



วิจัยในชั้นเรียน

เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับชั้นปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ด้วยวิธีสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์

จัดทำโดย

นายไพรัตน์ ปรานโชติ

วุฒิการศึกษาปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี

อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

คำนำ

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในปัจจุบัน จะต้องเน้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จริง สามารถที่จะคิดและแก้ปัญหาเองได้ซึ่งปัจจุบันจะเป็นการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งหมวดที่ 4 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติได้บัญญัติไว้ว่าด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุดและวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ผู้เรียนจะได้ใช้ความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ซึ่งผู้สอนคาดว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจะต้องสูงขึ้น

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากนักน้อยหากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายไพรัตน์ ปรานโชติ

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	6
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	8
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	12
ภาคผนวก	

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายไพรัตน์ ปรานโชติ
วัน / เดือน / ปีเกิด	19 กันยายน 2531
กรุ๊ปเลือด	B
เชื้อชาติ	ไทย
สัญชาติ	ไทย
นับถือศาสนา	พุทธ
ที่อยู่	219/4 ซอยนิลพานิช ต.เขาสามยอต อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
การศึกษาชั้นสูงสุด	ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ก.ท.ม
อาชีพ	ครู
เบอร์โทรศัพท์	095-8906123
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

รายงานการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ระดับชั้นปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

ด้วยวิธีสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในปัจจุบัน จะต้องเน้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จริง สามารถที่จะคิดและแก้ปัญหาเองได้ ซึ่งปัจจุบันจะเป็นการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งหมวดที่ 4 ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ได้บัญญัติไว้ ว่าด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนและพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด และวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ ซึ่งผู้เรียนที่เรียนเก่งกับเรียนไม่เก่งจะสามารถอยู่กลุ่มเดียวกันจึงทำให้ได้แชร์ความรู้ซึ่งกันและกันได้ ผู้สอนคาดว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจะต้องสูงขึ้น และการศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ชั้นปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม วิชา เครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จึงเป็นหัวข้อที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

เพื่อต้องการพัฒนาและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับชั้นปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ดังกล่าวขึ้นมา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้วิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ปีการศึกษา 2568 จำนวน 20 คน
2. การจัดการเรียนการสอน การแบ่งกลุ่มจะให้นักศึกษาที่เรียนเก่งกับเรียนไม่เก่งอยู่กลุ่มเดียวกัน และสามารถเปลี่ยนกลุ่มได้ตามความเหมาะสม

ตัวแปรที่ศึกษา

- 1 ตัวแปรต้น คือ วิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์
- 2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่สูงขึ้น

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. วิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ เป็นวิธีสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญครูจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเตรียมสื่อหรือนวัตกรรมให้สอดคล้องตามความต้องการเรียนรู้ของนักศึกษา
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของนักศึกษาที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นข้อสอบที่ครูสร้างขึ้นมาเอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้วิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์
2. ครูผู้สอนมีโอกาสนำมาพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนและนักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาและได้เรียนรู้ในสิ่งที่ตนสนใจจะ เรียนรู้

บทที่ 2

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์

หมายถึง กระบวนการขั้นตอน วิธีการหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่จะช่วยให้การดำเนินงานเป็นกลุ่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือได้ทั้งผลงานที่ดี และได้ทั้งความรู้สึกร่วมและความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้ร่วมงานการสอนโดยใช้กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ มีลักษณะดังนี้

1. ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้นักศึกษามีโอกาสเข้าร่วมในกิจกรรมการเรียนอย่างทั่วถึงและมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. ยึดกลุ่มเป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญ เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้พูดคุย ปรึกษาหารือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์ซึ่งกันและกันอันจะช่วยให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของตนเองและผู้อื่น และเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้สามารถอยู่และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดีอีกทั้งจะช่วยให้นักศึกษาได้เรียนรู้ข้อมูลและทัศนที่กว้างและหลากหลาย
3. ยึดการค้นพบด้วยตนเองครูจะเป็นผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาได้ค้นหาและค้นพบคำตอบด้วยตนเองซึ่งจะมีผลให้นักศึกษาจดจำได้ดี
4. เน้นกระบวนการควบคู่ไปกับผลงาน โดยการส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดวิเคราะห์ถึงกระบวนการกลุ่มและกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดผลงานซึ่งประสิทธิภาพของผลงานขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกระบวนการด้วยการเรียนรู้กระบวนการจึงจำเป็นที่จะช่วยให้ผลงานดีขึ้น
5. เน้นการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน โดยให้ผู้เรียนมีโอกาสคิดหาแนวทางที่จะนำความรู้ ความเข้าใจในชีวิตประจำวัน

กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้หลักการสอนของกลุ่มสัมพันธ์มีลักษณะดังนี้

1. กิจกรรมให้ผู้เรียนกระทำ เพื่อให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ กิจกรรมจะมีลักษณะเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างทั่วถึงและมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. กิจกรรมมีลักษณะเป็นกิจกรรมกลุ่มย่อย ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมอย่างทั่วถึง สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลความคิดเห็นและประสบการณ์ซึ่งกันและกันได้
3. กิจกรรมมีลักษณะที่นักศึกษาจะต้องค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ครูจะทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ มากกว่าทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้
4. กิจกรรมประกอบไปด้วยขั้นตอนของการวิเคราะห์และอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น กระบวนการทำงาน กระบวนการแก้ปัญหา ฯลฯ ซึ่งมีผลต่อการทำงานและผลงาน
5. กิจกรรมประกอบไปด้วยอธิบาย หาวิธีการและแนวทางในการนำการเรียนรู้ที่รับไปใช้จริงในชีวิตประจำวัน

ขั้นตอน

1. จุดมุ่งหมาย

(ครูต้องศึกษาแผนการสอน เนื้อหา และตั้งจุดมุ่งหมายการสอน)

ด้านเนื้อหา (จุดมุ่งหมายทั่วไป)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำ หรือขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก ตามหลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งประกอบด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) และขดลวดสนามแม่เหล็ก (Fielding Winding) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ความยาวของขดลวดตัวนำและความเร็วรอบของการหมุนตัด เมื่อขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก 2 ขั้ว ได้หนึ่งรอบทำให้ได้รูปคลื่นไซน์ 1 ไซเคิล เป็นมุม 360 องศาไฟฟ้า หรือ 2π เรเดียน ดังนั้นความถี่ (f) ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก ($P/2$) และความเร็วรอบของการหมุน (N) จะมีความสัมพันธ์ ดังนี้
$$f = \frac{NP}{120}$$
 มีหน่วยเป็น Hz

ด้านกลุ่มสัมพันธ์ (จุดมุ่งหมายทั่วไป)

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

2. เนื้อหาหรือความคิดรวบยอด

(ครูต้องเข้าใจในเนื้อหาสาระและความคิดรวบยอด เพื่อใช้เป็นหลักในการออกแบบกิจกรรมสำหรับผู้เรียน)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำ หรือขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก ตามหลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งประกอบด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) และขดลวดสนามแม่เหล็ก (Fielding Winding) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ความยาวของขดลวดตัวนำและความเร็วรอบของการหมุนตัด

3. สื่อการเรียนการสอน

1. ใบความรู้หน่วยที่ 1 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ใบงานการทดลองที่ 1
3. หนังสือเรียนประกอบ ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า 2

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

ก. ขั้นนำ

1. เป็นการเตรียมพร้อมให้นักศึกษา และเป็นการทบทวน
2. ความรู้สร้างบรรยากาศให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้ที่จะตามมา

ข. ขั้นกิจกรรม

1. เป็นการให้นักศึกษาลงมือทำกิจกรรมที่เตรียมไว้เพื่อให้นักศึกษามีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการเรียนของตน และเพื่อให้นักศึกษาเกิดประสบการณ์
2. สามารถนำประสบการณ์ที่ได้มาวิเคราะห์ อภิปรายให้เกิดการเรียนรู้

ค. ขั้นตอนิปราย

1. เป็นการให้ผู้เรียน มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์
2. แสดงความคิด ความรู้สึก และการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นได้

ง. ขั้นสรุปและนำไปใช้

เป็นขั้นของการรวบรวมความคิดเห็นและข้อมูลต่าง ๆ จนได้ข้อสรุปที่ชัดเจน และเป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนนำเอาการเรียนรู้ไปปฏิบัติหรือใช้ในชีวิตประจำวัน

5. ประเมินผล

ครูจำเป็นต้องประเมินผลดูว่านักศึกษาได้รู้และบรรลุจุดหมายที่ตั้งไว้หรือไม่หรือควรกำหนดลงไปชัดเจนว่า จะต้องใช้วิธีการอะไรในการประเมินผล จุดมุ่งหมายแต่ละข้อ ทั้งด้านเนื้อหาและกลุ่มสัมพันธ์ โดยแบบทดสอบหลังเรียน

