนาดตั้งแต่ ½ " - 4" การตัดท่อชนิดนี้ใช้เลื่อยตัดเหล็ก ทั่วไปตัดตรงๆ โครงสร้างภายในและข้อมูลของท่อโลหะอ่อนกันน้ำ แสดง ดังรูป 4.8

4.2 ข้อกำหนดการเดินสายในท่อโลหะ

1. ห้ามต่อสายไฟฟ้าภายในท่อร้อยสาย
2. การติดตั้งท่อร้อยสายเข้ากับกล่องต่อสายหรือเครื่องประกอบการเดินท่อ ต้องจัดให้มีบูชชิง
3. ต้องติดตั้งระบบท่อให้เสร็จก่อน จึงจะทำการเดินสายไฟฟ้าได้
4. จำนวนการดัดโค้งระหว่างจุดดึงสายนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของสายไฟฟ้า
5. ระยะของจุดจับยึดท่อนั้นต้องมีระยะไม่เกิน 3.0 เมตร กรณีกล่องต่อสายหรืออุปกรณ์ต่างๆ จุดจับยึด
6. ต้องห่างจากอุปกรณ์ดังกล่าวไม่เกิน 0.9 เมตร
7. การเดินท่อโลหะไปยังเครื่องจักรหรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ในช่วงต่อสายเข้ากับเครื่องจักรควรใช้ท่อโลหะอ่อน เพราะสามารถดัดโค้งได้ง่าย ส่วนในช่วงอื่นให้ใช้ท่อโลหะแข็ง

4.3 ข้อแนะนำในการติดตั้งท่อโลหะ

ในการติดตั้งท่อร้อยสายนี้มีความจำเป็นต้องดัดท่อให้โค้งตามลักษณะของพื้นที่ ซึ่งท่อที่มีขนาดไม่เกิน 25 มม. (1 นิ้ว) สามารถใช้เครื่องดัดท่อ ด้วยมือ แต่หากท่อที่มีขนาดใหญ่กว่านี้อาจต้องใช้เครื่องดัดท่อแบบไฮดรอลิค โดยเมื่อดัดท่อแล้วจะต้องไม่ทำให้ท่อนั้นเสียรูปหรือเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กลง

ดังนั้นรัศมีในการดัดโค้งต้องไม่น้อยเกินไป โดยรัศมีความโค้งอย่างน้อยของท่อจะประมาณ 6-8 เท่าของรัศมีภายในของท่อ ดังแสดงตามตาราง 4.1

4.4 จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสาย

จำนวนสายไฟฟ้าสูงสุดในท่อร้อยสายนั้น จะคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งฉนวนและเปลือกของสายไฟฟ้าทุกเส้นในท่อรวมกัน คิดเป็นร้อยละเทียบกับพื้นที่หน้าตัดภายในท่อ ซึ่งต้องไม่เกินค่าในตารางที่ 4.3 หรือตามตัวอย่างสำหรับสายไฟฟ้าชนิด ทีเอชดับบลิว ในตารางที่ 4.4 ส่วนขนาดกระแสของสายไฟฟ้านั้นให้ใช้ตามตารางในบทที่ 2

4.5 ท่ออโลหะ

4.5.1 ท่อพีวีซี (PVC) สีเหลือง (PolyVinyl Chloride)

เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้าที่ใช้เดินสายไฟฟ้าทั่วไป ทำด้วยพลาสติกพีวีซี ที่มีคุณสมบัติต้านเปลวไฟ แต่ข้อเสียคือขณะที่ถูกไฟไหม้จะมีก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อคนเราออกมาด้วย และไม่ทนต่อแสงอัลตร้าไวโอเล็ตทำให้ท่อกรอบเมื่อโดนแดดเป็นเวลานาน ที่ใช้ในงานไฟฟ้ามีสีเหลือง มีขนาดตั้งแต่ ½ " - 4" และยาวท่อนละ 4 เมตร

ท่อ PVC ใช้เดินลอยในอากาศ หรือฝังในผนังคอนกรีตได้ แต่ห้ามใช้ใน บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ ขนาดท่อที่มีขายในท้องตลาด

4.5.2 ท่อ PVC สีเทา (Poly Vinyl Chloride)

เป็นท่อเดินสายไฟฟ้าที่ใช้เดินสายไฟฟ้าทั่วไปทำด้วยพลาสติกพีวีซี ที่มีคุณสมบัติด้านเปลวไฟ แต่ข้อเสียคือขณะที่ถูกไฟไฟม้จะมีก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อคนเราออกมาด้วยและไม่ทนต่อแสงอัตราไวโอเล็ตทำให้ท่อกรอบเมื่อโดนแดดเป็นเวลานาน

4.5.3 ท่อ HDPE (High Density Polyetylene)

ทำด้วยพลาสติก polyethylene ชนิด high density ที่มีคุณสมบัติต้านเปลวไฟ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นตัวได้ดี มีทั้งแบบผิวเรียบ และแบบลูกฟูก ใช้เดินสายบนผิวในที่โล่ง, บนฝ้าในอาคาร, เดินสายใต้ดินทั้งแรงดันต่ำและ แรงดันสูงปานกลาง ทนต่อแรงกดอัดได้ดี ข้อได้เปรียบของท่อชนิดนี้ คือความอ่อนตัวจึงไม่ต้องดัดท่อทำให้เดินท่อได้สะดวกรวดเร็ว ขนาดของท่อ มีตั้งแต่ ½ " ขึ้นไป

4.5.4 ท่อ EFLEX

ทำด้วยพลาสติก Polyethylene ชนิด high density ที่มีคุณสมบัติต้านเปลวไฟ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นตัวได้ดี มีทั้งแบบผิวเรียบและแบบลูกฟูก ใช้เดินสายบนผิวในที่โล่ง บนฝ้าอาคาร เดินสายใต้ดินทั้งแรงดันต่ำ และ แรงดันสูงปานกลาง ทนต่อแรงกดอัดได้ดีข้อได้เปรียบของท่อชนิดนี้ คือความอ่อนตัวจึงไม่ต้องดัดท่อทำให้เดินท่อได้สะดวกรวดเร็ว

ข้อดีของท่อ EFLEX ปัจจุบันนิยมใช้ท่อ EFLEX แบบลูกฟูกกันมากเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ

1. ง่ายต่อการโค้งงอ
2. มีความยาวมาก อยู่ที่ระหว่าง 03-300 เมตร ทำให้ลดลงข้อต่อลงไปได้มาก
3. แข็งแกร่งและมีน้ำหนักเบา
4. ต้านทานต่อการผูกร่อนและมีความทนทาน
5. ยืดหยุ่นและทนต่อแรงกดได้ดี
6. มีแรงเสียดทานภายในท่อต่ำจึงทำให้การร้อยสายไฟฟ้าในท่อทำได้ง่ายขึ้น

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ก่อนเรียน

4.1.1 จัดเตรียมเอกสารบทที่ 4 เรื่อง ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ

4.1.2 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของบทที่ 3 เรื่อง ท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ

4.1.3 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆ

4.2 ขณะเรียน

4.2.1 ทำแบบฝึกหัดบทที่ 4

4.3 หลังเรียน

4.3.1 ร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน**5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้**

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)

5.1.2 แบบฝึกหัดบทที่ 4 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.2 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

