**บทเรียน เรื่อง อุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้า**

**จุดประสงค์การสอน**

2.3 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้า

2.3.1 อธิบายบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง

2.3.2 อธิบายบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

**2.3 บริภัณฑ์ไฟฟ้าและเครื่องมือทางไฟฟ้า**

บริภัณฑ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment) หมายถึงอุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการนำ การจ่าย และการป้องกันในระบบไฟฟ้า อาจแบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้าได้เป็น

1. บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage Equipment) แรงดันสูงกว่า 36 kV
2. บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (Medium Voltage Equipment) แรงดัน 1 kV ถึง 36 kV
3. บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Equipment) แรงดันน้อยกว่า 1 kV

โดยในบทเรียนนี้จะกล่าวถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่ใช้ในระดับแรงดันปานกลางและแรงดันต่ำ

**2.3.1 บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง**

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลางที่สำคัญได้แก่

1. กับดักฟ้าผ่า (Lightning Arresters)
2. สวิตซ์ปลดวงจร (Disconnectors หรือ Disconnecting Switches)
3. สวิตซ์ต่อลงดิน (Earthing Switches)
4. ฟิวส์แรงดันสูง (High Voltage High Rupturing Capacitor Fuses)
5. สวิตซ์สำหรับตัดโหลด (Switch Disconnectors หรือ Load Break Switches)
6. หม้อแปลงบริภัณฑ์ (Instrument Transformers)
7. รีเลย์ป้องกัน (Protective Relays)
8. เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันปานกลาง (Medium Voltage Circuit Breakers)
9. คอนแทกเตอร์แรงดันปานกลาง (Medium Voltage Connectors๗
10. สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง (Medium Voltage Switchgears)
11. ริงเมนยูนิต (Ring Main Unit)
12. หม้อแปลง (Transformer)

โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 เป็นหลัก

**2.3.1.1 สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง**

สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลางเป็นบริภัณฑ์ซึ่งทำหน้าที่รับและจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่แรงดันสูง โดยจะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ เพื่อนำไปจ่ายโหลดต่าง ๆ ตามต้องการ

สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง จะประกอบไปด้วยบริภัณฑ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับและจ่ายไฟฟ้า บริภัณฑ์วัด และบริภัณฑ์ป้องกัน ซึ่งถูกจัดไว้ภายในกล่องโลหะอย่างมิดชิด

โครงสร้างของสวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลางโดยทั่ว ๆ ไป จะประกอบด้วย

1. กล่องห่อหุ้ม (Enclosure) จะเป็นกล่องโลหะที่ใช้ป้องกันแรงกระแทกจากภายนอกและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากประกายไฟหากเกิดการลัดวงจรภายในกล่องห่อหุ้ม กล่องห่อหุ้มส่วนที่เป็นโลหะจะต้องมีการต่อลงดินเสมอ
2. บัสบาร์ (Busbar) บัสบาร์เป็นแท่งโลหะ โดยทั่วไปเป็นทองแดง ซึ่งทำหน้าที่นำกระแสภายในกล่องห่อหุ้มเพื่อจ่ายกระแสให้กับวงจรต่าง ๆ ซึ่งบัสบาร์นี้จะต้องมีการติดตั้งอย่างมั่นคง เนื่องจากในสภาวะที่เกิดการลัดวงจรจะเกิดแรงกระชากขนาดมหาศาลขึ้นที่ตัวบัสบาร์นี้
3. บริภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการป้องกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับการป้องกันที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าต้องการ
4. บริภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการวัด เช่น CT, VT, Amp meter, Voltage meter ฯลฯ

ชนิดของตู้สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลางอาจแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1. Cubicle Switchgear
2. Compartmented Switchgear
3. Metal-Clad Switchgear

โดยเป็นการแบ่งตามระกับความปลอดภัยเมื่อเกิดการผิดพร่องภายในสวิตซ์เกียร์



Cubicle Switchgear Compartmented Switchgear Metal-Clad Switchgear

**ภาพที่ 2.30** ชนิดของสวิตซ์เกียร์

1. Cubicle Switchgear

Cubicle Switchgear มีรูปแบบโดยทั่วไปดังข้อกำหนดต่อไปนี้คือ

1. มีอย่างน้อย 3 Compartments
2. ถ้ามี Partition อาจเป็นโลหะ (Metallic) หรือฉนวน (Insulated)
3. Switching Device อาจเป็นแบบติดถาวร (Fixed) หรือถอดออกได้ (Withdrawable)

Cubicle Switchgear เป็นแบบราคาถูกที่สูดและความปลอดภัยน้อยที่สุด ถ้าเกิดการลัดวงจรที่บริภัณฑ์ใด ๆ ก็จะแพร่ไปทั่วตู้

ในขณะนี้ Cubicle Switchgear มีใช้มากที่สุดในสถานประกอบการต่าง ๆ ทั่วประเทศ ส่วนมากประกอบภายในประเทศ โดยบริษัทผู้ผลิตจะซึ่งบริภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น Switch Disconnector จากต่างประเทศมาประกอบเข้าด้วยกัน Cubicle Disconnector จากต่างประเทศมาประกอบเข้าด้วยกัน Cubicle Switchgear ส่วนมากไม่มีการทดสอบ Type Test

1. Compartmented Switchgear

Compartmented Switchgear มีรูปแบบโดยทั่วไปดังข้อกำหนดต่อไปนี้คือ

1. มี 3 Compartmented สำหรับ Switching Device Busbar Connectors และ CTS
2. Partition และ Shutters ระหว่าง Compartment โดยทั่วไปจะเป็น Insulated
3. ไม่มี Insulated Bushing สำหรับผ่านจาก Compartment หนึ่งไปยังอีก Compartment หนึ่ง

