# แผนการจัดการเรียนรูมุงเนนสมรรถนะ

ชื่อวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ รหัสวิชา 20104-2104 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หนวยกิต 2

☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ประเภทวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ สาขาวิชา ไฟฟ้ากำลัง

สาขางาน ไฟฟ้ากำลัง

**จัดทำโดย**

นางสาววรัญญา พรหมสาขา ณ สกลนคร

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือสำนักงาน

คณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

# คำนำ

แผนการสอนวิชา “เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ” รหัสวิชา 20104-2104 จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 18 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง เนื้อหาภายในแบ่งออกเป็น 7 หน่วย ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ขดลวดอาร์เมเจอร์และวิธีต่อ หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และข้อขัดข้องและการแก้ไขปรับปรุงรักษา เป็นต้น

สำหรับแผนการสอนรายวิชานี้ ผู้จัดทำได้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจและเวลาในการศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่สร้างแหล่งความรู้ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แผนการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นที่เรียบร้อย และหากผู้ใช้พบข้อบกพร่องหรือมีข้อเสนอแนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งผู้จัดทำทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

นางสาววรัญญา พรหมสาขา ณ สกลนคร

# หลักสูตรรายวิชา

ชื่อวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ รหัสวิชา 20104-2104 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หนวยกิต 2

☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ สาขางาน ไฟฟ้ากำลัง

**จุดประสงครายวิชา**

1. เพื่อให้เข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการตรวจสอบ ถอดประกอบ พันขดลวด บำรุงรักษา ควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. เพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบสะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

**สมรรถนะรายวิชา**

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ปฏิบัติงานถอดและประกอบชิ้นส่วน และการพันขดลวด
3. ทดสอบและวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ความเร็วรอบและความถี่
4. ตรวจสอบ บำรุงรักษา และทดสอบการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

**คำอธิบายรายวิชา**

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ การเกิดรูปคลื่นไซน์ สมการเคลื่อนไฟฟ้า ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบ ขั้วแม่เหล็กและความถี่ การทำงานคุณลักษณะและการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า งานถอดประกอบอัลเทอร์เนเตอร์รถยนต์ เครื่องกำเนิดที่ขับด้วยเครื่องยนต์ งานพันขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส งานต่อขดลวดแบบสตาร์ เดลตา งานทดสอบแรงดันกระแสขณะมีโหลดและไม่มีโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส งานตรวจสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส งานควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ งานบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

# หน่วยการเรียนรู้

| หน่วยที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้ | สัปดาห์ที่ | จำนวนชั่วโมง |
|---|---|---|---|
| 1 | แม่เหล็กไฟฟ้า | 1-3 | 12 |
| 2 | ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 4-5 | 8 |
| 3 | ขดลวดอาร์เมเจอร์ และ วิธีต่อ | 6-7 | 8 |
| 4 | หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 8-9 | 8 |
| 5 | การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 10-12 | 12 |
| 6 | คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 13-15 | 12 |
| 7 | ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | 16-17 | 8 |
| | วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน | 18 | 4 |
| | รวม | | 72 |

# ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

**ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ท-ป-น 1-3-2**

**ระดับชั้นปวช. สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง**

| พฤติกรรม / ชื่อหน่วย | พุทธพิสัย | | | | | | ทักษะพิสัย | จิตพิสัย | รวม | ลำดับความสำคัญ | จำนวนชั่วโมง | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความรู้ | ความเข้าใจ | การนำไปใช้ | การวิเคราะห์ | การสังเคราะห์ | การประเมินค่า | | | | | ทฤษฎี | ปฏิบัติ |
| แม่เหล็กไฟฟ้า | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 1 | 3 | 9 |
| ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 1 | 2 | 6 |
| ขดลวดอาร์เมเจอร์และ วิธีต่อ | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 2 | 2 | 6 |
| หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 2 | 2 | 6 |
| การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 2 | 3 | 9 |
| คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1 | 1 | 1 | | | | 8 | 3 | 14 | 2 | 3 | 9 |
| ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | 4 | 4 | 4 | | | | 2 | 2 | 16 | 3 | 2 | 6 |
| วัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาคเรียน | 20 | | | | | | | | | | 1 | 3 |
| รวม | 30 | | | | | | 50 | 20 | 100 | | 18 | 54 |
| ลำดับความสำคัญ | 2 | | | | | | | | | | | |

# หน่วยการเรียนรู้และสมรรถนะประจำหน่วย

| หน่วยการเรียนรู้ | สมรรถนะประจำหน่วย | | |
|---|---|---|---|
| | ความรู้ | ทักษะ | คุณลักษณะที่พึงประสงค์ |
| แม่เหล็กไฟฟ้า | 1.อธิบายกระแสไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็กได้<br>2.บรรยายกฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าได้<br>3.เปรียบเทียบแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้<br>4.เขียนวงจรแม่เหล็กเบื้องต้นได้ | 1.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าได้<br>2.สังเกตความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้าได้<br>3.สังเกตมิวจอลอินดักแตนซ์ได้ | 1. ตรงต่อเวลา<br>2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา<br>3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม<br>4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ<br>5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม<br>6. ทำงานด้วยความเต็มใจ |
| ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1.อธิบายส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟสลับได้ | 1.สังเกตแบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้ | |
| ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ | 1.อธิบายพิชแฟกเตอร์ได้<br>2.เปรียบเทียบขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส สองเฟส สามเฟส แบบชนิดเต็มและสามเฟสชนิดพิชเศษส่วนได้ | 1.สาธิตวิธีต่อขดลวดอาร์เมเจอร์สามเฟสได้ | |
| หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1.อธิบายแรงไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นไซน์ | 1.แก้สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้า | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| กระแสสลับ | และองศาไฟฟ้าได้ | เหนี่ยวนำได้<br>2.สังเกตการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟสลับได้ | |
| การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1.อธิบายโวลท์เตจเรกกูเลชั่นได้<br>2.บรรยายการแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟสลับได้ | 1.ทดลองการควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้<br>2.ระบายความร้อนแบบต่างๆ ได้ | |
| คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | 1.อธิบายความต้านของขดลวดอาร์มาเจอร์ได้<br>2.เปรียบเทียบอาร์มาเจอร์รีแอกชั่นได้<br>3.สรุปความกำลังไฟฟ้าซิงโคไนซ์ได้ | 1.สาธิตการคำนวณแรงดันตกคร่อมเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของขดลวดอาร์มาเจอร์ได้<br>2.ทดลองคำนวณหาซิงโคนัส อิมพีแดนซ์และซิงโคนัสรีแอกแตนซ์ได้<br>3.ฝึกคำนวณหาค่ากระแส แรงปิด และกำลังไฟฟ้าได้ | |
| ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | 1.อธิบายขณะทำงานมีเสียงดังผิดปกติได้<br>2.ยกตัวอย่างความร้อนสูงผิดปกติได้<br>3.วัดผลแรงดันเอาท์พุทสูงผิดปกติได้<br>4.เปรียบเทียบขดลวดสนามแม่เหล็กร้อนเกินไปได้5.วัดแรงดันเอาท์พุทสูงๆ ต่ำ ได้ | 1.ตรวจสอบบำรุงรักษาและทดสอบการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้<br>2.สัมผัสโครงเครื่องกำเนิดแล้วไฟช็อค (ดูด) ได้ | |

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้** | **หน่วยการเรียนรู้ที่ 1** |
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 12 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วย**แม่เหล็กไฟฟ้า | **สอนครั้งที่ 1-3** |
| **ชื่อเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า** | | **จำนวน 8 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

**สมมติฐานของแมกซ์เวลล์**

จากการศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสและไฟฟ้า-แม่เหล็ก สรุปหลักการที่สำคัญได้ดังนี้ คือ

1. เมื่อมีประจุอิสระจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้ารอบๆประจุอิสระ โดยความเข้มของสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งใดๆจะแปรผันกับส่วนกลับของระยะทางกำลังสองจากประจุไฟฟ้านั้น ซึ่งเป็นกฎของคูลอมบ์
2. เมื่อมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในตัวนำไฟฟ้า ย่อมมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆตัวนำ โดยทิศของสนามแม่เหล็กจะวนรอบตัวนำและตั้งฉากกับทิศของกระแส ซึ่งเออร์สเตด เป็นผู้ค้นพบ
3. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กย่อมมีการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น แสดงว่าได้มีการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าในตัวนำ ซึ่งผู้ค้นพบปรากฏการณ์นี้คือ ฟาราเดย์

จากหลักการทั้งสาม แมกซ์เวลล์ได้รวบรวมให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ชั้นสูง และได้เสนอเป็นสมมติฐานออกมาว่า

1. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้ารอบๆการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กนั้น
2. ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้าจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้านั้น

**สมรรถนะ**

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า

**จุดประสงค์**

**ด้านความรู้**

1. กระแสไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็ก
2. กฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
3. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
4. วงจรแม่เหล็กเบื้องต้น

**ด้านทักษะ**

1. ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า
2. ความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้า
3. มิวจอลอินดักแตนซ์