6.1.3 สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกัน

6.2.2 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.3 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.4 นักศึกษานำความรู้เรื่องท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสายและการเดินสายแบบอื่นๆไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานท่องานไฟฟ้า การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 เดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 บอกข้อกำหนดการใช้งานของรางเดินสายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 อธิบายข้อกำหนดการติดตั้งรางเดินสายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 คำนวณหาขนาดรางเดินสายที่เหมาะสมกับจำนวนสายไฟฟ้าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.4 อธิบายชนิดต่างๆ ของรางเคเบิลได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.5 อธิบายชนิดของสายเคเบิลที่สามารถติดตั้งบนรางเคเบิลได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.6 คำนวณหาขนาดรางเคเบิลที่เหมาะสมกับจำนวนสายเคเบิลได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.7 บอกขนาดกระแสของสายเคเบิลในรางเดินสายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.8 อธิบายข้อกำหนดการเดิน Bus way ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.9 เดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิลได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.10 ปฏิบัติตามข้อกำหนดการเดินสายในรางเดินสายได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

ความสำคัญและความเป็นมา

รางเดินสายไฟฟ้าและรางเคเบิลเป็นส่วนหนึ่งในการติดตั้งอุปกรณ์สายไฟฟ้า นิยมใช้ในการเดินสายไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม มีข้อดีคือการติดตั้งง่าย สะดวกรวดเร็ว และสามารถวางสายสำหรับการติดตั้งสายไฟฟ้าได้จำนวนมาก ๆ เนื่องจากมีขนาดที่กว้างกว่าท่อร้อยสาย ระบายอากาศได้ดี แต่รางเดินสายหากมีจำนวนสายไม่เกิน 30 เส้น (ไม่นับสายดิน) ไม่ต้องใช้ตัวคูณลดทอนขนาดกระแส แต่หากรางเดินสายไฟฟ้าและรางเคเบิลมีจำนวนสายไฟฟ้าเกิน 30 เส้น (ไม่นับสายดิน) จำเป็นต้องใช้ตัวคูณลดทอนขนาดกระแสเพื่อความปลอดภัย โดยจำนวนสายที่สามารถติดตั้งในรางเดินสายได้นั้น ต้องมีพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดราง ส่วนขนาดกระแสนั้นใช้ตารางเดียวกับการเดินสายในท่อร้อยสาย ขนาดของรางเดินสายมีตั้งแต่กว้าง 75 ม.ม. ถึง 300 มม. แต่ขนาดที่กว้างกว่านี้ก็สามารถสั่งโรงงานผลิตตามความต้องการได้ ฝาปิดรางเดินสายจะมีทั้งแบบขันสกรูและกดล็อค สถานที่ติดตั้งรางเดินสายต้องเป็นที่เปิดโล่ง และต้องมีการจับยึดรางตลอดช่วงความยาวอย่างแข็งแรงรวมทั้งที่ปลายของรางต้องปิดเพื่อความปลอดภัยใช้ได้ทั้งระบบไฟฟ้าแรงดันสูงปานกลางและแรงดันต่ำ รางเดินสายไฟฟ้าและรางเคเบิลทำด้วยเหล็กแผ่นบางเคลือบผิวได้หลายแบบให้เหมาะสมกับรางเดินสายไฟฟ้าและรางเคเบิลแต่ละชนิดได้แก่ Aluzinc, Electro galvanized, Hot dip galvanized, Epoxy powder paint และ Galvanized sheet ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการเกิดสนิมได้ดี นอกจากรางเดินสายไฟฟ้าและรางเคเบิลแล้วยังมีรางเคเบิลแบบบันได แบบมีช่องระบายอากาศและแบบด้านล่างทึบ ซึ่งรางเคเบิลแบบบันไดจะมีความกว้างตั้งแต่ 150 มม. ถึง 1000 ม. ชนิดของสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่อนุญาตให้ติดตั้งในรางเคเบิล

1. สายเคเบิลชนิด MI (Mineral-Insulated, Metal-Sheathed Cable) สายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีเปลือกโลหะหุ้มฉนวนอีกชั้น

2. สายเคเบิลชนิด MC (Metal-Clad Cable) สายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีเปลือกโลหะหุ้มฉนวนอีกชั้น

3. สายเคเบิลชนิด AC (Armored Cable) สายไฟฟ้าชนิดนี้จะมีเปลือกโลหะหุ้มฉนวนอีกชั้น

4. สายเคเบิลแกนเดียวชนิดมีฉนวนและเปลือกนอก ขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม เช่น สาย NYY

5. สายเคเบิลหลายแกนในระบบแรงต่ำทุกขนาด

6. สายอื่นชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมสัญญาณ

7. สายเคเบิลแกนเดียวชนิดไม่มีเปลือกนอก ขนาดตัวนำไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม เช่น สาย THW

ท่อสายชนิดต่างๆ

1. การเดินสายในรางเดินสาย (Wire way)

2. การเดินสายในรางเดินสายนั้นเหมาะกับกรณีที่มีสายไฟฟ้าจำนวนหลายๆ เส้น หรือมีหลายวงจรอยู่ในแนวเดินสายเดียวกัน หรือกรณีที่สายมีขนาดใหญ่ เช่น สายป้อนจากบริภัณฑ์ประธานถึงแผงย่อยประจำชั้น และหรือวงจรย่อยในโรงงาน ซึ่งมีความสะดวกในการติดตั้งและเดินสายรวมทั้งค่าใช้จ่ายรวมจะต่ำกว่ากรณีที่ใช้ท่อร้อยสาย เนื่องจากรางเดินสายนี้มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้สามารถวางสายไฟฟ้าได้ในจำนวนที่มากกว่า โดยจะมีฝาคลอบปิดตลอดความยาวของรางเดินสาย ซึ่งฝาปิดจะมีทั้งแบบขัน สกรูหรือแบบกดล็อค ดังนั้นทำให้สามารถบำรุงรักษาหรือตรวจสอบสายไฟฟ้าภายหลังการติดตั้งได้ง่ายกว่ารวมทั้งการเพิ่มวงจรภายหลังด้วย รางเดินสายต้องใช้งานในที่เปิดโล่งเท่านั้น ต้องสามารถเข้าถึงได้หลังจากติดตั้งแล้ว ถ้าเป็นชนิดใช้ภายนอกอาคารต้องกันฝนได้ และไม่ใช้ในที่ที่มีอันตรายทางกายภาพ การติดตั้งรางเดินสายต้องมีการจับยึดที่มั่นคงแข็งแรงทุกระยะห่างกันไม่เกิน 1.50 เมตร และไม่อนุญาตให้ต่อรางเดินสาย ณ จุดที่ผ่านผนังหรือพื้นและไม่อนุญาตให้ใช้รางเดินสายเป็นตัวนำสำหรับต่อลงดินสถานที่ติดตั้งส่วนใหญ่จะเป็นภายในอาคาร ลักษณะของรางเดินสายนั้นเหมือนกล่องโลหะที่ยาวทำด้วย Aluzinc sheet และ Galvanized sheet เคลือบผิวแบบพ่นด้วยสีฝุ่น Epoxy (Epoxy powder paint) วางสายเมนขนาดเล็กและสายสัญญาณขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งภายในอาคาร ตามแสดงในรูปที่ 5.1 ขนาดทั่วไปมีตั้งแต่สูง 50 มม. (2 นิ้ว) กว้าง 75 มม. (3 นิ้ว) ถึงสูง 200 มม. (8 นิ้ว) กว้าง 300 มม. (12 นิ้ว) หนา 1 ถึง 2 มม ความยาวแต่ละท่อน 4 ฟุต หรือ 8 ฟุต แต่ทั้งนี้ขนาดอื่นก็สามารถสั่งโรงงานประกอบได้ตามต้องการ