สวิตซ์เกียร์แบบนี้ส่วนมากผลิตจากต่างประเทศหรือไม่ก็ออกแบบจากต่างประเทศแล้วมาประกอบภายในประเทศ บริษัทผู้ผลิตจะทำเป็น Function Unit คือ แต่ละตู้มีหน้าที่ต่างกันเป็น Modular ซึ่งสามารถนำมาประกอบด้วยกันได้ และใช้ก๊าซ SF6 เป็นฉนวน จึงมีขนาดเล็ก และเนื่องจากเป็นของที่ผลิตจากต่างประเทศ จึงเป็นแบบที่มีการทดสอบเฉพาะแบบ Type Test มาแล้ว จึงมีความปลอดภัยสูง เหมาะสำหรับใช้ในสถานประกอบการใหญ่ ๆ หรือในโรงงานอุตสาหกรรม

3. Metal-Clad Switchgear

Metal-Clad Switchgear มีรูปแบบโดยทั่วไปดังข้อกำหนดต่อไปนี้คือ

1. มีอย่างน้อย 3 Compartments สำหรับ Switching Device, Busbar, Connectors และ CTS
2. Partition ระหว่าง Compartment จะต้องเป็นโลหะ
3. ช่องผ่านจาก Compartment หนึ่งไปยังอีก Compartment หนึ่งจะต้องมี Insulated Bushing

เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นใน Compartment หนึ่งจะไม่สามารถแพร่ไปสู่ Compartment อื่นได้ สวิตซ์เกียร์แบบนี้เป็นแบบที่ให้ความปลอดภัยสูงสุด ดังนั้นจึงมี Type Test จากสถาบันต่างประเทศที่เชื่อถือได้ เช่น KEMA ใน ประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น

สวิตซ์เกียร์แบบนี้มีใช้ในส่วนของระบบแรงดันปานกลางที่มีความสำคัญมาก ๆ เช่น ในสถานีไฟฟ้าย่อย โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น



**ภาพที่ 2.31** ตู้สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง

**2.3.1.2 ริงเมนยูนิต**

ริงเมนยูนิต เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าระดับแรงดันปานกลางสำหรับใช้จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบ Open Ring (หรือ Open Loop) แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า

ริงเมนยูนิต มีใช้มากในระบบการเดินใต้ดินของการไฟฟ้า



**ภาพที่ 2.32** ริงเมนยูนิต ในวงจรการเดินแรงดันปานกลางใต้ดิน

ริงเมนยูนิต เป็นสวิตซ์เกียร์ซึ่งใช้ SF6 เป็นฉนวน และบรรจุบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลางไว้ในตู้โลหะเพียงตู้เดียว (Single metal Enclosure)

ริงเมนยูนิต โดยทั่วไปประกอบด้วย

1. Switch Disconnector 400 A หรือ 630 A แรงดัน 24 kV
2. Fuse สำหรับป้องกันหม้อแปลง
3. CB พิกัดถึง 200 A พร้อมด้วย Protective Relay
4. Earthing Switch

สวิตซ์เกียร์และบัสบาร์ บรรจุอยู่ภายใน Housing ซึ่งบรรจุ SF6 และปิดผนึกเพื่อใช้ตลอดอายุการใช้งาน (Sealed For Life)

ริงเมนยูนิต ขนาดมาตรฐานทั่วไป จะมี 3 ส่วน แต่ละส่วนมีหน้าที่ต่างกัน

การเลือกใช้งาน

การเลือกริงเมนยูนิตนั้น จะต้องพิจารณาดังนี้

1. จำนวนช่องบริภัณฑ์ (Bays) ซึ่งริงเมนยูนิตตามปกติจะมี 3 ช่อง
2. พิกัดแรงดัน 24 kV, BIL 125 kV
3. พิกัดกระแส

Switch 200 A 400 A 630 A

CB 200 A

1. พิกัดกระแสลัดวงจร 16 kA หรือ 24 kV ที่ 24 kV



**ภาพที่ 2.33** ตู้สวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง

**2.3.1.3 หม้อแปลง**

หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เรียกว่า หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformers) ซึ่งจะแปลงแรงดันไฟฟ้า จากระบบแรงดันปานกลาง (MV) ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ (LV) โดยทั่งไปแล้วหม้อแปลงชนิดนี้จะมีพิกัดถึง 2,000 kVA แต่ในบางกรณีอาจมีพิกัดสูงถึง 1,350 kVA

ชนิดของหม้อแปลง

หม้อแปลงตามปกติเรียกตามวัสดุที่ใช้เป็นฉนวน และระบายความร้อน หม้อแปลงจำหน่ายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มี 2 แบบ คือ

1. หม้อแปลงแบบใช้ของเหลว (Liquid-immersed Transformers)

ของเหลวที่นิยมใช้เป็นฉนวน และตัวระบายความร้อน คือ น้ำมันหม้อแปลง (Mineral Oil) และของเหลวที่ติดไฟยาก (Less Flammable Liquid)

หม้อแปลงน้ำมัน (Oli-type Transformers) เป็นหม้อแปลงที่ใช้นำมันหม้อแปลงเป็นฉนวนและเป็นตัวระบายความร้อนด้วย หม้อแปลงน้ำมันนิยมใช้กันมากกับงานภายนอกอาคาร เนื่องจากมีราคาถูก แต่ถ้านำมาใช้ภายในอาคารจะต้องมีการสร้างห้องพิเศษซึ่งสามารถป้องกันไฟได้ เนื่องจากน้ำมันสามารถติดไฟได้ โดยมีจุดติดไฟ (Fire Point) อยู่ที่ 165 oC