**เนื้อหาสาระ**

**1. กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก**

เออสเต็ด เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบว่า เมื่อวางเส้นลวดตัวนำไฟฟ้า AB ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไว้ใกล้และขนานด้านบนของเข็มทิศ เขาสังเกตเห็นว่าเข็มทิศจะบ่ายเบนไปในทิศทางหนึ่ง แต่ถ้าเอาเส้นลวด AB ที่มีกระแสไหลผ่านนี้วางไว้ใกล้และขนานด้านล่างของเข็มทิศเขาสังเกตเห็นว่าเข็มทิศจะบ่ายเบนไปอีกทิศทางหนึ่งซึ่งตรงข้ามกับครั้งแรก และเมื่อปรับความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจรให้มีค่ามากขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำ AB ลดลง การบ่ายเบนของเข็มทิศก็จะลดน้อยลงด้วย การบ่ายเบนของเข็มทิศแสดงให้เห็นว่าเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบตัวนำไฟฟ้า AB ที่มีกระแสไหลผ่านและถ้าวางลวดตัวนำ AB ที่มีกระแสไหลผ่านนี้ไว้ด้านบนและตั้งฉากกับเข็มทิศ ปรากฏว่า เข็มทิศจะไม่บ่ายเบนเลย แสดงว่าสนามแม่เหล็กจากตัวนำ AB นี้ ขนานกับเข็มทิศ

**2.ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า**

ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้าหาได้จากกฎต่อไปนี้

1. กฎมือขวา (ring-hand rule)

ถ้าปล่อยให้กระแสไฟฟ้า i ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้า AB ที่แทงทะลุผ่านกระดาษโดยกระแสไฟฟ้าไหลจากปลาย B ไปสู่ปลาย A เมื่อเขียนสนามแม่เหล็กบนแผ่นกระดาษโดยใช้เข็มทิศเข้าช่วย ลักษณะของสนามแม่เหล็กจะเป็นวงกลมรอบตัวนำด้านซ้ายจะเคลื่อนที่ออกจากกระดาษ ด้านขวาจะเคลื่อนที่เข้าหากระดาษ แต่ถ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำจากปลาย A ไปสู้ปลาย B จะได้ทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำตรงข้ามกับลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กในกรณีนี้

2. กฎแมกซ์เวลล์ (Maxwell’s corkscrew rule)

ทิศทางการไหลของกระแสและทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ตะปูควง (สกรู) ปกติเป็นชนิดเกลียวขวา ถ้าให้ปลายของสกรูแทนทิศทางการไหลของกระแส เมื่อหมุนตะปูควงเข้าไปในเนื้อไม้ ทิศทางการหมุนตะปูควงจะแทนทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่รอบตัวนำ

**3. ความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้า**

เป็นที่ทราบกันแล้วว่า เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นมารอบๆ ตัวนำทันทีหรืออาจกล่าวได้ว่า เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในตัวนำทันที ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (e.m.f.)
ก่อนแล้วจึงเกิดกระแสไหลหรืออิเล็กตรอนไหลในตัวนำที่ถูกสนามแม่เหล็กตัด และปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ ไมเคิล ฟาราเดย์

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนจัดเตรียมเอกสาร พร้อมกับแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า<br>ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 1 และขอให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมการเรียนการสอน<br>ผู้สอนให้ผู้เรียนแสดงความรู้ โดยตั้งคำถามว่า แม่เหล็กไฟฟ้ามีส่วนประกอบอะไรในชีวิตประจำวันของเราบ้าง พร้อมให้เหตุผลประกอบ<br><br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้สอนอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับ แม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน แม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยที่ 1 หน้าที่ 2 - 18<br>2. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอธิบายพร้อมยกตัวอย่างถึง แม่เหล็กไฟฟ้าและการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ตามที่ได้ศึกษาจาก PowerPoint<br>3. ผู้สอนทำการสาธิตการใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับการเกิดแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และสาธิตลักษณะวงจรแม่เหล็กแบบอันดับและขนาน ให้นักเรียนดู | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์และ ฟังครูผู้สอนแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 1 และการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม<br>3. ผู้เรียนแสดงความรู้ว่าแม่เหล็กไฟฟ้ามีส่วนประกอบอะไรในชีวิตประจำวันของเราบ้าง พร้อมให้เหตุผลประกอบ<br><br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาบทเรียน แม่เหล็กไฟฟ้า และศึกษาเอกสารประกอบการสอน แม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยที่ 1 หน้าที่ 2 - 18<br>2. ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างถึง แม่เหล็กไฟฟ้าและการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ตามที่ได้ศึกษาจาก PowerPoint<br>3. ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมในบทเรียนจากนั้นลงมือปฏิบัติตามที่ผู้สอนสาธิต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1 เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า หน้าที่ 19-20<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต<br><br>**4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)*<br><br>*(รวม 740นาที หรือ 12 คาบเรียน)* | **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 1 เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า หน้าที่ 19-20<br>2. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต<br><br>**4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนเพื่อให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียน ด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)
2. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-11)
3. แบบฝึกหัด 1 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 1
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 1 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในหน่วยที่ 1
3. อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการเรียนหน่วยที่ 1

**ขณะเรียน**

1. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 1
2. ร่วมกันสรุป “แม่เหล็กไฟฟ้า”
3. จัดทำสื่อประกอบรายงาน

**หลังเรียน**

1. สรุปความรู้ความเข้าใจ

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด
3. นักศึกษาแสดงความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าได้

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้** | **หน่วยการเรียนรู้ที่ 2** |
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 8 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วยส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **สอนครั้งที่ 4-5** |
| **ชื่อเรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | | **จำนวน 8 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับหรือเครื่องกำเนิดไฟสลับหรือที่เรียกว่าอัลเทอร์เนเตอร์ และ เครื่องกำเนิดไฟตรง ต่างก็ทำหน้าที่เหมือนกันคือ ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับขึ้นมา ในเครื่องกำเนิดไฟตรงนั้น แรงเคลื่อนไฟสลับที่ผลิตขึ้นมาจะถูกแปลงให้เป็นไฟตรงด้วยชุดเรียงกระแสซึ่งประกอบด้วยคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านแล้วจึงป้อนพลังงานไฟฟ้าที่แปลงแล้วนี้ให้โหลดส่วนเครื่องกำเนิดไฟสลับไม่มีชุดเรียงกระแส เมื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ก็สามารถที่จะป้อนพลังงานไฟสลับให้กับโหลดได้เลย โดยอาศัยสลิปและแปรงถ่าน

เครื่องกำเนิดไฟสลับที่ผลิตขึ้นในเชิงพานิชนั้นจะออกแบบให้ อาร์มาเจอร์หรือชุดขดลวดผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าขดลวดอาร์มาเจอร์อยู่กับที่ และให้ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ในการผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของตัวนำหรือขดลวดอาร์มาเจอร์กับสนามแม่เหล็ก ดังนั้นอาจจะทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ก็ได้ ในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟตรงคอมมิวเตเตอร์เป็นส่วนที่ช่วยทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนได้อย่างอิสระ แต่ในกรณีของอัลเทอร์เนเตอร์ จะไม่มีคอมมิวเตเตอร์ ดังนั้น อาร์มาเจอร์อาจจะเป็นส่วนที่หมุนได้ หรือหมุนไม่ได้ ก็ได้ทั้งนั้น

**สมรรถนะ**

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**จุดประสงค์**

**ด้านความรู้**

1. ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟสลับ

**ด้านทักษะ**

1. แบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**เนื้อหาสาระ**

**1. ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟสลับ**

**1.1 ส่วนที่อยู่กับที่**

ในกรณีที่เป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็ก แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นต่ำ ส่วนที่อยู่กับที่จะเป็นขดลวดขั้นแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงเหล็ก แต่ถ้าเป็นกรณีเครื่องกำเนิดขนาดใหญ่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงๆ ส่วนที่อยู่กับที่จะมีลักษณะขดลวดที่ผลิตเครื่องไฟฟ้าที่เรียกว่าขดลวดอาร์มาเจอร์นั้น จะพันอยู่ในสล็อทของสเตเตอร์ ที่ยึดติดแน่นอยู่กับโครงเหล็ก (frame) และสำหรับลักษณะสล็อทที่พันด้วยขดลวด โดยทั่วไปจะมี 2 แบบ คือ
แบบปิด (open type) และ แบบกึ่งปิด (semiclosed type)

**1.2 ส่วนที่เคลื่อนที่ (rotor)**

เครื่องกำเนิดไฟสลับขนาดกำลังเอาท์พุทต่ำ โรเตอร์หรือส่วนที่เคลื่อนที่หมุนได้นั้น จะเป็นขดลวดอาร์มาเจอร์ กระแสไฟที่ผลิตขึ้นมาป้อนให้กับโหลดจะถูกนำออกไปโดยผ่านสลิปริง แต่ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟสลับขนาดกำลังเอาท์พุทสูงๆแล้ว โรเตอร์จะเป็นขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งมี 3 แบบ ด้วยกันคือ

1. เซเลี้ยน โพล (salient pole)
2. นันเซเลี้ยน โพล (non-salient pole)
3. ขดลวดแบบแดมเปอร์ (damper windings)

**1.3 เอ็กไซเตอร์ (exciter)**

เอ็กไซเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงผลิตและป้อนกระแสไฟตรงให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟสลับ โดยปกติแล้วเครื่องกำเนิดไฟสลับขนาดใหญ่ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะแยกต่างหากจากขดลวดอาร์มาเจอร์ โดยต่อตรงเข้ากับขดลวดอาร์มาเจอร์ของเอ็กไซเตอร์ ซึ่งเอ็กไซเตอร์นี้คือ เครื่องกำเนิดไฟตรง (D.C. generator) นั่นเอง ตัวเอ็กไซเตอร์จะยึดติดอยู่กับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟสลับ และเอกไซเตอร์นี้จะต้องเป็นเครื่องกำเนิดไฟตรงแบบ flat compound-wound เท่านั้น เพราะแบบนี้เมื่อกระแสเปลี่ยนแปลง แรงดันจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ลักษณะการติดตั้งเอ็กไซเตอร์เข้ากับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟสลับ

**2.แบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็นหลายแบบด้วยกันคือ

1. แบ่งตามลักษณะของสนามแม่เหล็ก (magnetic field)
2. แบ่งตามลักษณะของเอ็กไซเตอร์
3. แบ่งตามลักษณะการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
4. แบ่งตามชนิดของต้นกำลัง

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนอ่านเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ว่าไฟฟ้ากระแสสลับคืออะไร และมีส่วนประกอบอะไรบ้าง<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้สอนแนะนำวิธีการใช้ PowerPoint หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 22 – 33<br>2. ผู้สอนเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้อธิบายข้อสงสัยของผู้เรียน<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 2 เรื่องส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 34<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วน ประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>3. ผู้เรียนวิเคราะห์คำถามพร้อมให้เหตุผลประกอบ<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษา PowerPoint หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 22 – 33 พร้อมทำความเข้าใจ<br>2. ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้อธิบายข้อสงสัยของผู้เรียน<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้เรียนทำทำแบบฝึกหัดบทที่2 เรื่องส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 34<br>2. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-4)*<br>*(รวม 480 นาที หรือ 8 คาบเรียน)* | **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-4)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-4)
2. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-4)
3. แบบฝึกหัด 2 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 2
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 2 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในหน่วยที่ 2
3. อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการเรียนหน่วยที่ 2

**ขณะเรียน**

1. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 2
2. ซักถามปัญหาข้อสงสัยจากผู้สอน
3. ร่วมกันสรุปและรายงานหน้าชั้นเรียนเรื่อง “ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ”
4. จัดทำสื่อประกอบรายงาน

**หลังเรียน**

1. สรุปความรู้ความเข้าใจหลังเรียน

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด
3. นักศึกษาแสดงความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้** | **หน่วยการเรียนรู้ที่ 3** |
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 8 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วยขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ** | **สอนครั้งที่ 6-7** |
| **ชื่อเรื่อง**ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ | | **จำนวน 8 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟสลับ แตกต่างจากขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟตรง ซึ่งเป็นลักษณะวงจรเปิด แต่ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟสลับเป็นทั้งแบบวงจรปิด (เมื่อต่อเป็นแบบเดลต้า) และแบบวงจรเปิด (เมื่อต่อเป็นแบบสตาร์) แต่ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟสลับหนึ่งเฟส ขดลวดอาร์มาเจอร์จะเป็นแบบวงจรเปิด

**สมรรถนะ**

ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบต่างๆ

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

**ด้านความรู้**

1. ฟกเตอร์
2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส
3. ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดสองเฟส
4. ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟส แบบชนิดเต็ม
5. ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสชนิดพิชเศษส่วน

**ด้านทักษะ**

1. วิธีต่อขดลวดอาร์เมเจอร์สามเฟส

**เนื้อหาสาระ**

**1.ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส (Single Phase Windings)**

ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟสนี้ บางทีเรียกว่า ขดลวดหนึ่งเฟส เนื่องจากเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส จะมีใช้งานเฉพาะสถานที่บางแห่งเท่านั้น ไม่เหมือนกับเครื่องกำเนิดสามเฟสที่มีใช้กันในโรงไฟฟ้าทั่วไป ในเครื่องกำเนิดไฟตรง ขดลวดอาร์มาเจอร์ที่ต่อแบบเว็ฟ (wave winding) ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าขดลวดที่ต่อแบบแล็บ (lap winding) เมื่อลวดตัวนำ จำนวนโพล (ขั้วแม่เหล็ก) และส่วนประกอบอื่นๆ เหมือนกัน

**2.ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดสองเฟส**

ในเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟสนั้น ภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้วจะมีขดลวดอาร์มาเจอร์อยู่หนึ่งชุดและถ้าเป็นชนิดสองเฟส ภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้วจะมีขดลวดอาร์มาเจอร์อยู่สองชุด แต่ละชุดจะพันห่างกัน 90 องศาไฟฟ้า

**3.ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสแบบพิชเต็ม (Full Pitch)**

ขดลวดอาร์มาเจอร์แบบสามเฟสคือขดลวดอาร์มาเจอร์แบบหนึ่งเฟสแต่มีจำนวนสามชุดในสล๊อทภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้ว ขดลวดแต่ละชุดจะพันลงในสล๊อทห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า จำนวน สล๊อทต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก (slot/pole) มีค่าเท่ากับ 12 สล๊อท ดังนั้น จำนวนสล๊อทต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็กต่อหนึ่งเฟสจะมีค่าเท่ากับ 4 สล๊อท ซึ่งเรียกว่า slot per pole per phase และขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้วจะกว้าง 180 องศาไฟฟ้า หรือต้นและปลายของขดลวดเดียวกันจะพันห่าง 180 องศาไฟฟ้า ดังนั้น สล๊อทแต่ละสล๊อทจะห่างเท่ากับ 180/12 = 15 องศาไฟฟ้า

**4.ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสแบบพิชเศษส่วน (Fractional Pitch)**

ขดลวดสามเฟสแบบพิชเศษส่วนนี้หมายความว่าระยะห่างระหว่างต้นและปลายของคอยล์เดียวกัน ที่พันลงไปในสล๊อทของอาร์มาเจอร์มีค่าน้อยกว่า 180 องศาไฟฟ้า หรือระยะห่างน้อยกว่า 12 สล๊อท ข้อดีของการพันขดลวดอาร์มาเจอร์แบบพิชเศษส่วนนี้ คือ เป็นการทำให้ประหยัดลวดทองแดงลง ผลตามมาก็คืออินดักแตนซ์ของขดลวดแต่ละเฟสลดลงเนื่องจากมิวจวลอินดักแตนซ์ระหว่างคอยล์น้อย และทำให้เว็ฟฟอร์มของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำดีขึ้นเป็นการลดฮาร์โมนิคส์ลงได้ เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นน้อยกว่าในกรณีพิชเต็ม เมื่อส่วนประกอบอื่นๆเหมือนกัน

**5.พิช แฟคเตอร์ (Pitch Factor or Coil Span Factor, Kp)**

ถ้าเอาผลบวกทางเวกเตอร์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในกรณีของพิชเศษส่วนหารด้วยผลบวกทางเลขคณิตของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในกรณีเดียวกัน ผลที่ได้เรียกว่า พิช แฟคเตอร์ (Pitch Factor or Coil Span Factor, Kp)

**6.ดิสตริบิวชั่น แฟคเตอร์ (Distribution Factor or Breadth Factor)**

ขดลวดของแต่ละเฟสจะประกอบด้วยหลายคอยล์ด้วยกัน เช่น เครื่องกำเนิดสามเฟสที่มี 12 สล๊อทต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก แสดงว่า จำนวนสล๊อทต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็กต่อหนึ่งเฟสจะมีค่า 4 สล๊อท ดังนั้น จำนวนคอยล์ต่อเฟสหรือที่เรียกว่า coil group จะมีจำนวน 4 คอยล์ด้วย และแต่ละคอยล์พันลงในสล๊อทที่เรียงอยู่ใกล้ๆ กัน 4 สล๊อท ดังนั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่คอยล์แต่ละคอยล์ใน coil group ชุดนี้จะไม่พร้อมกัน และคอยล์แต่ละคอยล์ในขดลวดเฟสนี้จะต่ออันดับกันเพื่อให้ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ปลายของขดลวดแต่ละเฟสเป็นค่าที่ถูกต้อง จึงต้องมีค่าแฟคเตอร์ที่เหมาะสม เรียกค่านี้ว่า distribution factor หรือ winding factor หรือ breadth factor ค่าแฟคเตอร์นี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของเครื่องกำเนิดตัวนั้นๆ

การที่พันขดลวดของแต่ละเฟสให้กระจายไปหลายๆ สล๊อทที่เรียกว่าแล๊บ (Lap) นี้ ดีกว่าการพันลงในสล๊อทเดียว เพราะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ (sine wave) มากขึ้น

**7.ขดลวดแบบสไปรัลและแบบเชน**

ขดลวดแบบสไปรัล

วิธีพันขดลวดนอกจากจะพันเป็นแบบแล็บ (lap) ยังมีวิธีพันอื่นอีกคือ ในขดลวดหนึ่งชุดจะมีหลายคอยล์ แต่ละคอยล์จะมีขนาดไม่เท่ากัน คอยล์ใหญ่จะอยู่นอก คอยล์เล็กลงไปจะอยู่ด้านใน ยิ่งมีหลายคอยล์ คอยล์ที่เล็กสุดจะอยู่ภายในสุดและเมื่อพันลงในสล๊อทแล้ว ขดลวดแบบสไปรัลนี้ จะมีระยะพิชไม่ถึง 180 องศาไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ขดลวดแบบนี้ก็ไม่เรียกว่าเป็นแบบพิชเศษส่วน และถ้าต่อปลายขดลวดเสียใหม่เป็นแบบแบเรล ขดลวดแบบแบเรลนี้สามารถเรียกว่าเป็นขดลวดแบบ full pitch half coil ได้ การที่นำเอาขดลวดแบบสไปรัลมาต่อใหม่เป็นแบบแบเรลนี้จะไม่ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของขดลวดเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

ขดลวดแบบเชนหรือแบบคอนเซนตริก

ข้อดีของขดลวดแบบนี้คือ มีที่ว่างที่ปลายคอยล์มาก วิธีพันคอยล์วิธีนี้ก็ทำได้ง่ายกว่าแบบแล็บ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุทางไฟฟ้าก็มีน้อย อย่างไรก็ตาม ขดลวดสามเฟสแบบเชนนี้ไม่มีใช้แล้ว แต่จะใช้แบบแล็บแทนหมด

**8.วิธีต่อขดลวดอาร์มาเจอร์สามเฟส**

ขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสมีวิธีต่ออยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบสตาร์ หรือ วาย
2. แบบเดลต้า

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนอ่านเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้สอนแนะนำวิธีการใช้ PowerPoint หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ หน้าที่ 36 -50<br>2. ผู้สอนสาธิตวิธีการพันขดลวดแบบต่างๆให้ผู้เรียนดู<br>3. ผู้สอนเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้ตอบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ หน้าที่ 50-52<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนหน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษา PowerPoint หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ และศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ หน้าที่ 36 -50 พร้อมทำความเข้าใจ<br>2. ผู้เรียนดูและฟังคำอธิบายประกอบตัวอย่างที่ผู้สอนสาธิตให้ดู<br>3. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยที่เกิดขึ้น<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้เรียนทำทำแบบฝึกหัดบทที่ 3 เรื่องขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ หน้าที่ 50-52<br>2. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วยบทเรียน PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-6)*<br><br>*(รวม 480 นาที หรือ 8 คาบเรียน)* | **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วยบทเรียน PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-6)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-6)
2. ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-6)
3. แบบฝึกหัด 3 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง ขดลวดอาร์มาเจอร์และวิธีต่อ

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 3
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 3 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมใน หน่วยที่ 3
3. อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการเรียนหน่วยที่ 3

**ขณะเรียน**

4. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 3
5. ซักถามปัญหาข้อสงสัยจากผู้สอน
6. ช่วยกันต่อขดลวดแบบพันชั้นเดียว-พันสองชั้น-พันแบบแล็บ

**หลังเรียน**

1. สรุปความรู้ความเข้าใจหลังเรียน

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด
3. นักศึกษาต่อขดลวดอาร์เมเจอร์แบบต่างๆได้

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้** | **หน่วยการเรียนรู้ที่ 4** |
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 8 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วยหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **สอนครั้งที่ 8-9** |
| **ชื่อเรื่อง**หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | | **จำนวน 8 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

เมื่อให้ต้นกำลังหมุนขับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องกำเนิด ถ้าส่วนที่เคลื่อนที่ได้เป็นขดลวดสนามแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กนี้จะหมุนตัดกับขดลวดอาร์มาเจอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาที่ขดลวดอาร์มาเจอร์นั้น และถ้าส่วนที่เคลื่อนที่เป็นขดลวดอาร์มาเจอร์จะถูกต้นกำลังหมุนขับให้ตัดกับขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาที่ขดลวดอาร์มาเจอร์เหมือนกัน ซึ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีนี้จะเป็นไปตามหลักของเฟลมมิ่ง (Framing's rule)

และปริมาณของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยนั้นก็เป็นไปตามหลักของฟาราเดย์ (Faraday's law)

**สมรรถนะ**

1. **คำนวณหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ**

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

**ด้านความรู้**

1. **แรงไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นไซน์และองศาไฟฟ้า**

**ด้านทักษะ**

1. สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
2. การของเครื่องกำเนิดไฟสลับ

**เนื้อหาสาระ**

**1. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นไซน์และองศาไฟฟ้า**

**1.1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรูปคลื่นไซน์**

ขั้วแม่เหล็กจะมีความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กมากที่สุดที่กึ่งกลางขั้ว และความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะน้อยลงไปทางด้านข้างทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก

**1.2.องศาไฟฟ้า (electrical degrees)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้อต้น จะประกอบด้วย ขั้วแม่เหล็กหนึ่งคู่ และขดลวดอาร์มาเจอร์หนึ่งชุด ดังนั้น เมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์เคลื่อนที่หมุนครบหนึ่งรอบ จะได้มุม 360 องศา ในกรณีนี้จำนวนองศาทางกล (องศา) จะมีค่าเท่ากับจำนวนองศาไฟฟ้าทุกประการ นั่นก็คือ หนึ่งองศาไฟฟ้าเท่ากับ หนึ่งองศาทางกล 10

องศาไฟฟ้า เท่ากับ 10 องศาทางกล กล่าวคือ จำนวนองศาไฟฟ้าจะเท่ากับจำนวนองศาทางกล เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเครื่องกลไฟฟ้ามีเพียงสองขั้วเท่านั้น แต่ถ้าเครื่องกลไฟฟ้ามีจำนวนขั้วแม่เหล็กเป็นสี่ขั้ว หกขั้ว หรือแปดขั้ว จำนวนองศาไฟฟ้าจะมีค่าเป็นสองเท่า สามเท่า หรือสี่เท่าของจำนวนองศาทางกลของเครื่องกลไฟฟ้าที่มีสองขั้วแม่เหล็ก และถ้าเครื่องกลไฟฟ้ามีจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็กเท่าไรก็ให้เอาจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็กนั้นคูณกับจำนวนองศาทางกลของเครื่องกลไฟฟ้าที่มีสองขั้วแม่เหล็ก ก็จะได้จำนวนองศาไฟฟ้าของเครื่องกลไฟฟ้าตัวนั้น

**2. ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว(N) ความถี่(f) และจำนวนโพล(P)**

โดยปกติแล้ว ความเร็วของเครื่องกลไฟฟ้าที่หมุนจะกำหนดให้มีหน่วยเป็นรอบต่อนาทีในเครื่องกำเนิดไฟสลับหนึ่งเฟสชนิดสองโพล เมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนตัดขั้วแม่เหล็ก (โพล) ครบหนึ่งรอบ จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาด้วยความถี่หนึ่งไซเกิล ถ้าขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนตัดขั้วแม่เหล็กครบสองรอบในเวลาหนึ่งนาที จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีความถี่สองไซเกิลต่อหนึ่งนาทีด้วย จะเห็นว่าจำนวนความถี่แปรผันโดยตรงกับความเร็ว และมีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของจำนวนขั้วแม่เหล็ก ดังนั้น ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟสชนิดหกขั้วแม่เหล็ก (โพล) เมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนครบหนึ่งรอบจะตัดขั้วแม่เหล็กหกขั้ว แต่ขณะที่ตัดผ่านขั้วแม่เหล็กสองขั้วแรก จะเกิดความถี่ขึ้นมาหนึ่งไซเกิล และเมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนตัดผ่านขั้วแม่เหล็กขั้วที่สี่ จะเกิดความถี่ขึ้นมาอีกหนึ่งไซเกิล และเมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนตัดขั้วแม่เหล็กขั้วที่หกจะเกิดความถี่ขึ้นมาอีกหนึ่งไซเกิล จะเห็นว่า เมื่อขดลวดอาร์มาเจอร์หมุนตัดขั้วแม่เหล็กทั้งหกขั้วครบหนึ่งรอบแล้วจะเกิดความถี่ขึ้นมาสามไซเกิล

**3. สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ**

**3.1 เครื่องกำเนิดไฟสลับหนึ่งเฟส**

ในเครื่องกำเนิดไฟสลับหนึ่งเฟส จะมีขดลวดอาร์มาเจอร์เพียงชุดเดียว ถึงแม้ว่าเครื่องกำเนิดนั้นจะมีขั้วแม่เหล็ก (โพล) เท่าใดก็ตาม ขดลวดอาร์มาเจอร์นี้จะต่ออันดับกันทั้งหมดแล้วจะเหลือปลายสายไว้เพียง 2 เส้นเท่านั้น เพื่อที่จะป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดภายนอก ซึ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปป้อนให้กับโหลดได้โดยตรง

**3.2 เครื่องกำเนิดไฟสลับสามเฟส**

ในเครื่องกำเนิดไฟสลับสามเฟส ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องกำเนิดทมี่มีขนาดกำลังเอาท์พุทสูงและมีจำนวนขั้วแม่เหล็กมาก และถึงแม้ว่าจะมีจำนวนขั้วแม่เหล็กมาน้อยเท่าใดก็ตาม ภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้ว (pole) จะมีขดลวดอาร์มาเจอร์อยู่ 3 ชุดด้วยกัน โดยแต่ละชุดจะพันห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 และโดยทั่วไปแล้วขดลวดอาร์มาเจอร์ทั้ง 3 ชุดนั้น (ซึ่งอาจจะเรียกว่าขดลวดเฟส A เฟส B และเฟส C หรือเฟสที่ 1 เฟสที่ 2 และเฟสที่ 3) จะต่อกันเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลด 2 วิธี คือ ต่อแบบวายหรือสตาร์และต่อแบบเดลต้า

**4. การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟสลับ**

**4.1 ขณะไม่มีโหลด (no load)**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นชนิดหนึ่งเฟสหรือ single phase และชนิดสามเฟสหรือ three phase ก็ตาม จะทำงานเมื่อมีต้นกำลัง (prime mover) มาขับให้ส่วนที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งอาจจะเป็นขดลวดอาร์มาเจอร์หรือขดลวดสนามแม่เหล็กให้เคลื่อนที่หมุนตัดส่วนที่อยู่กับที่ ซึ่งก็อาจจะเป็นขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดอาร์มาเจอร์ก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ว่าเครื่องกำเนิดนั้นจะถูกออกแบบสร้างมาเป็นอย่างไร ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟสจะออกแบบให้ขดลวดอาร์มาเจอร์เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ ส่วนที่อยู่กับที่ก็จะเป็นขดลวดสนามแม่เหล็ก

แล้วจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา แต่ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดสามเฟสและขนาดกำลังเอาท์พุทสูงๆ จะออกแบบให้ขดลวดอาร์มาเจอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่และขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ เหตุผลดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

เครื่องกำเนิดทำงานขณะไม่มีโหลด หมายความว่า ที่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์จะไม่มีโหลดใดๆ มาต่อเลย แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายของขดลวดแต่ละเฟสจะมีค่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่ขดลวดอาร์มาเจอร์แต่ละเฟสด้วย ดังนั้น V = E

เมื่อ V = แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสาย

E = แรงดันเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดอาร์มาเจอร์

เมื่อไม่มีโหลดมาต่อที่ปลายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ก็แสดงว่าวงจรของขดลวดอาร์มาเจอร์ไม่ครบวงจร จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น จะมีก็เฉพาะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่านั้น ดังนั้น I = O เนื่องจากไม่มีกระแสไฟฟ้า จึงไม่เกิดแนงดันไฟฟ้าลดในสายไฟและในขดลวดอาร์มาเจอร์แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดอาร์มาเจอร์จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสาย

**4.2 เครื่องกำเนิดทำงานขณะไม่มีโหลด (alternator on load)**

เมื่อมีโหลดมาต่อเข้าที่ปลายสายของเครื่องกำเนิดขณะเครื่องกำเนิดทำงานผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำอยู่ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายลดลงไป ทั้งนี้เพราะเมื่อมีโหลดมาต่อเข้ากับปลายสายแล้วจะทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์เกิดครบวงจรไฟฟ้าขึ้น จะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากขดลวดอาร์มาเจอร์หรือจากเครื่องกำเนิดไปสู่โหลด และการที่แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายเมื่อมีโหลดมาต่อลดลงจากเดิมเพราะว่า

1. เกิดแรงดันไฟฟ้าลด (voltage drop) เนื่องจากความต้านทานของขดลวดอาร์มาเจอร์
2. เกิดแรงดันไฟฟ้าลด (voltage drop) เนื่องจากลีกเกจ รีแอกแตนซ์

เกิดแรงดันไฟฟ้าลด (voltage drop) เนื่องจากอาร์มาเจอร์ รีแอกชั่น รีแอกแตนซ์

## กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้

| ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู | ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน |
|---|---|
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนอ่านเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้สอนแนะนำวิธีการใช้ PowerPoint หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 54-76<br>2. ผู้สอนสาธิตการเคลื่อนที่ของโรเตอร์, องศาไฟฟ้า, และองศาทางกล<br>3. ผู้สอนเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้ตอบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 4 เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 77-78<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>**2. ขั้นให้ความรู้ ( 240 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 54-76 พร้อมทำความเข้าใจ<br>2. ผู้เรียนฟังผู้สอนสาธิตการเคลื่อนที่ของโรเตอร์, องศาไฟฟ้า, และองศาทางกล พร้อมจดบันทึก<br>3. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยที่เกิดขึ้น<br>**3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 180 นาที )**<br>1. ผู้เรียนทำทำแบบฝึกหัดบทที่ 4 เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 77-78<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ช่วยสอนที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)*<br>*(รวม 480 นาที หรือ 8 คาบเรียน)* | **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-5)
2. ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ(ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-5)
3. แบบฝึกหัด 4 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

4. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 4
5. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 4 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมใน หน่วยที่ 4
6. อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการเรียนหน่วยที่ 4

**ขณะเรียน**

7. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 4
8. ซักถามปัญหาข้อสงสัยจากผู้สอน
9. ช่วยกันต่อขดลวดแบบพันชั้นเดียว-พันสองชั้น-พันแบบแล็บ

**หลังเรียน**

2. สรุปความรู้ความเข้าใจหลังเรียน

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด
3. นักศึกษาคำนวณหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้** | **หน่วยการเรียนรู้ที่ 5** |
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 12 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วย**การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | **สอนครั้งที่ 10-12** |
| **ชื่อเรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | | **จำนวน 12 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

เนื่องจากขณะที่เครื่องกำเนิดกำลังทำงานอยู่นั้น โหลดจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงทำให้แรงดันที่ปลายสายเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาด้วย การที่แรงดันที่ปลายสาย (terminal voltage) หรือแรงดันที่ป้อนให้กับโหลด (load voltage) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลานี้ จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับโหลดได้ ซึ่งโหลดอาจหยุดไม่ทำงานหรือไหม้ก็ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับโหลดคงที่เสมอ เช่น 220 โวลท์ หรือ 220/380 โวลท์ เป็นต้น

**สมรรถนะ**

1. การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

**ด้านความรู้**

1. โวลท์เตจเรกกูเลชั่น
2. การแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟสับ

**ด้านทักษะ**

1. การควบคุมแรงดันไฟฟ้า
2. ระบายความร้อนแบบต่างๆ

**เนื้อหาสาระ**

**1. การควบคุมแรงดันไฟฟ้า**

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าจะถูกออกแบบไว้ให้ทำงานแรงดันไฟฟ้าขนานหนึ่งเท่านั้น การควบคุมแรงดันไฟฟ้าอาจจะแบ่งอย่างกว้างๆได้ 2 อย่าง คือ

**1.1 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยมือ**

ซึ่งวิธีนี้มักจะใช้กับเครื่องกำเนิดชนิดหนึ่งเฟส และมีกำลังเอาท์พุทไม่สูงนัก เช่น เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับโหลดที่ยังคงต่ออยู่สูงขึ้น ซึ่งการควบคุมก็อาจจะทำได้โดยการลดความเร็วของตัวต้นกำลังที่ขับเครื่องกำเนิดหรือปรับกระแสไฟที่ป้อนขดลวดสนามแม่เหล็กให้ต่ำลงหรืออาจจะปรับทั้งสองอย่างพร้อมกันก็ได้แล้วแต่กรณี ซึ่งอย่างไหนจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนโหลดมีค่าคงที่ได้เร็วกว่ากัน อย่างไรก็ตามการควบคุมแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดด้วยมือนี้ย่อมเกิดความไม่สะดวก ไม่รวดเร็วและไม่แม่นยำเท่าที่ควร ดังนั้นเครื่องกำเนิดขนาดกำลังเอาท์พุทสูง จึงต้องใช้วิธีอื่นคือการควบคุมแบบอัตโนมัติ

**1.2.การควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ**

เนื่องจากเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง กระแสของโหลดและเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเหตุทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย เพื่อที่จะรักษาระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายหรือแรงดันที่ป้อนให้โหลดมีค่าคงที่อย่างสม่ำเสมอ จึงใช้เครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (automatic voltage regulator)

**2. โวลท์เตจเรกกูเลชั่น**

เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม จะเป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายมีการเปลี่ยนแปลงด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายนี้นอกจากจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงแล้วยังเปลี่ยนแปลงเมื่อเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโหลดเปลี่ยนแปลงด้วย ดังได้กล่าวมาแล้ว และจำเป็นจะต้องมีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ปลายสาย ให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดถึงแม้ว่าโหลดหรือเพาเวอร์แฟกเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายก็ตาม ถ้าแรงดันปลายสายมีการเปลี่ยนแปลงน้อยการควบคุมก็ดี และโดยปกติจะคำนวณหาค่าโวลท์เตจเรกกูเลชั่นเมื่อเครื่องกำเนิดทำงานที่ฟูลโหลด (เต็มพิกัด) แต่อย่างไรก็ตามสามารถจะคำนวณหาค่าโวลท์เตจเรกกูเลชั่นที่โหลดขนาดเท่าใดก็ได้ซึ่งโวลท์เตจเรกกูเลชั่นนี้หมายถึง ผลหารของความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายเมื่อไม่มีโหลดกับเมื่อมีโหลด และแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายเมื่อมีโหลด

**3. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟสลับ**

เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีความสูญเสียต่างๆ เหมือนกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ ความสูญเสียคงที่ (fixed losses) ซึ่งได้แก่ ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของแบริ่งและแปรงถ่าน ความสูญเสียเนื่องจากลม (windage losses) และความสูญเสียเนื่องจากเหล็ก (iron losses) ความสูญเสียอันนี้ก็คือความสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (eddy current losses) และฮีสเตอร์เรสซิส (hysteresis losses) และความสูญเสียเนื่องจากทองแดงนี้หมายความถึง ความสูญเสียที่ขดลวดอาร์มาเจอร์และกำลังสูญเสียที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก บางทีเรียกว่าคอปเปอร์ลอส

**4. การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ**

ในสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าจะไม่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ๆ เพียงตัวเดียว แต่จะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายตัวขนานกันให้ทำงานร่วมกัน โดยมีเหตุผลดังนี้

1.การที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเครื่อง

2.เนื่องจากโหลดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

3.กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แต่ละแห่งนั้นจะเพิ่มขึ้นตามความต้องการอยู่เรื่อยๆ

ในการขนานเครื่องกำเนิดไฟตรงสองเครื่องเข้าด้วยกันนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือแรงดันของเครื่องกำเนิดทั้งสองต้องเท่ากัน และลำดับขั้วเหมือนกันเท่านั้น แต่ถ้าเป็นการขนานเครื่องกำเนิดไฟสลับของเครื่องเข้าด้วยกัน จะต้องคำนึงถึงสิ่งที่สำคัญดังนี้

1.แรงดันเท่ากัน

2.ความถี่เท่ากัน

3.แรงดันจะต้องมีลำดับเฟสเหมือนกันและเกิดพร้อมกัน

เมื่อเครื่องกำเนิดทั้งสองเครื่องที่จะนำมาขนานกันผลิตแรงดันได้ครบเงื่อนไขทั้งสามข้อข้างบนแล้วก็สามารถจะขนานกันได้ทันที

ขบวนการในการขนานเครื่องกำเนิดสองเครื่องเข้าด้วยกัน จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.เครื่องกำเนิดเครื่องที่ผลิตและป้อนกระแสไฟให้กับโหลดอยู่แล้ว

2.เครื่องกำเนิดเครื่องที่จะนำมาขนานด้วย

3. ปรับลำดับเฟส (phase sequence) ของอินคัมมิ่งอัลเทอร์เนเตอร์ให้เหมือนกับรันนิ่งอัลเทอร์ เนเตอร์และเกิดพร้อมกันซึ่งมีวิธีตรวจสอบได้ในวิธีขนานเครื่องดังต่อไปนี้

1. วิธีขนานเครื่องด้วยหลอดไฟแบบ Three dark method
2. วิธีขนานเครื่องด้วยหลอดไฟแบบ Two bright one dark method
3. วิธีขนานเครื่องด้วยซิงโครสโคป (synchroscope)

**5. การแบ่งโหลด (Share Load)**

เครื่องกำเนิดแต่ละตัวจะทำงานด้วยความเร็วคงที่อันหนึ่งโดยผลิตแรงดันป้อนให้กับโหลดด้วยค่าหนึ่งตลอดเวลา และจะมีความถี่คงที่ตลอดเวลาด้วย ถ้าปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กให้มากขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น และถ้าปรับความเร็วให้สูงขึ้นจะทำให้ความถี่มากขึ้น

**6. การแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟสลับ (Hunting)**

ถ้าแรงบิดของต้นกำลัง (prime mover) ไม่สม่ำเสมอหรือแกว่ง เป็นสาเหตุทำให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดหมุนเร็วบ้าง ช้าบ้างไม่เท่ากับความเร็วปกติ เช่น ในกรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งความเร็วไม่สม่ำเสมอจะทำให้ความเร็วรอบของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดเร็วบ้าง ช้างบ้าง การที่ความเร็วรอบไม่สม่ำเสมอนี้เรียกว่า pulsating หรือ oscillating หรือเรียกว่า hunting เป็นเหตุทำให้กระแสที่ไหลในเครื่องกำเนิดที่กำลังขนานกันอยู่นั้นสูงบ้าง ต่ำบ้าง และอาจจะเป็นสาเหตุทำให้โอเวอร์โหลด รีเลย์ (over load relay) ทำงานเปิดวงจรได้

**7. การระบายความร้อน**

วิธีระบายความร้อนมีหลายวิธีดังนี้

1.วิธีระบายความร้อนแบบเรเดียล (radial-ventilation)

2.วิธีระบายความร้อนแบบแอกเซียล (axial-ventilation)

3.วิธีระบายความร้อนแบบผสม เรเดียลแอกเซียล (combination radial and axial ventilation)

4.วิธีระบายความร้อนแบบวงจรปิด (totally enclosed)

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนจัดเตรียมเอกสาร พร้อมกับแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 5 และขอให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมการเรียนการสอน | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์และ ฟังครูผู้สอนแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 5 และการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม |
| **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้สอนอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับ แม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยที่ 5 เรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 5 หน้าที่ 80 - 102<br>2. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอธิบายพร้อมยกตัวอย่างถึง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามที่ได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน<br>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่ได้จากการเรียนการสอนคนละ 1 ข้อ | **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาบทเรียนการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และศึกษาเอกสารประกอบการสอน การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 5 หน้าที่ 80 - 102<br>2. ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างถึง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามที่ได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน<br>3. ผู้เรียนตั้งคำถามที่ได้จากการเรียนการสอน คนละ 1 ข้อ |
| **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 5 เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 103-104<br>4. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต | **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>3. ผู้เรียนทำทำแบบฝึกหัดบทที่ 5 เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 103-104<br>4. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-7)*<br><br>*(รวม 740 นาที หรือ 12 คาบเรียน)* | **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนเพื่อให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียน ด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-7)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-7)
2. ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-7)
3. แบบฝึกหัด 5 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 5
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 5 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมใน

หน่วยที่ 5

**ขณะเรียน**

1. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 5

**หลังเรียน**

1. ร่วมกันสรุป “การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ”

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด
3. นักศึกษาควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้

| | แผนการจัดการเรียนรู้ | หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 |
|---|---|---|
| | **ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ** | **รวม 12 ชั่วโมง** |
| | **ชื่อหน่วย**คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | **สอนครั้งที่ 13-15** |
| **ชื่อเรื่อง**คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | | **จำนวน 12 ชั่วโมง** |

**สาระสำคัญ**

เมื่อให้ตัวต้นกำลังหมุนขับส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องกำเนิด ส่วนเคลื่อนที่ได้เป็นขดลวดสนามแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กจะหมุนตัดกับขดลวดอาเมเจอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจะเป็นไปตามหลักของเฟลมมิ่ง และปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นมากน้อยเป็นไปตามหลักของฟาราเดย์

**สมรรถนะ**

1. คำนวณแรงดันตกคร่อม
2. คำนวณหาชิงโคนัส อิมพีแดนซ์และซิงโคนัสรีแอกแตนซ์
3. คำนวณหาค่ากระแส แรงบิด และกำลังไฟฟ้า

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม**

**ด้านความรู้**

1. ความต้านของขดลวดอาร์มาเจอร์
2. อาร์มาเจอร์รีแอกชั่น
3. ความกำลังไฟฟ้าชิงโคไนซ์

**ด้านทักษะ**

1. แรงดันตกคร่อมเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของขดลวดอาร์มาเจอร์
2. ซิงโคนัสอิมพีแดนซ์
3. แรงบิดซิงโครไนซ์

**เนื้อหาสาระ**

**1. ความต้านมานของขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Effective Resistance, Rs)**

เนื่องจากขดลวดอาร์มาเจอร์พันด้วยเส้นลวดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กจึงทำให้ขดลวดมีความต้านมานในขดลวดเดียวกัน ถ้าป้อนแรงดันไฟสลับและแรงดันไฟตรงด้วยขนาดแรงดันเท่าใดก็ตามความต้านทานของขดลวดที่คำนวณได้จากกรณีทั้งสองจะไม่เท่ากัน และความต้านทานที่ได้จากการป้อนแรงดันไฟตรงเรียกว่าความต้านทานไฟตรง และความต้านทานที่ได้จากการป้อนแรงดันไฟสลับเรียกว่า ความต้านทานยังผล ซึ่งความต้านทานไฟสลับหรือความต้านทานยังผลนี้จะมีค่ามากกว่าความต้านทานไฟตรงเสมอ

**2. อาร์มาเจอร์ลีกเกจรีแอกแตนซ์ (Armature Leakage Reactance, XL)**

เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดอาร์มาเจอร์ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นมารอบๆ ตัวนำหรือรอบๆ ขดลวดอาร์มาเจอร์ที่อยู่ในสล๊อทต่างๆ เมื่อเกิดขึ้นแล้วก็จะยุบตัวและขยายตัวเร้วหรือช้าขึ้นอยู่กับความถี่ เส้น

แรงแม่เหล็กนี้เรียกว่าเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลเพราะไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นเลย หรือเรียกว่า ลีกเกจฟลั๊ก ค่าลีกเกจฟลั๊กจะขึ้นอยู่กับกระแส I ที่ไหลผ่านขดลวดอาร์มาเจอร์ และขึ้นอยู่กับมุมต่างเฟสระหว่างกระแสและแรงดัน เมื่อลีกเกจฟลั๊กมีการเปลี่ยนแปลงตามความถี่จะตัดกับขดลวดทำให้เกิดเซลฟ์อินดักแตนซ์ L (self inductance) และเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา ที่เรียกว่า เซลฟ์ อินดิวส์ อี.เอ็ม.เอ็ฟ. (self induced emf) ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับแรงดันที่ทำให้มันเกิดขึ้นส่วนล่างของสล๊อทที่มีเส้นแรงแม่เหล็กตัดอย่างหนาแน่นกว่าจะเกิดเซลฟ์อินดักแตนซ์มากกว่าส่วนบน ถ้านำตัวที่ฝังอยู่ในสล๊อทแต่ละสล๊อทเป็นแท่ง ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในส่วนบนของตัวนำในสล๊อทจะมากกว่าส่วนล่าง ดังนั้นตัวนำที่ใช้พันเป็นขดลวดอาร์มาเจอร์จึงต้องพันด้วยลวดเส้นเล็กๆ เพื่อให้ความหนาแน่นของกระแส (current density) กระจายไปเท่าๆกัน

**3.อาร์มาเจอร์รีแอกชั่น (Armature Reaction)**

อาร์มาเจอร์รีแอกชั่นมาหลายลักษณะได้แก่

1. อาร์มาเจอร์รีแอกชั่นในเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส
2. อาร์มาเจอร์รีแอกชั่นในเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส เมื่อกระแสล้าหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 90 องศาไฟฟ้า
3. อาร์มาเจอร์รีแอกชั่นในเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส เมื่อกระแสนำหน้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 90 องศาไฟฟ้า
4. เส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าในขดลวดอาร์มาเจอร์ของเครื่องกำเนิดสามเฟส (amature magneto motive force; mmf) เมื่อกระแสสมดุล
5. แรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้ารวมในเครื่องกำเนิดสามเฟสเมื่อเกิดอาร์มาเจอร์รีแอกชั่น

**4.แรงดันตกคร่อมเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Impedance Drop)**

เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์และขดลวดมีค่าอิมพีแดนซ์ จะเกิดแรงดันไฟฟ้า ตกคร่อมที่ขดลวดอาร์มาเจอร์เนื่องจากอินพีแดนซ์อันนี้ จะเป็นผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อยังไม่มีโหลดลดลง

**5.ซิงโครนัสอิมพีแดนซ์ (Synchronous Impedance, Zs)**

ก่อนที่จะหาค่าซิงโครนัสอิมพีแดนซ์นั้น จำเป็นจะต้องศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติบางประการของเครื่องกำเนิดไฟสลับเสียก่อนดังนี้

1. คุณสมบัติวงจรเปิด
2. คุณสมบัติวงจรลัด
3. วิธีหาค่าซิงโครนัสอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดหนึ่งเฟส
4. วิธีหาซิงโครนัสอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสแบบสตาร์ (star or wye)
5. วิธีหาซิงโครนัสอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดสามเฟสแบบเดลต้า (delta)

**6. กระแสซิงโครไนซ์ (Synchronizing Current)**

เมื่อเครื่องกำเนิดสองเครื่องขนานกัน (synchronized) เรียบร้อยแล้ว เครื่องกำเนิดทั้งสองจะทำงานจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดไปด้วยกัน สมมติว่าจะเป็นด้วยเหตุใดๆก็ตามที่ทำให้เครื่องกำเนิดตัวหนึ่งตัวใดหลุดออกจากการขนาน (drop out of synchonism) จะมีแรงบิดซิงโครไนซ์ (synchronizing torque) มาฉุดให้เครื่องกำเนิดนั้นกลับเข้าสู่สภาวะซิงโครนิซึม (synchronism) อีก โดยเมื่อเครื่องกำเนิดตัวหนึ่งตัวใดหลุดจากการขนานจะเป็นผลทำให้เกิดกระแสซิงโครไนซ์และเกิดแรงบิดซิงโครไนซ์ ดังนั้นจึงต้องเร่งความเร็วของเครื่อง

กำเนิดที่ช้าขึ้นและลดความเร็วของเครื่องกำเนิดตัวที่เร็วลงเพื่อให้เครื่องกำเนิดทั้งสองอยู่ในสภาวะซิงโครนีซึ่ม อีก กระแส Isy นี้ จะรวมกับกระแสโหลดขณะเมื่อเครื่องกำเนิดทั้งสองจ่ายโหลดอยู่ คือ กระแสจะเพิ่มขึ้นจากกระแสโหลดปกติ

**7. กำลังไฟฟ้าซิงโครไนซ์ (Synchronizing Power)**

เมื่อเครื่องกำเนิด No.2 หลุดออกจากการขนาน หมายความว่า ความเร็วลดลง ดังนั้น เครื่องกำเนิด No.1 จะป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับเครื่องกำเนิด No.2 ทำให้เครื่องกำเนิด No.2 เร่งตัวมีความเร็วเพิ่มขึ้นและกลับเข้าสู้ภาวะการขนาน (ซิงโครไนซ์) อีก กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องกำเนิด No.2 นี้เรียกว่ากำลังไฟฟ้าซิงโครไนซ์

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนจัดเตรียมเอกสาร พร้อมกับแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่องคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 6 และขอให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมการเรียนการสอน<br>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนยกตัวอย่างคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์และ ฟังครูผู้สอนแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่องคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยเรียนที่ 6 และการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม<br>3. ผู้เรียนยกตัวอย่างคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับโดยขอคำแนะนำจากผู้สอนหรือศึกษาจากเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ |
| **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้สอนอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับ แม่เหล็กไฟฟ้า หน่วยที่ 6 เรื่อง คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 6 หน้าที่ 106 - 145<br>2. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอธิบายพร้อมยกตัวอย่างถึง คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามที่ได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน<br>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่ได้จากการเรียนการสอนคนละ 1 ข้อ<br>4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้ตอบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน | **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาบทเรียนคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และศึกษาเอกสารประกอบการสอน คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 6 หน้าที่ 106 – 145<br>2. ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างถึง คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามที่ได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน<br>3. ผู้เรียนตั้งคำถามที่ได้จากการเรียนการสอน คนละ 1 ข้อ<br>4. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยที่เกิดขึ้น |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดบทที่ 6 เรื่องคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 146 -148<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต<br><br>**4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-9)*<br><br>*(รวม 740 นาที หรือ 12 คาบเรียน)* | **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้เรียนทำทำแบบฝึกหัดบทที่ 6 เรื่องคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าที่ 146 – 148<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต<br><br>**4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนเพื่อให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียน ด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br><br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-9)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-9)
2. ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-9)
3. แบบฝึกหัด 6 ใช้ประกอบการสอน ขั้นประยุกต์ใช้ ข้อ 1
4. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 6
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 6 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมใน หน่วยที่ 6

**ขณะเรียน**

10. ปฏิบัติตามแบบฝึกหัดบทที่ 6

**หลังเรียน**

1. ร่วมกันสรุป “คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ”

**บันทึกหลังการสอน**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

3. นักศึกษาคำนวณแรงดันตกคร่อม
4. นักศึกษาคำนวณหาชิงโคนัส อิมพีแดนซ์และซิงโคนัสรีแอกแตนซ์
5. นักศึกษาคำนวณหาค่ากระแส แรงบิด และกำลังไฟฟ้า

| | แผนการจัดการเรียนรู้ | หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 |
|---|---|---|
| | ชื่อวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ | รวม 8 ชั่วโมง |
| | ชื่อหน่วยข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | สอนครั้งที่ 16-17 |
| ชื่อเรื่องข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | | จำนวน 8 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหมือนกับเครื่องยนต์ทั่วๆไป คือ เมื่อใช้ไปนานๆ แล้ว ย่อมมีชำรุด เสียหายเกิดขึ้นได้ เมื่อใดก็ตามหากเครื่องมีการชำรุดแล้ว ก็จำเป็นจะต้องมีการซ่อมแซมแก้ไขให้ใช้งานได้ แต่เพื่อให้อายุของเครื่องยืดยืนนานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อถึงระยะเวลาอันสมควรแล้วจะต้องมีการบำรุงรักษาทันทีเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความชำรุดเสียหายขึ้นได้

**สมรรถนะ**

ตรวจสอบบำรุงรักษา และทดสอบการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. ขณะทำงานมีเสียงดังผิดปกติ
2. ความร้อนสูงผิดปกติ
3. แรงดันเอาท์พุทสูงผิดปกติ
4. ขดลวดสนามแม่เหล็กร้อนเกินไป
5. แรงดันเอาท์พุทสูงๆ ต่ำ

ด้านทักษะ

1. ตรวจสอบบำรุงรักษา และทดสอบการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. โครงเครื่องกำเนิดแล้วไฟช็อค (ดูด)

**เนื้อหาสาระ**

**1. ขณะทำงานมีเสียงดังผิดปกติ**

สาเหตุ : อาจเกิดจากโหลดไม่สมดุล

แก้ไข : ตรวจและแก้โหลดให้สมดุล

สาเหตุ : ตัวเชื่อม Coupling หลวม หรือการ Coupling ไม่ได้ระดับ

แก้ไข : ปรับการ Coupling ให้ได้ระดับ และทำให้แน่น

สาเหตุ : ระยะช่องว่างระหว่างโรเตอร์ และสเตเตอร์ไม่ดี

แก้ไข : ตรวจเช็คสายพาน ลูกปืนหลวมหรือเสีย ให้ปรับและจัดระดับเพลา หรือเปลี่ยนลูกปืนใหม่

สาเหตุ : แผ่นเหล็กบาง (lamination) หลวม

แก้ไข : กวดนัทให้แน่น หรืออาบวานิชและอบใหม่

**2. ความร้อนสูงผิดปกติ**

สาเหตุ : ทำงานเกินพิกัด (over load)

แก้ไข : วัดกระแสเทียบกับขนาดบนแผ่นป้าย (name plate) และลดโหลด

สาเหตุ : โหลดไม่สมดุล

แก้ไข : จัดโหลดให้สมดุล

สาเหตุ : ฟิวส์ต่อสายไปโหลดขาด

แก้ไข : เปลี่ยนฟิวส์ใหม่

สาเหตุ : การระบายความร้อนไม่ดี

แก้ไข : ทำความสะอาด และเอาสิ่งที่กีดขวางทางระบายความร้อนออก

สาเหตุ : ขดลวดโรเตอร์ลัดวงจรหรือขดลวดไม่ครบวงจร หรือขดลวดรั่วลงดิน

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : ขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจรหรือขดลวดไม่ครบวงจร หรือขดลวดรั่วลงดิน

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : ลูกปืน (bearings)

แก้ไข : ตรวจลูกปืนว่าหลวมหรือแห้งหรือแตกหรือมีน้ำมันหล่อลื่นมากเกินไป เปลี่ยนลูกปืนที่หลวมหรือแตกหล่อลื่นลูกปืนที่แห้งแล้วเช็ดน้ำมันหล่อลื่นในลูกปืนที่มีน้ำมันหล่อลื่นมากเกินไป

**3. ขณะทำงานไม่มีแรงดันเอาท์พุท**

สาเหตุ : ขดลวดสเตเตอร์ลัดวงจรหรือขดลวดวงจรเปิด

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : ขดลวดโรเตอร์ลัดวงจรหรือขดลวดวงจรเปิด

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : สลิปริงลัดวงจร

แก้ไข : ปลดสายไฟวงจรฟิลด์ ตรวจความต้านทานฉนวน สลิปริง ด้วยเมกเกอร์แล้วแก้ไขให้ดี

สาเหตุ : ความชื้นภายใน

แก้ไข : ตรวจความต้านทานของขดลวด แล้วอบให้แห้ง

สาเหตุ : ไม่มีแรงดันไฟตรงที่แปรงถ่านบนสลิปริง หรือไม่มีแรงดันไฟตรงจากเอกซ์ไซด์เตอร์

แก้ไข : ตรวจดูความบกพร่องของสวิทช์ ตรวจดูฟิวส์จากสายไฟเอกซ์ไซด์เตอร์ ซ่อมหรือเปลี่ยนสวิทช์ เปลี่ยนฟิวส์

สาเหตุ : โวลท์มิเตอร์บกพร่อง

แก้ไข : ใช้โวลท์มีเตอร์ที่ดีตรวจ ถ้าโวลท์มิเตอร์เกิดบกพร่องหรือเสียให้แก้ไข หรือเปลี่ยนใหม่

สาเหตุ : ชั้น (shunt) ของแอมมิเตอร์วงจรเปิด

แก้ไข : เปลี่ยนแอมมิเตอร์ และชั้นใหม่

สาเหตุ : ข้อต่อที่สลิปริงไม่ดี

แก้ไข : ทำความสะอาดสลิปริงและแปรงถ่าน ปรับแปรงถ่านให้สัมผัสแน่น

สาเหตุ : หลักต่อสายหลวม

แก้ไข : ทำความสะอาดและปรับหน้าสัมผัสให้แน่น

สาเหตุ : ลืมปรับโวลท์เตจเรกกูเลเตอร์ และกัฟเวอร์เนอร์ควบคุมความเร็ว

แก้ไข : ปรับกัฟเวอร์เนอร์ควบคุมความเร็ว และปรับโวลท์เตจเรกกูเลเตอร์

**4. แรงดันเอาท์พุทสูงผิดปกติ**

สาเหตุ : ความเร็วสูงเกินไป

แก้ไข : ปรับกัฟเวอร์เนอร์ควบคุมความเร็วให้เปิดน้อยลง

สาเหตุ : ป้อนฟิลด์มากเกินไป

แก้ไข : ปรับโวลท์เตจเรกกูเลเตอร์

สาเหตุ : ขดลวดสเตเตอร์ที่ต่อแบบเดลต้าวงจรเปิดชุดหนึ่ง

แก้ไข : ต่อ หรือซ่อม หรือเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

**5. ความถี่ไม่ถูกต้อง หรือเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ**

สาเหตุ : ความถี่ไม่ถูกต้อง หรือเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ

แก้ไข : ปรับกัฟเวอร์เนอร์ควบคุมความเร็ว

สาเหตุ : แรงดันไฟตรงที่ป้อนฟิลด์ไม่คงที่

แก้ไข : ปรับสายพานขับเอกซ์ไซด์เตอร์ให้ตึง

**6. แรงดันเอาท์พุทสูงๆ ต่ำๆ**

สาเหตุ : หน้าสัมผัสโวลท์เตจเรกกูเลเตอร์สกปรก

แก้ไข : ทำความสะอาด และ ปรับหน้าสัมผัสให้แน่น

สาเหตุ : ความต้านทานฟิลด์ภายนอกไม่แน่น

แก้ไข : ต่อและปรับหน้าสัมผัสให้แน่น

**7. สเตเตอร์ร้อนเป็นจุดๆ**

สาเหตุ : ขดลวดอาร์มาเจอร์บางเฟสลัดวงจร

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : โรเตอร์ไม่ได้ศูนย์กลาง (ระยะช่องว่างระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ไม่เสมอ)

แก้ไข : ตรวจการโค้งงอของเพลา ตรวจลูกปืนแตกหรือหลวม แล้วดัด-ปรับเพลาให้ตรง เปลี่ยนลูกปืนใหม่

สาเหตุ : ขดลวดแต่ละวงจรไม่สมดุล

แก้ไข : ปรับขดลวดแต่ละวงจรให้สมดุล

สาเหตุ : ข้อต่อขดลวดไม่แน่น

แก้ไข : ทำข้อต่อขดลวดให้แน่น

สาเหตุ : การต่อลำดับเฟสของขดลวดผิด

แก้ไข : ต่อลำดับเฟสของขดลวดให้ถูกต้อง

**8. ขดลวดสนามแม่เหล็กร้อนเกินไป**

สาเหตุ : ขดลวดสนามแม่เหล็กลัดวงจร

แก้ไข : ตรวจและเปลี่ยนขดลวดที่ชำรุดใหม่

สาเหตุ : กระแสไฟตรงป้อนฟิลด์สูงเกินไป

แก้ไข : ลดกระแสไฟตรงจากเอกซ์ไซด์เตอร์ลง โดยปรับที่โวลท์เตจเรกกูเลเตอร์

สาเหตุ : การระบายความร้อนไม่ดี

แก้ไข : ทำความสะอาดส่วนต่างๆ เอาสิ่งที่กีดขวางทางระบายความร้อนออก

**9. เมื่อสัมผัสโครงเครื่องกำเนิดแล้วไฟช๊อค (ดูด)**

สาเหตุ : ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์กลับทาง

แก้ไข : ตรวจลำดับขั้ว และต่อลำดับขั้วสายไฟให้ถูกต้อง

สาเหตุ : ประจุไฟฟ้าสถิต หรือ ขดลวดสนามแม่เหล็กรั่วลงดิน

แก้ไข : ตรวจข้อต่อสายดินของโครงเครื่องกำเนิด ทำความสะอาดและต่อใหม่ให้แน่น ซ่อมหรือเปลี่ยนขดลวดสนามแม่เหล็ก

สาเหตุ : ขดลวดอาร์มาเจอร์รั่วลงดิน

แก้ไข : ตรวจการรั่วลงดินของขดลวดอาร์มาเจอร์ ซ่อมหรือเปลี่ยนขดลวดอาร์มาเจอร์ใหม่

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนอ่านเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา<br>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา | **1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ( 15 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา<br>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนหน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา |
| **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้สอนแนะนำวิธีการใช้ PowerPoint หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา หน้าที่ 150 - 153<br>2. ผู้สอนเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนถามปัญหา และข้อสงสัยจากเนื้อหา โดยครูเป็นผู้ตอบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน | **2. ขั้นให้ความรู้ ( 480 นาที )**<br>1. ผู้เรียนศึกษา PowerPoint หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา และศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หน่วยที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา หน้าที่ 150 - 153 พร้อมทำความเข้าใจ<br>2. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยที่เกิดขึ้น |
| **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้สอนตั้งโจทย์ข้อขัดข้องตามเนื้อหาบทที่ 7 แล้วถามผู้เรียนโดยให้คะแนน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต | **3. ขั้นประยุกต์ใช้ ( 200 นาที )**<br>1. ผู้เรียนตอบคำถามข้อขัดข้องตามเนื้อหาบทที่ 7<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต |

| กิจกรรมการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ | |
|---|---|
| **ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู** | **ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน** |
| **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)*<br>*(รวม 740 นาที หรือ 12 คาบเรียน)* | **4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )**<br>1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน<br>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น<br>*(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)* |

**สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้**

**สื่อสิ่งพิมพ์**

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (ALTERNATORS) (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-11)
2. ใบความรู้ที่ 7 เรื่อง ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา (ใช้ประกอบการเรียนการสอนขั้นให้ความรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1-11)
3. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงาน ใช้ประกอบการสอนขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นสรุปและประเมินผล

**สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)**

1. PowerPoint เรื่อง ข้อขัดข้องและการบำรุงรักษา

**การวัดผลและประเมินผล**

**ก่อนเรียน**

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนหน่วยที่ 7
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 7 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมใน

หน่วยที่ 7

3. อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบการเรียนหน่วยที่ 7

**ขณะเรียน**

1. ซักถามปัญหาข้อสงสัยจากผู้สอน

**หลังเรียน**

1. ร่วมกันสรุป “ข้อขัดข้องและการแก้ไขบำรุงรักษา”

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการเรียนรู้

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด นักศึกษาตรวจสอบบำรุงรักษา และทดสอบการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า