6. ภาคผนวก (รายละเอียดของสื่อ วัสดุต่าง ๆ ใบความรู้หรือสิ่งต่างๆ ที่ใช้)

ข้อดีของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์

1. ครูสามารถฝึกให้นักศึกษารู้จักวางแผนการทำงานก่อนลงมือทำงานร่วมกัน ทั้งยังสามารถฝึกให้รู้จักการแบ่งงานกันทำอย่างทั่วถึง การวางแผนการทำงาน และรู้จักแบ่งงานกันทำเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผลงานที่จะช่วยให้ผลงานมีคุณภาพมากขึ้น และเป็นการช่วยให้นักศึกษาได้เรียนรู้และฝึกฝนทักษะในการแสดงบทบาท หน้าที่ของผู้นำกลุ่มและสมาชิกกลุ่มที่ดี
2. ครูซักถามและให้นักศึกษาอภิปรายปัญหาในการทำงานกลุ่มว่ามีอะไรบ้างและควรแก้ไขอย่างไร เป็นสิ่งที่จะช่วยฝึกให้นักศึกษารู้จักวิเคราะห์ปัญหาของกลุ่มและหาหนทางแก้ปัญหากลุ่มเป็นทักษะที่สำคัญของการทำงานกลุ่มให้มีประสิทธิภาพ
3. ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาเป็นกรรมการตัดสินผลงานตามเกณฑ์ที่ให้ไว้แต่ต้นเป็นฝึกให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการตัดสินใจอย่างมีหลักการและเหตุผล เป็นการฝึกทักษะการทำงานกลุ่มที่ดี

ข้อจำกัด

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ ครูต้องคำนึงถึงหลักการการแบ่งกลุ่มขนาดของกลุ่มย่อย กิจกรรมบางประเภทต้องการกลุ่มขนาดเล็ก และบางกิจกรรมต้องการกลุ่มขนาดใหญ่ บางกิจกรรมสามารถยืดหยุ่นขนาดของกลุ่มได้ กลุ่มขนาดเล็กควรมีขนาด 3 คน ขนาดใหญ่ประมาณ 5 คน ขนาดที่เหมาะสมคือขนาด 3-5 คน

ลักษณะของสมาชิกในกลุ่ม การแบ่งกลุ่มโดยทั่วไปครูควรแบ่งกลุ่มโดยให้มีความสามารถแตกต่างกันไป เพื่อให้แต่ละกลุ่มมีทรัพยากรที่หลากหลายแตกต่างกันการแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจไม่ควรทำบ่อย เพราะจะทำให้สมาชิกขาดประสบการณ์ในการเข้ากลุ่มกับบุคคลที่ต่างๆ กันออกไป

บทบาทของครู

บทบาทในการเตรียมการสอน ครูจำเป็นต้องเตรียมตัวให้พร้อม เตรียมแผนการสอนให้ละเอียด พยายาม จัดลำดับการสอนให้เป็นไปอย่างเหมาะสม คัดกิจกรรมให้น่าสนใจและเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ไว้ให้เพียงพอและพร้อมที่จะนำไปใช้

บทบาทในการดำเนินกิจกรรมการสอน ครูควรพยายามทำหน้าที่ต่างๆ ต่อไปนี้

- สร้างบรรยากาศ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- รับฟังและสนับสนุน ส่งเสริมผู้เรียนให้มีกำลังใจที่จะเรียนรู้
- เปิดโอกาสและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้โดยทั่วถึงกัน
- อำนวยความสะดวกต่างๆ ให้กลุ่มทำงานโดยราบรื่น
- แสดงความคิดเห็นและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนตามวาระและโอกาสที่เหมาะสม
- สนับสนุน ส่งเสริม และนำทางให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิเคราะห์พฤติกรรมการณ์การเรียนรู้
- ช่วยเชื่อมโยงความคิดเห็นของผู้เรียนและสรุปผลการเรียนและสรุปผลการเรียนรู้ รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้นั้นไปใช้
- ควบคุมกระบวนการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

- 1 ศึกษาหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้และทำแผนการสอน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม กำหนดให้ดำเนินการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์
- 2 สร้างแบบประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน
- 3 จัดทำสื่อเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
- 4 ดำเนินการสอนตามลำดับดังนี้
 1. ทดสอบก่อนเรียน
 2. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์
 3. ทดสอบหลังเรียน
- 5 วิเคราะห์ผลการประเมินด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้ค่าสถิติดังนี้
 1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) เพื่อหาระดับคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษา
 2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เพื่อหาค่าการกระจายของคะแนนของนักศึกษา
 3. ค่า t-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1.ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (MEAN)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า $\bar{X}$ เป็นค่ากลางของจำนวนข้อมูล มีสูตรสำหรับการคิดคำนวณดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X = คะแนนดิบ

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนดิบ

N = จำนวนนักศึกษา

2.ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า SD เป็นค่าที่แสดงการกระจายของคะแนนดิบ ยิ่งค่า SD สูงมากเท่าใด แสดงว่าคะแนนของกลุ่มข้อมูลนั้นมีความแตกต่างกันมากเท่านั้น ค่า SD เข้าใกล้ 0 มากเท่าไร แสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อยมาก

$$SD = \frac{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{N(N-1)}$$

3.ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (Co-Efficient Variation)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า C.V เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการสอนของผู้สอน หมายถึง การประเมินความสามารถในการสอนให้เกิดผลสำเร็จ โดยประเมินจากคุณภาพการสอน หรือคุณภาพของผู้สอน ตามแผนการสอน

ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายก่อนเรียนและหลังเรียน

$$C.V = \frac{SD_1}{\bar{X}} \times 100$$

$$C.V = \frac{SD_2}{\bar{X}} \times 100$$

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร / กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักศึกษาปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม ของ วิทยาลัยเทคนิคบุรี ภาควิชาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 20 คน ซึ่งเลือกแบบเจาะจง (purposive samplim)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งจำนวนข้อสอบมี 10 ข้อ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลด้วยตนเอง

ระยะเวลาในการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา									
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. เสนอโครงร่างการวิจัย							↔			
2. จัดเตรียมเครื่องมือ								↔		
3. ดำเนินการวิจัย								↔		
4. วิเคราะห์ข้อมูล									↔	
5. รายงานผลการวิจัย									↔	

รายละเอียดงบประมาณ

ค่าตอบแทน ใช้สอย วัสดุ จำนวน 200 บาท (สองร้อยบาทถ้วน)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุมจำนวน 20 คน ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1

การประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียน คนที่	การประเมินผล			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	(X ₁)	(X ₁) ²	(X ₂)	(X ₂) ²
1	2	4	9	81
2	6	36	10	100
3	2	4	9	81
4	2	4	9	81
5	2	4	9	81
6	7	49	10	100
7	1	1	8	64
8	2	4	9	81
9	1	1	8	64
10	1	1	8	64
11	8	64	10	100
12	2	4	9	81
13	2	4	9	81
14	1	1	8	64
15	1	1	9	81
16	5	25	8	64
17	1	1	8	64
18	2	4	9	81
19	2	4	9	81
20	1	1	8	64
N=20	$\sum x_1 = 51$	$\sum x_1^2 = 217$	$\sum x_2 = 176$	$\sum x_2^2 = 1558$
	$(\bar{X}) = 2.55$		$(\bar{X}) = 8.8$	
	SD1 = 2.13		SD2 = 0.69	

จากตารางที่ 1 พบว่าการประเมินผลก่อนเรียนตามแผนการสอน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) = 2.55 ส่วนการประเมินหลังเรียนตามแผนการสอน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) = 8.8

เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการประเมินผลหลังเรียนพบว่ามีค่า $SD = 0.69$ ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าการประเมินผลก่อนเรียนคือ 2.13 จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูตามแผนการสอน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเกาะกลุ่มกันมากขึ้น และเมื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการสอนของครูด้วยค่า C.V พบว่า ค่า C.V = 7.84 % แสดงว่าผู้สอนมีคุณภาพในการจัดกิจกรรมการสอนอยู่ในระดับดี

สูตรที่ใช้วิเคราะห์ค่าสถิติ

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (MEAN)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า $\bar{X}$ เป็นค่ากลางของจำนวนข้อมูล มีสูตรสำหรับการคิดคำนวณดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X = คะแนนดิบ