**ภาพที่ 2.34** หม้อแปลงน้ำมัน

หม้อแปลงแบบใช้ของเหลวติดไฟยาก (Less Flammable Liquid-insulated Transformers) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ของเหลวที่ติดไฟยากเป็นฉนวนและระบายความร้อน โดยทั่วไปนิยมใช้สารซิลิโคน (Silicone) ซึ่งมีจุดติดไฟอยู่ที่ 343 oC ไม่เป็นพิษ และไม่อันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม หม้อแปลงแบบใช้ของเหลวติดไฟยากอนุญาติใหติดตั้งภายในอาคารได้

1. หม้อแปลงแบบแห้ง (Dry-Type Transformers)

หม้อแปลงแห้งเป็นหม้อแปลงที่ใช้ฉนวนเป็นของแข็ง โดยทั่วไปนิยมใช้สารเรซิน (Resin) อัดระหว่างขดลวดของหม้อแปลง จึงเรียกว่า Cast Resin Transformers สารเรซินมีจุดติดไฟที่ 350 oC มีความแข็งแรงทนทาน หม้อแปลงประเภทนี้นิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร

ในปัจจุบันหม้อแปลงที่นิยมใช้กันมาก คือ หม้อแปลงน้ำมัน และหม้อแปลง Cast Resin จึงจะขอกล่าวถึงโดยละเอียดดังต่อไปนี้

หม้อแปลงน้ำมัน (Oli-type Transformers)

หม้อแปลงน้ำมัน เป็นหม้อแปลงที่มีการใช้งานกันมากที่สุด เนื่องจากใช้งานได้ดี และมีราคาถูก เหมาะสำหรับการติดตั้งนอกอาคาร

ปัจจุบันได้มีการทำหม้อแปลงที่มีตัวถังปิดผนึก (Hermetically Sealed Tank) ขึ้น หม้อแปลงนี้ไม่มีถังพักและไม่ต้องมี Silica Gel จึงสามารถป้องกันความชื้นได้อย่างสมบูรณ์ หม้อแปลงแบบนี้จึงไม่ต้องการการบำรุงรักษา และกำลังได้รับความนิยมในการใช้งาน

หม้อแปลง Cast Resin (Cast Resin Transformers)

ในการติดตั้งหม้อแปลงภายในอาคาร จะนิยมใช้หม้อแปลงแห้ง เนื่องจากจะมีความปลอดภัยจากอันตรายที่อาจจะเกิดจากการระเบิดเนื่องจากน้ำมันของหม้อแปลงน้ำมัน หม้อแปลงแห้งที่นิยมใช้กันมากคือ หม้อแปลง Cast Resin ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่ระหว่างขดลวดอัดด้วย Cast Resin Reinforced Glass Fiber ซึ่ง Resin จะมีคุณสมบัติติดไฟได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350 oC ทำให้หม้อแปลงชนิดนี้ติดไฟได้ยาก



**ภาพที่ 2.35** หม้อแปลง Cast Resin

การป้องกันความร้อน

หม้อแปลง Cast Resin จะต้องมีระบบป้องกันความร้อนเกินสำหรับขดลวด ระบบป้องกันความเสียหายประกอบด้วย

ตัวรับสัญญาณ (Sensors)

ตัวรับสัญญาณทำด้วย PTC (Positive Temperature Coefficient) ซึ่งมักจะเปลี่ยนค่าความต้านทานตามอุณหภูมิ ตัวรับสัญญาณจะติดตั้งใกล้ขดลวดแรงดันต่ำที่จุดที่จะเกิดความร้อนสูงสุด ตัวรับสัญญาณอาจมี 2 หรือ 3 ตัวต่อเฟส โดยแต่ละตัวมีหน้าที่ดังนี้

ตัวรับสัญญาณตัวที่หนึ่ง สำหรับ พัดลม (Fan)

ตัวรับสัญญาณตัวที่สอง สำหรับ เตือน (Alarm)

ตัวรับสัญญาณตัวที่สาม สำหรับ ตัดวงจร (Trip)

ตัวรับสัญญาณจะต่ออนุกรมกันแล้วต่อเข้ากับวงจรควบคุมของรีเลย์ความร้อน

รีเลย์ความร้อน (Temperature Relay)

รีเลย์ความร้อนจะรับสัญญาณจากตัวรับสัญญาณ เมื่ออุณหภูมิของหม้อแปลงมีค่าสูงกว่าค่าที่ปรับตั้งไว้ มันจะสั่งให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งจะทำให้พัดลมทำงาน เกิดการเตือน หรือตัดวงจร

โดยอุณหภูมิที่ปรับตั้งของตัวรับสัญญาณ มีดังนี้

พัดลมทำงาน อุณหภูมิ 90 oC -110 oC

เตือน อุณหภูมิ 130 oC -140 oC

ตัดวงจร อุณหภูมิ 150 oC

เครื่องห่อหุ้ม (Protective Enclosure)

เนื่องจากส่วนที่เป็น Resin ของหม้อแปลง Cast Resin จะแต้องไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดไฟซ็อตจากแรงดันเหนี่ยวนำ ดังนี้หม้อแปลงชนิดนี้จึงสมควรติดตั้งไว้ในเครื่องห่อหุ้ม

สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่ใช้กับอาคารชุดนั้นมีมาตรฐานกำหนดไว้ว่า ต้องมีค่าระดับการป้องกันอย่างน้อย IP21 (หมายถึง ของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 12 มม. ขึ้นไป ไม่สามารถเข้าได้และมีการป้องกันน้ำหยดในแนวดิ่ง) และหากต้องการความปลอดภัยมากขึ้นสามารถใช้ IP สูงขึ้นเป็น IP31 (หมายถึง ของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 2.5 มม. ขึ้นไป ไม่สามารถเข้าได้และมีการป้องกันน้ำหยดในแนวดิ่ง)

สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่ใช้ภายนอกอาคารนั้น จะต้องมีค่าระดับการป้องกันอย่างน้อย IP33 (หมายถึง ของแข็งที่มีขนาดตั้งแต่ 2.5 มม. ขึ้นไป ไม่สามารถเข้าได้และมีการป้องกันน้ำฝน)



**ภาพที่ 2.36** หม้อแปลงแบบแห้งในเครื่องห่อหุ้ม

**2.3.2 บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ**

บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่สำคัญได้แก่

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ (Low Voltage Circuit Breakers)
2. ฟิวส์แรงดันต่ำ (Low Voltage Fuses)
3. แผงจ่ายไฟ (Panelboards)
4. แผงสวิตซ์ (Switchboards)
5. บริภัณฑ์เครื่องวัด (Measuring Instruments)
6. คอนแทกเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้า และสตาร์ทเตอร์ (Magnetic Contactors And Starters)
7. คาปาซิเตอร์ (Capacitors)

โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ควรทราบดังนี้

**2.3.2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ**

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker : CB) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์สำหรับเปิดปิดวงจร ไฟฟ้าแรงดันต่ำในภาวะปกติและจะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อภาวะผิดปกติเนื่องจากการใช้งานกำลังเกิน (Overload) หรือการลัดวงจร (Short Circuit) หลังจากากรทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถต่อไฟฟ้าเข้าให้ใช้งานต่ออีกได้

มาตรฐานของ CB ที่สำคัญคือ

* IEC 60947-2 “Part 2 Circuit Breaker”
* IEC 60898 “Circuit Breaker for Overcurrent Protective for Household and Similar Installations”

พิกัดที่สำคัญ

พิกัดที่สำคัญตามมาตรฐาน IEC 60947-2 มีดังต่อไหนี้

พิกัดกระแสต่อเนื่อง

พิกัดกระแสต่อเนื่องของ CB คือ ค่ากระแส RMS ที่ CB สามารถทนได้โดยที่อุณหภูมิไม่เพิ่มเกินค่าที่กำหนดให้ของอุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) ค่าหนึ่ง

บริษัทผู้ผลิตส่วนมากจะทำ CB ที่มีขนาดโครงเป็นช่วงกว้าง ๆ แล้วปรับตั้งกระแสพิกัด ในระหว่างช่วงให้ละเอียดดังนั้นจึงเกิดมีคำว่า Ampere Frame (AF) และ Ampere Trip (AT) ขึ้น

1. Ampere Frame (AF) คือ ขนาดพิกัดกระแสสูงสุดที่สามารถใช้ได้กับขนาดโครงของ CB
2. Ampere Trip (AT) คือ ขนาดพิกัดกระแสที่ปรับตั้งให้ CB ใช้งาน

เช่น CB ตัวหนึ่งขนาด 80 AT/ 100 AF หมายความว่า CB ตัวนี้มีขนาดโครง 100 A CB ขนาดโครงนี้อาจปรับตั้งได้ตั้งแต่ 10 A ถึง 100 A แต่สำหรับ CB ตัวนี้ ปรับตั้งที่โรงงานให้สามารถใช้งานที่กระแสต่อเนื่องได้ 80 AT

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร

พิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting capacity = IC, Breaking Capacity) คือ กระแสลัดวงจรสูงสุดสามารถตัดได้โดยที่ตัว CB ไม่ได้รับความเสียหาย

ค่า IC ของ CB ได้จากการทดสอบ และขึ้นกับตัวแปรหลายตัว เช่น แรงดัน ตัวประกอบกำลัง เป็นต้น ดังนั้น CB ที่สารถใช้ได้กับแรงดัน จะต้องมีค่า IC ที่แต่ละแรงดันด้วย

ค่า IC ของ CB เป็นพิกัดที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง ในการเลือก CB เพื่อใช้สำหรับงานหนึ่งงานใดนั้นจะต้องให้มี IC เท่ากับหรือมากกว่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดติดตั้ง

ตาม IEC 60947-2 ได้ให้นิยามพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรไว้ดังนี้

Icu = Rated Ultimate Short-Circuit Breaking Capacity

(Switching Sequence O-t-Co)

Ics = Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity

(Switching Sequence O-t-OC-t-CO)

Icw = Rated Short-time Current Withstand

นอกจากนี้ตาม IEC 60947-2 ยังแบ่ง CB ตามลักษณะการใช้งาน (Utilization Category) คือ

Utilization Category A

* ไม่เหมาะที่จะทำ Coordination (Selectivity) เนื่องจากไม่มี Icw

Utilization Category B

* CB เหมาะที่จะทำ Coordination และมี Icw

ค่า AF ขนาดมาตรฐานและ AT

บริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ จะผลิต CB ทีมี AF ตามมาตรฐานที่กำหนด

มาตรฐาน IEC ได้กำหนด AF ไว้ดังนี้คือ 63 100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 100 1,250 1,600 2,000 2,500 3,150(3,200) 4,000 5,000 6,300 บริษัทบางแห่งอาจจะไม่ผลิตค่า AF บางค่าได้

ค่า AT ที่บริษัทต่าง ๆ จะผลิตออกมานั้นมีหลายค่า แล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้น ๆ เช่น บริษัทผลิต CB