ในการเดินสายไฟฟ้าในรางเดินสายนั้นพื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทั้งหมดทุกเส้นรวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย ดังนั้นในการเลือกใช้ขนาดรางเดินสายจึงต้องคำนวณจากขนาดของสายไฟฟ้าที่ใช้ ส่วนขนาดกระแสของสายไฟฟ้าที่เดินในรางเดินสายนั้น ให้ใช้ค่าเดียวกับกรณีเดินในท่อร้อยสายในขนาดสายไฟฟ้าที่เท่ากัน ซึ่งหากว่าจำนวนสายไฟฟ้านั้นไม่เกิน 30 เส้น ก็ไม่ต้องใช้ตัวคูณลดทอนค่าขนาดกระแส หากถ้าเกิน 30 เส้นก็สามารถใช้ได้แต่ต้องใช้ค่าลดทอนกระแสตามตารางที่ 2.7 ในการนับจำนวนสายไฟฟ้ากรณีนี้ให้นับเฉพาะสายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลผ่านเท่านั้น ส่วนสายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับวงจรควบคุมหรือสายสัญญาณต่างๆ ที่มีกระแสไหลผ่านเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ นั้น ไม่ต้องนำมานับรวมด้วย เช่น ในวงจรควบคุมระหว่างมอเตอร์ กับสตาร์ทเตอร์ที่ใช้เฉพาะช่วงเวลาสตาร์ทมอเตอร์ไม่ถือว่าเป็นสายที่มีกระแสไหล ในการติดตั้งรางเดินสายจำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์และข้อต่อให้มีความสอดคล้องกันกับพื้นที่ที่ทำการติดตั้งเพื่อความปลอดภัยความสวยงามและความเป็นระเบียบเรียบร้อย การเดินสายในรางเดินสายนั้นยังมีข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้คือ

การใช้งาน

1. ใช้กับการเดินสายแบบเปิด รางเดินสายที่ติดตั้งในสถานที่เปียกต้องเป็นแบบกันฝน

2. ห้ามใช้รางเดินสายโลหะในสถานที่ต่อไปนี้

3. ในที่ซึ่งอาจเกิดความเสียหายทางกายภาพ

. ในที่มีไอที่ทำให้เกิดการผุกร่อนในที่อันตราย

จำนวนสายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลในรางเดินสายต้องไม่เกิน 30 เส้น สายไฟฟ้าในวงจรสัญญาณหรือวงจรควบคุมระหว่างมอเตอร์กับสตาร์ทเตอร์ที่ใช้เฉพาะช่วงเวลาสตาร์ทมอเตอร์ไม่ถือว่าเป็นสายไฟฟ้าที่มีกระแสไหล
พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทุกเส้นในรางเดินสายรวมกันไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสายขนาดกระแสของสายในรางเดินสาย ให้เป็นไปตามตารางที่ 6-2 โดยไม่ต้องใช้ตัวคูณลดเรื่องจำนวนสาย
ในกรณีที่จำนวนสายไฟฟ้าที่มีกระแสไหลในรางเดินสายเกิน 30 เส้น ให้ใช้ตัวคูณลดกระแสเรื่องจำนวนสาย แต่ทั้งนี้พื้นที่หน้าตัดของตัวนำและฉนวนทุกเส้นในรางเดินสายรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย

ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง

1.การต่อสายในรางเดินสายเฉพาะส่วนที่เข้าถึงได้ พื้นที่หน้าตัดของสายและฉนวนรวมทั้งหัวต่อ รวมกันแล้วต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสายบริเวณจุดต่อสาย

2.ห้ามต่อรางเดินสายตรงจุดที่ทะลุผ่านผนังหรือพื้น
จุดปลายทางของรางเดินสายต้องปิด

3.ในรางเดินสาย ตรงตำแหน่งที่มีการตัด งอสาย เช่น ปลายทางตำแหน่งที่มีท่อสายเข้า-ออกรางเดินสายต้องจัดให้มีที่ว่างสำหรับดัดงอสายอย่างเพียงพอและป้องกันไม่ให้ส่วนที่มีคมที่อาจบาดสายได้

4.ห้ามใช้รางเดินสายเป็นตัวนำแทนสายดิน

5.รางเดินสายต้องมีการจับยึดทุกระยะไม่เกิน 1.50 เมตร และห่างจากปลายหรือจุดต่อไม่เกิน 1.50 เมตร สำหรับรางเดินสายในแนวดิ่งต้องมีการจับยึดทุกระยะ 4.50 เมตร และห้ามมีจุดต่อเกิน 1 จุดในแต่ละระยะจับยึด
การเดินสายในรางเคเบิล (Cable Tray)
การเดินสายในรางเคเบิลนั้นเหมาะสมกับสายไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่หลายวงจรหรือหลายเส้นที่มีแนวเดินสายเดียวกัน คล้ายกับกรณีของรางเดินสาย แต่ในรางเคเบิลนั้นจะมีข้อกำหนดที่มากกว่าเพราะสามารถใช้ได้กับสายไฟฟ้าบางชนิดและบางขนาดเท่านั้น ดังนั้นในการเลือกใช้งานจึงต้องพิจารณาความเหมาะสมด้วย
การใช้งานส่วนใหญ่ใช้กับสายประธานจากหม้อแปลงไฟฟ้าถึงบริภัณฑ์ประธาน ซึ่งเป็นภายนอกอาคาร หรือในอาคารและโรงงานบริเวณที่ไม่ต้องการความสวยงามหรือปกปิดสายไฟฟ้ารางเคเบิลนั้นมีหลายลักษณะทั้งแบบบันได (Ladder) แบบมีช่องระบายอากาศ (Trough) แบบด้านล่างทึบ (Solid Bottom) โดย 2 แบบแรกจะมีการระบายความร้อนได้ดีกว่า ทำให้สามารถวางสายไฟฟ้าได้มากกว่าในขนาดรางเคเบิลที่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 5.2
ขนาดความกว้างของรางเคเบิลในแต่ละแบบนั้นจะเท่ากัน ดังแสดงตามตัวอย่างในตารางที่ 5.2 และความยาวแต่ละท่อนเท่ากับ 2.4 หรือ 3 เมตร ตัวอย่างการติดตั้งรางเคเบิลแสดงตามรูปที่ 5.3
การติดตั้งรางเคเบิล
รางเคเบิลต้องมีความต่อเนื่องทางกล
รางเคเบิลที่เป็นโลหะต้องมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า และต้องต่อลงดิน
สายที่ติดตั้งบนรางเคเบิล เมื่อเดินแยกเข้าท่อสายอื่นต้องมีการจับยึดให้มั่นคง
ห้ามติดตั้งสายเคเบิลระบบแรงต่ำในรางเคเบิลเดียวกับเคเบิลระบบแรงสูง
รางเคเบิลต้องติดตั้งในที่เปิดโล่งและเข้าถึงได้และมีที่ว่างพอเพียงที่จะปฏิบัติงาน บำรุงรักษาสายเคเบิลได้สะดวก
ในรางเคเบิลที่มีเคเบิลแกนเดียวหลายเส้นต่อขนานกันเพื่อประกอบเป็นสายเฟสหรือสายนิวทรัลของวงจร สายเคเบิลดังกล่าวต้องติดตั้งเป็นกลุ่มซึ่งประกอบด้วยตัวนำไม่เกิน 1 เส้นต่อเฟสหรือนิวทรัล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด

กระแสไม่สมดุล เนื่องจากการเหนี่ยวนำและต้องผูกมัดตัวนำแต่ละกลุ่มเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวเมื่อเกิดการลัดวงจร
การต่อสายในรางเคเบิลต้องทำให้ถูกต้องตามวิธีการต่อสาย แต่จุดต่อสายต้องอยู่ภายในรางเคเบิล และต้องไม่สูงเลยขอบด้านข้างของรางเคเบิล
ห้ามใช้รางเคเบิลเป็นตัวนำแทนสายดิน
ชนิดของสายไฟฟ้าที่สามารถใช้เดินในรางเคเบิล
สายเคเบิลชนิด M1 (Mineral – Insulated, Metal – Sheathed Cable) สายเคเบิลชนิด MA (Metal – Clad Cable) สายเคเบิลชนิด AC (Armored Cable) ซึ่งสายไฟฟ้าเหล่านี้จะมีเปลือกโลหะหุ้มฉนวนอีกชั้น
สายเคเบิลแกนเดียวชนิดมีฉนวนและเปลือกนอก ขนาดไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. เช่น สาย NYY ชนิดแกนเดียว
สายเคเบิลหลายแกนในระบบแรงต่ำทุกขนาด
สายอื่นชนิดหลายแกนสำหรับควบคุมสัญญาณ
สายเคเบิลแกนเดียวชนิดไม่มีเปลือกนอก ขนาดตัวนำไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม. เช่น สาย THW สามารถใช้ได้เฉพาะในโรงงานที่มีบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เช่น ช่างไฟฟ้าประจำโรงงาน และให้ใช้กับรางเคเบิลแบบบันไดหรือแบบมีช่องระบายอากาศเท่านั้น
ท่อสายชนิดต่างๆ
จำนวนสายเคเบิลหลายแกนในรางเคเบิล
กรณีรางแบบบันได หรือแบบมีช่องระบายอากาศ
สายเคเบิลตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายทั้งหมดต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล และให้วางเรียงได้ชั้นเดียวเท่านั้น
สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุด ที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 1
สายที่มีขนาดตามข้อ 1 และข้อ 2 รวมกัน ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมด ต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 2 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายอื่นมาวางทับ
สายเคเบิลหลายแกนสำหรับควบคุมและ/หรือเคเบิลสัญญาณ วางในรางเคเบิลแบบบันไดหรือแบบรางมีช่องระบายอากาศ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของรางเคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึกมากกว่า 0.15 เมตร ให้ใช้ค่าความลึก 0.15 เมตร ในการคำนวณพื้นที่ภาคตัดขวาง
กรณีรางแบบด้านล่างทึบ
สายเคเบิลตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของสายทั้งหมดต้องไม่เกิน 90% ของขนาดความกว้างของรางเคเบิล และให้วางเรียนได้ชั้นเดียวเท่านั้น
สายเคเบิลที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 3
สายที่มีขนาดตามข้อ 1 และข้อ 2 รวมกัน ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 95 ตร.มม. ทั้งหมด ต้องไม่เกินพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ช่องที่ 4 และสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 95 ตร.มม. ขึ้นไปต้องวางเรียงกันโดยไม่มีสายอื่นมาวางทับ
สายเคเบิลหลายแกนสำหรับควบคุมและ/หรือเคเบิลสัญญาณ วางในรางเคเบิลแบบด้านล่างทึบ ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวน และเปลือกของสายทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของพื้นที่ภาคตัดขวางภายในของราง

เคเบิล สำหรับรางเคเบิลที่มีความลึก มากกว่า 0.15 เมตร ให้ใช้ค่าความลึก 0.15 เมตร ในการคำนวณพื้นที่ภาคตัดขวาง

จำนวนสายเคเบิลแกนเดียวในรางเคเบิล

สามารถใช้ได้เฉพาะบนรางเคเบิลแบบบันไดและมีช่องระบายอากาศเท่านั้น

รางเคเบิลที่มีเฉพาะสายเคเบิลขนาดตั้งแต่ 400 มม.2 ขึ้นไป ผลรวมของเส้นผ่าศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด ต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล

รางเคเบิลที่มีสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 120 มม.2 ถึง 300 มม.2 ผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่อนุญาตให้วางสายได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 5.4 ช่องที่ 1

รางเคเบิลที่มีสายเคเบิลที่มีสายเคเบิลที่มีขนาดตั้งแต่ 50 มม.2 ถึง 95 มม.2 ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวนและเปลือกของสายทั้งหมด ต้องไม่เกินขนาดความกว้างของรางเคเบิล

รางเคเบิลที่มีสายเคเบิลทั้งขนาดตั้งแต่ 400 มม.2 ขึ้นไปและเล็กกว่า 400 มม.2 รวมกันผลรวมพื้นที่หน้าตัดรวมฉนวนและเปลือกของสายที่มีขนาดเล็กกว่า 400 มม.2 ทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่สูงสุดที่กำหนดในตารางที่ 5.4 ช่องที่ 2

Busway

Busway หมายถึง อุปกรณ์สำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นกลุ่มตัวนำ ถูกห่อหุ้มอยู่ภายในโครงโลหะ เพื่อใช้แทนการเดินสายไฟในราง เหมาะกับบริเวณที่ต้องการกระแสสูงๆ โดยโครงสร้างของ Busway นี้จะประกอบไปด้วยตัวนำซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ ทองแดงและอะลูมิเนียม ถ้าเป็นทองแดงจะเคลือบผิวด้วยเงิน ขณะที่อะลูมิเนียมจะเคลือบผิวด้วยดีบุกเพื่อป้องกันการกัดกร่อน หากจำเป็นต้องต่อกับตัวนำต่างชนิดกัน สำหรับตัวนำอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่าทองแดงมากจึงได้รับความนิยมมากกว่า พิกัดการทนกระแสของตัวนำมีดังนี้คือ 225, 400, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,350, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000, 4,000, 5,000 ampere ส่วนฉนวนที่ใช้ห่อหุ้มฉนวนจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ Polyester film และ Epoxy coat ทั้งสองมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังแบ่งฉนวนตามความสามารถในการทนอุณหภูมิสูงสุด ของฉนวนด้วยคือ

class A (ทนอุณหภูมิสูงสุด 105 องศาเซลเซียส)

class B (ทนอุณหภูมิสูงสุด 130 องศาเซลเซียส)

การเลือกใช้ฉนวนจึงควรพิจารณาอุณหภูมิใช้งานเป็นสำคัญเพื่อความปลอดภัยและลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ส่วนโครงที่ห่อหุ้มตัวนำใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ อะลูมิเนียมและ Epoxy paint steel และมี 2 รูปแบบ ได้แก่

มีลักษณะเป็นตะแกรงโปร่ง ระบายความร้อนโดยอาศัยการไหลเวียนของอากาศรอบๆ ตัวนำ แต่แบบนี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากไม่สามารถป้องกันฝุ่นละอองและน้ำที่จะเข้ามาได้ ค่า reactance สูงทำให้แรงดันตกมาก และทนกระแสลัดวงจรได้ต่ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้จึงทำให้โครงที่ใช้ห่อหุ้มตัวนำชนิดตะแกรงโปร่งไม่ได้รับความนิยม

มีลักษณะเป็นโครงหุ้มเปิดทึบ ระบายความร้อนโดยการแผ่รังสี (Radiator) ปัจจุบันโครงชนิดนี้ได้รับความนิยมมากเนื่องจากมีข้อดีมากกว่าชนิดแรกหลายประการได้แก่ มีความแข็งแรงสูง ทนการกัดกร่อนได้สูง สามารถป้องกันฝุ่นละอองและน้ำเข้าได้ เนื่องจากบัสบาร์มีการวางที่ชิดกันมากจึงทำให้คา reactance ต่ำทำให้มีการสูญเสียของแรงดันน้อยมาก

ข้อกำหนดในการติดตั้งบัสเวย์ (Busways)

การใช้งาน

บัสเวย์ต้องติดตั้งในที่เปิดเผย มองเห็นได้และสามารถเข้าถึงได้เพื่อการตรวจสอบบำรุงรักษาตลอดความยาวทั้งหมด

ข้อยกเว้นที่ 1 ยอมให้บัสเวย์ที่ติดตั้งหลังที่กำบัง เช่น เหนือเฝ้าเพดานโดยจะต้องมีทางเข้าถึงได้และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดนี้ทั้งหมด

ไม่มีการติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่บัสเวย์ นอกจากเครื่องป้องกันกระแสเกินของดวงโคมหรือโหลดอื่น ๆ เฉพาะจุด
ช่องว่างด้านหลังที่กำบังที่จะเข้าถึงได้ต้องไม่ใช้เป็นช่องลมของเครื่องปรับอากาศ (Air-handing)
บัสเวย์ต้องเป็นชนิดปิดมิดชิด ไม่มีการระบายอากาศ
จุดต่อระหว่างช่องและเครื่องประกอบต้องเข้าถึงได้เพื่อการบำรุงรักษา
ข้อยกเว้นที่ 2 ยอมให้บัสเวย์ที่ติดตั้งหลังที่กำบังที่สามารถเข้าถึงได้และที่จัดให้เป็นที่หมุนเวียนอากาศด้วย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดนี้ทั้งหมด
บัสเวย์ต้องเป็นชนิดปิดมิดชิด ไม่มีการระบายอากาศ
ใช้บัสบาร์ชนิดหุ้มฉนวน
ไม่มีจุดต่อแยกชนิด plug-in
ห้ามใช้บัสเวย์ ในสถานที่ต่อไปนี้
บริเวณที่อาจเกิดความเสียหายทางกายภาพอย่างรุนแรงหรือมีไอที่ทำให้เกิดการผุกร่อน
ในปล่องลิฟต์หรือปล่องขนของ
ในที่อันตราย
ภายนอกอาคาร ที่ชื้นหรือที่เปียก นอกจากจะเป็นชนิดที่ออกแบบไว้สำหรับงานนั้นๆ
ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง
บัสเวย์ต้องจับยึดอย่างมั่นคง ระยะห่างระหว่างจุดจับยึดต้องไม่เกิน 1.50 เมตร หรือตามการออกแบบของผู้ผลิต
จุดปลายทางของบัสเวย์ต้องปิด
การต่อแยกบัสเวย์ ต้องต่อด้วยเครื่องประกอบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะและต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินที่จุดต่อแยก เพื่อใช้ป้องกันวงจรที่ต่อแยก นอกจากระบุไว้เป็นอย่างอื่น
เครื่องป้องกันกระแสเกินของบัสเวย์ ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในบทที่ 3
การลดขนาดของบัสเวย์ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน ยกเว้นในโรงงานอุตสาหกรรม บัสเวย์ที่เล็กลงมีขนาดกระแสมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 3 และความยาวของบัสเวย์ที่มีขนาดเล็กกว่า ยาวไม่เกิน 15 เมตร ไม่ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน
บัสเวย์ต้องไม่ติดตั้งให้สัมผัสกับวัสดุที่ติดไฟง่าย
เปลือกหุ้มที่เป็นโลหะของบัสเวย์ ต้องต่อลงดินและให้ใช้แทนสายดินได้ถ้าบัสเวย์ได้ออกแบบไว้เช่นนั้น

4. กิจกรรมการเรียนรู้

ก่อนเรียน

จัดเตรียมเอกสารบทที่ 5 เรื่อง การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล
ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของบทที่ 5 เรื่อง การเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล
แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิล

ขณะเรียน

ทำแบบฝึกหัดบทที่ 5

หลังเรียน

ร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอน

5.12 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-10)

5.1.3 แบบฝึกหัดบทที่ 5 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.2 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

6.1.3 สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกัน

6.2.2 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.3 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.4 นักศึกษานำความรู้เรื่องการเดินสายในรางเดินสาย และรางเคเบิลไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ระบบสายดิน	ทฤษฎี 4 ชม. ปฏิบัติ 6 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานท่องานไฟฟ้า ระบบสายดิน		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 ติดตั้งระบบสายดิน

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายความสำคัญของระบบสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างในด้านความปลอดภัยระหว่างระบบไม่มีสายดินและมีสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 บอกส่วนประกอบของระบบสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.4 อธิบายวิธีการติดตั้งระบบสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.5 เลือกขนาดสายต่อหลักดินที่เหมาะสมกับตัวนำประธานได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.6 อธิบายวิธีการต่อหลักดินเข้ากับสายต่อหลักดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.7 เลือกขนาดสายดินที่เหมาะสมกับพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.8 บอกอุปกรณ์ที่ต้องต่อและไม่ต้องต่อสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.9 ติดตั้งระบบสายดินได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.10 ปฏิบัติตามข้อยกเว้นที่ไม่จำเป็นต้องต่อลงดินได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

ความสำคัญและความเป็นมา

ไฟฟ้านั้นมีประโยชน์อเนกอนันต์ต่อการดำรงชีวิตประจำวันของคนเรา แต่ในขณะเดียวกันก็มีอันตรายอันเนื่องจากการใช้ไฟฟ้าแฝงอยู่ทุกขณะ ถ้าใช้ไฟฟ้าอย่างประมาทก็อาจนำมาซึ่งอันตรายถึงชีวิตได้ ความประมาทหรือความเพิกเฉยต่อสิ่งเล็กน้อยนั้นอาจนำมาสู่ความหายนะ หรือความสูญเสียต่างๆ โดยที่เราคาดไม่ถึงมาก่อน ไม่มีใครอยากให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นการรู้จักใช้และป้องกันอันตรายเกิดจากการใช้ไฟฟ้า ก็ย่อมทำให้เกิดความปลอดภัยได้การใช้เครื่องไฟฟ้าและการถูกไฟฟ้าดูด บางครั้งอาจเกิดจากการที่ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าเส้นที่มีไฟฟ้าไหลผ่านชำรุด หรือฉีกขาด เมื่อสายไฟฟ้านั้นไปสัมผัสกับผิวโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้าก็อาจทำให้เกิดภาวะไฟฟ้ารั่วได้ เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าไปสัมผัสกับจุดที่มีการรั่วของไฟฟ้าจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายเรา ซึ่งบางครั้งเราอาจไม่รู้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราใช้อยู่มีการรั่วของไฟฟ้า อันอาจนำมาซึ่งอันตรายถึงชีวิตได้ ความไม่ประมาทและการรู้จักหาหนทางป้องกันเป็นวิธีที่สามารถลดความสูญเสียจากไฟดูดได้ ธรรมชาติของกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าที่มีแกนกลางเป็นโลหะนำไฟฟ้า เมื่อเกิดไฟรั่วกระแสไฟจะเลือกที่จะไหลผ่านสายไฟฟ้ามากกว่าร่างกายคนเราเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากสายไฟฟ้ามีค่าความต้านทานต่ำกว่าร่างกายของคนเรานั่นเอ ระบบสายดินนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีเพื่อความปลอดภัย หากเกิดกระแสไฟรั่วในระบบไฟฟ้า โดยกระแสไฟที่รั่วนี้จะไหลผ่านสายดินลงสู่ดินโดยไม่ผ่านร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะทำให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิต การติดตั้งระบบสายดินนั้นต้องเริ่มตั้งแต่บริภัณฑ์ประธานจนถึงวงจรย่อยหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่บริภัณฑ์ประธานนั้นต้องต่อสายนิวทรัลเข้ากับหลักดิน โดยให้มีความต้านทานดินไม่เกินโอห์ม ซึ่งสายนิวทรัลนี้จะต่อลงดินที่เดียวคือที่บริภัณฑ์ประธานเท่านั้น ขนาดของสายต่อหลักดินจะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวนำประธาน ส่วนขนาดของสายดินขึ้นอยู่กับพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของแต่ละวงจร สายต่อหลักดินและสายดินต้องเป็นตัวนำ