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนดิบ

N = จำนวนนักศึกษา

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินก่อนเรียน

$$\bar{X} = \frac{\sum x_1}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{51}{20}$$

$$\bar{X} = 2.55$$

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินหลังเรียน

$$\bar{X} = \frac{\sum x_2}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{176}{20}$$

$$\bar{X} = 8.8$$

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า SD เป็นค่าที่แสดงการกระจายของคะแนนดิบ ยิ่งค่า SD สูงมากเท่าใด แสดงว่าคะแนนของกลุ่มข้อมูลนั้นมีความแตกต่างกันมากเท่านั้น ค่า SD เข้าใกล้ 0 มากเท่าไร แสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อยมาก

$$SD = \frac{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{N(N-1)}$$

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินก่อนเรียน

$$SD = \frac{\sqrt{(20 \times 217) - (51)^2}}{20(20-1)}$$

$$SD = \frac{\sqrt{(4340) - 2601}}{380}$$

$$SD = \frac{\sqrt{1739}}{380}$$

$$SD = \sqrt{4.57}$$

$$SD1 = 2.13$$

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินหลังเรียน

$$SD = \frac{\sqrt{N \sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}}{N(N-1)}$$

$$SD = \frac{\sqrt{(20 \times 1558) - (176)^2}}{20(20-1)}$$

$$SD = \frac{\sqrt{(31160) - 30976}}{380}$$

$$SD = \frac{\sqrt{184}}{380}$$

$$SD = \sqrt{0.48}$$

$$SD2 = 0.69$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (Co-Efficient Variation)

ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติว่า C.V เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการสอนของผู้สอน หมายถึง การประเมินความสามารถในการสอนให้เกิดผลสำเร็จ โดยประเมินจากคุณภาพการสอน หรือคุณภาพของผู้สอน ตามแผนการสอนในการวิจัยเชิงสังคมศาสตร์หรือการศึกษา:

CV < 10%: ดีเยี่ยม (Excellent) ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือสูงมาก

CV 10% - 20%: ดี/ยอมรับได้ (Good/Acceptable) เป็นค่าปกติที่พบได้ทั่วไปในชั้นเรียน

CV > 30%: เริ่มมีความเสี่ยง ข้อมูลกระจายตัวสูงเกินไป อาจต้องเช็คว่าคุณสมบัติยากไปหรือง่ายไปสำหรับบางคนไหม

ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายก่อนเรียน

$$C.V = \frac{SD_1}{\bar{X}} \times 100$$

$$C.V = \frac{2.13}{2.55} \times 100$$

$$C.V = 83.52$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายหลังเรียน

$$C.V = \frac{SD_2}{\bar{X}} \times 100$$

$$C.V = \frac{0.69}{8.8} \times 100$$

$$C.V = 7.84$$

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อศึกษาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชันปีที่ 2 วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยวิธีการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ของนักศึกษาในครั้งนี้มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ของนักศึกษาชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุมพบว่า การประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน ประเมินก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 2.55 ในขณะที่ทำการประเมินผลหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 8.8 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินผลก่อนเรียนซึ่งมีค่า 2.13 ในขณะที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินผลหลังเรียนมีค่า 0.69 ซึ่งเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลง แสดงให้เห็นว่าหลังเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนเกาะกลุ่มกันเป็นส่วนใหญ่ เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ตามแผนการสอนนี้ทำให้นักศึกษามีพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกาะกลุ่มกันมากขึ้น

จากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้ ผู้ทำการวิจัยได้ตรวจสอบประสิทธิภาพการสอนของครูด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (C.V) พบค่า $C.V = 7.84$ ซึ่งถือว่าคุณภาพการสอนในระดับดี

จึงอาจกล่าวได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการใช้สื่อหรือวิธีสอนหรือนวัตกรรมการเรียนการสอนตามแผนการสอน มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้น ปวส.2 กลุ่ม 1 สาขาวิชาไฟฟ้าควบคุม วิชาเครื่องกลไฟฟ้า2 (30104-2020) เรื่อง หลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ให้ดีขึ้นเป็นที่น่าพอใจ

ภาคผนวก

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 10
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5
1.สาระสำคัญ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำ หรือขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก ตามหลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งประกอบด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) และขดลวดสนามแม่เหล็ก (Fielding Winding) ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ความยาวของขดลวดตัวนำและความเร็วรอบของการหมุนตัด เมื่อขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก 2 ขั้ว ได้หนึ่งรอบทำให้ได้รูปคลื่นไซน์ 1 ไซเคิล เป็นมุม 360 องศาไฟฟ้า หรือ 2π เรเดียน ดังนั้นความถี่ (f) ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก ($P/2$) และความเร็วรอบของการหมุน (N) จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้ $f = \frac{NP}{120}$ มีหน่วยเป็น Hz 2.จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. บอกส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้ 2. อธิบายการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดได้ 3. อธิบายการเกิดรูปคลื่นไซน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ 4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความถี่ได้ 5. คำนวณหาค่าความถี่ ความเร็วรอบ และจำนวนขั้ว ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 6. มีความรับผิดชอบต่อน้ำที่ที่ได้รับมอบหมาย 7. มีความสนใจใฝ่รู้ 8. มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นกลุ่ม 9. ทำงานด้วยความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น 10. กล้าแสดงออกในการนำเสนอผลงาน 11. มีความซื่อสัตย์สุจริต ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบฝึกหัดเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 10
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5
3.เนื้อหาสาระการเรียนรู้ 3.1 ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3.2 การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด 3.3 การเกิดรูปคลื่นไซน์ 3.4 ความเร็วรอบและความถี่ 4. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ภาคทฤษฎี <u>การนำเข้าสู่บทเรียน</u> 4.1 เชื้อชื่อและตรวจการแต่งกายนักเรียน 4.2 แนะนำจุดประสงค์และขอบเขตเนื้อหา และเกณฑ์การวัดผลประเมินผล 4.3 ครูบรรยายบทนำและความเป็นมาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 4.4 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนในชั้นเรียนจำนวน 2-3 คน ร่วมแสดงความคิดเห็น 4.5 ครูกล่าวสรุปและเติมเต็มในสาระของความเป็นมาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ <u>ขั้นสอนและกิจกรรม</u> 4.6 ครูบรรยายเนื้อหาของหัวข้อย่อย ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์(Power Point) 4.7 สุ่มซักถามเนื้อหาตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด 4.8 แบ่งกลุ่มศึกษาข้อมูลและระดมสมองในเรื่องหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 4.9 กำหนดแบบประเมินพฤติกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนในกลุ่มประเมินซึ่งกันและกัน <u>ขั้นสรุปผล</u> 4.10 ครูสรุปเนื้อหาที่สอนและเน้นสาระสำคัญ 4.11 ครูมอบหมายให้สรุปงานกลุ่มที่ครูสอนส่งในครั้งต่อไป <u>ขั้นประเมินผล</u> 4.12 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบครั้งที่ 1 4.13 ให้นักเรียนช่วยตรวจแบบทดสอบ ประกาศผล ถ้ามีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ ให้นักเรียนมาเรียนเสริมนอกเวลา		

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สัปดาห์ที่ 1
		ชั่วโมงรวม 10
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5
ภาคปฏิบัติ <u>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน</u> 4.14 ครูอธิบาย แนะนำการใช้ชุดทดลองเครื่องกลไฟฟ้า <u>ขั้นสอนและกิจกรรม</u> 4.15 ครูอธิบายใบงานการทดลองที่ 1 โดยการสาธิตการต่อวงจร วัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และความเร็วรอบ <u>ขั้นทดลอง</u> 4.16 ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบงาน การทดลองที่ 1 ใ้ดูการทำงานของนักเรียนอย่างใกล้ชิด <u>ขั้นสรุป</u> 4.17 ร่วมกับนักเรียนสรุปผลการทดลอง <u>ขั้นประเมินผล</u> 4.18 ใช้คำถาม สังเกตการณ์ทำงาน และตรวจผลการปฏิบัติงาน 5.งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม 5.1 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1 5.2 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 5.3 ให้นักเรียนทำใบงานการทดลองที่ 1 5.4 ให้นักเรียนตอบคำถามท้ายใบงานการทดลองที่ 1 5.5 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ 6.1 สื่อสิ่งพิมพ์ 6.1.1 ใบความรู้หน่วยที่ 1 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 6.1.2 ใบงานการทดลองที่ 1 6.1.3 หนังสือประกอบ 6.1.3.1 ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า 2 6.1.3.2 ธวัชชัย อรรถวิบูลย์กุล. เครื่องกลไฟฟ้า 2 6.1.4 แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1 6.1.5 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1		

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 10
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5
6.1.6 แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 6.1.7 เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 6.1.8 แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 6.1.9 เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 6.2 สื่อโสตทัศน (ถ้ามี) 6.2.1 PowerPoint เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 6.2.2 คอมพิวเตอร์ 6.2.3 โปรเจคเตอร์ 6.2.4 เครื่องขยายเสียงช่วยสอน 6.3 หุ่นจำลองหรือของจริง (ถ้ามี) 6.3.1 ชุดประกอบเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ 6.4 อื่น ๆ (ถ้ามี) - 7.เอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ (ใบความรู้ ใบงาน ใบมอบหมายงาน ฯลฯ) 7.1 ใบความรู้หน่วยที่ 1 7.2 แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 7.3 เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 7.4 ใบงานหน่วยที่ 1 7.5 แบบทดสอบหน่วยที่ 1 7.6 เฉลยแบบทดสอบหน่วยที่ 1 8.การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น 8.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 8.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1																				
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1																				
		ชั่วโมงรวม 10																				
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5																				
9.การวัดและประเมินผล																						
การวัดผลการเรียน ใช้วิธีการทดสอบ ทำแบบฝึกหัด การปฏิบัติตามใบงาน การกำหนดสัดส่วนคะแนนยึดหลักเกณฑ์ของทางวิทยาลัย ดังนี้ คะแนนรวมทั้งหมด 100 % สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ <table><tr><td>1. คะแนนคุณธรรมจริยธรรม 20 % มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้</td><td></td></tr><tr><td> 1.1 ความรับผิดชอบ</td><td>4 %</td></tr><tr><td> 1.2 ความมีระเบียบวินัย</td><td>4 %</td></tr><tr><td> 1.3 ความขยันหมั่นเพียร</td><td>4 %</td></tr><tr><td> 1.4 ความซื่อสัตย์</td><td>4 %</td></tr><tr><td> 1.5 ความสุภาพและมีน้ำใจ</td><td>4 %</td></tr><tr><td>2. การทำแบบฝึกหัด</td><td>20 %</td></tr><tr><td>3. การปฏิบัติใบงาน</td><td>20 %</td></tr><tr><td>4. การทดสอบระหว่างเรียน</td><td>40 %</td></tr><tr><td>รวมคะแนนทั้งหมด</td><td>100 %</td></tr></table>			1. คะแนนคุณธรรมจริยธรรม 20 % มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้		1.1 ความรับผิดชอบ	4 %	1.2 ความมีระเบียบวินัย	4 %	1.3 ความขยันหมั่นเพียร	4 %	1.4 ความซื่อสัตย์	4 %	1.5 ความสุภาพและมีน้ำใจ	4 %	2. การทำแบบฝึกหัด	20 %	3. การปฏิบัติใบงาน	20 %	4. การทดสอบระหว่างเรียน	40 %	รวมคะแนนทั้งหมด	100 %
1. คะแนนคุณธรรมจริยธรรม 20 % มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้																						
1.1 ความรับผิดชอบ	4 %																					
1.2 ความมีระเบียบวินัย	4 %																					
1.3 ความขยันหมั่นเพียร	4 %																					
1.4 ความซื่อสัตย์	4 %																					
1.5 ความสุภาพและมีน้ำใจ	4 %																					
2. การทำแบบฝึกหัด	20 %																					
3. การปฏิบัติใบงาน	20 %																					
4. การทดสอบระหว่างเรียน	40 %																					
รวมคะแนนทั้งหมด	100 %																					

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะ	หน่วยที่ 1
	ชื่อหน่วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1
		ชั่วโมงรวม 10
ชื่อเรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		จำนวนชั่วโมง 5

10.บันทึกหลังสอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 2 สอนแผนกวิชา.....ระดับ.....

ปีที่.....กลุ่ม.....หน่วยที่ 1 เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

จำนวนนักเรียน.....คน เข้าเรียน.....คน ไม่เข้าเรียน.....คน

รายละเอียดการสอน

เนื้อหาที่สอน	ผลการสอน (จำนวนคน)	
	เข้าใจเนื้อหา	ไม่เข้าใจเนื้อหา
1. ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		
2. การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด		
3. การเกิดรูปคลื่นไซน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิด		
4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความถี่		

ผลการสอน.....

.....

.....

หมายเหตุ นักเรียนที่ไม่เข้าใจจะแก้ไขในการสอนครั้งต่อไปในวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

โดยจะดำเนินการสอนดังนี้

1.....

2.....

3.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายไพรัตน์ ปรานโชติ)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ทับข้อที่ถูกต้องที่สุด

- แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อนำไปใช้งานเกิดขึ้นจากส่วนใดของเครื่อง
 - ขดลวดโรเตอร์
 - ขดลวดอาร์โมเจอร์
 - เอ็กไซเตอร์
 - ขั้วแม่เหล็ก
- ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำหน้าที่อะไร
 - จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
 - ให้ความถี่เพิ่มขึ้น
 - สร้างขั้วแม่เหล็ก
 - ป้องกันการสั่นขณะหมุน
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำและกังหันแก๊สส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามักเป็นแบบใด
 - ขั้วแม่เหล็กเรียบ
 - ขั้วแม่เหล็กยื่น
 - ขั้วแม่เหล็กถาวร
 - ขั้วแม่เหล็กจาน
- แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นได้อย่างไร
 - ขดลวดวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก
 - ตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก
 - ตัวนำและแม่เหล็กเสียดสีกัน
 - ตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก
- เมื่อความเร็วในการหมุนตัดของขดลวดคงที่ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับอะไร
 - ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก
 - คุณสมบัติของลวดตัวนำและแม่เหล็ก
 - ความยาวของลวดตัวนำ
 - ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ขั้วแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดอาร์โมเจอร์ 2 รอบ จะได้รูปคลื่นกี่องศาทางไฟฟ้า
 - 720°
 - 640°
 - 540°
 - 360°
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 ขั้วแม่เหล็ก ถ้าต้องการเพิ่มความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะต้องทำอย่างไร
 - เพิ่มความเร็วรอบของตัวขับ
 - พันขดลวดใหม่
 - เพิ่มกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก
 - ลดโหลดให้น้อยลง

8. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมี 4 ขั้วแม่เหล็ก หมุนด้วยความเร็ว 1,800 รอบต่อนาที จะได้ความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นเท่าไร

ก. 70 Hz

ข. 60 Hz

ค. 50 Hz

ง. 40 Hz

9. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มี 2 ขั้วแม่เหล็ก ทำงานจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz ให้กับโหลดจะต้องนำตัวต้นกำลังมาขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยความเร็วรอบเท่าไร

ก. 3,500 รอบต่อนาที

ข. 3,000 รอบต่อนาที

ค. 2,000 รอบต่อนาที

ง. 1,500 รอบต่อนาที

10. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ถูกขับให้หมุนด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เพื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับโหลดด้วยความถี่ 50 Hz จงคำนวณหาจำนวนขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวนี้

ก. 54 ขั้ว

ข. 44 ขั้ว

ค. 34 ขั้ว

ง. 24 ขั้ว

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ทับข้อที่ถูกต้องที่สุด

- แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อนำไปใช้งานเกิดขึ้นจากส่วนใดของเครื่อง

ก. ขดลวดโรเตอร์	ข. ขดลวดอาร์โมเจอร์
ค. เอ็กไซเตอร์	ง. ขั้วแม่เหล็ก
- ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำหน้าที่อะไร

ก. จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	ข. ให้ความถี่เพิ่มขึ้น
ค. สร้างขั้วแม่เหล็ก	ง. ป้องกันการสั้นขณะหมุน
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำและกังหันแก๊สส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามักเป็นแบบใด

ก. ขั้วแม่เหล็กเรียบ	ข. ขั้วแม่เหล็กยื่น
ค. ขั้วแม่เหล็กถาวร	ง. ขั้วแม่เหล็กจาน
- แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นได้อย่างไร

ก. ขดลวดวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก	ข. ตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก
ค. ตัวนำและแม่เหล็กเสียดสีกัน	ง. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก
- เมื่อความเร็วในการหมุนตัดของขดลวดคงที่ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับอะไร

ก. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก	ข. คุณสมบัติของลวดตัวนำและแม่เหล็ก
ค. ความยาวของลวดตัวนำ	ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2 ขั้วแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดอาร์โมเจอร์ 2 รอบ จะได้รูปคลื่นกี่องศาทางไฟฟ้า

ก. 720°	ข. 640°
ค. 540°	ง. 360°
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 ขั้วแม่เหล็ก ถ้าต้องการเพิ่มความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะต้องทำอย่างไร

ก. เพิ่มความเร็วรอบของตัวขับ	ข. พันขดลวดใหม่
ค. เพิ่มกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก	ง. ลดโหลดให้น้อยลง

8. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมี 4 ขั้วแม่เหล็ก หมุนด้วยความเร็ว 1,800 รอบต่อนาที จะได้ความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นเท่าไร

