

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	คาบรวม 3 คาบ
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 3 คาบ
หัวข้อเรื่อง 1. เสาไฟฟ้า 2. การปักเสาพาดสายไฟฟ้า 3. การจัดวางสาย 4. เขตของการเดินสายไฟฟ้า 5. ฉนวนไฟฟ้าของระบบสายส่งไฟฟ้า 6. ลักษณะและชนิดของสายส่งไฟฟ้า 7. อุปกรณ์ป้องกันวงจรของระบบสายส่งไฟฟ้า 8. ดิสคอนเนคติงสวิตช์ สาระสำคัญ การส่งและจ่ายพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้ 2 ระบบ คือระบบเหนือศีรษะ และระบบใต้ดิน โดยตัวอย่างของการส่งระบบไฟฟ้าใต้ดินได้แก่ การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับสถานีไฟฟ้าย่อยต่าง ๆ รวมไปถึงระบบจำหน่ายที่ใช้กับอาคารสูง เช่น โรงงานอุตสาหกรรม คอนโดมิเนียมทั่วไป เพราะว่าการส่งด้วยวิธีนี้มีความปลอดภัย ช่วยลดอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูง และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอีกด้วย แต่ผลเสียก็คือต้นทุนในการติดตั้งสูง ซึ่งสูงกว่าการเดินบนศีรษะ 10 เท่า และยังใช้เวลาในการติดตั้งนานกว่า เพราะจะต้องทำการขุดดินตลอดแนววางสายเคเบิ้ล จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า ชนิดของเสาไฟฟ้า การปักเสาพาดสายไฟฟ้า การจัดวางสาย เขตของการเดินสายไฟฟ้า ชนิดของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ลักษณะและชนิดของสายไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันระบบ และ ดิสคอนเนคติงสวิตช์		

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	คาบรวม 3 คาบ
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 3 คาบ
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. อธิบายชนิดของเสาไฟฟ้าได้ 2. เลือกชนิดของสายไฟฟ้าไปใช้งานได้ 3. อธิบายการจัดวางสายไฟฟ้าได้ 4. อธิบายเขตของการเดินสายไฟฟ้าได้ 5. อธิบายชนิดของฉนวนไฟฟ้าได้ 6. อธิบายลักษณะและชนิดของสายไฟฟ้าได้ 7. อธิบายอุปกรณ์ป้องกันวงจรของระบบสายส่งไฟฟ้าได้ 8. อธิบายคิסקอนเนคติ้งสวิตช์ได้		

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ

อุปกรณ์ในระบบส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่า การส่งและจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะสามารถทำได้ 2 ระบบ คือ การส่งจ่ายบนอากาศเหนือศีรษะ และการเดินสายเคเบิลใต้ดิน โดยตัวอย่างของการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าใต้ดิน จะได้แก่ การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับสถานีไฟฟ้าย่อยต่าง ๆ รวมไปถึงระบบจำหน่ายที่ใช้กับอาคารสูง ตัวอย่างเช่น โรงงานอุตสาหกรรม คอนโดมิเนียมทั่วไป เพราะว่าการส่งจ่ายวิธีนี้มีความปลอดภัย ช่วยลดอันตรายจากสายไฟฟ้าแรงสูง และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอีกด้วย แต่ข้อเสียก็คือ การติดตั้งลงทุนค่อนข้างสูง ซึ่งสูงกว่าการเดินบนอากาศเหนือศีรษะถึง 10 เท่าเลยทีเดียว และยังใช้เวลาในการติดตั้งนานเพราะว่าต้องทำการขุดดินตลอดแนวที่วางสายเคเบิล แต่สำหรับเนื้อหาในที่นี้จะนำเสนอเฉพาะการเดินสายบนอากาศเหนือศีรษะเท่านั้น

ชนิดของเสาไฟฟ้า (Electricity Tower)

ในปัจจุบันเสาไฟฟ้าที่ติดตั้งใช้งานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ เสาไม้ เสาคอนกรีต และเสาโครงเหล็ก โดยการที่จะเลือกใช้เสาไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ นั้น จะมีหลักการในการพิจารณาเบื้องต้น ดังนี้

1. ระยะทางในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า
2. ความสูงของเสาไฟฟ้า
3. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน
4. อัตราการรับแรงดึงของเสา (kg-m)

ซึ่งโดยปกติแล้วความสูงของเสานั้นจะถูกออกแบบมาให้สัมพันธ์กับระดับแรงดัน และอัตราการรับแรงดึงของเสา

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ

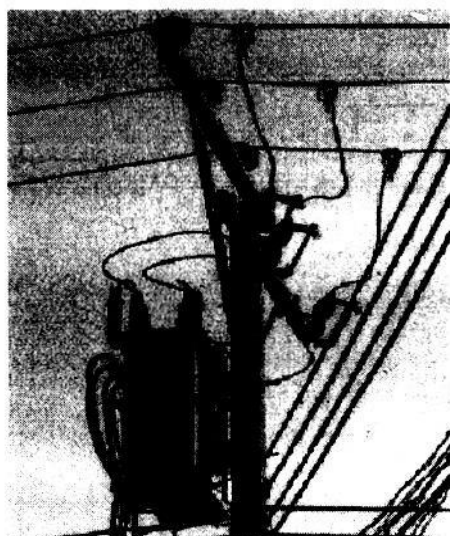
เสาไม้ (Wood Pole)

ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมในการใช้งาน เนื่องจากหายาก มีราคาแพง และมีการผุกร่อน ทำให้อายุการใช้งานไม่ยาวนาน โดยเสานั้นจะถูกนำไปใช้งานบางจุดหรือติดตั้งชั่วคราวเท่านั้น

เสาคอนกรีต (Concrete Pole)

เนื่องจากมีความทนทานและมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนได้ดีกว่าเสาไม้ ซึ่งในปัจจุบันนั้นหายาก เสาคอนกรีตจึงถูกนำมาใช้งานทดแทนเสาไม้ ซึ่งจะสามารถแบ่งประเภทของเสา คอนกรีตออกเป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. เสาคอนกรีตแรงต่ำ ใช้งานกับระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ 220/380 V ซึ่งจะมีขนาดความสูง 6, 8.5, 10, 10.5 เมตร
2. เสาคอนกรีตแรงดันปานกลาง ใช้งานกับระบบจำหน่ายแรงสูง 12, 22, 24, 33 kV จะมีขนาดความสูง 12, 14 และ 16 เมตร
3. เสาคอนกรีตแรงดันสูง ใช้งานกับระบบส่งกำลังแรงสูง 69 kV และ 115 kV และยังใช้งานร่วมกับระบบจำหน่ายแรงสูง สายเคเบิลของระบบสื่อสาร โคมไฟถนน เป็นต้น มีขนาดความสูง 20 และ 22 เมตร



รูปที่ .1 แสดงเสาคอนกรีต

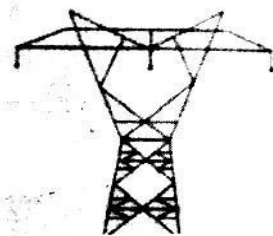
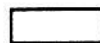
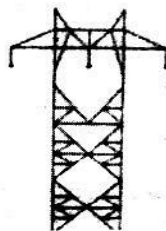
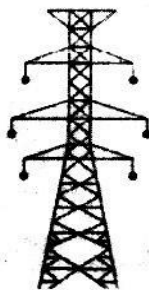


	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ

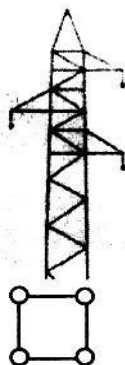
เสาโครงเหล็ก (Steel Tower)

โดยทั่วไปจะใช้กับสายส่งแรงสูงตั้งแต่ 69 kV ถึง 500 kV ผลิตขึ้นจากเหล็กอาบสังกะสี ยึดประกอบเข้าด้วยกัน โดยปกติจะมีฐาน 4 ขา ตั้งอยู่บนฐานรากที่มั่นคงแข็งแรง ซึ่งในปัจจุบัน จะมีเสาโครงเหล็กที่ใช้งานอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

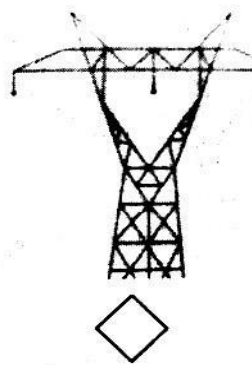
1. เสาโครงเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส
2. เสาโครงเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. เสาโครงเหล็กแบบคอรีเซต
4. เสาโครงเหล็กรูปขาหยังตั้งบนบันจัน
5. เสาโครงเหล็กแบบหมุน
6. เสาโครงเหล็กแบบเอ็มซี
7. เสาโครงเหล็กแบบยัดโยง



เสาโครงเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส เสาโครงเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เสาโครงเหล็กแบบคอรีเซต



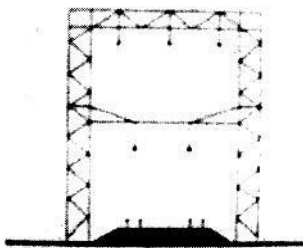
เสาโครงเหล็กแบบเอ็ม

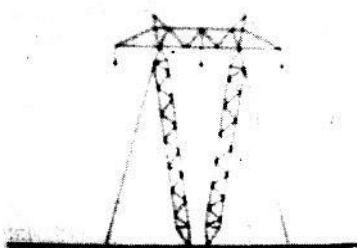


เสาโครงเหล็กแบบหมุน

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของเสาเหล็ก

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	จำนวนคาบ 2 คาบ	





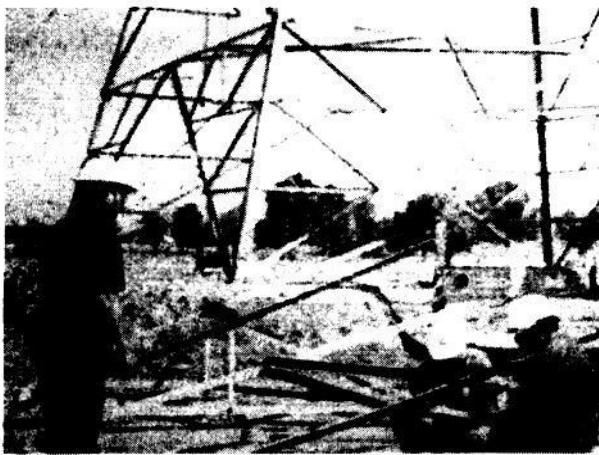
เสาโครงเหล็กรูปขาหยั่งตั้งบนปั้นจั่น

เสาโครงเหล็กแบบยึดโยง

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของเสาเหล็ก (ต่อ)



รูปที่ 3 แสดงการติดตั้งสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 230 kV



รูปที่ 3 (ต่อ) แสดงการประกอบเสาโครงเหล็ก 115 kV



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยที่ 2

ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008

สอนครั้งที่ 2

ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ใบความรู้ที่ 2

ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

จำนวนคาบ 2 คาบ

การปักเสาสายไฟฟ้า

ในการติดตั้งหรือปักเสาสายไฟฟ้าลงหลุมจะมีวิธีในการปักเสา 2 วิธี คือ ใช้แรงงานจากคน และการใช้รถยนต์ปักเสา

การพิจารณาความลึกในการปักเสา

เมื่อต้องการปักเสาสายไฟฟ้าลงดินจะต้องพิจารณาสภาพของดินในบริเวณนั้น ๆ ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 มาตรฐาน กฟผ. ของขนาดเสาคอนกรีตและการปักลงดิน

ความยาว ของเสา ทั้งต้น (m)	ปักลงไปในดิน (m)				แรงบดเคี้ยว (kg-m)	ระดับแรงดัน
	ดินอ่อน	ดินปาน กลาง	ดินแข็ง	หินแข็ง		
8	1.50	1.30	1.10	1.00	760	220/380 V
9	1.50	1.30	1.10	1.00	1,070	220/380 V
10	1.70	1.50	1.30	1.00	-	220/380 V
12	2.00	1.80	1.60	1.20	2,550	11-22 kV
14	2.30	2.00	1.70	1.20	3,590	11-22 kV
16	-	2.20	-	-	5,300	-

ตารางที่ 2.2 มาตรฐาน กฟน. ของขนาดเสาคอนกรีตและการปักลงดิน

ความยาว ของเสา ทั้งต้น (m)	ปักลงไปใน ดิน (m)	แรงบดเคี้ยว (kg-m)	ระดับแรงดัน	อุปกรณ์ติดตั้งรวมบนเสา
6.00	1.20	1,150	220/380 kV	เครื่องวัดแรงต่ำ (kW-hr)
8.50	1.30	2,000	220/380 kV	เครื่องวัดแรงต่ำ โคมไฟถนน
10.00	1.75	2,350	220/380 kV	เครื่องวัดแรงต่ำ โคมไฟถนน
10.50	2.10	4,500	220/380 kV	หม้อแปลงไฟฟ้า โคมไฟถนน
12.00	1.75	3,500	12-24 kV	หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องวัดแรงสูง
12.35	2.10	4,500	12-24 kV	หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องวัดแรงสูง



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยที่ 2

ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008

สอนครั้งที่ 2

ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ใบความรู้ที่ 2

ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

จำนวนคาบ 2 คาบ

ความยาว ของเสา ทั้งต้น (m)	ปักลงไปใน ดิน (m)	แรงบิดโค้ง (kg-m)	ระดับแรงดัน	อุปกรณ์ติดตั้งรวมบนเสา
14.00	2.00	4,150	12-24 kV	เหมือนเสา 12 m เเดินสายขนาด 24 kV 2 วงจร
20.00	2.00	14,000	69 kV	เดินสาย 2 วงจร ขนาด 69 kV และ 24 kV โคมไฟถนน
22.00	2.00	14,000	115 kV	เดินสาย 2 วงจร ขนาด 115 kV และ 24 kV โคมไฟถนน ล้อฟ้า

การพิจารณาระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้า

ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของระบบจำหน่ายแรงสูง จะมีการกำหนดระยะห่างในการปักเสา ดังนี้

1. ระบบจำหน่ายที่ติดตั้งผ่านหมู่บ้าน จะต้องมียะห่างระหว่างเสาไฟฟ้าปกติ 40, 80 หรือ 100 เมตร พิจารณาตามความเหมาะสม
2. ระบบจำหน่ายที่พาดด้วยสายเคเบิลอากาศ จะต้องมียะห่างระหว่างเสาไฟฟ้าปกติ 40-50 เมตร
3. ระบบจำหน่ายที่ติดตั้งในเมือง จะต้องมียะห่างระหว่างเสาปกติ 40 เมตร
4. ระบบจำหน่ายที่ติดตั้งนอกเมือง ระยะห่างระหว่างเสาไม่เกินค่าตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 3 ระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้าตามมาตรฐาน กฟภ.

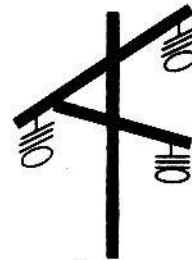
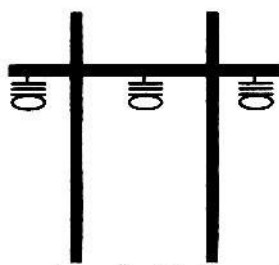
พื้นที่หน้าตัดระบุ (ตร.มม.)			ระยะห่างระหว่างเสา (เมตร)	
อลูมิเนียม	อลูมิเนียมแกนเหล็ก (ACSR)	อลูมิเนียมอัลลอย	1 วงจร (Feeder)	2 วงจร (Feeder)
35, 50, 70	-	-	50	50
95	35/6, 50/8	35, 50	100	80
120	-	-	80-100	80
150	-	-	80-100	80
185	-	-	80	80
240	-	-	50	50

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ

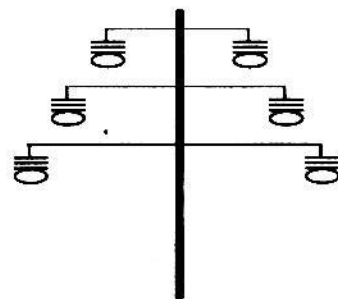
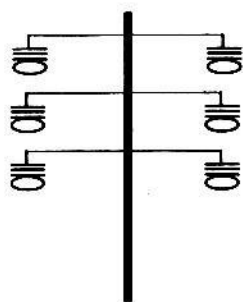
การจัดวางสาย

รูปแบบของการวางสายบนอากาศเหนือศีรษะ (Overhead Transmission Line) จะแสดงดังรูปที่ 4

1. Horizontal Line หรือ H-Frame (วงจรเดี่ยว)
2. Triangle Line หรือ D-Frame (วงจรเดี่ยว)
3. Rectangular Frame (วงจรคู่)
4. Slope Frame (วงจรคู่)
5. Hexagon Frame (วงจรคู่)
6. Bundle



Horizontal Line หรือ H-Frame (วงจรเดี่ยว) Triangle Line หรือ D-Frame (วงจรเดี่ยว)

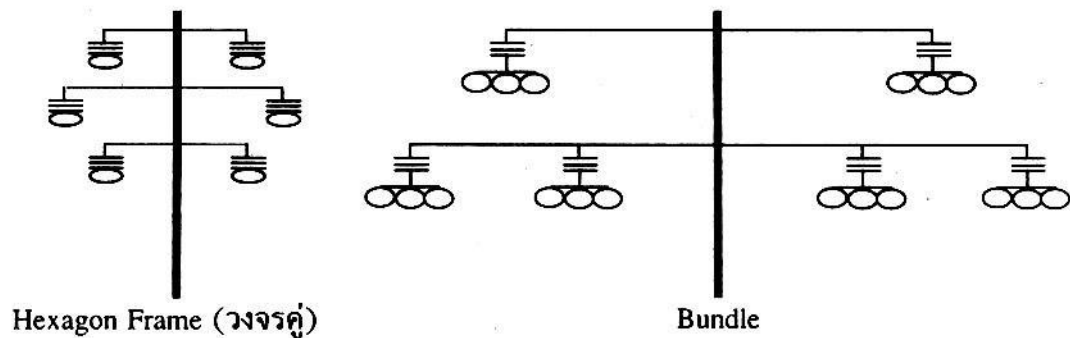


Rectangular Frame (วงจรคู่)

Slope Frame (วงจรคู่)

รูปที่ 4 แสดงรูปแบบการจัดวางสายส่งบนอากาศเหนือศีรษะ

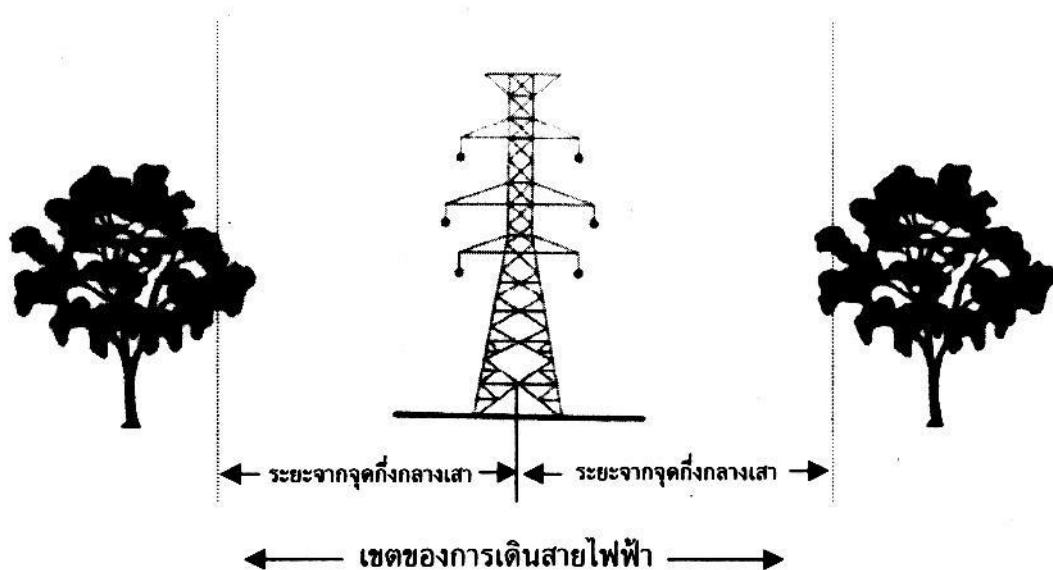
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ



รูปที่ 4 (ต่อ) แสดงรูปแบบการจัดวางสายส่งบนอากาศเหนือศีรษะ

เขตของการเดินสายไฟฟ้า

เขตของการเดินสายไฟฟ้าจะหมายถึง ระยะจากจุดกึ่งกลางเสาทั้งสองด้าน เพื่อให้ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินในบริเวณพื้นที่ที่ติดตั้งเสา พื้นที่โดยรอบโคนเสา ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และตารางที่ 2.4 จะแสดงข้อกำหนดความกว้างของเขตเดินสายไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 แสดงเขตของการเดินสายไฟฟ้า



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยที่ 2

ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008

สอนครั้งที่ 2

ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

ใบความรู้ที่ 2

ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า

จำนวนคาบ 2 คาบ

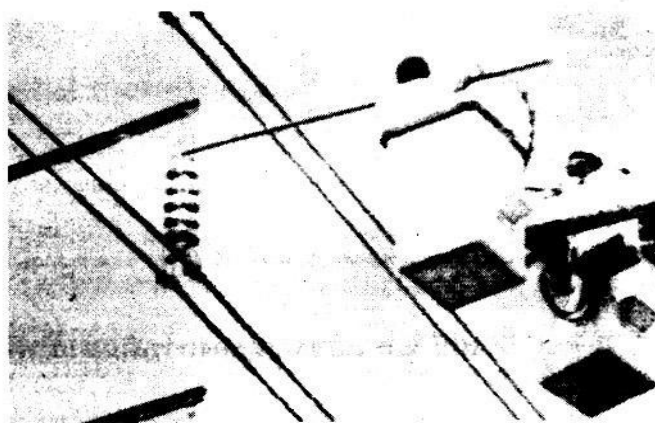
ตารางที่ 4 ข้อกำหนดความกว้างของเขตเดินสายไฟฟ้า

ขนาดแรงดันของสายส่งไฟฟ้า	ระยะจากจุดกึ่งกลางเสาออกไปด้านละ	รวมเขตเดินสายไฟฟ้า
69 kV	9 เมตร	18 เมตร
115 kV	12-25 เมตร	25-50 เมตร
230 kV	20-25 เมตร	40-50 เมตร
500 kV	35-40 เมตร	70-80 เมตร

ฉนวนไฟฟ้าของระบบสายส่งไฟฟ้า

ฉนวนไฟฟ้าของระบบสายส่งจะหมายถึง การที่ติดตั้งลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าเพื่อรองรับสายส่งไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ บนเสาไฟฟ้า ซึ่งลูกถ้วยไฟฟ้าดังกล่าว จะทำหน้าที่เป็นฉนวนปิดกั้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าระหว่างสายส่ง (สายเปลือย) กับส่วนที่เป็นแขนของเสาโครงเหล็ก (Arm) ซึ่งคุณลักษณะที่ดีของลูกถ้วยจะมีดังต่อไปนี้

1. เป็นตัวจับยึดสายส่งให้มั่นคงแข็งแรงตลอดอายุการใช้งาน
2. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน
3. มีความคงทนต่อแรงกระทำทางไฟฟ้า เช่น การเบรกดาวนที่ผิวเนื่องมาจากความสกปรก ความชื้นของอากาศ ฝุ่นละอองและเชื้อเกลือต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้กับลูกถ้วย
4. มีความคงทนต่อสภาวะทางกลที่กระทำบนลูกถ้วย เช่น แรงดึง น้ำหนักของสายส่งไฟฟ้า แรงลมที่กระทบกับสายส่งไฟฟ้า



รูปที่ 6 แสดงการเคลือบลูกถ้วย

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ

แต่สามารถลดความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับลูกถ้วยได้ โดยการอาบน้ำยาเคลือบลูกถ้วย ซึ่งคุณสมบัติของน้ำยาเคลือบลูกถ้วยจะประกอบไปด้วย

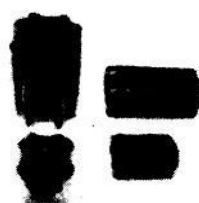
- ลดการเกิดกระแสรั่ว (Leakage Current)
- สามารถฉีดเคลือบผิวได้ในขณะที่จ่ายไฟฟ้าตามปกติ
- ป้องกันการเกิดการวาวไฟตามผิว (Flashover) ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดไฟดับ
- ป้องกันการเกิดโคโรนา (Corona)

ในปัจจุบันลูกถ้วยจะผลิตขึ้นมาจากกระเบื้องเคลือบ (Porcelain) ซึ่งมีอยู่หลายชนิดดังต่อไปนี้

1. ลูกถ้วยลุกรอก (Spool Type Insulator) ใช้ในการยึดเข้ากับแร็ค (Rack) เพื่อใช้ในการรองรับสายไฟฟ้าแรงต่ำทั่วไป มีลักษณะดังรูปที่ 2.7 (a)
2. ลูกถ้วยยึดโยง (Strain Type Insulator) ลูกถ้วยชนิดนี้จะใช้เป็นฉนวนยึดโยงของสายยึดโยง (Guy Wire) ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ลูกถ้วยมะเฟือง ดังรูปที่ 2.7 (b)
3. ลูกถ้วยก้านตรง (Pin Type Insulator) ใช้กับระบบจำหน่ายแรงสูง โดยรองรับสายตัวนำที่มีขนาดเล็กกว่า 240 ตารางมิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.7 (c)
4. ลูกถ้วยแขวน (Suspension Insulator) ใช้กับสายส่งแรงสูง โดยรองรับตัวนำที่มีขนาด 240 ตารางมิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า ดังรูปที่ 2.7 (e) ซึ่งลูกถ้วยแบบนี้จะมีข้อดี คือ
 - 4.1 ใช้งานได้หลายระดับแรงดัน โดยการเพิ่มหรือลดจำนวนลูกถ้วย
 - 4.2 รับแรงดึงได้มากเพราะว่า ลูกถ้วยแขวนลอยไว้บนเสาจึงแกว่งได้เล็กน้อย
 - 4.3 ประหยัดกว่าเพราะว่า เมื่อมีลูกถ้วยลูกใดชำรุดก็สามารถถอดเปลี่ยนเฉพาะลูกนั้น ๆ ได้เลย โดยลูกอื่นจะยังใช้งานได้ตามเดิม
5. ลูกถ้วยแบบโพสต์ (Post Type Insulator) เป็นลูกถ้วยที่ใช้ติดตั้งในบริเวณแคบ ๆ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ดังรูปที่ 2.7 (d)



(a) ลูกถ้วยลุกรอก



(b) ลูกถ้วยยึดโยง

รูปที่ 7 แสดงลูกถ้วยชนิดต่าง ๆ

รูปที่ 7 แสดงลูกถ้วยชนิดต่าง ๆ

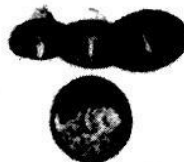
	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ



(c) ลูกถ้วยก้านตรง



(d) ลูกถ้วยแบบโพสต์



(e) ลูกถ้วยแขวน

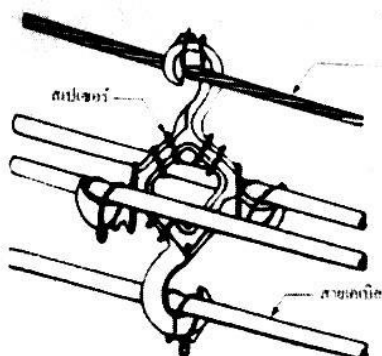
รูปที่ 7 (ต่อ) แสดงลูกถ้วยชนิดต่าง ๆ

ลักษณะและชนิดของสายส่งไฟฟ้า

สายส่งไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสายตีเกลียว (Strand of Wire) ซึ่งจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สายหุ้มฉนวนและสายเปลือย

สายหุ้มฉนวน (Insulated Wire)

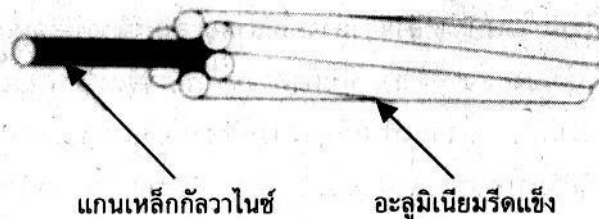
สายหุ้มฉนวนที่ใช้กับระบบจำหน่ายแรงสูง จะมีชื่อเรียกว่า สายเคเบิลอากาศแรงสูง (Spaced Aerial Cable) ซึ่งวัสดุฉนวนผลิตมาจาก XLPE (Cross Linked Polyethylene) โดยเวลาใช้งานจะเกาะยึดกับสายรับน้ำหนักที่เรียกว่า สายเมสเซนเจอร์ (Messenger) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สายสะพาน ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 8 แสดงการติดตั้งสายอากาศแรงสูง

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ
สายเปลือย (Bare Wire) สายเปลือยที่ใช้กับระบบสายส่งแรงสูงจะใช้สายอะลูมิเนียมเปลือย (AI) เพราะว่ามีราคาถูก และน้ำหนักเบากว่าสายทองแดง (Cu) ที่มีค่าความต้านทานเท่ากัน แต่ขนาดของสายทองแดงจะเล็กกว่าสายอะลูมิเนียม ซึ่งจะเป็นเรื่องดีในเรื่องของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำ เนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาไอออไนซ์ (Ionize) กับอากาศรอบ ๆ ตัวนำนั้นจะเกิดน้อยลง ซึ่งจะทำให้การสูญเสียโคโรนา (Corona Loss) ลดน้อยลง ซึ่งการเกิดโคโรนานั้นจะเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในการส่งกำลังไฟฟ้า แต่ในการใช้งานจริงนั้น จะมีการเสริมแกนเหล็กหรือโลหะผสมอื่น ๆ เข้าไปในอะลูมิเนียม เนื่องจากสายอะลูมิเนียมล้วนจะสามารถรับแรงดึงได้น้อย ซึ่งสายอะลูมิเนียมที่ใช้กันในปัจจุบันจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิด ได้แก่ 1. สายอะลูมิเนียมล้วน (All Aluminium Conductor) หรือ AAC โดยสายแบบนี้จะรับแรงดึงได้น้อย 2. สายอะลูมิเนียมผสม (All Aluminium Alloy Conductor) หรือ AAAC สายชนิดนี้จะรับแรงดึงได้มากกว่าแบบแรก แต่จะมีราคาแพงกว่า 3. สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก (Aluminium Conductor Steel Reinforced) หรือ ACSR เป็นสายที่รับแรงดึงได้มากกว่า 2 ชนิดแรก ซึ่งในปัจจุบันสายส่งกำลังแรงสูงที่มีระยะห่างระหว่างเสามาก ๆ จะใช้สาย ACSR นี้ ดังรูปที่ 2.9 4. สายอะลูมิเนียมแกนโลหะผสม (Aluminium Conductor Alloy Reinforced) หรือ ACAR รับแรงดึงได้น้อยกว่า ACSR เนื่องจากระบบสายส่งจะต้องใช้สายส่งขนาดใหญ่ จึงมักจะใช้อักซอร์โรมัน (M) ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1,000 และเมื่อใช้ร่วมกับหน่วยเซอร์คูลาร์มิล (CM) จึงเขียนเป็น MCM ซึ่งจะเท่ากับ 1,000 CM นั่นเอง ในสายตัวนำแบบสายตีเกลียว (Strand Conductor) นั้น จะมีการเรียงชั้น (Layer) วนเป็นรูปกันหอย ซึ่งจำนวนของเส้นลวดตัวนำ (ตีเกลียว) จะคำนวณได้ตามสมการด้านล่างนี้ $\text{จำนวนของเส้นลวดตัวนำ} = 3X^2 - 3X + 1$ เมื่อ $X = \text{จำนวนชั้นของสายตีเกลียว}$ ตัวอย่างเช่น ถ้าสายตัวนำเส้นหนึ่งเป็นแบบ ACAR ซึ่งแกนกลางประกอบด้วยลวดเกลียว (Stand) ซึ่งเป็นเหล็กจำนวน 8 เส้น และรอบ ๆ แกนเหล็กประกอบด้วยลวดเกลียว ซึ่งเป็นอะลูมิเนียม (AI) จำนวน 25 เส้น จะสามารถให้ข้อกำหนดของสายตัวนำดังกล่าวได้เป็น 25 AI/8st หรือกำหนดว่า 25/8 ก็ได้เช่นกัน		

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ



รูปที่ .9 แสดงสายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก

อุปกรณ์ป้องกันวงจรของระบบสายส่งไฟฟ้า

โดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ คือ เพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ และดิสคอนเนคติง สวิตช์

เพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Power Circuit Breaker)

เพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ชนิดที่นิยมใช้กับระบบไฟฟ้าแรงสูง หรือใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อย จะได้แก่

1. Air Blast Circuit Breaker (ABB) จะใช้วิธีการอัดลมความดันสูงเก็บเอาไว้ในถังเก็บความดัน ที่เรียกว่า อินเตอร์รัพเตอร์ (Interrupter) โดยจะทำการพ่นอากาศเป็นการดับอาร์กในจังหวะที่แน่นอน

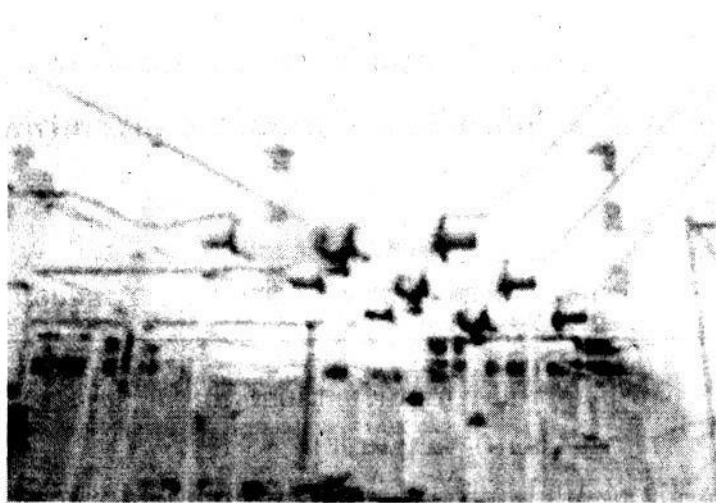
2. Oil Circuit Breaker (OCB) จะใช้น้ำมันเป็นตัวดับอาร์ก โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.1 Bulk Oil Circuit Breaker จะบรรจุน้ำมันเอาไว้เต็มถังสำหรับดับอาร์ก

2.2 Minimum Oil Circuit Breaker จะใช้น้ำมันน้อยกว่าชนิดแรก ซึ่งจะประมาณ 1/10 เท่า และจะดับอาร์กโดยการฉีดพ่นน้ำมัน

3. SF₆ Gas Circuit Breaker (GCB) หรือ Sulphur Hexafluoride Gas Circuit Breaker จะใช้ก๊าซ SF₆ เป็นตัวกลาง

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	ใบความรู้ที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ



รูปที่ 10 แสดง SF6 Gas Circuit Breaker (GCB)

ดิสคอนเนคติงสวิตช์ (Disconnecting Switch)

หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สวิตช์ปลดวงจร ใช้ในการปลดวงจรขณะที่ไม่มีโหลด โดยปกติจะติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุงเซอร์กิตเบรกเกอร์ และยังใช้ในการตัดตอนก่อนเข้าสายเคเบิลแรงสูง และเป็นสวิตช์ตัดตอนเชื่อมเมนบัส เป็นต้น

	แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 2 คาบ
กิจกรรมการเรียนการสอน เตรียมความพร้อมก่อนสอน (10 นาที) ผู้สอนจัดเตรียมหนังสือเอกสารประกอบการสอนและวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ประกอบการสอนให้พร้อม ผู้สอนเรียกชื่อผู้เรียน และจดบันทึกลงในสมุดบันทึกเวลาเรียน ขั้นสอนมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที) ให้ครูชี้เลือกนักเรียนแบบสุ่มเพื่อให้อ่านคำถามที่ละคำถามจากครู เกี่ยวกับงานที่ให้ไปสำรวจจากเนื้อหาคราวที่แล้ว ว่ามีใครได้สังเกตเห็นระบบไฟฟ้าแบบใดบ้างและมีจุดไหนที่ไม่เข้าใจบ้าง หรือมีส่วนไหนที่นักศึกษามองเห็นแล้วไม่เข้าใจ 2. ขั้นสอน (เวลา 140 นาที) ครูอธิบายความหมายของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการติดตั้งระบบสายส่ง พร้อมทั้งให้ดูรูปประกอบการอธิบาย และอธิบายถึงระบบที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง และระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าที่นักศึกษาสามารถดูจากของจริงได้จากรอบตัวของเราเอง 3. ขั้นสรุป (เวลา 10 นาที) อุปกรณ์ในการติดตั้งระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงประกอบไปด้วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า ชนิดของเสาไฟฟ้า การปักเสาพาดสายไฟฟ้า การจัดวางสาย เขตของการเดินสายไฟฟ้า ชนิดของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ลักษณะและชนิดของสายไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันระบบ และ ดิสคอนเนคติ่งสวิตช์ และการเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปติดตั้งในงานจริงอย่างเหมาะสม		

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 3 คาบ
4. ชั้นประเมินผล (15 นาที) ให้นักเรียนมองดูเสาไฟฟ้าหน้าวิทยาลัยและให้เขียนส่วนประกอบว่ามีอะไรบ้างและพร้อมทั้งบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดการไฟฟ้าถึงเลือกอุปกรณ์ดังกล่าวมาติดตั้ง สื่อการเรียนการสอน มีดังนี้ 1. ใบความรู้ 2. รูปภาพจากของจริง 4. แบบทดสอบ กิจกรรม/งานที่มอบหมาย มีดังนี้ ในระหว่างที่นักศึกษาเดินทางกลับบ้านให้สังเกตอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและจดบันทึกตามชนิดและลักษณะของเนื้อหาที่ได้เรียนมา และบันทึกว่าสิ่งใดเข้าใจและไม่เข้าใจเมื่อสังเกตจากการติดตั้ง การวัดผลประเมินผล ปฏิบัติดังนี้ 1. วัดจากการตั้งคำถามขณะทำการสอน 2. วัดผลจากการทำแบบทดสอบ 3. วัดจากงานที่มอบหมาย		

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การส่งและจ่ายไฟฟ้า 3104-1008	
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 2
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า		จำนวนคาบ 3 คาบ
บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนของผู้เรียน ผลการสอนของผู้สอน 		

(.....)

(.....)

หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

รองผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนาศึกษา