**หน่วยที่ 7**

**ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน**

**บทเรียน เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง**

**จุดประสงค์การสอน**

7.1 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

7.1.1 อธิบายลักษณะเครื่องต้นกำลังไฟฟ้า

7.1.2 อธิบายลักษณะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

7.1.3 อธิบายลักษณะแผงควบคุม

7.1.4 อธิบายลักษณะสวิตช์สับเปลี่ยน

**7.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง (standby Generator)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง หมายถึง ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือบริภัณฑ์ทางด้านเครื่องกล-ไฟฟ้า ที่แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้า ให้โหลดเมื่อระบบไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฯ เกิดขัดข้อง หรือต่อขนานเข้ากับระบบไฟฟ้า เพื่อจ่ายโหลดร่วมกัน กับระบบของ การไฟฟ้าฯ

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1. เครื่องต้นกำลัง (Prime Mover)

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator)

3. แผงควบคุม (Control Panel)

4. สวิตซ์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและบริภัณฑ์ประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 7.1



**ภาพที่ 7.1** ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและบริภัณฑ์ประกอบ

**7.1.1 เครื่องต้นกำลัง (Prime Mover)**

เครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องยนต์ที่ผลิตพลังงานกลเพื่อไปฉุดเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้า จ่ายไปยังโหลดที่ต้องการได้เครื่องต้นกำลังที่ใช้ในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองมีอยู่หลายชนิด เช่น

- เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Engine)

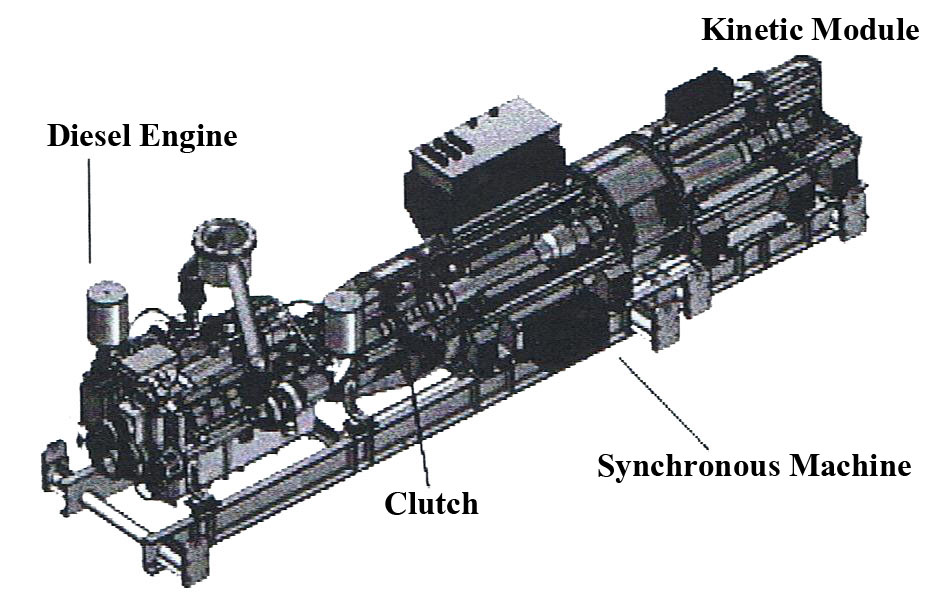
- เครื่องกังหันแก๊ส (Gas Turbine)

- เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

- เครื่องกังหันน้ำ (Water Turbine)

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเป็นแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยอาจใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา (Crude Oil) แทนน้ำมันดีเซล เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ แบบสันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ดังภาพที่ 7.2 ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีทั้งระบบ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ (2 และ 4 Cycle) โดยจำนวนลูกสูบขึ้นอยู่กับพิกัดขนาดของเครื่องยนต์แบบที่กันมากคือแบบ 4 สูบ แต่ถ้าเครื่องยนต์มีพิกัดสูงมาก ก็อาจใช้เป็น 6 สูบ หรือ 12 สูบก็ได้ ลูกสูบอาจจัดเรียงตามแนวเส้น (In Line) หรือเป็นรูปตัว V ก็ได้



**ภาพที่ 7.2** เครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบ 4 สูบ

เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นระบบ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ มีข้อแตกต่างของเครื่องยนต์ คือ

แบบ 2 จังหวะ

- กะทัดรัด น้ำหนักต่อแรงม้าต่ำ

- อัตราเร่งเร็วกว่า

- ราคาถูกกว่า

แบบ 4 จังหวะ

- ค่าบำรุงรักษาต่ำ

- อายุการใช้งานนานกว่า เพราะกระจายความร้อนได้ดี

- สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่า ประสิทธิภาพดีกว่า

เครื่องยนต์ดีเซลที่มีพิกัดสูงอาจเป็นแบบมีเทอร์โบชาร์จ (Turbocharger) เทอร์โบชาร์จนี้จะนำเอาพลังงานไอเสียมาขับวงล้อเทอร์ไบน์ เพื่อไปหมุน Centrifugal Air Impeller ทำให้ภายในลูกสูบมีอากาศมากขึ้น เครื่องยนต์จึงมีกำลังตามไปด้วย

นอกจากนี้เครื่องยนต์ดีเซลยังดีส่วนประกอบที่สำคัญอื่น ๆ เช่น

- ระบบเชื้อเพลิง (Fuel System)

- ระบบระบายความร้อน (Cooling System)

- ระบบไอเสีย (Exhaust System)

- ระบบเดินเครื่อง (Starting System)

ระบบเหล่านี้เกี่ยวข้องอย่างมากในการติดตั้งชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่ควรทราบสภาวะของเครื่องยนต์ ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดควรมีอุปกรณ์เครื่องมือวัด เพื่อแสดงสภาวะของเครื่องยนต์ดังนี้

- ความดันน้ำมันหล่อลื่น

- อุณหภูมิเครื่องยนต์

- จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน

- ความเร็วรอบ

1. กัฟเวินเนอร์ (Governor) เป็นบริภัณฑ์สำคัญ ที่ใช้ในการควบคุมความเร็วรอบ ของเครื่องยนต์ หมายถึง ความถี่ไฟฟ้าด้วย โดยจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ กัฟเวินเนอร์ที่ใช้มีหลายแบบ เช่น

1. กัฟเวินเนอร์ทางกล (Mechanical Governor)

2. กัฟเวินเนอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic Governor)

3. กัฟเวินเนอร์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Governor)

4. กัฟเวินเนอร์แบบผสม

ใช้ในการควบคุมความเร็วเครื่องยนต์ การลดลงของความเร็วรอบ (Droop) คำนวณได้จาก

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.1) |

เมื่อ NNL = ความเร็วรอบขณะไม่มีโหลดต่ออยู่, rpm

NFL = ความเร็วรอบขณะจ่ายโหลดเต็มพิกัด, rpm

2. ช่วงความเร็ว (Speed Band) หมายถึง ช่วงความเร็วเปลี่ยนแปลงที่ยอมได้ในสภาวะอยู่ตัว (Steady State) แบ่งตามลักษณะของโหลด

Mechanical Governor มีค่าช่วงความเร็ว ± 0.5 %

Hydraulic Governor มีค่าช่วงความเร็ว ± 0.25 %

Electronic Governor มีค่าช่วงความเร็ว ± 0.10 %

3. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Tank) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ตามมาตรฐานของ หน่วยเรือยามฝั่งของสหรัฐ (ข้อที่ 56.60-25C) ควรมี 2 ถัง คือ ถังเก็บ (Main Tank) และถังประจำวัน (Day Tank) ดังภาพที่ 7.3 กรณีที่ใช้ ถังน้ำมันถังเดียว ระยะทางจากถังน้ำมันกับเครื่องยนต์ จะต้องใช้ท่อยางอ่อนป้อนกันการสั่นสะเทือน





**ภาพที่ 7.3** ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถังเก็บน้ำมันควรเป็นโลหะ เช่นเหล็กเคลือบทองแดง ขนาดความจุของถังตามมาตรฐาน NEC 700 ระบุขนาดความจุของถัง ต้องมีขนาดที่เครื่องยนต์สามารถทำงานที่โหลดเต็มที่ได้ ≥ 2 ชั่วโมง โดยพิจารณาให้เหมาะสมจาก

|  |  |
| --- | --- |
| ความจุถังน้ำมัน (Lt) = | (7.2) |

เมื่อ HP = แรงม้าเฉลี่ยของเครื่องยนต์, Hp

 = ชั่วโมงรวมที่เครื่องทำงาน, hr



**7.1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Generator or Alternator) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

- ส่วนที่หมุน (Rotor)

- ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)

- ส่วนสร้างสนามแม่เหล็กกระตุ้น (AC Exciter with a Rotating Rectifier)

- ส่วนควบคุมแรงดันอัตโนมัติ (Automatic Voltage Regulator)

1. ส่วนที่หมุน (Rotor) หรือ โรเตอร์ เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก มีขั้วแม่เหล็กพร้อมขดลวดพันรอบ ขดลวดเหล่านี้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา ปริมาณสนามแม่เหล็กจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนรอบขดลวด และกระแสสนาม เมื่อโรเตอร์หมุนทำให้ได้สนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Field) สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะวิ่งผ่านช่องว่างอากาศ (Air Gap) ไปตัดขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น

2. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) หรือ สเตเตอร์ เป็นแกนแม่เหล็กที่มีขดลวดหุ้มฉนวนพันอยู่ ขดลวดเหล่านี้บางครั้งเรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature) สนามแม่เหล็กหมุนจากโรเตอร์ จะตัดขดลวด สเตเตอร์ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นพร้อมความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังภาพที่ 7.4 และ สมการที่ 7.3

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.3) |

เมื่อ f = ความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับ, Hz

n = ความเร็วรอบของโรเตอร์, rpm

p = จำนวนขั้วแม่เหล็ก (Pole)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**ภาพที่ 7.4** องค์ประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. ส่วนสร้างสนามแม่เหล็กกระตุ้น (AC Exciter) คือชุดสร้างสนามแม่เหล็กกระตุ้น เพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า AC ตัวเล็ก ๆ ซึ่งมีขดลวดอาร์เมเจอร์ ติดตั้งบนเพลาเดียวกับโรเตอร์ และขดลวดสนามบนสเตเตอร์ บนขาออกของขดลวดอาร์เมเจอร์ และมีชุดเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier) ติดอยู่ด้วย ดังนั้นไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกเหนี่ยวนำที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกเรียงกระแส และจ่ายเข้าขดลวดสนาม ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องมีแปลงถ่านหรือสลิปริง (Slip Ring) หรือเรียกว่า Brushless

4. ส่วนควบคุมแรงดัน (Automatic Voltage Regulator : AVR) คือชุดควบคุมแรงดันขาออกอัตโนมัติ โดยจะทำการปรับค่ากระแสสนามแม่เหล็ก เพื่อให้ได้ค่าแรงดันที่คงที่ที่โหลดต่าง ๆ

การควบคุมแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจทำได้ 2 แบบคือ

* แบบ Self Excited
* แบบ Separately Excited

**7.1.3 แผงควบคุม (Control Panel)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องต้นกำลังจะมีแผงควบคุมแรงดันขาออกอัตโนมัติ โดยจะทำการปรับค่ากระแสสนามแม่เหล็ก เพื่อให้ได้ค่าแรงดันคงที่ที่โหลดต่าง ๆ

1. แผงควบคุมเครื่องยนต์ ปกติจะประกอบด้วย

- อุปกรณ์การควบคุม Crank ซึ่งประกอบด้วย Cranking Cycle ชุดแบตเตอรี่ และชุดชาร์จ

- สวิตซ์ควบคุม ที่แสดงสถานะทำงานหยุด และอัตโนมัติ

- ชุดควบคุมการปิดเครื่อง

- ชุดควบคุมการปิดเครื่องฉุกเฉิน

- ชุดควบคุมกัฟเวอร์เนอร์ เพื่อปรับเพิ่มลดความเร็ว

- ชุดเครื่องมือวัด เช่น วัดความดันน้ำมัน วัดอุณหภูมิหม้อน้ำ เป็นต้น

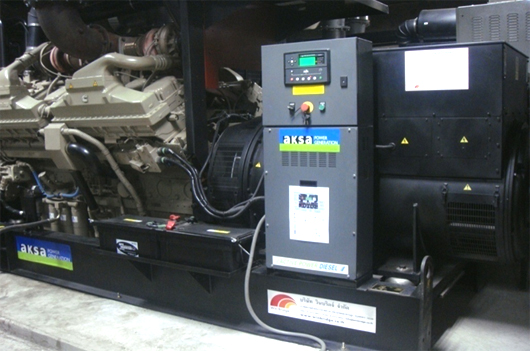
2. แผงควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังภาพที่ 7.5 ปกติจะประกอบด้วย

- โวลต์มิเตอร์ และสวิตซ์เลือกเฟส (Voltmeter and Phase selector -switch)

- แอมป์มิเตอร์ และสวิตซ์เลือก (Ampmeter and Amp selector -switch)

- มิเตอร์วัดความถี่ (Frequency Meter)