ก. 70 Hz

ข. 60 Hz

ค. 50 Hz

ง. 40 Hz

9. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มี 2 ขั้วแม่เหล็ก ทำงานจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz ให้กับโหลดจะต้องนำตัวต้นกำลังมาขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยความเร็วรอบเท่าไร

ก. 3,500 รอบต่อนาที

ข. 3,000 รอบต่อนาที

ค. 2,000 รอบต่อนาที

ง. 1,500 รอบต่อนาที

10. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ถูกขับให้หมุนด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เพื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับโหลดด้วยความถี่ 50 Hz จงคำนวณหาจำนวนขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวนี้

ก. 54 ขั้ว

ข. 44 ขั้ว

ค. 34 ขั้ว

ง. 24 ขั้ว

สื่อการนำเสนอผลงาน PowerPoint
เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ



เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ
(Synchronous Generator)

**เครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกล
ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ผลิตไฟฟ้ากระแสลับ
โดยการเคลื่อนที่ตัดผ่านกันระหว่างขั้วแม่เหล็ก
กับขดลวดตัวนำ**

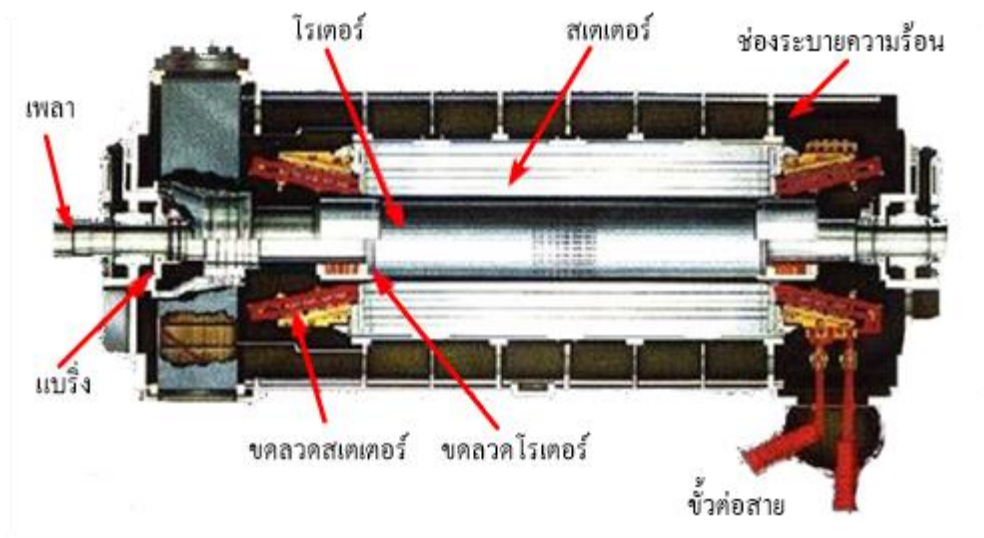
ส่วนประกอบ

โครงสเตเตอร์ (Stator Frame)

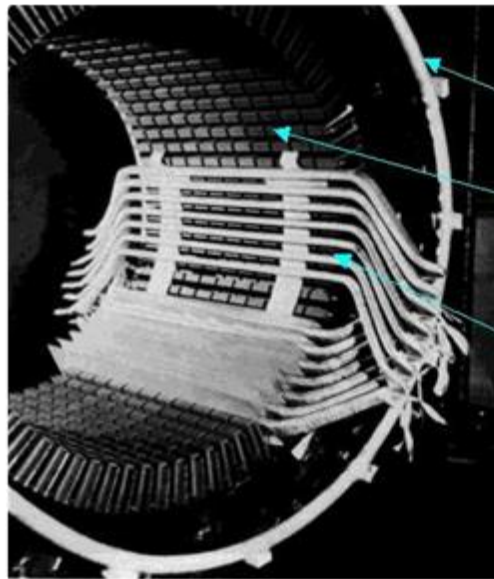
โรเตอร์ (Rotor)

- แบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Pole)
- แบบขั้วแม่เหล็กเรียบ (Smooth Cylindrical)
- ขดลวดแดมเปอร์ (Damper Winding)
- เอ็กไซเตอร์ (Exciter)

ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



การพันขดลวดสเตเตอร์

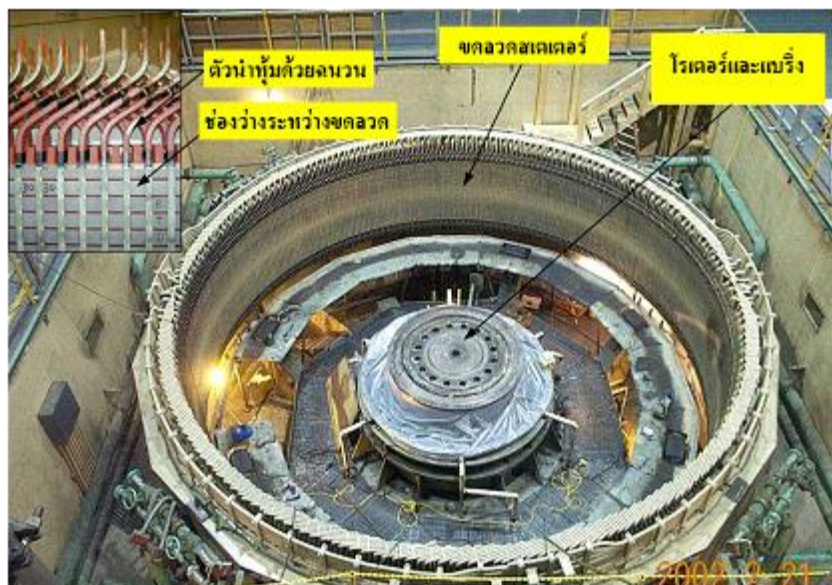


โครงเหล็ก

แกนเหล็กแผ่นบางๆ
ทำเป็นสล็อต อัดซ้อนกัน

ฉนวนหุ้มแท่งทองแดง

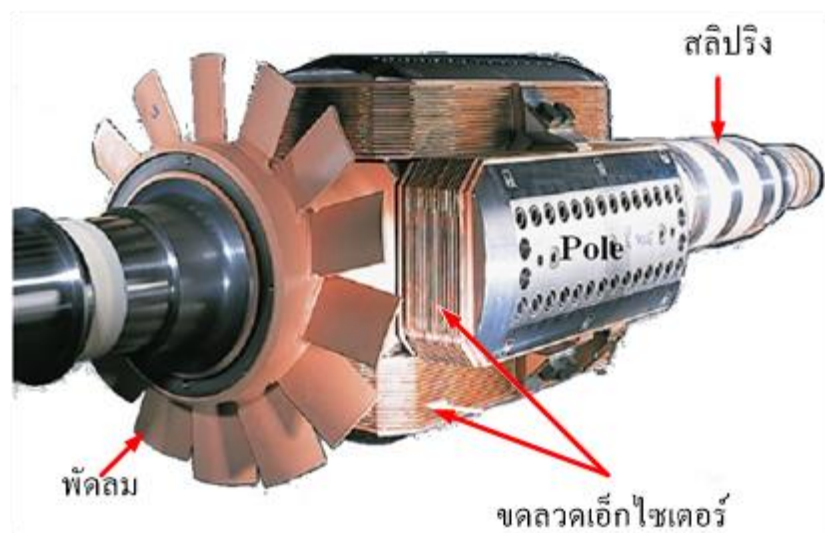
ขดลวดสเตเตอร์



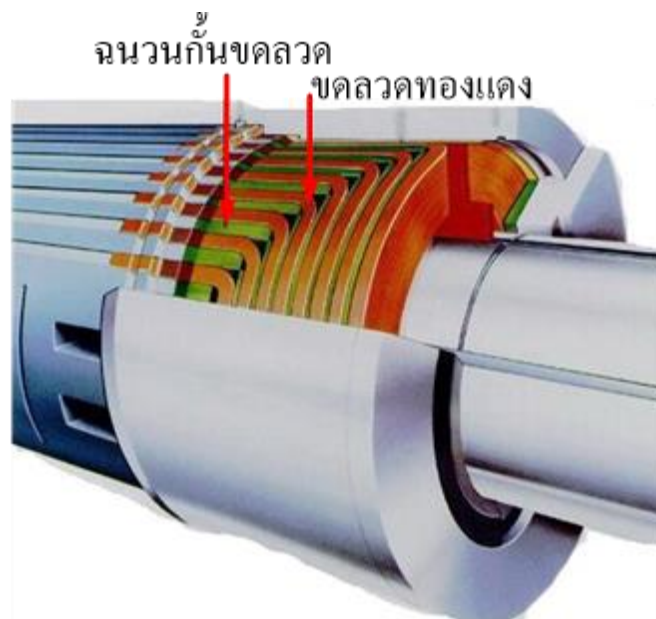
โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น