ที่ AF = 250 A อาจจัด AT ไว้ ดังนี้คือ 100 125 150 175 200 225 A และ 250 A

ที่ AF = 1600 A มี AT ค่าต่าง ๆ คือ 800 1,000 1,250 1,600 A

ประเภทของ CB

CB อาจแบ่งตามลักษณะภายนอก และการใช้งานได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. Miniature Circuit Breaker (MCB)
2. Molded Case Circuit Breaker (MCCB)
3. Air Circuit Breaker (ACB)

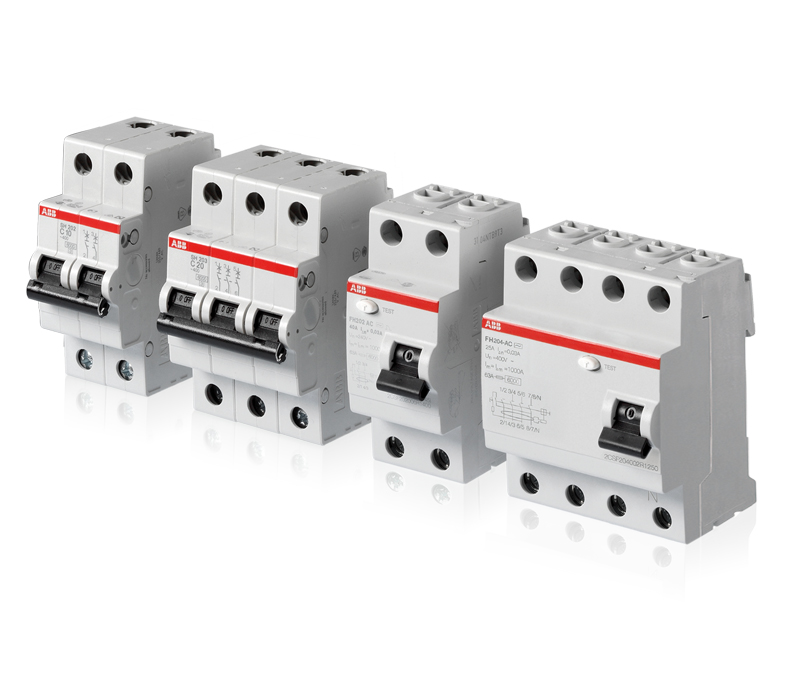
**MCB**

MCB มีใช้สำหรับติดตั้งในแผงจ่ายไฟ (Panelboard) หรือแผงจ่ายไฟของที่อยู่อาศัย (Consumer Unit) เพื่อป้องกันระบบไฟฟ้าของบ้าน สำนักงาน หรืออุตสาหกรรม และสำหรับมาตรฐานที่ใช้ส่วนมากสำหรับ MCB จะเป็นมาตรฐาน IEC 60898

คุณสมบัติของ MCB มีดังนี้

1. มีทั้ง 1 2 หรือ 3 ขั้ว
2. มี AF คือ 50 AF หรือ 63 AF
3. มี IC ตั้งแต่ 3 kA ถึง 10 kA

MCB ที่มีการป้องกันการลัดวงจรลงดิน (Ground Fault) เรียกว่า Residual Current Breaker (RCCB) หรือ Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) มีความไว 10 mA 30 mA สำหรับป้องกันไฟดูด



**ภาพที่ 2.37** MCB

**MCCB**

MCCB เป็น CB ที่บริภัณฑ์ตรวจจับและบริภัณฑ์ตัดต่ออยู่ภายในวัสดุฉนวน ซึ่งทำด้วยสารประเภทพลาสติกแข็ง MCCB มีตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อนถึงสายประธาน และบริภัณฑ์ไฟฟ้าด้วย

โครงกรอบของ MCCB ส่วนมากทำด้วยโพลีเอสเตอร์พลาสติก (Polyester Plastic) วัสดุชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันอาร์ค ความร้อนและแก๊สได้ เป็นฉนวนและเป็นที่กันภายในระหว่างขั้วไฟฟ้ามีความแข็งแรงทางกล



**ภาพที่ 2.38** MCCB

**ACB**

ACB เป็น CB แรงดันต่ำอีกชนิดนึ่ง สามารถดับอาร์คไฟฟ้าในอากาศจึงเรียกว่า Air Circuit Breaker (ความจริง MCCB ก็ดับอาร์คในอากาศเช่นเดียวกัน แต่เมื่อพูดถึง ACB จะหมายถึง CB ขนาดใหญ่) ACB เป็น CB ขนาดใหญ่ มีพิกัดกระแสต่อเนื่องสูง คืออาจมีตั้งแต่ 600 A ถึง 6,300 A เป็นแบบเปิดโล่ง (Open Frame) กล่าวคือมีบริภัณฑ์และกลไกลอยู่เป็นจำนวนมาก และติดตั้งอย่างเปิดโล่งเห็นได้ชัดเจน



**ภาพที่ 2.39** ACB

ACB สามารถแบ่งชนิดตามการติดตั้งได้ 2 ชนิดคือ

แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Type)

ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งให้ติดกับ Main Circuit โดยยึดติดด้วยสกรูอย่างแข็งแรง เวลาถอดออกเพื่อซ่อมบำรุงต้องดับไฟและใช้เวลามาก

แบบถึงออกได้ (Draw out Type)

ตัวโครงของ ACB จะติดตั้งบนโครงล้อเคลื่อนที่สามารถเลื่อนไปตามรางที่เตรียมไว้ ส่วนสัมผัสของ ACB กับ Main Circuit จะต้องเป็นแบบพิเศษเพื่อให้การสัมผัสที่แนบแน่น ซึ่งจะทำให้กระแสสามารถไหลผ่านได้สะดวก การซ่อมบำรุง ACB แบบนี้ทำได้สะดวกรวดเร็วและสามารถลดเวลา การดับไฟฟ้าได้