ทองแดงจะหุ้มฉนวนหรือเป็นสายทองแดงเปลือยก็ได้ โดยในต่อหลักดินนั้นจำเป็นต้องมีการวัดค่าความต้านทานของดิน การวัดค่าความต้านทานดินนั้นต้องใช้เครื่องวัดค่าความต้านทานดิน โดยแนวของหลักดิน หลักแรงดัน และหลักกระแสควรอยู่ในแนวเดียวกันจึงจะวัดค่าได้ถูกต้อง ระยะของหลักกระแสนั้นให้อยู่ห่างจากหลักดินที่ต้องการวัดให้มากที่สุด ส่วนหลักแรงดันให้อยู่ระหว่างกลางที่ระยะประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์จากหลักดิน และควรวัดไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง โดยขยับระยะหลักแรงดันเพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งค่าที่วัดได้ทั้ง 3 ครั้ง ควรใกล้เคียงกันจึงจะถือว่ามีความถูกต้อง

การตรวจสอบว่าระบบไฟฟ้าเกิดกระแสรั่วหรือไม่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่ถูกต้องคือใช้เครื่องวัดค่าฉนวนของสายวัดค่าความต้านทานฉนวน ความต้านทานฉนวนของสายนั้นต้องไม่น้อยกว่า 500 กิโลโอห์ม หากตรวจสอบแล้วค่าที่ได้ต่ำกว่าต้องหาสาเหตุและแก้ไข เพราะอาจมีกระแสไฟรั่วในขณะใช้งานได้ กระแสที่เกิดจากไฟรั่วนี้ปกติแล้วจะมีค่าไม่สูงมากนัก เพราะไม่ได้เป็นการต่อถึงกันของตัวนำไฟฟ้าโดยตรง ทำให้ฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงานปลดวงจรออก หากเกิดไฟรั่วก็สามารถป้องกันได้ในระดับหนึ่ง แต่เครื่องตัดไฟรั่วนั้นจะทำงานต่อเมื่อมีไฟรั่ว ไหลผ่านตัวเราก่อน วิธีกรในการป้องกันอันตรายที่เกิดจากไฟรั่วโดยตรง คือการใช้ระบบสายดิน ส่วนวงจรที่ใช้เครื่องตัดไฟรั่วร่วมด้วยนั้นเป็นเพียงวิธีการเสริม ในการต่อลงดินนี้มีวัตถุประสงค์ด้วยกันหลายประการเช่น

เพื่อให้ส่วนโลหะที่ต่อถึงกันตลอดมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ป้องกันการถูกไฟดูด

เพื่อให้อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินทำงานได้เร็วขึ้น เมื่อมีกระแสรั่วไหลลงโครงโลหะ

เป็นทางผ่านให้กระแสรั่วไหลลงดิน

การต่อลงดินในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

ระบบที่มีแรงดันต่ำกว่า 50 โวลต์

ระบบที่มีแรงดันระหว่าง 50 โวลต์

ระบบที่มีแรงดัน 1000 โวลต์ขึ้นไป

ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดที่ไม่จำเป็นต้องมีสายดินจะต้องมีความหนาของฉนวนไฟฟ้าเป็น 2 เท่าของความหนาปกติ นอกจากนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับไฟฟ้าแรงดันไม่เกิน 50 โวลต์ โดยต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดพิเศษที่ออกแบบไว้เพื่อความปลอดภัยก็ไม่จำเป็นต้องต่อสายดินเช่นเดียวกัน กรณีที่ใช้ระบบแรงดันระหว่าง 50-1000 โวลต์ ซึ่งพบเห็นกันมากที่สุดจำเป็นต้องมีการต่อลงดินโดยมีรูปแบบการต่อลงดินดังรูปที่ 6.1

ในระบบไฟฟ้าที่ไม่มีสายดินนั้น โหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ เมื่อเราไปสัมผัสถูกตัวเครื่องหรือส่วนที่เป็นโลหะก็จะไม่ส่งผลใดๆ ต่อร่างกาย แต่หากเกิดไฟรั่วที่ตัวเครื่องเมื่อไปสัมผัสถูกตัวเราก็จะเป็นทางเดินของกระแสลงสู่ดิน ดังนั้นเราจะถูกไฟฟ้าดูด ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ก. เนื่องจากที่หม้อแปลงไฟฟ้าของการไฟฟ้าสายนิวทรัลจะถูกต่อลงดินไว้เสมอ ทำให้กระแสไหลครบวงจรโดยผ่านตัวเรานั่นเอง แต่หากเป็นระบบที่มีสายดิน ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ข. ที่ตัวเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีการต่อลงดินโดยผ่านสายดิน ดังนั้นที่ตัวเครื่องกับดินไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือเท่ากับศูนย์นั่นเอง เมื่อเราไปสัมผัสความต้านทานตัวเราจะสูงกว่าสายดินมาก ดังนั้นกระแสไฟรั่วก็จะไหลอยู่ในสายดิน โดยที่ไม่ผ่านตัวเราทำให้เราปลอดภัยจากการถูกไฟฟ้าดูด

การติดตั้งระบบสายดิน

ระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันตั้งแต่ 50 โวลต์แต่ไม่เกิน 1,000 โวลต์ ต้องต่อลงดินทั้งระบบ 1 เฟส 2 สาย 3 เฟส 4 สาย ซึ่งระบบสายดินนั้นจะเริ่มต้นตั้งแต่ที่บริภัณฑ์ประธานทั้งกรณีมีและไม่มีเครื่องตัดไฟรั่ว และกรณีขั้วต่อสายดินรวมหรือแยกกับขั้วต่อสายนิวทรัล โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

กำหนดให้สายนิวทรัลเป็นตัวนำที่ต้องต่อลงดิน ทั้งระบบ 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย ยกเว้นผู้ใช้ไฟที่รับระบบ 3 เฟส 3 สายกำหนดให้เฟสใดเฟสหนึ่งต่อลงดิน

สายดินของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้งทางไฟฟ้าทั้งหมดจะต้องเดินมารวมกันที่ขั้วต่อสายดินภายในบริภัณฑ์ประธาน
ในแต่ละอาคารจะต้องมีจุดต่อลงดินเพียงจุดเดียวที่หลักดินเท่านั้น และควรอยู่ใกล้บริภัณฑ์ประธาน
ขั้วต่อสายดินกับขั้วต่อสายนิวทรัลอาจรวมกันเป็นขั้วต่อเดียวกันก็ได้
สายนิวทรัลและสายดินต่อร่วมกันได้เพียงจุดเดียวที่จุดต่อลงดินภายในบริภัณฑ์ประธานเท่านั้น ห้ามต่อร่วมกันในที่อื่นๆ อีก ดังนั้นที่แผงสวิตช์อื่นต้องมีขั้วต่อสายดินและขั้วต่อสายนิวทรัลที่แยกออกจากกันโดยไม่มีการนำมาต่อร่วมกัน
กรณีระบบ 3 เฟส 4 สาย ในส่วนของระบบสายดินและสายนิวทรัลจะเหมือนระบบ 1 เฟส 2 สาย ต่างกันที่จำนวนสายเส้นไฟและจำนวนขั้วของเครื่องป้องกันกระแสเกินเท่านั้น กรณีที่มีเครื่องตัดไฟรั่วก็ต้องเป็นชนิดมี 4 ขั้ว
เครื่องตัดไฟรั่วอาจมีหรือไม่มีก็ได้ ยกเว้นวงจรหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กำหนดว่าต้องมี
ห้ามต่อลงดินที่จุดอื่นๆ อีกทางด้านไฟออกของบริภัณฑ์ประธาน

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ก่อนเรียน

4.1.1 จัดเตรียมเอกสารบทที่ 6 เรื่อง ระบบสายดิน

4.1.2 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของบทที่ 6 เรื่อง ระบบสายดิน

4.1.3 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบสายดิน

4.2 ขณะเรียน

4.2.1 ทำแบบฝึกหัดบทที่ 6

4.3 หลังเรียน

4.3.1 ร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-10)

5.1.2 แบบฝึกหัดบทที่ 6 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.2 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