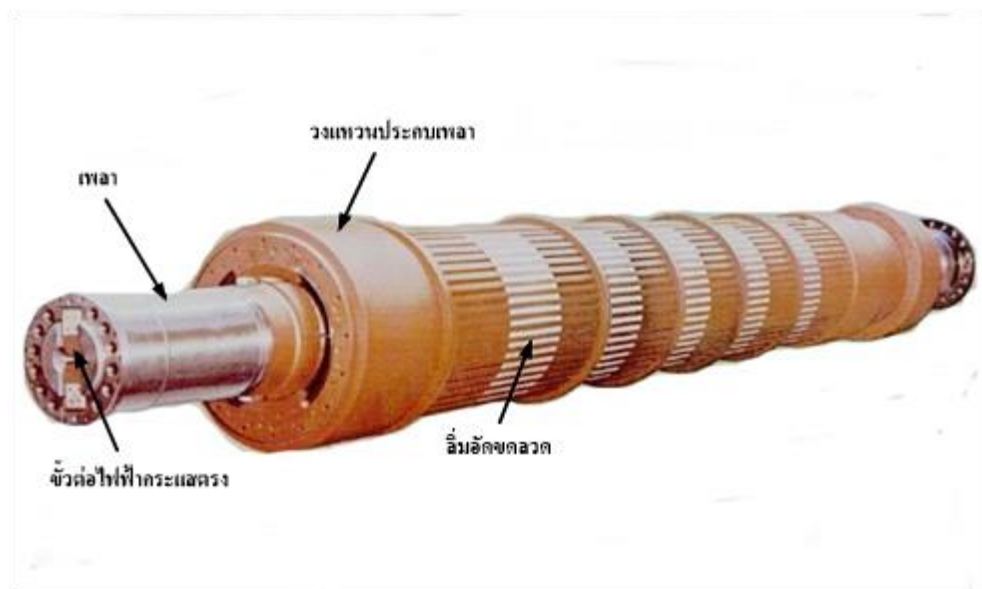
โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น



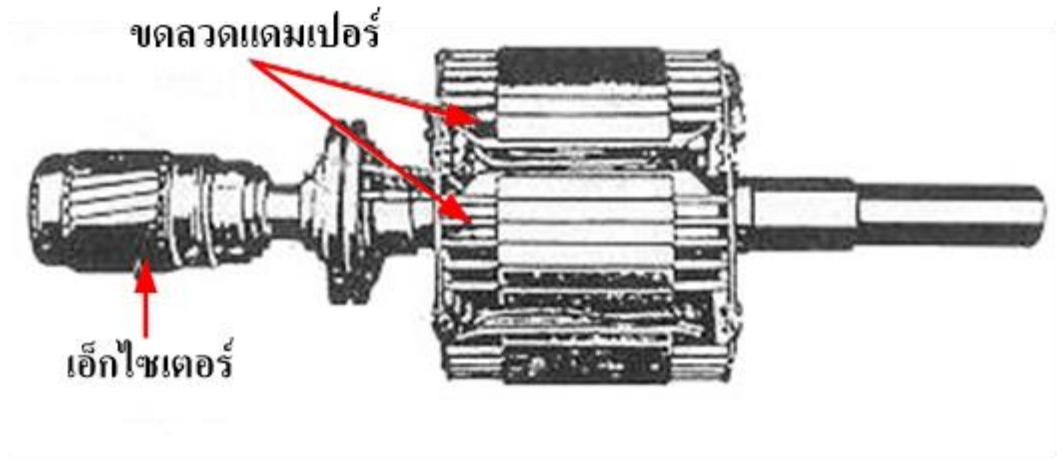
โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบ



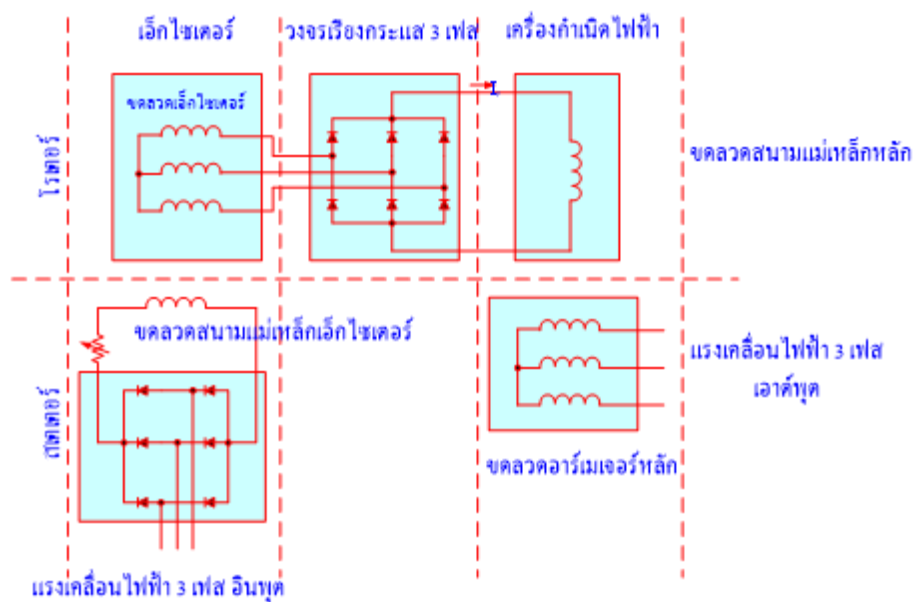
โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบ



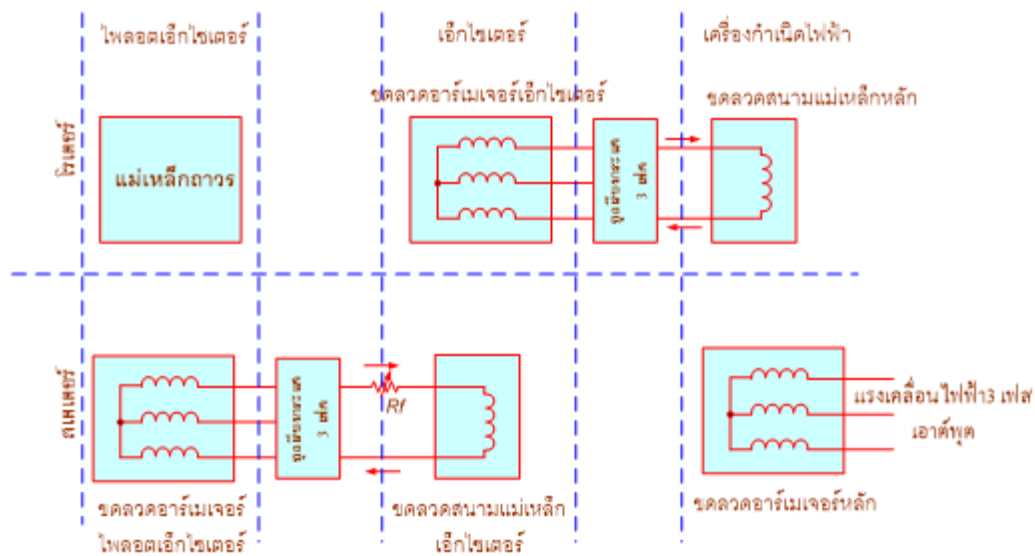
ขดลวดแถมเปอร์



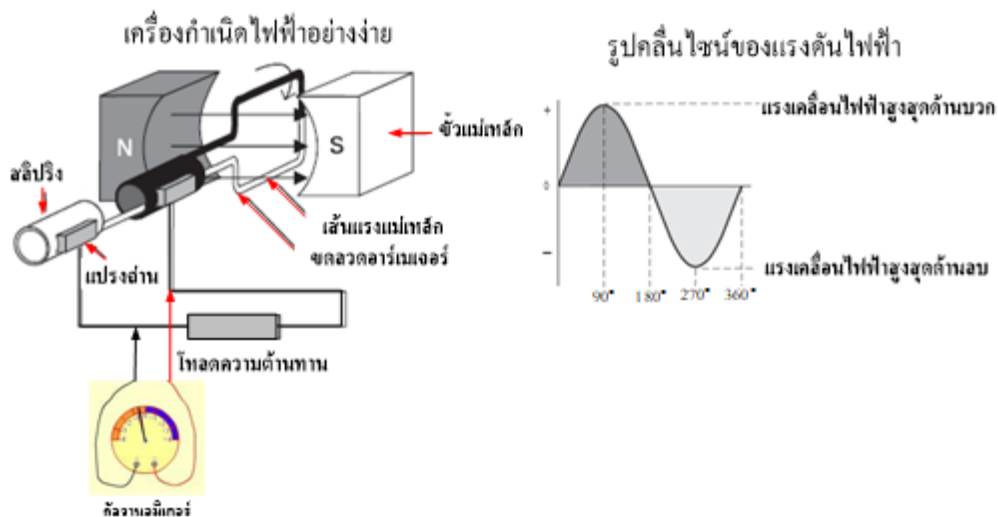
เอ็กไซเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน



เอ็กไซเตอร์แบบไร้แปรงถ่านและมีฟลอต

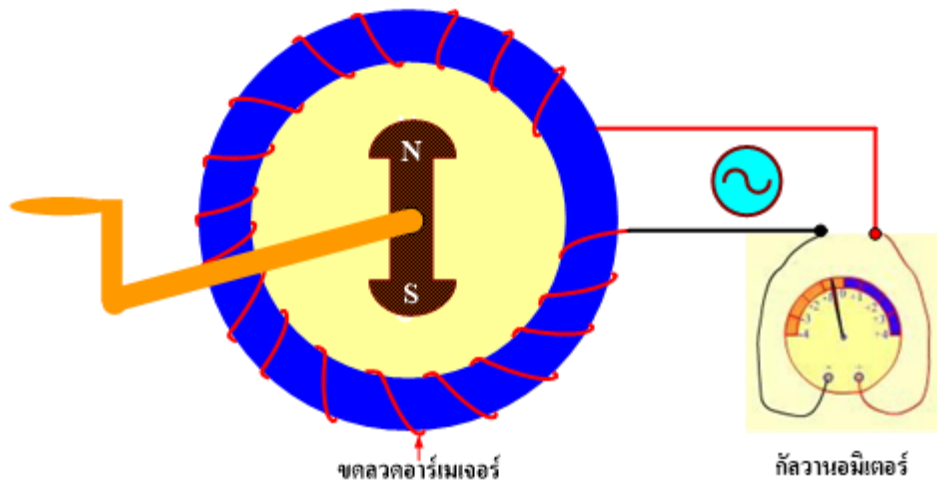


การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



ตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก

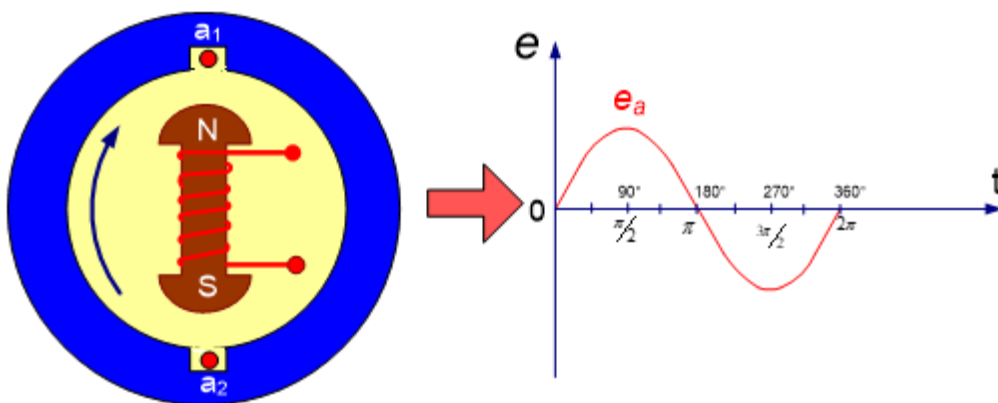
การเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



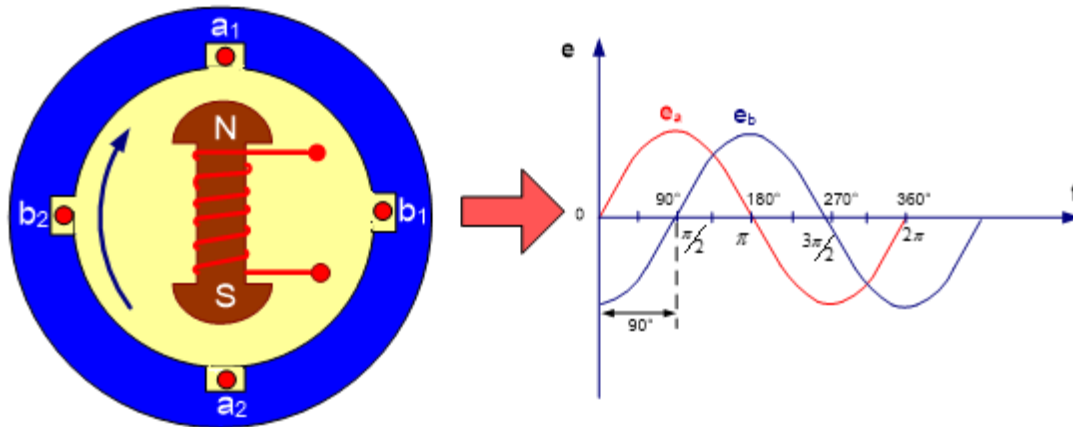
สนามแม่เหล็กหมุนตัดผ่านตัวนำ

รูปคลื่นไซน์

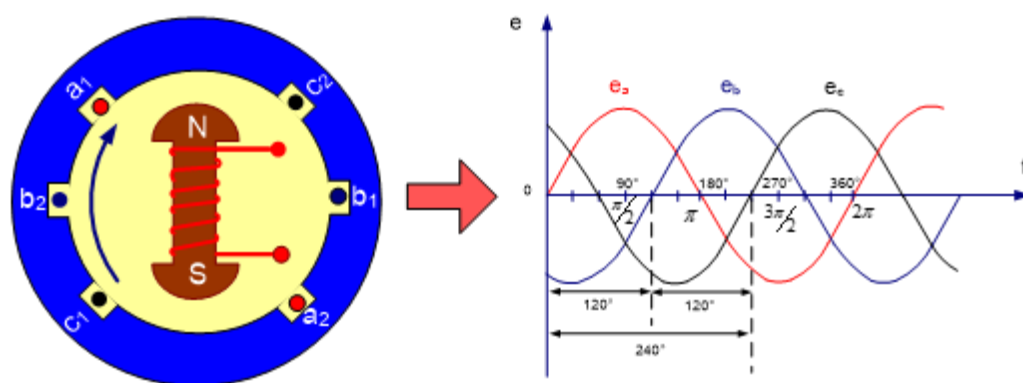
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส



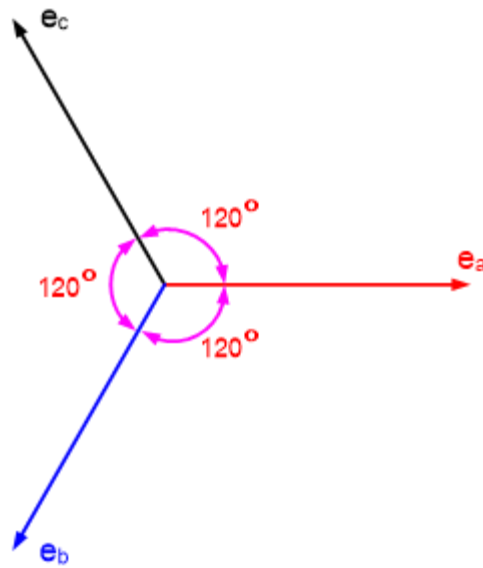
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เฟส



เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส



เวกเตอร์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

หมุนตามเข็มนาฬิกา

$$e_a = E_m \sin \omega t$$

$$e_b = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_c = E_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

หมุนทวนเข็มนาฬิกา

$$e_a = E_m \sin \omega t$$

$$e_b = E_m \sin(\omega t + 240^\circ)$$

$$e_c = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

ความเร็วรอบและความถี่

$$\theta_e = \theta_m \frac{P}{2}$$

$$f \propto \frac{P}{2}, f \propto n$$

$$N = \frac{120f}{P}$$

$$f = \frac{NP}{120}$$

ใบงานที่ 1

SINGLE PHASE ALTERNATOR NO-LOAD

วัตถุประสงค์

หลังจากที่นักศึกษาปฏิบัติการทดลองแล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังต่อไปนี้

1. บอกลักษณะของ Single phase alternator หรือ A.C. generator ได้
2. หาความสัมพันธ์ และคุณลักษณะของ
3. หาความสัมพันธ์ และคุณลักษณะของ $V_{out} = I_f g$ ได้
4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง V_{out} กับ จำนวนตัวนำใน Armature ได้
5. หาความสัมพันธ์ และคุณลักษณะของ $V_L = I_L$ ได้
6. หาความสัมพันธ์ และคุณลักษณะของ $P_{out} = I_L$
7. หาความสัมพันธ์ และคุณลักษณะของ $E_{ff} = I_L$
8. บอกถึง % Voltage regulation ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบ Separate-excited ได้

บทนำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอาจเรียกว่า Alternating current generator หรือ Alternator หรือ Synchronous generator ซึ่งจะเป็นตัวผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมา โดยสนามแม่เหล็ก (Magnetic field) หมุนตัดผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่กับที่ (Stationary coil) หรือโดย ขดลวดหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กที่อยู่กับที่ (Stationary magnetic field) ซึ่งส่วนที่หมุน หรือ เคลื่อนที่ จะเรียกว่า Rotor และส่วนที่อยู่กับที่ จะเรียกว่า Stator และขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะได้มาจากเครื่องกำเนิดขนาดเล็ก (Small- generator) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ (Large alternator) ปกติจะเป็น ชนิดสนามแม่เหล็กหมุน เพราะว่ายากต่อการพันขดลวดสนามแม่เหล็ก ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้นั้น จะนำไปจาก ขดลวดที่อยู่กับที่ สาเหตุที่นิยมใช้แบบสนามแม่เหล็กหมุนเพราะว่า ขดลวดสนามแม่เหล็กนั้นต้องการไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันต่ำๆ ดังนั้นน้ำหนักจึงน้อย

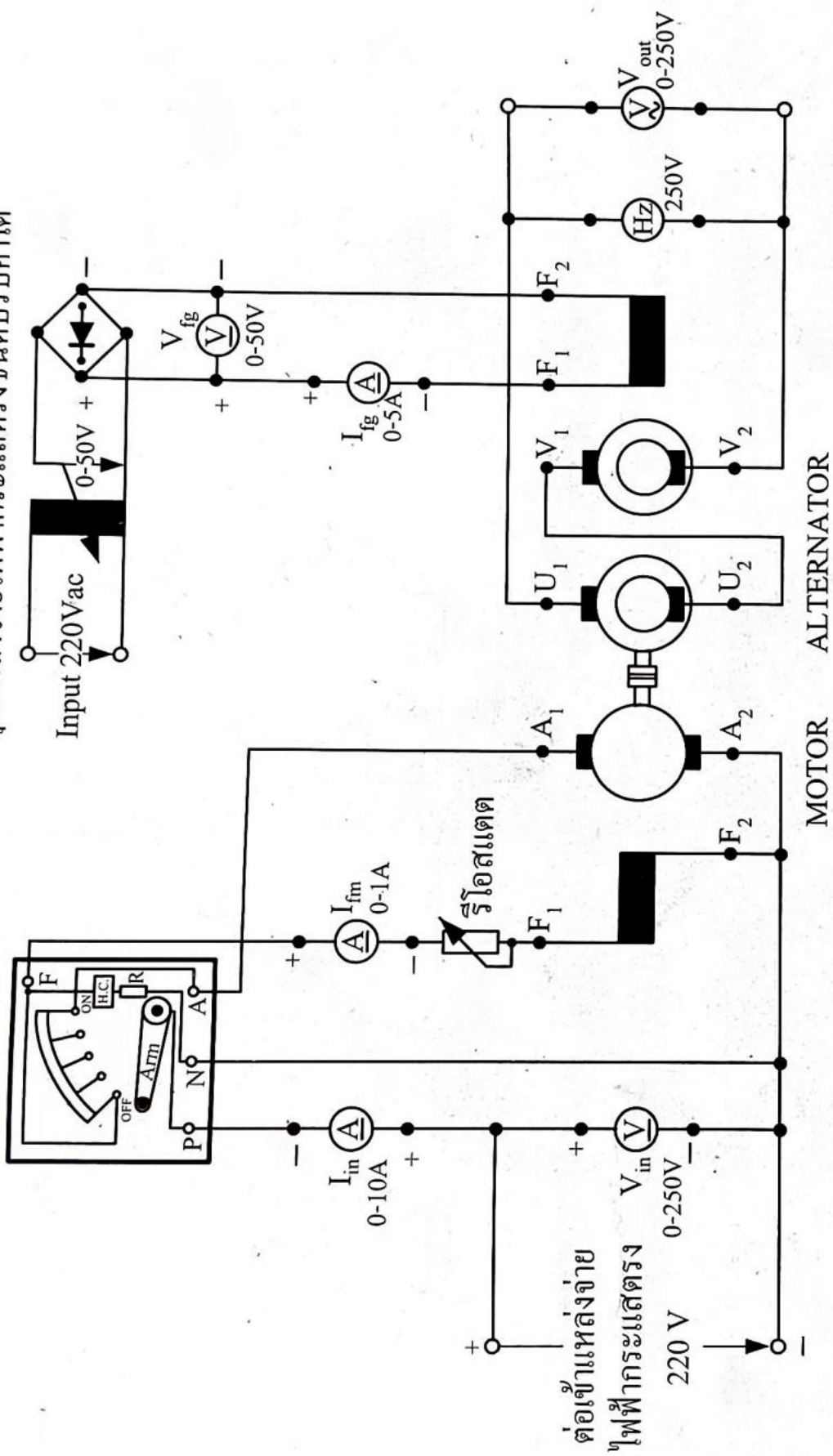
กำลังงานทางกลที่ใช้ขับ Alternator นั้นเป็นเครื่องกล (Machine) (Machine) หรือที่เรียกว่า prime-mover ระบบของ Alternator โดยทั่วไปจะเรียกชื่อตามลักษณะของ prime-mover. ที่นำมาขับเคลื่อนนั้น เช่น ในเครื่องกำเนิดขนาดใหญ่ใช้ Steam turbine เป็นตัวรับ ซึ่ง Steam turbine เป็นการนำน้ำไปต้ม ซึ่งอาจจะใช้ น้ำมัน ถ่านหิน แกส หรือ Nuclear ชื่อเพลิงในการต้มน้ำ ส่วนในเครื่องกำเนิดขนาดเล็ก มักจะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ เช่น Diesel oil, Gasoline และ Gas engine เป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุด

อุปกรณ์การทดลอง

- 1 ชุด Motor-Alternator set.
- 1 ชุด Four-point starter ,
- 1 ชุด Field rheostat ของ motor
- 1 ชุด D.C. power supply 220 V.
- 1 ชุด D.C. voltage regulator 0 - 30 V.
- 1 ตัว D.C. Voltmeter 0 - 30 V.
- 1 ตัว D.C. Voltmeter 0 - 250 V.
- 1 ตัว D.C. Ammeter 0 - 1 A.
- 1 ตัว D.C. Ammeter 0 - 5 A.
- 1 ตัว D.C. Ammeter 0 - 10 A.
- 1 ตัว A.C. Voltmeter 0 - 250 V.
- 1 ตัว A.C. Ammeter 0 - 5 A.
- 1 ตัว Frequency meter 250 V.
- 1 ตัว Single phase wattmeter 250 V. 5 A.
- 1 ตัว Tachometer (Speedometer)
- 1 ชุด Resistive load
- 1 ชุด Inductive load
- 1 ชุด Capacitive load

FOUR POINT STARTER

ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงชนิดปรับค่าได้



ลำดับชั้นการปฏิบัติการทดลอง

(การทดลองที่ 1 ขณะ No-load)

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1

$$I_{fg} = 0 \text{ A.}$$

4.5

3.5

தமிழக-

2.5

ตารางการทดลองที่ 1 เมื่อความเร็วรอบคงที่ 1500 รอบต่อนาที

[illegible]

ตารางการทดลองที่ 2 เมื่อ Field excited current มีค่า 3.5 A (คงที่)

N (rpm)										1600
Vout (V)										
f (Hz)										

ตารางการทดลองที่ 3 เมื่อ Field excited current มีค่า 2.5 A (คงที่)

N (rpm)										1600
Vout (V)										
f (Hz)										

11. จากตารางผลการทดลองที่ 1 ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ $V_{out} = f(I_{fg})$ และอธิบายผลที่ได้จากการทดลอง
12. จากตารางผลการทดลองที่ 2 และ 3 ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ $V_{out} = f(N)$ และอธิบายผลที่ได้จากการทดลอง
13. จากวงจรการทดลองที่ 1 ให้ปลด Slip-Ring ออก 1 ชุด โดยใช้เพียงชุดเดียว
14. ปฏิบัติการทดลองตามลำดับขั้นตอนการทดลองที่ 2 - 7 แล้วทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในตารางผลการทดลองที่ 4
15. ปรับ Field excited current ให้ลดลงเป็น 0 A. และปรับความเร็วรอบของ Prime-mover ให้มีความเร็วต่ำที่สุด แล้ว OFF วงจร

ตารางการทดลองที่ 4 เมื่อตัวนำเป็นครึ่งหนึ่ง

I_{fg} (A)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
V_{fg} (V)										
V_{out} (V)										
f (Hz)										

16. จากตารางการทดลองที่ 4 ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ V_{out} กับ I_{fg} เมื่อตัวนำเป็น $\frac{1}{2}$ ของทั้งหมด และอธิบายที่ได้จากการทดลอง