หน่วยการทริพ (Tripping Unit)

หน่วยการพริพ คือส่วนของ CB ซึ่งจะให้สัญญาณ CB ตัดวงจรออกเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบไฟฟ้า มี 2 แบบด้วยกันคือ

1. Thermal-Magnetic

เมื่อ Overload มีค่าน้อย (ประมาณ 125%) จะใช้ Bimetal Device เป็นตัว Trip แต่ถ้า Overload มีค่ามาก (ประมาณ 10 เท่าของกระแสพิกัด) จะใช้ Electromagnetic Device เป็นตัว Trip

1. Solid State Trip

หน่วยการทริบแบบนี้จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยโดยจะใช้หม้อแปลงกระแสและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสในวงจรกับค่าที่ตั้งไว้เมื่อกระแสในวงจรมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ก็จะเกิดการตัดวงจรขึ้น หน่วยการทริพแบบนี้จะให้ความแม่นยำและความเชื่อถือได้สูงกว่าหน่วยทริพแบบอื่น ๆ มาก

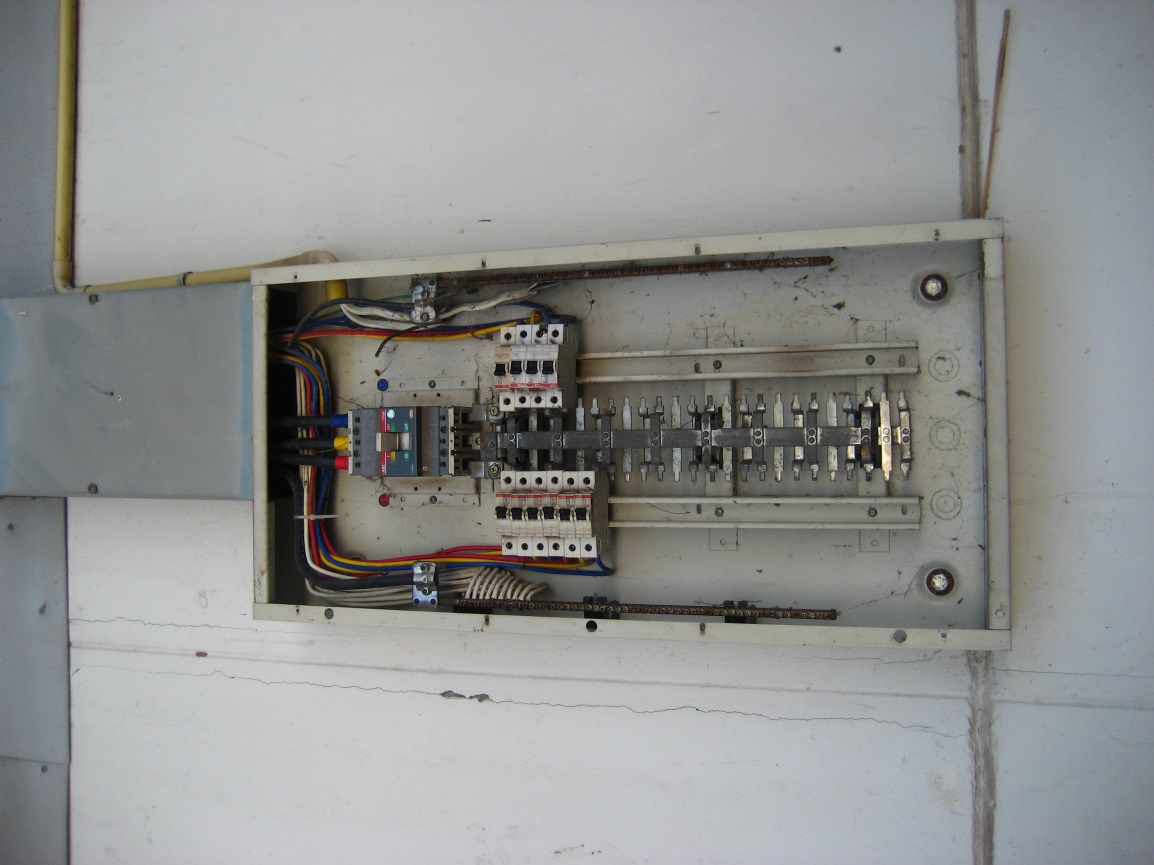
**2.3.2.2 แผงจ่ายไฟ**

แผงจ่ายไฟ คือบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่รับไฟจากสายป้อนหรือสายประธาน แล้วจัดการแยกไฟฟ้าที่ไดรับออกเป็นวงจรย่อยหลายวงจรย่อยเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้โหลดต่อไป

ส่วนประกอบ

ลักษณะโครงสร้างของแผงย่อย มีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. เครื่องห่อหุ้ม (Enclosures)
2. บัสบาร์ (Busbars)
3. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers)

** **

**ภาพที่ 2.40** โครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผงย่อย

แผงย่อยจะแบ่งตามประเภทการใช้งานดังนี้

แผงย่อยสำหรับที่อยู่อาศัย (Consumer Units)

ส่วนใหญ่ใช้กับไฟ 1 เฟส 2 สาย จำนวนวงจรย่อยมีหลายขนาด ได้แก่ ขนาด 4 6 8 และ 16 วงจร มีขนาดของ AT ให้เลือกใช้ดังนี้ 16 20 32 45 63 70 80 A และ 100 A มีค่า AT คือ 100 A และค่า IC ของ Main CB จะมีค่า 10 kA

แผงย่อยที่ใช้สำหรับงานทั่ว ๆ ไป (Panelboards)

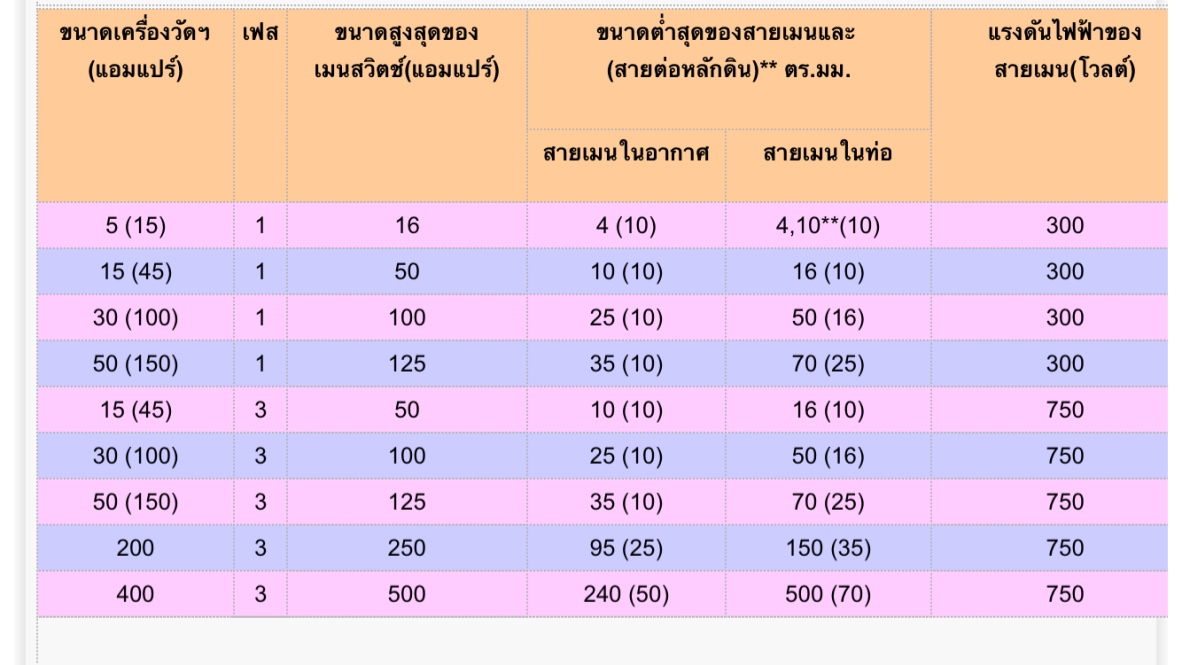
นิยมเรียกว่า Load Centers เนื่องจากเป็นศูนย์กลางของโหลดต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. Load Center แบบ Main Lugs เป็นแผงย่อยที่มีแต่เฉพาะขั้วต่อสายไม่มีเซรอ์กิต เบรกเกอร์อยู่ด้วยภายในเครื่องห่อหุ้ม ดังนั้นเวลาใช้งานจึงต้องต่อ Main CB ไว้ภายนอกเครื่องห่อหุ้ม แล้วทำการเดินสายประธานหรือสายป้อนผ่าน Main CB เข้าไปในแผงจ่ายไฟ

Load Center แบบนี้ จะมีขนาดตัว Main Lugs ให้เลือก คือ 100 A หรือ 200 A และจะมีวงจรย่อยตั้งแต่ 12, 18, 24 และ 30 สำหรับ Main Lugs 100 A และวงจรย่อยขนาด 12, 18, 24, 30, 36, และ 42 สำหรับ Main Lugs 200 A

1. Load Center แบบ Main Circuit Breaker แผงย่อยแบบนี้จะมี Main CB อยู่ภายในเครื่องห่อหุ้ม

การเลือกแผงย่อยชนิดนี้จะต้องดูพิกัดของ Main CB คือ AT แล AF สำหรับ AT มีค่าต่าง ๆ คือ 16 20 32 40 50 63 70 90 100 125 160 175 200 A และ 250 A และมี AF ที่ใช้งานทั่วไป คือ 100 A และ 250 A และค่า IC ของ Main CB มีให้เลือกใช้หลายค่า เช่น 18 25 35 kA และ 65 kA จำนวนวงจรย่อยมีหลายขนาด ได้แก่ ขนาด 12 18 24 30 36 จนถึง 42 วงจร



* + - 1. **แผงสวิตซ์**

แผงสวิตซ์หมายถึงแผงจ่ายไฟขนาดใหญ่ที่รับไฟจากการไฟฟ้าหรือจากด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงเพื่อไปจ่ายโหลดต่าง ๆ เช่นแผงย่อย (Panel Board) MCC เป็นต้น บางทีเรียกว่า Main Distribution Board (MDB) หรือ Main Distribution Panel (MDP)

ส่วนประกอบ

เนื่องจากมีขนาดใหญ่มากเป็นแบบตั้งพื้น ปัจจุบันมีการสร้างตู้จ่ายไฟขนาดมาตรฐาน หรือเป็นแบบ Modular มีความสูงประมาณ 2,000 มม. – 2,200 มม. ขนาดความกว้างและความหนาอาจแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต ซึ่งความหนาจะต้องคำนึงถึงขนาดและจำนวนของบริภัณฑ์ป้องกัน

แผงสวิตซ์มีสวนประกอบที่สำคัญดังนี้

โครงห่อหุ้ม (Enclosure)

โครงห่อหุ้มมักทำมาจากแผ่นโลหะ (Steel Sheet) ซึ่งมักจะต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ มาเรียบร้อยแล้ว

คุณสมบัติของโครงห่อหุ้มที่สำคัญคือ

1. คุณสมบัติทางกล จะต้องสามารถรับแรงทางกลจากภายนอกได้เพียงพอต่อสภาพการใช้งานจริงตลอดจนต้องทนต่อสภาพการใช้งานในสภาวะไม่ปกติได้
2. คุณสมบัติทางความร้อน จะต้องสามารถทนต่อความร้อนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ความร้อนจากการเกิดการผิดพร่องในระบบ ตลอดจนความร้อนจากการอาร์คที่เกิดจาการลัดวงจร
3. คุณสมบัติต่อการกัดกร่อน เช่น การกัดกร่อนทางเคมีหรือความชื้น เป็นต้น

บัสบาร์และการฉนวน

บัสบาร์ คือส่วนที่จะทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างสายประธานและสายป้อน บัสบาร์ส่วนมากทำจากทองแดงทีมีความบริสุทธิ์สูงมาก เนื่องจากต้องนำกระแสปริมาณมาก ๆ เสมอ และเพื่อความปลอดภัยต้องหุ้มฉนวนที่ขั้วต่อทางไฟฟ้าด้วยเสมอ เนื่องจากบัสบาร์ต้องนำกระแสปริมาณมาก ถ้าหากเกิดการผิดพร่องขึ้นจะเกิดแรงดึงกระชากที่ตัวบัสบาร์ ดังนั้นการยึดบัสบาร์จึงเป็นเรื่องสำคัญมากเช่นกัน การยึดจับจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอโดยผ่าน Insulator

เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ในแผงสวิตซ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับสายป้อน (Feeder Circuit Breaker) คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ป้องกันสายป้อนเส้นต่าง ๆ
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรประธาน (Main Circuit Breaker) คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งมีหน้าที่ป้องกันสายประธาน

CB ทั้งหมดจะต้องมีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจร (Interrupting Capacity) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรที่แผงสวิตซ์

บริภัณฑ์ตรวจวัดและบริภัณฑ์ป้องกันอื่น ๆ

ในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าว่าต้องการบริภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้อย่างไรบ้าง บริภัณฑ์ตรวจวัดมักหมายถึง โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ เพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ กิโลวัตต์-ชั่วโมงมิเตอร์ ตลอดจนรีเลย์ป้องกันต่าง ๆ

ส่วนบริภัณฑ์ป้องกันมักหมายถึง Ground Fault Protection, Lightning Arrester หรือ Automatic Power Factor Controller เป็นต้น

มาตรฐานของแผงสวิตซ์

มาตรฐานของแผงสวิตซ์ที่สำคัญ มาตรฐาน IEC 61439 “Low Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies” ซึ่งมีการทดสอบที่สำคัญ 2 แบบ คือ

1. การทดสอบประจำ (Routine Test)

เป็นการทดสอบที่ต้องทำกับแผงสวิตซ์ทุกตัว เมื่อผลิตเรียบร้อยแล้วเพื่อให้แน่ใจว่าแผงสวิตซ์นี้ไม่ชำรุดเสียหาย สามารถนำไปใช้งานได้ดี ซึ่งมีการทดสอบ 4 อย่างคือ

1. การตรวจพินิจพิจารณา Wiring และ Electrical Operation (Inspection)
2. การทดสอบไดอิเล็กตริก (Dielectric Test)
3. ตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)
4. ทดสอบค่าความต้านทานฉนวน (Verification of the Insulator Resistance)
5. การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)
6. การทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise)
7. การทดสอบไดอิเล็กตริก (Dielectric Test)
8. การทดสอบความทนทานต่อกระแสลัดวงจร (Short Circuit Withstand)
9. การทดสอบประสิทธิภาพของวงจรป้องกัน (Protective Circuit)
10. การทดสอบระยะ Clearance และ Creepage (Clearance & Creepage)
11. การทดสอบการทำงานทางกล (Mechanic Operation)
12. การทดสอบ Degree of Protection (Degree of Protection)

ถ้าแผงสวิตซ์สามารถผ่านการทดสอบทั้งหมดนี้ แสดงว่าเป็นบริภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

การเลือกใช้แผงสวิตซ์

1. พิกัดแรงดันของแผงสวิตซ์
2. พิกัดกระแสของแผงสวิตซ์
3. พิกัดการะแสลัดวงจร

สำหรับแผงสวิตซ์ที่สำคัญ เช่น ตู้ MDB MCC ควรใช้แบบที่มีการทดสอบ Type Test ด้วย



**ภาพที่ 2.41** ลักษณะของแผงสวิตซ์

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

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

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

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

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉายและคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าและเครื่องมือทางไฟฟ้า

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. จงอธิบายบริภัณฑ์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็นกี่ระดับ อะไรบ้าง
  2. บริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันปานกลางประกอบด้วยอะไรบ้าง
  3. จงอธิบายหน้าที่ของหม้อแปลง
  4. จงอธิบายหม้อแปลงที่นิยมใช้งานมีกี่ประเภท และอธิบายหลักการทำงาน
  5. จงอธิบายสวิตซ์เกียร์แรงดันปานกลาง
  6. จงอธิบายบริภัณฑ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำประกอบด้วยอะไรบ้าง
  7. จงอธิบายหลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำในแต่ละประเภท
  8. จงอธิบายข้อแตกต่างระหว่าง MCCB กับ ACB
  9. จงอธิบายหน้าที่และหลักการทำงานของแผงจ่ายไฟฟ้าคือ
  10. จงอธิบายหน้าที่และหลักการทำงานแผงสวิตซ์ทำหน้าที่