- รีเลย์ป้องกันต่าง ๆ เช่น รีเลย์กระแสเกิน (Phase over current relay) รีเลย์แตกต่างสำหรับขดลวดสเตเตอร์ รีเลย์ป้องกันการไหลกลับ (Reverse power relay) และรีเลย์กันการลัดวงจรลงดินในสายนิวทรัล



**ภาพที่ 7.5** การติดตั้งเครื่องกำนิดไฟฟ้าสำรอง และการป้องกัน

**7.1.4 สวิตซ์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)**

สวิตช์สับเปลี่ยน คือ สวิตซ์ที่ใช้สำหรับการสับเปลี่ยนโหลด จากแหล่งจ่ายไฟปกติ (Normal Source) ไปยังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลับกัน สวิตซ์สับเปลี่ยนอาจ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. สวิตซ์สับเปลี่ยนไม่อัตโนมัติ (Non-Automatic Transfer Switch) เหมาะสำหรับงาน ที่มีเจ้าหน้าที่ควบคุมประจำ เป็นโหลดที่ไม่ฉุกเฉิน เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท โรงบำบัดน้ำเสีย อาคารชุมสายโทรศัพท์

2. สวิตซ์สับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch : ATS) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่สับเปลี่ยนโหลดจากแหล่งจ่ายไฟปกติไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อแหล่งจ่ายไปปกติขัดข้อง และสับเปลี่ยนคืนเมื่อแหล่งจ่ายไฟได้ตามปกติ ดังภาพที่ 7.6



**ภาพที่ 7.6** ลักษณะรูปแบบของ ATS

หลักการทำงานของ ATS

- ทำการตรวจสอบตลอดเวลาว่าไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้าฯ ขาดหายไปหรือไม่

- เมื่อพบว่าไฟฟ้าขาดหายไปจะส่งสัญญาณให้ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเริ่มเดินเครื่อง

- เมื่อทำการซิงโครไนซ์เข้ากับระบบแล้วจะสับเปลี่ยนโหลดมายังชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- ตรวจสอบว่าไฟฟ้าจากทางการไฟฟ้าฯ กลับมาจ่ายอีกครั้งหรือยัง

- เมื่อพบว่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯ กลับมาจ่ายตามเดิมแล้วจะทำการสับเปลี่ยนโหลดมายังระบบไฟฟ้าของทางการไฟฟ้าฯ

- ส่งสัญญาณให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่อง

เพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ขึ้น เราจะทำการเพิ่มการทำงานบางอย่างเข้าไปรวมกับ ATS เช่น

- ระบบ Automatic Transfer and Bypass-Isolation Switch : TBIS สวิตซ์สับเปลี่ยนแบบนี้นอกจากจะทำหน้าที่เป็น ATS แล้วยังตรวจสอบและทดสอบระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน โดยไม่ต้องดับไฟฟ้า

- ระบบ Automatic Closed Transition Transfer Switch : CTTS เมื่อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติ (Normal Source) เกิดขัดข้องทำให้ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดขาดหายไป ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเริ่มเดินเครื่อง และจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่สำคัญ เมื่อไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติกลับมาอีกครั้ง ATS จะต้องสับโหลดกลับไปยังแหล่งจ่ายปกติ ทำให้เกิดไฟฟ้าดับ 2 ครั้ง CTTS สามารถแห้ปัญหานี้โดยทำให้ไฟฟ้าดับเพียงครั้งเดียว กล่าวคือ ในขณะที่ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดอยู่และไฟจ่ายจากแหล่งปกติกลับมาตามเดิม ชุด CTTS จะขนาดไฟฟ้าจากชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายปกติชั่วครู่ เมื่อเสร็จแล้วจะตัดไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออก ทำให้ไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดไม่ขาดหายไป

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่สำคัญ มีวงจรดังแสดงในภาพที่ 7.7



**ภาพที่ 7.7** ไดอะแกรมเส้นเดี่ยว แสดงสวิตซ์สับเปลี่ยน

**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. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
  2. เครื่องต้นกำลังที่นิยมใช้ มีอะไรบ้าง
  3. จงอธิบายอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทำหน้าที่ในการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง มีแบบใดบ้าง
  4. จงอธิบายการทำงานของ Transfer Switch
  5. ตัวต้นกำลังที่ใช้กันมากสำหรับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองคืออะไร
  6. เครื่องยนต์ดีเซลของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองที่มี Turbocharger เพื่ออะไร
  7. จงอธิบายการทำงานของ Exciter แบบ Separately Excited มาโดยละเอียด