6.1.3 สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกัน

6.2.2 ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.3 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.4 นักศึกษานำความรู้เรื่องระบบสายดินไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา30104-2004 ชื่อวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ระบบป้องกันฟ้าผ่า	ทฤษฎี 6 ชม. ปฏิบัติ 9 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานท่องานไฟฟ้า ระบบป้องกันฟ้าผ่า		

1. สมรรถนะประจำหน่วย

1.1 ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1 อธิบายหลักการเบื้องต้นของการเกิดฟ้าผ่าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.2 วิเคราะห์หลักการเบื้องต้นของการป้องกันฟ้าผ่าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.3 บอกส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.4 อธิบายการป้องกันฟ้าผ่าแบบมุมป้องกันและแบบตาข่ายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.5 อธิบายความหมายของมุมป้องกันได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.6 อธิบายลักษณะของตัวนำล่อฟ้าแบบปลายแหลมได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.7 อธิบายระบบตัวนำลงดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.8 อธิบายลักษณะรากสายดินได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

2.9 ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าได้ (ด้านทักษะพิสัย)

2.10 ปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยทางการไฟฟ้าได้ (ด้านจิตพิสัย)

3. สาระการเรียนรู้

ความสำคัญและความเป็นมา

ฟ้าผ่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันเป็นผลของการเกิดดิสชาร์จของประจุไฟฟ้าในก้อนเมฆ การสะสมประจุบนก้อนเมฆมีปริมาณมาก ทำให้ก้อนเมฆมีศักย์ไฟฟ้าที่สูงตั้งแต่ 10 เมกะโวลต์ ถึง 100 เมกะโวลต์ และเกิดดิสชาร์จระหว่างก้อนเมฆกับพื้นโลกเกิดเป็นวาบฟ้าผ่า หรือระหว่างก้อนเมฆกับก้อนเมฆหรือภายในก้อนเมฆเดียวกันเกิดเป็นฟ้าแลบ ฟ้าผ่าและฟ้าแลบมีโอกาสเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยธรรมชาติปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นส่วนมากจะเป็นฟ้าแลบ

สิ่งต่างๆ ทั้งหลายในโลกมีทั้งให้คุณและให้โทษอยู่ในตัว แต่ฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นดูเหมือนว่าจะมีแต่โทษ เนื่องจากกระแสที่ฟ้าผ่ามีค่าสูงมาก เมื่อเกิดฟ้าผ่าขึ้นจะมีกระแสมากมายไหลผ่านตามลำดับ ฟ้าผ่าในช่วงระยะเวลาที่สั้น โดยเฉลี่ยแล้วกระแสฟ้าผ่ามีค่าประมาณ 20 กิโลแอมแปร์ และความเร็วของลำฟ้าผ่าประมาณ 30,000 กิโลเมตรต่อวินาที ย่อมทำให้เกิดแรงกลบิดและแรงระเบิดได้มาก เมื่อฟ้าผ่าที่ใดก็มักจะทำให้สิ่งที่ถูกฟ้าผ่าเกิดระเบิดเสียหาย นอกจากนี้แล้วการเปลี่ยนแปลงของกระแสฟ้าผ่ามีอัตราสูง จึงทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปรบกวนระบบสื่อสาร เกิดแรงดันเหนี่ยวนำในระบบไฟฟ้าเป็นแรงดันเสิร์จ และเป็นแรงดันเกินวิ่งไปตามสายไฟฟ้าเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้า ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อแรงดันทรานเซี้ยนต์ ส่วนกระแสฟ้าผ่าที่ไหลลงสู่ดิน ก็อาจเป็นอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบริเวณนั้น

แม้จะทราบว่าฟ้าผ่านั้นทำให้เกิดความเสียหายและเป็นอันตรายต่อชีวิต แต่มนุษย์ก็ไม่สามารถห้ามการเกิดฟ้าผ่าได้ ในทางปฏิบัติสามารถทำได้เพียงการป้องกันมิให้เกิดอันตราย อันเนื่องมาจากผลของฟ้าผ่า โดยการสร้างระบบป้องกัน แต่การจะออกแบบระบบป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดฟ้าผ่า ลักษณะและพฤติกรรมของฟ้าผ่าจึงจะช่วยให้การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่ามี

ความเหมาะสมกระบวนการเกิดฟ้าผ่า โดยทั่วไปฟ้าผ่าจะเริ่มต้นในก้อนเมฆที่มีประจุสะสม ระดับความสูง 1.5-10 กิโลเมตร เหนือจากพื้นโลกซึ่งมีการกระจายของประจุ ที่ฐานของก้อนเมฆจะเป็นประจุลบ ส่วนบนของก้อนเมฆเป็นประจุบวก จุดเริ่มต้นของการเกิดฟ้าผ่า ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่กลุ่มประจุลบ คือที่ฐานของก้อนเมฆ ประมาณ 10 kV/cm. (ในบรรยากาศที่ระดับพื้นโลกความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่า 30 kV/cm.) ก็จะเกิดไอออไนเซชันตามหลักการดิสชาร์จในก๊าซ การเกิดไอออไนเซชันของอากาศจะเกิดลีดเดอร์ (Leader) หรือหัวนำร่อง ที่มีทิศทางลงสู่พื้นโลก เมื่อหัวนำร่องเข้ามาใกล้พื้นโลกจะทำให้เกิดประจุเหนี่ยวนำที่พื้นโลก ที่ยอดแหลมของอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ เป็นต้น จะเกิดไอออไนเซชันที่มีความยาว 1-100 เมตรวิ่งเข้าหาหัวนำร่อง จนมาพบกันจะเกิดลำฟ้าผ่าที่มีแสงจ้า จากพื้นโลกวิ่งขึ้นไปหาก้อนเมฆ การเคลื่อนที่ของของประจุในลำฟ้าผ่าก็คือกระแสฟ้าผ่านั่นเอง

ผลจากฟ้าผ่าผลจากฟ้าผ่าที่ก่อให้เกิดความเสียหายหรือเกิดอันตรายอาจแยกออกได้เป็น 3 ประเภท ผลทางความร้อน

เมื่อเกิดฟ้าผ่าจะมีลำแสงจ้าของฟ้าผ่า ที่บริเวณแกนของลำแสงจะมีอุณหภูมิสูงมากอาจสูงถึง 30,000 องศาเคลวิน อุณหภูมิที่สูงมากนี้ย่อมก่อให้เกิดเพลิงไหม้แก่วัสดุที่ติดไฟได้ ถึงแม้ว่าช่วงระยะเวลาการไหลของกระแสนั้นจะสั้นมากก็ตาม กรณีที่เกิดฟ้าผ่าลงบนโลหะมักจะมีร่องรอยของการถูกฟ้าผ่าทั้งนี้เพราะ กระแสฟ้าผ่า เมื่อแปลงเป็นพลังงานความร้อน จะมีค่ามากพอที่จะทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายได้ ถ้าทราบชนิดของโลหะ ก็สามารถคำนวณหาปริมาตรของโลหะที่หลอมละลายได้ เช่น กระแสฟ้าผ่า 1 แอมแปร์-วินาที จะหลอมทองแดงได้ 5.4 ลูกบาศก์มิลลิเมตร, อะลูมิเนียมได้ 12 ลูกบาศก์มิลลิเมตร, และเหล็กได้ 4.4 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

จากสูตร W = U

แสดงว่า ถังโลหะบางทั้งหลายมีโอกาสถูกฟ้าผ่าและหลอมละลายจนทะลุถ้าความหนาไม่เพียงพอ ถ้าเป็นถังเชื้อเพลิงก็ย่อมทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ด้วยเหตุผลเดียวกัน การออกแบบระบบสายล่อฟ้า ซึ่งต้องใช้เสาล่อฟ้าเป็นตัวล่อ หรือรับให้ฟ้าผ่าลงและมีสายตัวนำต่อลงดินเป็นทางนำกระแสฟ้าผ่าลงดินโดยเร็วที่สุด โดยไม่ทำให้สายตัวนำเกิดการหลอมละลาย ดังนั้นสายตัวนำลงดินจะต้องมีพื้นที่หน้าตัดที่โตพอ

ผลทางแรงกล

ผลของฟ้าผ่า นอกจากจะเกิดความร้อนแล้วในขณะเดียวกันยังเกิดแรงกลระเบิดสองแบบคือแบบแรก เมื่อกระแสไหลผ่านตัวนำแล้วทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวนำนั้น เป็นแรงดึงดูดหรือแรกผลักขนาดของแรงที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสกำลังสองเป็นส่วนกลับกับระยะห่างระหว่างตัวนำทั้งสอง ถ้ากระแสฟ้าผ่าไหลในตัวนำที่เป็นบ่วงหรือวงแหวนจะมีผลทำให้บ่วงหรือวงแหวนนั้นเกิดการขยายตัวออก ส่วนแรงที่สองเป็นแรงระเบิด เนื่องจากลำฟ้าผ่ามีอุณหภูมิสูงมากทำให้อากาศบริเวณรอบๆ ขยายตัวออกอย่างรวดเร็วเป็นผลทำให้เกิดคลื่นความดันแผ่กระจายออกไปเกิดเสียงดังสนั่นหวั่นไหวขึ้นที่เรียกว่าฟ้าร้องนั่นเอง ในกรณีที่ฟ้าผ่าลงวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้ากระแสจะวิ่งไปในแนวที่มีความต้านทานน้อยที่สุด ถ้ามีความชื้นอยู่ในวัสดุนั้น น้ำหรือความชื้นนั้นจะเปลี่ยนเป็นไอน้ำ เกิดความดันขึ้นอาจทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้

ผลทางไฟฟ้า

ผลทางไฟฟ้าเนื่องจากฟ้าผ่ามีหลายลักษณะ คือ

การรบกวนทางแม่เหล็ก ก็คือเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่กระจายออกไปรบกวนระบบสื่อสาร ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็กเกิดแรงดันเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นในตัวนำ

สายดินที่ขึงไว้เหนือสายส่งกำลังทำหน้าที่เป็นสายล่อฟ้าป้องกันมิให้เกิดฟ้าผ่าลงบนสายส่งกำลังโดยตรง เมื่อเกิดฟ้าผ่าลงบนสายดิน หากตัวนำลงดิน หรือสายไฟฟ้ามีค่าความเหนี่ยวนำค่าความต้านทานของรากสายดินมี

ค่าสูง ย่อมทำให้เกิดแรงดันเกินสูงพออาจทำให้เกิดวาบไฟตามผิวบนพวงลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ยึดหรือรองรับสายส่ง อาจทำให้เกิดการเจาะทะลุบนลูกถ้วนฉนวน

อันตรายจากฟ้าผ่าที่เกิดแก่คนโดยตรง โดยธรรมชาติฟ้าจะผ่าลงสิ่งที่อยู่สูงเด่นกว่าสิ่งอื่น เช่น สิ่งก่อสร้างหรืออาคารสูง ต้นไม้ หรือแม่แต่กระท่อมปลายนาที่ไม่มีต้นไม้ หรือคนที่ยืนกลางแจ้งในที่โล่ง อันตรายจากฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นแก่คนที่อยู่นอกอาคารบ้านเรือน มีโอกาสเป็นไปได้หากยืนอยู่ในที่กลางแจ้ง เช่น ตามทุ่งนา ในทะเล หรืออยู่ในเส้นทางผ่าจองกระแสไฟฟ้าเช่น ใต้ต้นไม้ที่อยู่กลางนา ซึ่งมักจะถูกฟ้าผ่าได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากฟ้าผ่าลงต้นไม้ กระแสฟ้าผ่าไหลลงมาตามต้นไม้ลงสู่ดิน ทำให้ต้นไม้มีศักย์ไฟฟ้าสูงมากจึงเกิดการ

สปาร์กผ่านอากาศเข้าหาคน

อันตรายจากฟ้าผ่าที่เกิดแก่คนโดยตรง โดยธรรมชาติฟ้าจะผ่าลงสิ่งที่อยู่สูงเด่นกว่าสิ่งอื่น เช่น สิ่งก่อสร้างหรืออาคารสูง ต้นไม้ หรือแม้แต่กระท่อมปลายนาที่ไม่มีต้นไม้หรือคนที่ยืนกลางแจ้งในที่โล่ง อันตรายจากฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นแก่คนที่อยู่นอกอาคารบ้านเรือน มีโอกาสเป็นไปได้หากยืนอยู่ในที่กลางแจ้ง เช่น ตามทุ่งนา ในทะเล หรืออยู่ในเส้นทางผ่านของกระแสไฟฟ้า เช่น ใต้ต้นไม้ที่อยู่กลางนา ซึ่งมักจะถูกฟ้าผ่าได้ง่าย ทั้งนี้เรื่องจากฟ้าผ่าลงต้นไม้ กระแสฟ้าผ่าไหลลงมาตามต้นไม้ลงสู่ดิน ทำให้ต้นไม้มีศักย์ไฟฟ้าสูงมากจึงเกิดการ

สปาร์กผ่านอากาศเข้าหาคน

แรงดันเกินในระบบแรงต่ำ แรงดันที่เกิดขึ้นในลักษณะดังกล่าว อาจมีค่าไม่สูงเหมือนในระบบส่งจ่ายกำลังสูง แต่ก็มีค่าพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน ภายในอาคารสำนักงาน เพราะอุปกรณ์แรงต่ำเหล่านี้ การฉนวนมีค่าต่ำไม่อาจจะทนแรงดันเกินที่มีค่ามากๆ ได้และถ้าเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น ยิ่งมีความไวต่อแรงดันเกินเป็นอย่างยิ่งย่อมทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์เหล่านั้นได้ง่าย

ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระบบป้องกันฟ้าผ่านั้นเป็นการลดความเสี่ยงต่อความเสียหายจากการเกิดฟ้าผ่าเท่านั้น ไม่สามารถประกันได้ว่าจะป้องกันสิ่งปลูกสร้าง บุคคลหรือวัตถุต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการออกแบบและติดตั้งให้ถูกต้องและได้ตามมาตรฐานก็จะทำให้การป้องกันมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ส่วนประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่านั้นจะมีอยู่ 3 ส่วน คือ

1. ตัวนำล่อฟ้า (Air Terminal)
2. ตัวนำลงดิน (Down Conductor)
3. รากสายดิน (Earth Electrode)

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ก่อนเรียน

4.1.1 จัดเตรียมเอกสารบทที่ 7 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.1.2 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของบทที่ 7 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.1.3 แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบป้องกันฟ้าผ่า

4.2 ขณะเรียน

4.2.1 ทำแบบฝึกหัดบทที่ 7

4.3 หลังเรียน

4.3.1 ร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน

4.4 ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

4.4.1 แบบฝึกหัดบทที่ 7

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

5.1 สื่อสิ่งพิมพ์

5.1.1 เอกสารประกอบการสอนวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-10)

5.1.2 แบบฝึกหัดบทที่ 7 ใช้ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อที่ 1

5.2 สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)

5.2.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2.2 งานนำเสนอ

5.3 สื่อของจริง

-

6. การวัดและประเมินผล

6.1 ผลการใช้แผนการเรียนรู้

6.1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6.1.2 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน

6.1.3 สื่อการสอนเหมาะสมดี

6.2 ผลการเรียนของนักเรียน

6.2.1 นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย

6.2.2 นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

6.2.3 นักศึกษานำความรู้เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 ผลการสอนของครู

6.3.1 สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร

6.3.2 แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ

6.3.3 สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด