



แผนการจัดการเรียนรู้ หม้อแปลงไฟฟ้า

รหัส 20104 - 2105

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2562
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

จัดทำโดย



บริษัท ซีเอดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

คำนำ

แผนการสอนบูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนี้ จัดทำขึ้นเพื่อนำมาใช้กับ รายวิชา **หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2105** จำนวน 2 หน่วยกิต 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ตาม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม เป็นแผนการสอนเพื่อ เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะและการบูรณาการ ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา เพื่อพัฒนาบทบาทของผู้เรียนให้ เป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และในบทบาทของผู้สอน เปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้ มาเป็นผู้ชี้แนะ พร้อมทั้งดำเนินการจัดสิ่งแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อความสนใจกับการเรียนรู้ของผู้เรียน จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเรียนรู้ ให้รู้จักร่วมคิดร่วมทำ รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความมีน้ำใจ เกิดทักษะความสามารถที่นำไปทำงานได้ มีความเชื่อมั่น มีความซื่อสัตย์และเป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณ ทศนคติที่ดีในวิชาชีพ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแผนการสอนนี้ จะช่วยสนับสนุนให้กระบวนการเรียนการสอนของครูและนักเรียนประสบผลสำเร็จดียิ่งขึ้น

อภิรักษ์ สุขเกษม

สารบัญ

ลักษณะรายวิชา	3
การเรียนรู้รายวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า	4
ตารางการวิเคราะห์หลักสูตร	6
หน่วยที่ 1 เรื่องหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	10
หน่วยที่ 2 เรื่องโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า	17
หน่วยที่ 3 เรื่องหลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า	24
หน่วยที่ 4 เรื่องสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	31
หน่วยที่ 5 เรื่องโหลดเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า	38
หน่วยที่ 6 เรื่องการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน	46
หน่วยที่ 7 เรื่องหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออกได้	53
หน่วยที่ 8 เรื่องการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก	60
หน่วยที่ 9 เรื่องการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า	67

แผนการจัดการเรียนรู้

รหัส 20104 - 2105 วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

จำนวน 2 หน่วยกิต 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง

1. รหัสและชื่อวิชา 20104 - 2105 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)
2. สภาพรายวิชา หมอววิชาชีพร สาขางานไฟฟ้ากำลัง วิชาชีพรสาขางาน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพร พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
3. พื้นฐาน งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น, วงจรไฟฟ้า และเครื่องกลไฟฟ้า
4. เวลาศึกษา เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ รวม 18 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 72 ชั่วโมง
ตลอดภาคเรียน และควรมีเวลาศึกษานอกเวลาเรียนอีก 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
5. หน่วยกิต 1 - 3 - 2 จำนวน 2 หน่วยกิต ทฤษฎีจำนวน 1 ชั่วโมง และปฏิบัติจำนวน 3 ชั่วโมง
รวมเป็น 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
6. จุดประสงค์รายวิชา
 1. เข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน ชนิด และขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า
 2. มีทักษะในการพันหม้อแปลง การนำไปใช้งาน และการบำรุงรักษา
 3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย
เป็นระเบียบ และตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
7. สมรรถนะรายวิชา
 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
 2. ปฏิบัติงานถอด พันขดลวด ต่อดวงจร ประกอบชิ้นส่วน และทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
 3. ซ่อมบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง ชนิด ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและหม้อแปลงความถี่สูง หลักการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลง หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้า การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก งานถอดประกอบชิ้นส่วนและหม้อแปลงไฟฟ้า งานออกแบบและสร้างบ๊อบบิ้นแปลงไฟฟ้า งานต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสตาร์เดลต้า งานทดสอบหาค่าการสูญเสียและแปลงไฟฟ้า งานกำหนดขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า งานขนานหม้อแปลงไฟฟ้า งานบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

การเรียนรู้รายวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า

หมวดวิชาชีพ สาขางานไฟฟ้ากำลัง

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

จำนวนหน่วยการเรียนรู้ 9 หน่วย

จำนวน 72 ชั่วโมง

บทที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวน ชั่วโมง
1	หลักการเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า	1.1 แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า 1.2 การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ 1.3 การเหนี่ยวนำ 1.4 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า 1.5 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1.6 การคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	4
2	โครงสร้างของ หม้อแปลงไฟฟ้า	2.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า 2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 2.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส 2.4 หม้อแปลงความถี่สูง	4
3	หลักการทำงาน และอัตราส่วนของ หม้อแปลงไฟฟ้า	3.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้า 3.2 สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3.3 อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า	8
4	สภาวะการทำงานของ หม้อแปลงไฟฟ้า	4.1 หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ 4.2 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด 4.3 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด 4.4 ชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า	8
5	โวลเตจเรกูเลชัน และประสิทธิภาพ หม้อแปลงไฟฟ้า	5.1 ความต้านทานสมมูล 5.2 รีแอกแตนซ์สมมูล 5.3 อิมพีแดนซ์สมมูล 5.4 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 5.5 โวลเตจเรกูเลชัน 5.6 ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า	8

บทที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวน ชั่วโมง
		5.7 ประสิทธิภาพตลอดวัน	
6	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า ใช้งาน	6.1 การตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า 6.2 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 6.3 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส	12
7	หม้อแปลงประกอบ เครื่องวัดและ หม้อแปลงออโต	7.1 หลักการทำงานหม้อแปลงประกอบ เครื่องวัด 7.2 หม้อแปลงกระแส 7.3 หม้อแปลงแรงดัน 7.4 หลักการทำงานหม้อแปลงออโต	4
8	การพันหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเล็ก	8.1 หลักการพันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 8.2 ขั้นตอนการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 8.3 ข้อควรระวังในการพันขดลวดตัวนำ	16
9	การบำรุงรักษา หม้อแปลงไฟฟ้า	9.1 การระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า 9.2 การควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.3 วิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 9.4 ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลง ไฟฟ้า 9.6 สมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า 9.7 ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า	4
		ประเมินผลปลายภาคเรียน	4

หน่วยที่	ชื่อหน่วย/หัวข้อย่อย	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการ								จำนวนคาบ (ชม.)
		พุทธินิสัย				ทักษะพิสัย		จิตพิสัย		
		1	2	3	4	1	2	1	2	
4	สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 4.1 หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ 4.2 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด 4.3 หม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด 4.4 ชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
5	โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า 5.1 ความต้านทานสมมูล 5.2 รีแอกแตนซ์สมมูล 5.3 อิมพีแดนซ์สมมูล 5.4 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 5.5 โวลเตจเรกูเลชัน 5.6 ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า 5.7 ประสิทธิภาพตลอดวัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
6	การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน 6.1 การตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า 6.2 การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 6.3 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12

หมายเหตุ : พุทธิพิสัย 1 = ความจำ 2 = ความเข้าใจ 3 = การนำไปใช้ 4 = สูงกว่า

จิตพิสัย 1 = การประเมินคุณค่า 2 = การจัดระบบ

ทักษะพิสัย 1 = การทำตามแบบ 2 = ความคิดริเริ่ม

หน่วยที่	ชื่อหน่วย/หัวข้อย่อย	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการ								จำนวนคาบ (ชม.)
		พุทธินิสัย				ทักษะพิสัย		จิตพิสัย		
		1	2	3	4	1	2	1	2	
7	หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออโต้ 7.1 หลักการทำงานหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้า 7.2 หม้อแปลงกระแส 7.3 หม้อแปลงแรงดัน 7.4 หลักการทำงานหม้อแปลงออโต้	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	4
8	การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 8.1 หลักการพันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 8.2 ขั้นตอนการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก 8.3 ข้อควรระวังในการพันขดลวดตัวนำ	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	4
9	การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.1 การระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า 9.2 การควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.3 วิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น 9.4 ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า 9.6 สมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า 9.7 ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	8

หน่วยที่ 1 หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 1

จำนวน 4 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

1. สารสำคัญ

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นวงกลมรอบๆ ตัวนำและเรียกสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ว่า “สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ” และความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ถ้ามีปริมาณมากก็ทำให้ตัวนำนั้นแสดงอำนาจแม่เหล็กมากตามไปด้วย แม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการคิดค้นและประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้กำลังงานและเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปต่างๆ อุปกรณ์ที่ถูกสร้างเพื่อใช้แม่เหล็กไฟฟ้าได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้ได้ประยุกต์และนำไปใช้ในการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. สามารถอธิบายหลักการของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. สามารถอธิบายหลักการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำได้
3. สามารถอธิบายหลักการเหนี่ยวนำได้
4. สามารถอธิบายการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้
5. สามารถหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
6. สามารถคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
7. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการเหนี่ยวนำ
4. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

5. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
6. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
7. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของแม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการเหนี่ยวนำได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้
5. นักเรียนสามารถหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
6. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
7. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. แม่เหล็กและแม่เหล็กไฟฟ้า
2. การเกิดสนามแม่เหล็กรอบตัวนำ
3. การเหนี่ยวนำ
4. การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
5. ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
6. การคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
 - กิจกรรมที่ 1.1 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 1.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 1.3 ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วย

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 1) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมเอกสารประกอบ การสอน
2. เตรียมสื่อการสอน
3. เตรียมการวัดผลประเมินผล

ขั้นตอนการ

1. แนะนำตัวผู้สอน ผู้เรียน ชื่อวิชา รหัสวิชา จุดประสงค์ของรายวิชา คำอธิบายรายวิชา เกณฑ์การประเมินผล
2. ชี้แจงแนวทางในการปฏิบัติตนเกี่ยวกับการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนและได้อบรมคุณลักษณะที่พึงประสงค์ คือเรื่องความ มีวินัย โดยเฉพาะการแต่งกาย และการตรงต่อเวลา
3. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงให้นมน้ำจิตใจให้ผู้เรียน เห็นเป้าหมายในการเรียน
4. อธิบายหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
5. สรุปหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน
3. แบบฝึกหัดประจำหน่วย
4. ทำแบบทดสอบ แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะดวก ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุธนาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ

- 1.1 ผู้เรียนวิเคราะห์หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ปรากฏ
- 1.2 ผู้เรียนวิเคราะห์หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าตามหลักทฤษฎี

2. ความมีเหตุผล

- 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาและหาเหตุผลในวิเคราะห์หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าตามหลักการ
- 2.2 ผู้เรียนวิเคราะห์หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าตามหลักการ

3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี

- 3.1 ผู้เรียนเห็นความสำคัญของหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- 3.2 ผู้เรียนศึกษาโดยคำนึงถึงสังคมและสิ่งแวดล้อม

4. เจื่อนไขความรู้

- ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

5. เจื่อนไขคุณธรรม

- ผู้เรียนมีมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ มีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. แผ่นใส
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ของจริง
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. สถานประกอบการต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. แบบฝึกหัด
2. ใบงาน
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน มีการปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. การทดลองตามใบงาน

4. ตรวจสอบแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจสอบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. แบบฝึกหัด
3. ใบงาน
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

มงคล ทองสงคราม. หม้อแปลงไฟฟ้า.

สัมพันธ์ หาญทะเล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 1

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. แม่เหล็กธรรมชาติกับแม่เหล็กประดิษฐ์ต่างกันอย่างไร
2. แม่เหล็กประดิษฐ์มีลักษณะอย่างไร
3. กฎของแมกซ์เวลล์กล่าวไว้ว่าอย่างไร
4. กฎของเลนซ์กล่าวไว้ว่าอย่างไร
5. กฎมือขวาของเฟรมมิ่งมีความหมายและความสำคัญอย่างไร
6. จงอธิบายหลักการเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance) มาให้เข้าใจ
7. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นได้อย่างไร
8. ไมเคิล ฟาราเดย์ ได้ทำการทดลองและค้นพบความจริงในเรื่องใด
9. ลวดตัวนำมีความยาว 120 เซนติเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 เมตร/วินาที ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น 1.75 เวเบอร์/ตารางเมตร แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด เมื่อลวดตัวนำเคลื่อนที่ท่ามุม 60 องศา กับสนามแม่เหล็ก
10. ลวดตัวนำมีความยาว 100 เซนติเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 เมตร/วินาที ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น 1.5 เวเบอร์/ตารางเมตร และเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 37.5 โวลต์ อยากทราบว่าลวดตัวนำจะต้องเคลื่อนที่ท่ามุมกี่องศา กับสนามแม่เหล็ก

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

สัปดาห์ที่ 1 วันที่ เวลา 4 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

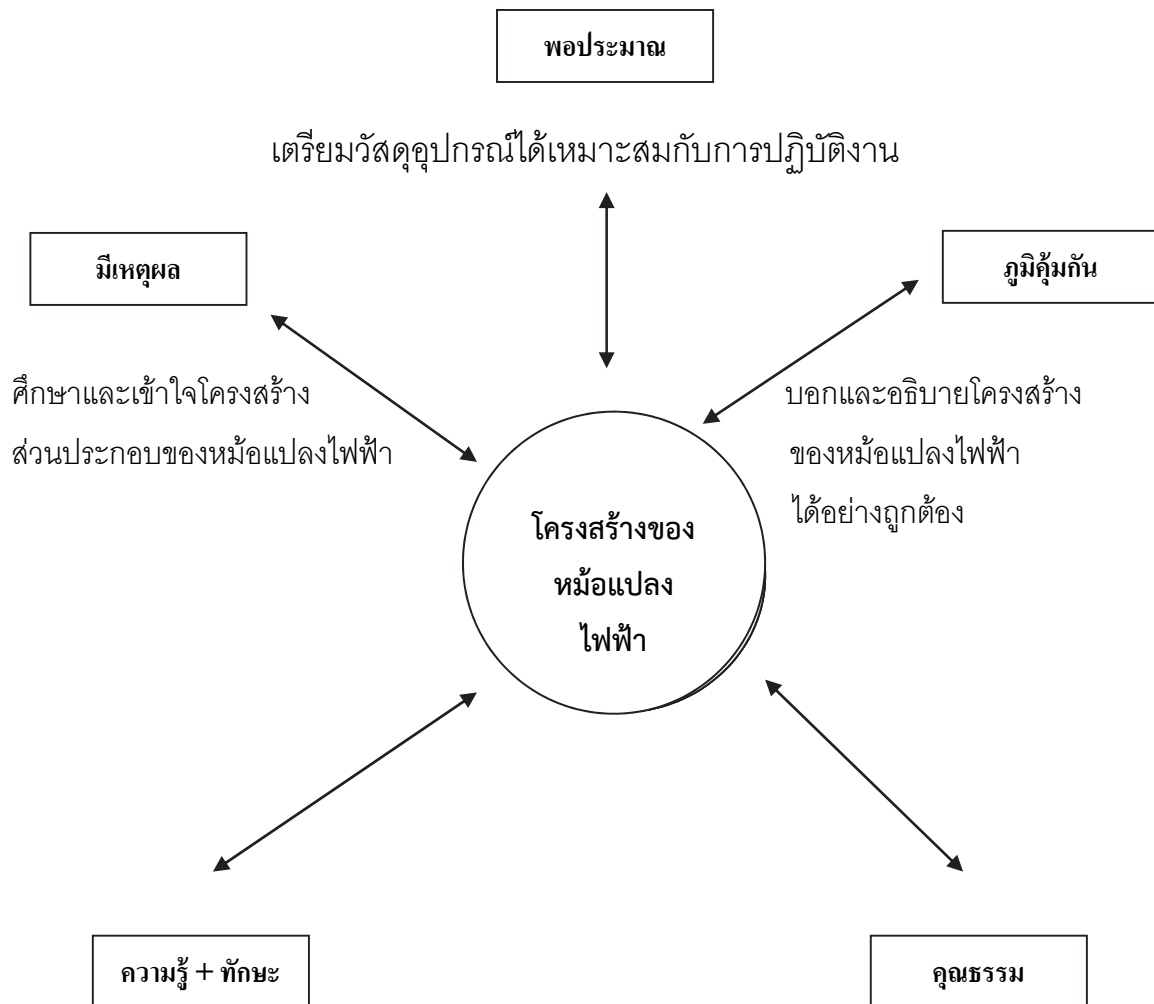
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 2 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



- | | |
|---|-----------------------|
| 1. โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส | - มีมนุษยสัมพันธ์ |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์ | - มีความสนใจใฝ่รู้ |
| 3. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชลล์ | - มีความรับผิดชอบ |
| | - มีความคิดสร้างสรรค์ |

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 2

จำนวน 4 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สาระสำคัญ

หม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ แกนเหล็ก ขดลวดตัวนำ และฉนวน ถ้าแบ่งตามลักษณะแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กและการนำไปใช้งาน ในหน่วยการเรียนนี้จะแบ่งได้ 5 แบบคือ แบบคอร์ แบบเชลล์ แบบทอลอยด์ แบบคัทคอร์ และแบบริงคอร์ ส่วนขดลวดตัวนำหม้อแปลงไฟฟ้าจะพันรอบแกนเหล็กไว้จำนวน 2 ขด ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ ฉนวนที่นำมาทำเป็นบ๊อบบินหรือฟอร์มคอยล์คือ กระดาษไฟเบอร์แดงกับฉนวนที่ป้องกันการลัดวงจรระหว่างขดลวดและแกนเหล็กคือ กระดาษหนัปลา หม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาใช้งานมีทั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟส และระบบ 3 เฟส หากเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่และมีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงๆ จะนิยมใช้แกนเหล็กแบบครุฑiform เพื่อช่วยให้ขดลวดตัวนำมีความแข็งแรงยึดติดกับแกนเหล็กทั้งนี้ยังช่วยลดการเกิดลี้กเกจฟลักซ์ด้วย

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงความถี่สูงได้
4. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงความถี่สูง
4. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. สามารถอธิบายลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ได้
3. สามารถอธิบายลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงความถี่สูงได้
4. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส
3. หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส
4. หม้อแปลงความถี่สูง
 - กิจกรรมที่ 2.1 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 2.2 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 2.3 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 2

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 2) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสาร การสอน และสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. อธิบายเรื่องโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
5. ลักษณะและการใช้งานของหม้อแปลงความถี่สูง
6. ให้ผู้เรียนช่วยกันอธิบายเรื่องโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 2
3. ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 2 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะดวก ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุธนาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ
 - 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
 - 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ความมีเหตุผล
 - 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหา แยกประเภทโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี
 - 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม
4. เจริญใจความรู้
 - ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
5. เจริญใจคุณธรรม
 - ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ของจริง
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. สถานประกอบการ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. แบบฝึกหัด
2. ใบงาน
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวังและมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
4. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. แบบฝึกหัด
3. ใบงาน
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

มงคล ทองสงคราม. หม้อแปลงไฟฟ้า.

สัมพันธ์ หาญชเล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 2

คำสั่งให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ามีอะไรบ้าง
2. แกนเหล็กلاميเนตมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าไหลวนอย่างไร
3. จงอธิบายลักษณะของขดลวดตัวนำที่ใช้พันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
4. ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิทำหน้าที่อย่างไร
5. ฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่และมีความสำคัญอย่างไร
6. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเซลล์มีลักษณะอย่างไร
7. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์หรือแบบเซลล์แบบใดจะมีคุณภาพที่ดีกว่ากัน
8. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบทอรอยด์มีลักษณะอย่างไร
9. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคัทคอร์มีลักษณะอย่างไร
10. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบริงคอร์มีลักษณะอย่างไร
11. หม้อแปลงไฟฟ้าลดแรงดัน (Step Down Transformer) และหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดัน (Step Up Transformer) มีความแตกต่างกันอย่างไร
12. หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส (Three Phase Transformer) เหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในลักษณะใด

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สัปดาห์ที่ 2

วันที่ เวลา 4 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 3 หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 3

จำนวน 8 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สาระสำคัญ

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำงานโดยไม่มีส่วนประกอบใดเลยเคลื่อนที่ หลักการทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำร่วมกันระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ โดยใช้แกนเหล็กเป็นเส้นทางเดินของวงจรแม่เหล็ก เมื่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (E_2) มีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (E_1) จะเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน หรือ $E_2 < E_1$ เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (E_2) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (E_1) จะเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มหรือ $E_2 > E_1$ เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (E_2) มีค่าเท่ากับด้านปฐมภูมิ (E_1) จะเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งต่อหนึ่ง หรือ $E_2 = E_1$ สำหรับอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าค่าคงที่ K มีชื่อเรียกว่า “อัตราส่วนของแรงดัน” หรือ “อัตราส่วนของจำนวนรอบ”

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
4. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้า
3. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. เพื่อให้ นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
4. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. หลักการทำงานของเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
3. อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - กิจกรรมที่ 3.1 ใบงานที่ 1
 - กิจกรรมที่ 3.2 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 3.3 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 3.4 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 3

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 3-4) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสารการสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องหลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. สรุปเรื่องหลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 3
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 3
4. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 3 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุธนาการศรษฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ

- 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
- 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาหลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

2. ความมีเหตุผล

- 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหา หลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี

- 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

4. เจื้อนไขความรูู้

- ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องหลักการทำงานและอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

5. เจื้อนไขคุณธรรม

- ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวังและมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงานโดยใช้วิธีการสังเกต
4. ตรวจสอบแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจสอบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

มงคล ทองสงคราม. หม้อแปลงไฟฟ้า.

สัมพันธ์ หาญชล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 3

คำสั่งให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่อย่างไร
2. เหตุใดหม้อแปลงไฟฟ้าจึงต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ
3. อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า (K) มีค่าน้อยกว่า 1 และ (K) มีมากกว่า 1 คืออะไร
4. จงเขียนสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดปฐมภูมิ และอธิบายความหมายของค่าต่างๆ ในสมการ
5. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งต่อหนึ่งมีลักษณะที่แตกต่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดันอย่างไร
6. เหตุใดหม้อแปลงไฟฟ้าจึงนิยมบอกขนาดพิกัดเป็นโวลต์-แอมแปร์
7. ข้อกำหนดทางไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้ามีอะไรบ้าง
8. หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถจำแนกตามขนาดกำลังไฟฟ้าได้หลายขนาด มีอะไรบ้าง
9. หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟสตัวหนึ่ง พิกัด 150 KVA ใช้กับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ และระดับแรงดันไฟฟ้า 22,000 V/220 V ความหนาแน่นสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็ก 4.5 เวเบอร์/ตารางเมตร และมีพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก 390 ตารางเซนติเมตร จงคำนวณหา
 - 9.1 กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_1) และกระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (I_2)
 - 9.2 จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (N_1) และจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (N_2)
 - 9.3 กำลังไฟฟ้าด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ (VA)
 - 9.4 อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า (K) หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถจำแนกตามขนาดกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สัปดาห์ที่ 3 - 4

วันที่ เวลา 8 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

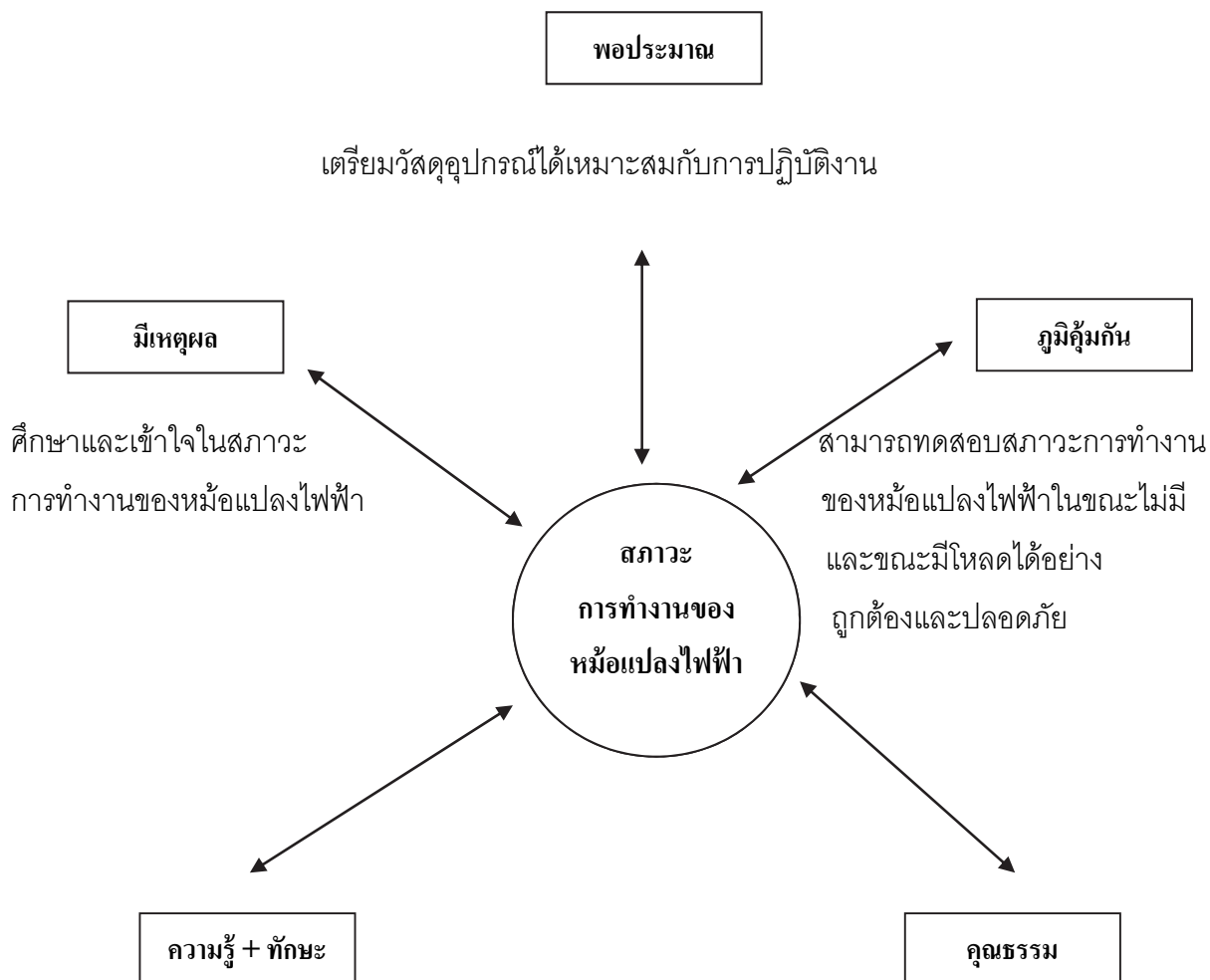
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 4 สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ 2. หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด 3. หม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด 4. ชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า | <ul style="list-style-type: none"> - มีมนุษยสัมพันธ์ - มีความสนใจใฝ่รู้ - มีความรับผิดชอบ - มีความคิดสร้างสรรค์ |
|--|---|

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 4

จำนวน 8 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย สภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สาระสำคัญ

หม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะที่ไม่มีโหลดจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิน้อยมาก กระแสไฟฟ้าในขณะไม่มีโหลด (I_0) จะมีค่าประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ของกระแสพิกัด กระแส I_0 ประกอบด้วยกระแสไฟฟ้า 2 ส่วนคือ กระแสใช้งาน และกระแสแมกเนไทซ์ แต่ยังคงมีการสูญเสียโดยเกิดขึ้นในรูปของความร้อน มีผลมาจากกระแสไหลวนและฮิสเตอรีซิส หม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะที่มีโหลดจะมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ เมื่อนำโหลดมาต่อเข้ากับปลายสายขดลวดทุติยภูมิ ขนาดและมุมต่างเฟสของกระแสไฟฟ้า (I_2) เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (V_2) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดหรือเพาเวอร์แฟกเตอร์ของโหลด ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิดคือ (1) รีซิสตีฟโหลด เป็นโหลดชนิดความต้านทาน มีค่า Power Factor เท่ากับหนึ่ง (Unity) (2) อินดักทีฟโหลด เป็นโหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำ มีค่า Power Factor ล้าหลัง (Lagging) (3) คาปาซิทีฟโหลด เป็นโหลดชนิดตัวเก็บประจุ มีค่า Power Factor นำหน้า (Leading)

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ ได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลดได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด
4. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า
5. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ ได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลดได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในสภาวะต่างๆ
2. หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด
3. หม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลด
4. ชนิดของโหลดที่นำมาต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า
 - กิจกรรมที่ 4.1 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 4.2 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 4.3 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 4

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 5) ขั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสาร การสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงให้นม่น้ำใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. ให้ผู้เรียนช่วยกันอธิบายเรื่องสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 4
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 4 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุคลิกภาพเชรชฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ
 - 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
 - 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ความมีเหตุผล
 - 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหา ประเภทสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี
 - 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม
4. เจริญไขความรูู้
 - ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจถูกต้องในเรื่องสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
5. เจริญไขคุณธรรม
 - ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. ของจริง
4. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนโดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงานโดยใช้วิธีการสังเกต
4. ตรวจแบบฝึกหัดโดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

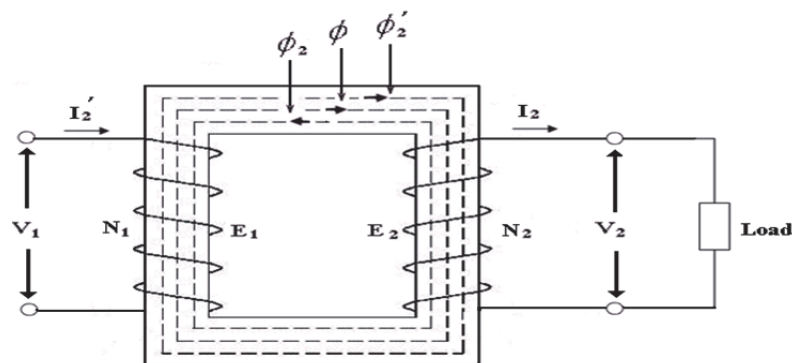
10. เอกสารอ้างอิง

สัมพันธ์ หาญชล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 4

คำสั่งให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติมีลักษณะอย่างไร
2. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหลักการทำงานอย่างไร
3. หม้อแปลงไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดมีลักษณะอย่างไร
4. โหลดที่นำมาต่อร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่ชนิดแต่ละชนิดมีลักษณะแบบใด
5. จงอธิบายความหมายจากรูปเมื่อนำโหลดเข้ามาต่อที่ปลายสายขดลวดทุติยภูมิ



6. แอมแปร์-เทินหมายถึงอะไร
7. กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงหมายถึงอะไร
8. จงอธิบายลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีค่า Power Factor แบบ Unity, Lagging, Leading
9. หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส ขนาดพิกัด 4,400 V/400 V ทำงานในขณะไม่มีโหลด มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิ 0.85 แอมแปร์ ที่ Power Factor 0.6 ถ้าหาล้าง จงคำนวณหา
 - 9.1 กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก (I_w)
 - 9.2 กระแสไฟฟ้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก (I_μ)
10. หม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียวตัวหนึ่ง มีพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ 2,200 V/220 V ใช้กับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ในขณะไม่มีโหลด มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิ 1.25 แอมแปร์ที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.55 ถ้าหาล้าง เมื่อนำโหลดมาต่อกับขดลวดทุติยภูมิมีกระแสไฟฟ้าไหล 150 แอมแปร์ เพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.75 ถ้าหาล้าง จงคำนวณหา
 - 10.1 กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_1)
 - 10.2 เขียนเวกเตอร์ไดอะแกรม

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 สัปดาห์ที่ 5 - 6

วันที่ เวลา 8 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

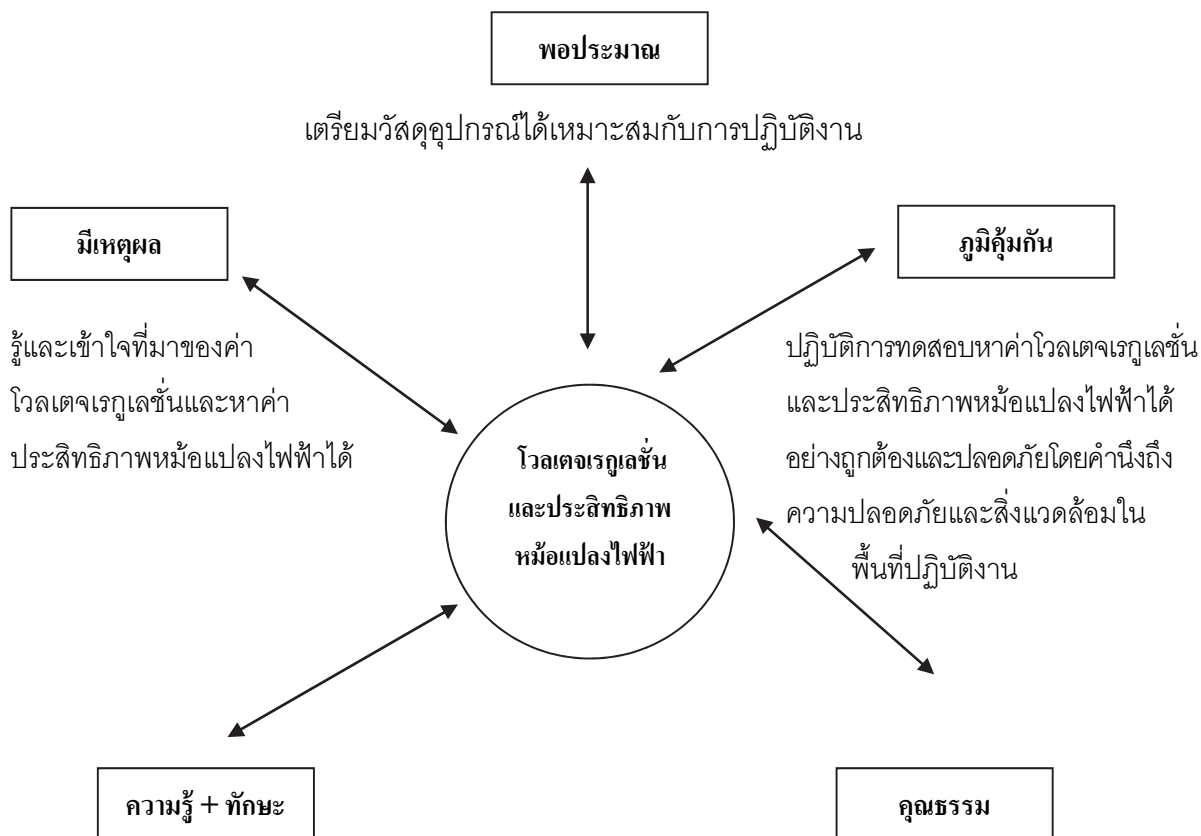
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 5 โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



1. ความต้านทานสมมูล
2. รีแอกแตนซ์สมมูล
3. อิมพีแดนซ์สมมูล
4. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
5. โวลเตจเรกูเลชัน
6. ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
7. ประสิทธิภาพตลอดวัน

- มีมนุษยสัมพันธ์
- มีความสนใจใฝ่รู้
- มีความรับผิดชอบ
- มีความคิดสร้างสรรค์

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 5

จำนวน 8 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สารสำคัญ

เมื่อขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงได้รับแรงดันไฟฟ้าในสภาวะปกติและยังไม่มีภาระจ่ายโหลด แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ขั้วจะมีค่าสูง แต่เมื่อนำโหลดมาต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วหรือแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยขึ้นอยู่กับชนิดของโหลดที่นำมาต่อ เมื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วในขณะไม่มีโหลดและขณะมีโหลดมาเปรียบเทียบ ผลของแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันนี้เรียกว่า **โวลเตจเรกูเลชัน** สำหรับ **ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า** จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับ การสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องมาจากการสูญเสียในแกนเหล็ก การสูญเสียในขดลวดทองแดง และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในขณะมีโหลดด้วย ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าตลอดวันจะพิจารณาบางช่วงเวลา ซึ่งในบางช่วงเวลานั้นมีการจ่ายโหลดที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ในช่วงเวลานั้นๆ

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายค่าความต้านทานสมมูล ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล และค่าอิมพีแดนซ์สมมูลได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
4. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพตลอดวันของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
6. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจค่าความต้านทานสมมูล ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล และค่าอิมพีแดนซ์สมมูล
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้า
4. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
5. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจประสิทธิภาพตลอดวันของหม้อแปลงไฟฟ้า
6. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายค่าความต้านทานสมมูล ค่ารีแอกแตนซ์สมมูล และค่าอิมพีแดนซ์สมมูลได้
2. อธิบายการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. คำนวณหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
4. คำนวณหาค่าประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. คำนวณหาค่าประสิทธิภาพตลอดวันของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
6. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. ความต้านทานสมมูล
2. รีแอกแตนซ์สมมูล
3. อิมพีแดนซ์สมมูล
4. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
5. โวลเตจเรกูเลชัน
6. ประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
7. ประสิทธิภาพตลอดวัน
 - กิจกรรมที่ 5.1 ใบงานที่ 2 - 4
 - กิจกรรมที่ 5.2 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 5.3 แบบทดสอบหลังเรียน 5
 - กิจกรรมที่ 5.3 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 5

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 6 - 8) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสาร การสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ชั้นดำเนินการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายโวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

ชั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องโวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 2 - 4
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 5
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 5 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุธนาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ
 - 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
 - 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาโวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้าตามแบบการทดลอง
2. ความมีเหตุผล
 - 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาโวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า
3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี
 - 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

4. เจาะลึกความรู้

- ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องโวลเตจเรกูละชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

5. เจาะลึกคุณธรรม

- ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน มีการปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

3. ใบงาน โดยใช้วิธีการสังเกตและสรุปผลการทดลอง
4. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

มงคล ทองสงคราม. หม้อแปลงไฟฟ้า.

สัมพันธ์ หาญชล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 5

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ความต้านทานสมมูลของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิคืออะไร
2. รีแอกแตนซ์สมมูลของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิคืออะไร
3. อิมพีแดนซ์สมมูลคืออะไร
4. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่ออะไร
5. การสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่ส่วน อะไรบ้าง
6. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจรมีจุดประสงค์เพื่ออะไร
7. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจรมีจุดประสงค์เพื่ออะไร
8. โวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้าหมายถึงอะไร
9. โหลดทางไฟฟ้าที่นำมาต่อใช้งานร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่ชนิด และมีลักษณะอย่างไร
10. ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าคืออะไร
11. หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 KVA มีระดับแรงดันไฟฟ้า 2,200/220 โวลต์ตัวหนึ่งมีค่าความต้านทาน $R_1 = 3.75$ โอห์ม และ $R_2 = 0.012$ โอห์ม มีค่าลิกเกจรีแอกแตนซ์ $X_1 = 5$ โอห์ม และ $X_2 = 0.25$ โอห์ม จงคำนวณหา
 - 11.1 ค่า R_{01} และ R_{02}
 - 11.2 ค่า X_{01} และ X_{02}
 - 11.3 ค่า Z_{01} และ Z_{02}
 - 11.4 กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ
 - 11.5 ค่ากำลังสูญเสียในขดลวดทองแดง

12. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 10 KVA ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 2,200/200 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ มีค่าความต้านทานด้านแรงดันสูง 0.55 โอห์ม และด้านแรงดันต่ำ 0.125 โอห์ม ค่ารีแอ็กแตนซ์ด้านแรงดันสูงเท่ากับ 0.8 โอห์ม ด้านแรงดันต่ำ 0.15 โอห์ม จงคำนวณหาค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด เมื่อทดสอบในสภาวะลัดวงจร
 - 12.1 ค่า R_{01} , X_{01} , Z_{01}
 - 12.2 ค่ากระแสไฟฟ้าเต็มพิกัดด้านขดลวดแรงดันสูงจากแอมมิเตอร์
 - 12.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขดลวดแรงดันสูงจากโวลต์มิเตอร์
 - 12.4 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดงจากวัตต์มิเตอร์
13. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 2,200/220 โวลต์ มีค่าความต้านทานและค่ารีแอ็กแตนซ์ด้านปฐมภูมิ 0.8 โอห์ม และ 5 โอห์มตามลำดับ มีค่าความต้านทานและค่ารีแอ็กแตนซ์ด้านทุติยภูมิ 0.055 โอห์ม และ 0.175 โอห์ม ตามลำดับ เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดเท่ากับ 160 แอมแปร์ จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชัน
 - 13.1 Unity u Power u Factor (มีค่าเป็นหนึ่ง)
 - 13.2 Lagging Power Factor (มีค่าเท่ากับ 0.8 ล้าหลัง)
 - 13.3 Leading Power Factor (มีค่าเท่ากับ 0.8 นำหน้า)
14. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 50 KVA ที่พิกัดแรงดัน 2,200/220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก 350 วัตต์ ขดลวดปฐมภูมิมีค่าความต้านทาน 1.8 โอห์ม ขดลวดทุติยภูมิมีค่าความต้านทาน 0.15 โอห์ม ถ้าเพาเวอร์แฟกเตอร์ขณะมีโหลดเท่ากับ 0.8 ล้าหลัง จงคำนวณหา
 - 14.1 ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด
 - 14.2 ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อจ่ายโหลดครึ่งหนึ่งของพิกัด
15. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 10 KVA เมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดเกิดการสูญเสียในขดลวดทองแดง 500 วัตต์ และการสูญเสียในแกนเหล็ก 100 วัตต์ จงคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อจ่ายโหลดดังนี้
 - 15.1 ทำงานโดยไม่มีโหลดจำนวน 6 ชั่วโมง
 - 15.2 จ่ายโหลดเต็มพิกัดที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.8 ล้าหลัง นาน 12 ชั่วโมง
 - 15.3 จ่ายโหลดครึ่งหนึ่งของพิกัดที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.75 ล้าหลัง นาน 6 ชั่วโมง

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สอนครั้งที่ 7 - 8

สัปดาห์ที่ วันที่ เวลา 8 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 6 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 6

จำนวน 12 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน

1. สำคัญ

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้น ก่อนที่จะนำหม้อแปลงไฟฟ้ามาต่อใช้งานร่วมกัน ก็ควรที่จะดำเนินการตรวจสอบหาข้อบกพร่องและกำหนดข้อของหม้อแปลงไฟฟ้าให้ถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่นำมาต่อใช้งานร่วมกัน ในการขนานหม้อแปลงควรรู้ว่ามีพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดเดียวกันหรือไม่ การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ทำได้โดยการนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสจำนวน 3 ตัวมาต่อแบบวาย-วาย (Y-Y), แบบเดลต้า-เดลต้า (Δ - Δ), แบบวาย-เดลต้า (Y- Δ), แบบเดลต้า-วาย (Δ -Y) เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด และการต่อแบบโอเพ่นเดลต้า (V) เป็นการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส จำนวน 2 ตัว มาต่อเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจ่ายโหลดเพียง 58% ของกำลังเอาต์พุตทั้งหมด

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายการตรวจสอบข้อของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสได้
4. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจการตรวจสอบข้อของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า
3. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส
4. เพื่อให้ นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายการตรวจสอบข้อผิดพลาดของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. สามารถอธิบายการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. สามารถอธิบายการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสได้
4. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. การเรียนรู้

1. การตรวจสอบข้อผิดพลาดของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า
3. การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส
 - กิจกรรมที่ 6.1 ใบงานที่ 5 - 11
 - กิจกรรมที่ 6.2 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 6.3 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 6.4 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 6

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 9 - 12) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสาร การสอน และสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน
4. สรุปเรื่องการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน
2. ให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 5 - 1
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 6
4. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 6 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุธนาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความพอประมาณ
 - 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
 - 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติตามวิธีการศึกษาการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานตามแบบการทดลอง
2. ความมีเหตุผล
 - 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานตามหลักการ
3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี
 - 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติตามการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม
4. เจริญใจความรู้
 - ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งาน
5. เจริญใจคุณธรรม
 - ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ของจริง
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงาน โดยวิธีการสังเกตการทำงาน
4. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย**10. เอกสารอ้างอิง**

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 6

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. การตรวจสอบข้อข้อของหม้อแปลงไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่ออะไร
2. การกำหนดข้อข้อของหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่แบบ และมีอะไรบ้าง
3. หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีลำดับข้อข้อไม่เหมือนกัน ถ้าต้องการนำมาต่อขนานกันจะต้องคำนึงถึงความจำเป็นในข้อข้อใดบ้าง
4. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 3 ตัว กับหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส ตัวเดียวต่างกันอย่างไร
5. เหตุผลใดจึงต้องนำหม้อแปลงไฟฟ้ามาต่อขนานรวมกัน
6. การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส มีกี่วิธีและมีอะไรบ้าง
7. หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสในระบบจำหน่ายจะนิยมต่อวงจรขดลวดเป็นแบบใด
8. หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถ้ามีสายต่อออกจากข้อข้อของขดลวดแรงดันต่ำ (ขดทุติยภูมิ) จำนวน 4 สาย อยากทราบว่าขดลวดด้านแรงดันต่ำเป็นแบบใดและมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าอย่างไร
9. จงเขียนวงจรการต่อขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-สตาร์ (Y-Y) และอธิบายวิธีการต่อเพื่อนำไปใช้งานให้เข้าใจ
10. เหตุผลใดจึงต้องมีการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบโอเพ่นเดลต้า มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร อธิบายให้เข้าใจ

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

สัปดาห์ที่ 9 - 11 วันที่ เวลา 12 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

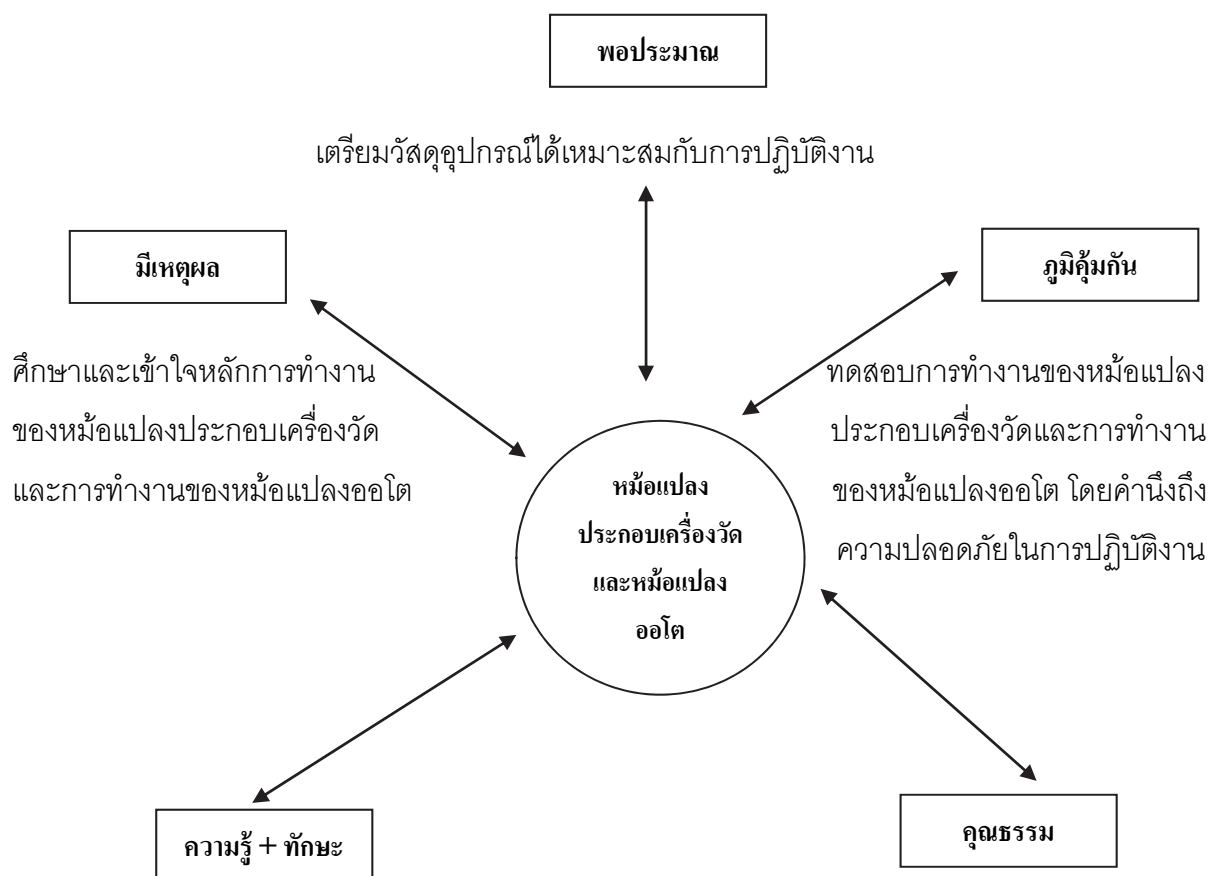
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 7 หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออโต้

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



1. หม้อแปลงประกอบเครื่องวัด
 - หม้อแปลงกระแส CT
 - หม้อแปลงแรงดัน PT
2. หม้อแปลงออโต้

- มีมนุษยสัมพันธ์
- มีความสนใจใฝ่รู้
- มีความรับผิดชอบ
- มีความคิดสร้างสรรค์

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 7

จำนวน 4 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าและหม้อแปลงออโต้

1. สำคัญ

หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าหาของกระแสไฟฟ้า และค่าของแรงดันไฟฟ้าสูงๆ เนื่องจากเครื่องวัดทั้งแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ไม่สามารถนำมาใช้ในการวัดและอ่านค่าได้โดยตรง เพื่อเป็นการแก้ปัญหาจึงต้องนำหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดเข้ามาช่วยซึ่งมีใช้งานอยู่ 2 ชนิดคือ หม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน ทำหน้าที่ลดกระแสและแรงดันให้เหมาะสมกับย่านวัดของเครื่องวัดไฟฟ้า และหม้อแปลงออโต้คือ หม้อแปลงที่มีขดลวดเพียง 1 ชุด ทำหน้าที่เป็นทั้งขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ บางครั้งเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบขดลวดร่วม หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “วาริเอก” นิยมนำมาใช้งานการเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงออโต้ได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายข้อดีของหม้อแปลงออโต้ได้
4. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการทำงานของหม้อแปลงประกอบเครื่องวัด
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการทำงานของหม้อแปลงออโต้
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจข้อดีของหม้อแปลงออโต้
4. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดได้
2. สามารถอธิบายหลักการทำงานของหม้อแปลงอัตโนมัติได้
3. สามารถอธิบายข้อดีของหม้อแปลงอัตโนมัติได้
4. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. หลักการทำงานของหม้อแปลงประกอบเครื่องวัด
2. หลักการทำงานของหม้อแปลงอัตโนมัติ
3. ข้อดีของหม้อแปลงอัตโนมัติ
 - กิจกรรมที่ 7.1 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 7.2 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 7.3 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 7

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 15 - 17) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสาร การสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นดำเนินการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงให้นำนาวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงอัตโนมัติ
4. สรุปเรื่องหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงอัตโนมัติ

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงออโต
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 7
3. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 7 แล้วประเมินผล
4. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
5. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุคลิกภาพศรัทธาพอเพียง

1. ความพอประมาณ

- 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
- 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงออโต

2. ความมีเหตุผล

- 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงออโต

3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี

- 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

4. เจียมใจความรู้

- ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องหม้อแปลงประกอบเครื่องวัดและหม้อแปลงออโต

5. เจียมใจคุณธรรม

- ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. ของจริง
4. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงาน โดยใช้วิธีการสังเกตจากการทดลอง
4. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 7

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. หม้อแปลงออโตกับหม้อแปลงไฟฟ้าอัตโนมัติมีความแตกต่างและเหมือนกันอย่างไร
2. เคอร์เรนซ์ทรานส์ฟอร์เมอร์มีหน้าที่อย่างไร
3. โฟเทนเชียลทรานส์ฟอร์เมอร์มีหน้าที่อย่างไร
4. หม้อแปลงออโตแบบเพิ่มแรงดันมีหน้าที่อย่างไร
5. หม้อแปลงออโตแบบลดแรงดันมีหน้าที่อย่างไร
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าวาริแอค (Variac) เกี่ยวพันกับหม้อแปลงออโตอย่างไร
7. คอนดักเพาเวอร์และทรานส์ฟอร์มเพาเวอร์หมายถึงอะไร
8. ข้อดีของหม้อแปลงออโตมีอะไรบ้าง
9. เมื่อนำแอมมิเตอร์ขนาด 5 แอมแปร์ มาต่อร่วมกับหม้อแปลงกระแส (CT) มีอัตราส่วนเท่ากับ 200/5A หากแอมมิเตอร์ที่นำมาต่ออ่านค่าได้ 3.75 แอมแปร์ อยากทราบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดมีค่าเท่าใด
10. เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ขนาด 110 โวลต์ มาต่อเข้ากับหม้อแปลงแรงดัน (PT) มีอัตราส่วนเท่ากับ 33,000 V/110 V ถ้าโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้เท่ากับ 105 โวลต์ อยากทราบว่าแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีค่าเท่าใด
11. หม้อแปลงออโตมีแรงดันอินพุต 220 โวลต์ต่อกับขดลวดในช่วง ac มีแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ 110 โวลต์ ซึ่งต่ออยู่กับโหลดความต้านทานขนาด 15 โอห์ม ต่อเข้ากับขดลวดในช่วง bc จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าผ่านโหลดความต้านทานและกำลังเอาต์พุตหม้อแปลงเมื่อ $P_f = 1$
12. หม้อแปลงออโตมีแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต 110 โวลต์ ต่อกับขดลวดในช่วง bc มีแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ 220 โวลต์ ซึ่งต่ออยู่กับโหลดความต้านทาน 20 โอห์มต่อกับขดลวดในช่วง ac จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าผ่านโหลดความต้านทานและกำลังเอาต์พุตหม้อแปลง เมื่อ $P_f = 1$

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัสวิชา 2104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 7

สัปดาห์ที่ 12 วันที่ เวลา 4 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

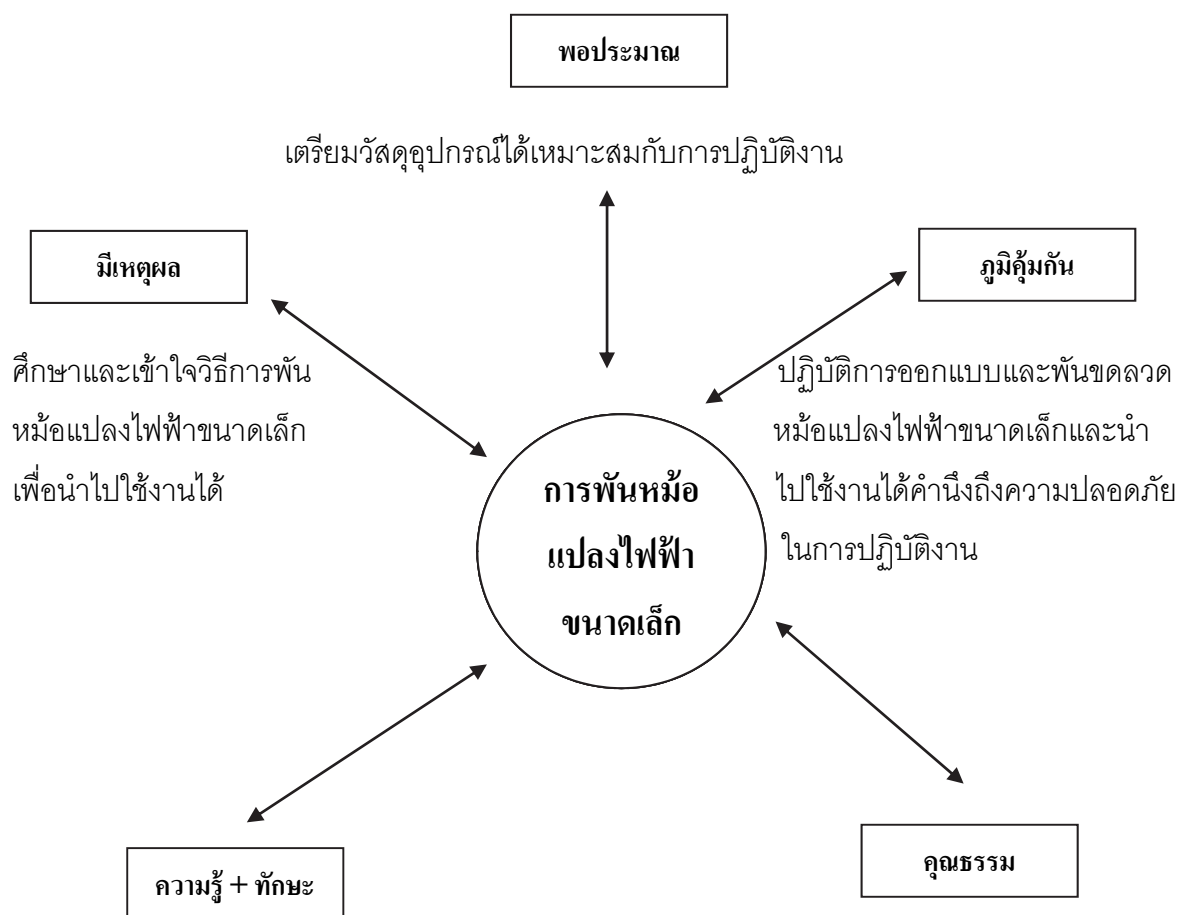
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 8 การผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



1. หลักการผันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
2. ขั้นตอนการผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
3. ข้อควรระวังในการพันขดลวดตัวนำ

- มีมนุษยสัมพันธ์
- มีความสนใจใฝ่รู้
- มีความรับผิดชอบ
- มีความคิดสร้างสรรค์

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 8

จำนวน 16 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

1. สำคัญ

การออกแบบและพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าขึ้นมาใช้งานนั้น ควรออกแบบให้มีขนาดที่พอเหมาะกับขนาดของงานที่ใช้ ไม่ควรที่จะสร้างให้มีขนาดใหญ่หรือเล็กจนเกินไป และต้องคำนึงถึงพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย เว้นแต่จะต้องการใช้งานเพิ่มขึ้นในภายหลัง ขั้นตอนในการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าควรปฏิบัติตามขั้นตอนตามที่ได้กำหนดไว้คือ การหาพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก การหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (N_1) และขดลวดทุติยภูมิ (N_2) การหาขนาดเส้นลวดตัวนำ การเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดขดลวดกับช่องหน้าต่างแกนเหล็กรูปตัว E การทำบ๊อบบินหรือฟอร์มคอยล์ การพันเส้นลวดตัวนำ การชุบขดลวดด้วยวานิช การประกอบแกนเหล็กเพื่อใช้งาน และการทดสอบฉนวน

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการพันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้นได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายข้อควรระวังในการพันขดลวดตัวนำได้
4. เพื่อให้ นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการพันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
2. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจขั้นตอนการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
3. เพื่อให้ นักเรียนรู้และเข้าใจข้อควรระวังในการพันขดลวดตัวนำ
4. เพื่อให้ นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายหลักการผันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้นได้
2. สามารถอธิบายขั้นตอนการผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายข้อควรระวังในการผันขดลวดตัวนำได้
4. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. หลักการผันหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
2. ขั้นตอนการผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
3. ข้อควรระวังในการผันขดลวดตัวนำ
 - กิจกรรมที่ 8.1 ใบงานที่ 12
 - กิจกรรมที่ 8.2 แบบทดสอบก่อนเรียน
 - กิจกรรมที่ 8.3 แบบทดสอบหลังเรียน
 - กิจกรรมที่ 8.4 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 6

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 14 - 17) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสารการสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องการผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
4. สรุปเรื่องการผันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
2. ให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 12
3. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 8
4. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 8 แล้วประเมินผล
5. ดูแลการทำความสะดวก ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
6. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุคลิกภาพศรัทธาพอเพียง

1. ความพอประมาณ
 - 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
 - 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติตามวิธีการศึกษาการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กตามแบบการทดลอง
2. ความมีเหตุผล
 - 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กตามหลักการ
3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี
 - 3.1 ผู้เรียนปฏิบัติตามการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม
4. เจริญใจความรู้
 - ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
5. เจริญใจคุณธรรม
 - ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
4. ของจริง
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงาน โดยวิธีการสังเกตการทำงาน
4. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

มงคล ทองสงคราม. หม้อแปลงไฟฟ้า.

สัมพันธ์ หาญทะเล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

ไชยชาญ หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 8

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบข้อที่ถูกที่สุด

1. ขั้นตอนในการออกแบบและพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กมีอะไรบ้าง
2. เหตุผลใดจึงนำแกนเหล็กตัว E กับตัว I มาใช้ประกอบการพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก
3. การออกแบบการพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าควรคำนึงถึงอะไรบ้าง
4. พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้ามีพิกัดแรงดันที่ 220 V/110 V มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
5. แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนเท่าใด (เมื่อด้าน b มีค่า 3.125 ซม.)
6. ข้อควรระวังสำหรับการพันขดลวดตัวนำมีอะไรบ้าง
7. การชুবวานิชมีวิธีการอย่างไร
8. หากประกอบแกนเหล็กเข้ากับบ๊อบbinหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ดีจะมีผลอย่างไร
9. การทดสอบความเป็นฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้ามีกี่จุด และมีอะไรบ้าง
10. จงออกแบบการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ขนาดพิกัด 250 VA ใช้กับแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต 220 โวลต์ และแรงดันด้านเอาต์พุต 110 โวลต์ เพื่อนำไปใช้งาน

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 8

สัปดาห์ที่ 13 - 16 วันที่ เวลา 16 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

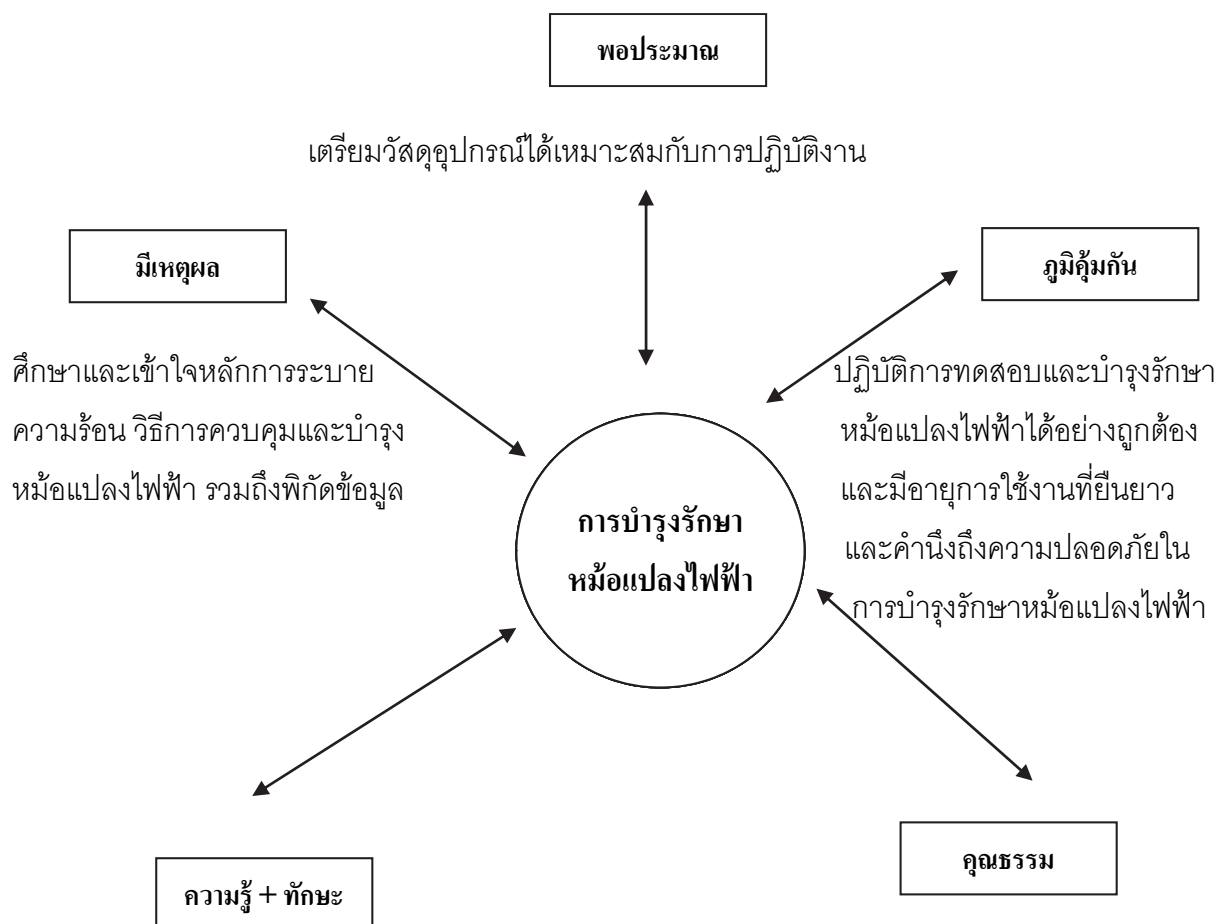
.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

หน่วยที่ 9 การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

บูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



1. การระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า
 2. การควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
 3. วิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
 4. ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
 5. ข้อเสนอแนะสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลง
 6. สมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า
 7. ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า
- มีมนุษยสัมพันธ์
 - มีความสนใจใฝ่รู้
 - มีความรับผิดชอบ
 - มีความคิดสร้างสรรค์

สังคม	เศรษฐกิจ	วัฒนธรรม	สิ่งแวดล้อม
1	1-2	1	3

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 9

จำนวน 4 ชั่วโมง

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อหน่วย การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

1. สาระสำคัญ

หม้อแปลงไฟฟ้าจัดเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ในการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้านั้น โดยรวมพิจารณาจากการระบายความร้อน สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กจะไม่มีปัญหาการระบายความร้อน เนื่องจากใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อน ส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่หรือหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มีการใช้งานอยู่ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่มีการหยุดพัก จึงต้องมีการวางแผนบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าตามระยะ เวลาทุกๆ 6 เดือนหรือปีละ 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้ง สภาพแวดล้อม ลักษณะการจ่ายโหลด จึงควรกำหนดรายละเอียดและขั้นตอนในการตรวจสอบให้สอดคล้องกับชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือศึกษาข้อมูลจากแผ่นป้าย (Name Plate) หม้อแปลงไฟฟ้าด้วย เพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย ส่งผลให้หม้อแปลงจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและมีอายุการใช้งานที่ยืนยาว

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. นักเรียนอธิบายหลักการระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. นักเรียนบอกและอธิบายการควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. นักเรียนบอกวิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้นได้
4. นักเรียนบอกผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. นักเรียนอธิบายข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
6. นักเรียนบอกและอธิบายสมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าได้
7. นักเรียนบอกและอธิบายข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าได้
8. นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจหลักการระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจการควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
3. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจวิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
4. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
5. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
6. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจสมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า
7. เพื่อให้นักเรียนรู้และเข้าใจข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า
8. เพื่อให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมอันพึงประสงค์

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้าได้
2. บอกและอธิบายการควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
3. บอกวิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้นได้
4. บอกผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
5. อธิบายข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้าได้
6. บอกและอธิบายสมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าได้
7. บอกและอธิบายข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าได้
8. มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4. สารการเรียนรู้

1. การระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า
2. การควบคุมและบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
3. วิธีการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเบื้องต้น
4. ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
5. ข้อแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
6. สมบัติน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

7. ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า

กิจกรรมที่ 9.1 แบบทดสอบก่อนเรียน

กิจกรรมที่ 9.2 แบบทดสอบหลังเรียน

กิจกรรมที่ 9.3 แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 9

5. กิจกรรมการเรียนรู้

(สอนครั้งที่ 17) ชั้นเตรียม

1. เตรียมความพร้อมสอน
2. เตรียมเอกสารการสอนและสื่อการสอน
3. เรียกชื่อผู้เข้าเรียน

ขั้นตอนการ

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. นำเข้าสู่บทเรียน โดยชักจูงโน้มน้าวจิตใจให้ผู้เรียนเห็นเป้าหมายในการเรียน
3. อธิบายเรื่องการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
4. ให้ผู้เรียนช่วยกันอธิบายเรื่องการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

ขั้นสรุป

1. สรุปและอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ Power Point เรื่องการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า
2. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 9
3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนหน่วยที่ 9 แล้วประเมินผล
4. ดูแลการทำความสะอาด ปิดไฟ ปิดห้องเรียน
5. บันทึกหลังการสอน

ด้านคุณธรรม จริยธรรม บุคลิกภาพและทักษะอาชีพ

1. ความพอประมาณ

- 1.1 ผู้เรียนเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับการทดลอง
- 1.2 ผู้เรียนปฏิบัติการศึกษาการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

2. ความมีเหตุผล

- 2.1 ผู้เรียนกำหนดปัญหาประเภทสภาวะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

3. การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี

3.1 ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม

4. เจื่อนไขความรู้

- ผู้เรียนสามารถมีความรู้ความเข้าใจถูกต้องในเรื่องการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า

5. เจื่อนไขคุณธรรม

- ผู้เรียนมีความมนุษยสัมพันธ์ ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ ความมีวินัย

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือประกอบการเรียน
2. ใบงาน
3. ของจริง
4. สื่อคอมพิวเตอร์ (Power Point)
5. ใบประเมินผล

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. Internet
3. หน่วยงานต่างๆ

7. หลักฐานการเรียนรู้

1. ใบงาน
2. แบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบ

8. การวัดและประเมินผล

8.1 การวัด

1. สังเกตพฤติกรรมการแสดงออกและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานต่างๆ มีความกระตือรือร้น มีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน การปฏิบัติงานอย่างระมัดระวัง และมีความสะอาด โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม
2. ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ
3. ใบงาน โดยใช้วิธีการสังเกต
4. ตรวจแบบฝึกหัด โดยใช้แบบเฉลยแบบฝึกหัด
5. ตรวจแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้เฉลยแบบทดสอบ

8.2 การประเมินผล

เครื่องมือประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียน
2. ใบงาน
3. แบบฝึกหัด
4. แบบทดสอบ

เกณฑ์การประเมิน

1. แบบประเมินพฤติกรรมผู้เรียนต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. แบบฝึกหัดต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
3. แบบทดสอบต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

9. กิจกรรมเสนอแนะ/งานที่มอบหมาย

10. เอกสารอ้างอิง

สัมพันธ์ หาญขเล. หม้อแปลงไฟฟ้า.

แบบฝึกหัดประจำหน่วยที่ 9

คำสั่งให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. การบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า ถ้าหากมีการระบายความร้อนไม่ดีจะเกิดอะไรขึ้น
2. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านมีวิธีการระบายความร้อนอย่างไร
3. หม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่มีวิธีการระบายความร้อนแบบใดบ้าง
4. ข้อเสนอแนะสำหรับการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ามีอะไรบ้าง
5. ผลดีของการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้ามีอะไรบ้าง
6. จากรูปภาพด้านล่างให้นักเรียนยกตัวอย่างสาเหตุที่ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดเพลิงลุกไหม้



7. น้ำมันของหม้อแปลงไฟฟ้าควรมีสสมบัติอย่างไร
8. ซิลิกา เกล็ด เมื่อเสื่อมสภาพจะเปลี่ยนเป็นสีใด และทำหน้าที่อะไร
9. หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อติดตั้งใช้งานบริเวณใกล้กับชายฝั่งทะเลจะมีผลกระทบอะไรบ้าง
10. การตรวจสอบความเป็นฉนวนของน้ำมันควรดำเนินการในช่วงระยะเวลาใด
11. จงยกตัวอย่างข้อมูลจากแผ่นป้าย (Name Plate) หม้อแปลงไฟฟ้ามา 5 อย่าง
12. การติดตั้งพัดลมระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงไฟฟ้ามีผลต่อการทำงานอย่างไร

แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 - 2105

หน่วยกิต (ชม.) 2 (4) หน่วยการเรียนรู้ที่ 17

สัปดาห์ที่ 17 วันที่ เวลา 4 ชั่วโมง

นักเรียนระดับชั้น ปวช. กลุ่ม สาขางาน ช่างไฟฟ้ากำลัง

ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

สรุปจำนวนผู้เรียน

จำนวนทั้งหมด	มาเรียน	ขาดเรียน	มาสาย

.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มผู้เรียน

.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

.....

(นาย.....)

ครูผู้สอน

.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

รายการตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชาหม้อแปลงไฟฟ้า ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา

ความคิดเห็น.....

ลงชื่อ.....

(นาย.....)

หัวหน้าแผนกวิชา

...../...../.....

ความคิดเห็น.....

ลงชื่อ.....

(นาย.....)

หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน

...../...../.....

ความคิดเห็น.....

ความคิดเห็น.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ/เจ้าของอาชีพ

...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ/เจ้าของอาชีพ

...../...../.....

☐ ครอบอนุญาตให้ใช้การสอนได้

☐ ควรปรับปรุงดังเสนอ

☐ อื่นๆ.....

ลงชื่อ.....

(นาย.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

...../...../.....

☐ ครอบอนุญาตให้ใช้การสอนได้

☐ อื่นๆ.....

ลงชื่อ.....

(นาย.....)

ผู้อำนวยการวิทยาลัย

...../...../.....



เฉลยใบงาน

หม้อแปลงไฟฟ้า

รหัสวิชา 20104-2105



บริษัท ซีเอดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ใบงานที่ 1

การหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

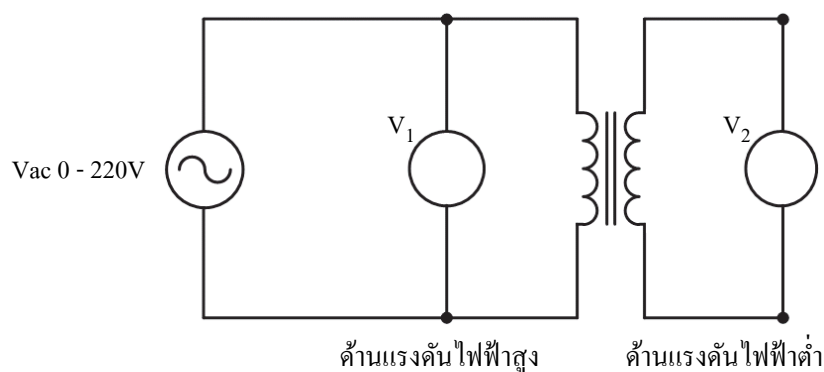
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อวัดค่าอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าและคำนวณหาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--------------------------------------|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 0 - 220 V | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 220 V/110 V | 1 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ชุด |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรทดลองหาอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าทางขดลวดปฐมภูมิ
3. ปรับค่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ได้ระดับที่ 55 โวลต์
4. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิและบันทึกค่าลงในตาราง

5. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิและบันทึกค่าลงในตาราง
6. ปฏิบัติเหมือนกับข้อที่ 2 - 5 โดยปรับค่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ 110, 165 และ 220 โวลต์ ตามลำดับ
7. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราส่วน (Ratio) อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (K) แรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ/แรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
8. นำค่าอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (K) ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ปฐมภูมิ (V_1)	ทุติยภูมิ (V_2)	อัตราส่วน (K)
55 V	22.5 V	0.5
110 V	55 V	0.5
165 V	82.5 V	0.5
220 V	110 V	0.5

$$\text{อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า (K) เฉลี่ย} = (0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5) / 4 = 0.5$$

สรุปผลการทดลอง

เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (V_2) มีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (V_1) จะเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดันไฟฟ้า หรือ $V_2 < V_1$ เมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ (V_2) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (V_1) เรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดันไฟฟ้า หรือ $V_2 > V_1$ เมื่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (V_2) มีค่าเท่ากับด้านปฐมภูมิ (V_1) จะเรียกหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งต่อหนึ่ง หรือ $V_2 = V_1$ สำหรับอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า ค่าคงที่ K มีชื่อเรียกว่า “อัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้า” หรือ “อัตราส่วนของจำนวนรอบ”

ใบงานที่ 2

การหาค่าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า

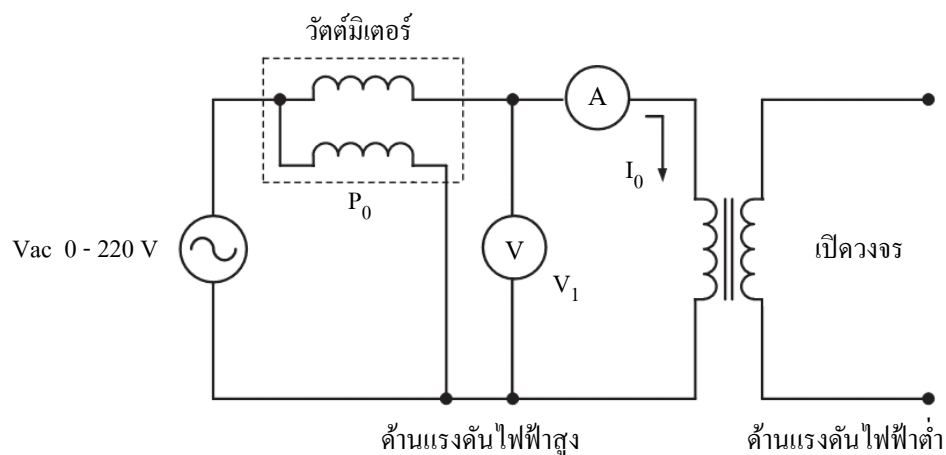
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อทำการทดสอบหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 0 - 220 โวลต์ | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 220V/110V | 1 ชุด |
| 3. วอตต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 4. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 5. AC แอมมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 6. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการทดลองหาค่าสูญเสียในแกนเหล็ก

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรทดลองตามรูป
2. ปรับค่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดด้านแรงดันต่ำและทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูงเปิดวงจรไว้ และจ่ายแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 30, 50, 70, 90 และ 110 โวลต์ ตามลำดับแต่ไม่เกินพิกัดด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ
3. บันทึกแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำ V_1 ค่ากระแสไฟฟ้าไหลในขณะไม่มีโหลด I_0 และค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก P_0

ตารางบันทึกผลการทดลอง

แรงดันไฟฟ้า (V_1)	กระแสไฟฟ้า (I_0)	กำลังไฟฟ้า (P_0)	$\cos\theta$	I_μ	I_ω
30 V	0.0025 A	1.8 W	0.9135	0.001	0.0022
50 V	0.005 A	3.9 W	0.9631	0.0013	0.0048
70 V	0.01 A	7 W	0.9848	0.0017	0.0098
90 V	0.02 A	13 W	0.992	0.0025	0.019
110 V	0.04 A	17 W	0.9977	0.0026	0.039

หมายเหตุ : ค่าตัวประกอบกำลัง

$$\cos = \frac{P_0}{V_1 I_0}$$

กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

$$I_\mu = I_0 \sin\theta$$

กระแสใช้งาน

$$I_\omega = I_0 \cos\theta$$

สรุปผลการทดลอง

การหาค่าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือการทดสอบในสภาวะวงจรเปิด ในขณะที่ไม่มีโหลด ที่ปลายสายของขดลวดทุติยภูมิ (N_2) ไม่ได้ต่อโหลดไว้ จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในขดลวด และมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อทำการป้อนแรงดันไฟฟ้า (V_1) ให้กับขดลวดปฐมภูมิ (N_1) จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิน้อยมาก กระแสไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีโหลด (No-load Current; I_0) มีค่า ประมาณ 1-3% ของกระแสฟลักซ์ กระแส I_0 นี้จะประกอบด้วยกระแสไฟฟ้า 2 ส่วนคือ

กระแสใช้งาน และกระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก กระแสใช้งาน (I_ω) คือ กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) ประกอบด้วยกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสูญเสีย อันเนื่องมาจากการเกิดฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) และค่ากระแสไหลวน (Eddy Current) ส่งผลกระทบต่อหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้เกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก กระแสไฟฟ้าใช้งานนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิ (V_1) จึงอินเฟสต่อกัน นั่นคือ $I_\omega = I_0 \cos \theta_0$ และกระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก (I_μ) คือ กระแสไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก กระแส I_μ เกิดขึ้นล่าหลังแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ขดลวดปฐมภูมิ (V_1) เป็นมุม 90 องศา นั่นคือ $I_\mu = I_0 \sin \theta_0$

ใบงานที่ 3

การหาค่าสูญเสียในขดลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้า

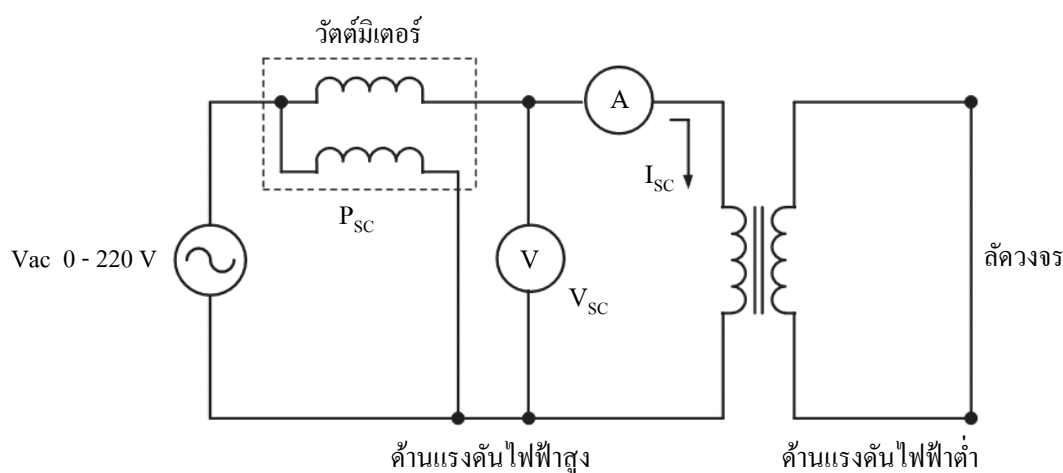
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อทำการทดสอบหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 0-220 โวลต์ | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 220 V/110 V | 1 ชุด |
| 3. วัดต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 4. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 5. AC แอมมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 6. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการทดลองหาค่าสูญเสียในขดลวดทองแดง

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรทดลองตามรูป
2. ปรับค่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดต้านแรงดันไฟฟ้าสูง เริ่มต้นที่ 2 โวลต์ บันทึกค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc}) และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดง (P_{sc}) ลงในตาราง
3. ปรับค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{sc}) เป็น 4, 6, 8, 10 และ 12 โวลต์ ตามลำดับ
4. บันทึกค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc}) และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

แรงดันไฟฟ้า (V_{sc})	กระแสไฟฟ้า (I_{sc})	กำลังไฟฟ้า (P_{sc})
2 V	0.12 A	2.4 W
4 V	0.5 A	5 W
6 V	0.075 A	10 W
8 V	1 A	15.8 W
10 V	1.35 A	26 W
12 V	1.6 A	34 W

หมายเหตุ : ค่าแรงดันไฟฟ้า (V_{sc}) มีค่าประมาณ 5% ของแรงดันไฟฟ้าตามพิกัด โดยค่ากำลังไฟฟ้า (P_{sc}) ที่วัดได้คือ ค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss)

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบในสภาวะลัดวงจรมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง ค่าที่ได้จากการสูญเสียนี้สามารถนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ จากการทดลอง เมื่อทำการทำการลัดวงจรขดลวดแรงดันต่ำ ต่อวัตต์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ไว้ทางด้านแรงดันสูง ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากศูนย์โวลต์ จนกระทั่งค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์เท่ากับกระแสเต็มพิกัดด้านแรงดันสูง มีค่าประมาณ 5-10% ของแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดทางด้านแรงดันสูง และอ่านค่าจากวัตต์มิเตอร์ค่าที่อ่านได้คือ การสูญเสียในขดลวดทองแดง

ใบงานที่ 4

การหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้า

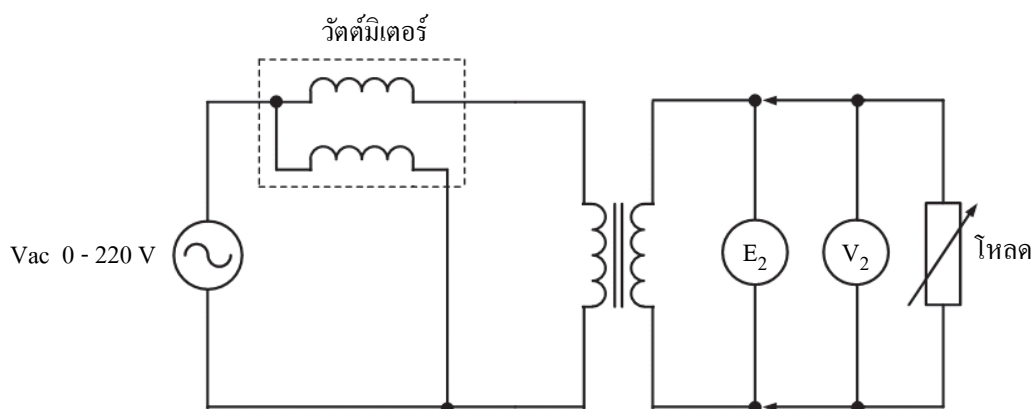
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อทำการทดสอบหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 0-220 โวลต์ | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส | 1 ชุด |
| 3. วัดต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 4. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 5. โหลดชนิดปรับค่าได้ | 1 ตัว |
| 6. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการทดลองหาค่าโวลเตจเรกูเลชัน

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองตามรูป
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ

3. วัดแรงดันไฟฟ้าขณะที่ยังไม่มีโหลด และอ่านค่าแรงดัน (E_2) บันทึกลงในตาราง
4. นำโหลดชนิดปรับค่าได้ มาต่อเข้าทางด้านขดลวดทุติยภูมิ
5. วัดแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลดและอ่านค่า (V_2) บันทึกลงในตาราง
6. คำนวณหาค่าโวลเตจเรกูเลชันและบันทึกลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า (%)	E_2 (V)	V_2 (V)	% โวลเตจเรกูเลชัน
25 (55 V)	27.5 V	26 V	5.455
50 (110 V)	61 V	58 V	4.918
75 (165 V)	85 V	82 V	3.529
100 (220 V)	112 V	109 V	2.678

$$\text{หมายเหตุ : \% โวลเตจเรกูเลชัน} = \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาค่าโวลเตจเรกูเลชันของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วด้านขดลวดทุติยภูมิเมื่อไม่มีโหลด (E_2) กับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วด้านขดลวดทุติยภูมิเมื่อมีโหลด (V_2) เติ้มพิกัด การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วด้านขดลวดทุติยภูมิขณะไม่มีโหลดถึงขณะมีโหลดเต็มพิกัดมีค่าเท่ากับ $E_2 - V_2$ และหารด้วย E_2 ซึ่งจะคำนวณค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้าค่าเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชันมีค่ามาก นั้นหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วมีค่าลดลงขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังจ่ายโหลด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของโหลดที่นำมาต่อกับขดลวดทุติยภูมิด้วย และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\% \text{ โวลเตจเรกูเลชัน} = \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$$

เมื่อ E_2 คือแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขั้วในขดลวดทุติยภูมิเมื่อไม่มีโหลด

V_2 คือแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วในขดลวดทุติยภูมิเมื่อมีโหลดเต็มพิกัด

ใบงานที่ 5

การตรวจสอบชั่วหม้อแปลงไฟฟ้า

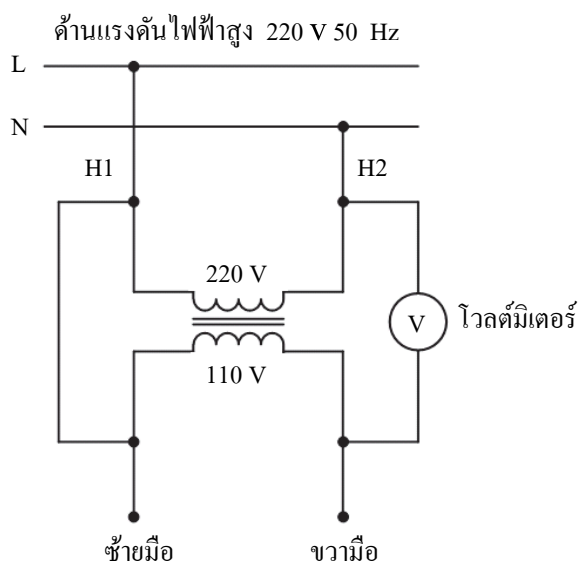
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อทำการตรวจสอบชั่วของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 220/110 V ขนาด 300 VA | 1 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรตรวจสอบหาชั่วหม้อแปลงไฟฟ้า

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. วางหม้อแปลงไฟฟ้า โดยให้ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง 220 โวลต์อยู่ตรงข้ามกับผู้ทดลอง
2. ต่อดวงจรรทดลองตามรูป
3. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าทางขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง 220 โวลต์
4. สังเกตและอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์
5. ถ้าโวลต์มิเตอร์อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงกว่าแรงดัน 220 โวลต์ แสดงว่าหม้อแปลงมีลำดับขั้วเป็นแบบ Additive Polarity ให้กำหนดปลายสายของขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำ ด้านซ้ายมือเป็นขั้ว X2 และ ด้านขวามือเป็นแบบขั้ว X1
6. ถ้าโวลต์มิเตอร์อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแบบ Subtractive Polarity ให้กำหนดปลายสายของขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำ ด้านซ้ายมือเป็นขั้ว X1 และด้านขวามือเป็นแบบขั้ว X2
7. ทำการตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 และ 2 บันทึกค่าลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่	แรงดันไฟฟ้า (V)	แรงดันไฟฟ้าอ่านได้ (V)	ด้านซ้ายมือ X1 หรือ X2	ด้านขวามือ X1 หรือ X2	Additive หรือ Subtractive
1	220 V	110 V	X1	X2	Subtractive
2	220 V	330 V	X2	X1	Additive

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ให้สังเกตโวลต์มิเตอร์ที่ต่อเพื่ออ่านค่าแรงดันไฟฟ้า ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้มีค่าน้อยกว่าขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง ($220\text{ V} - 110\text{ V} = 110\text{ V}$) ให้กำหนดขั้วขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำคือ ขั้วซ้ายมือ เป็น X1 และขั้วขวามือ เป็น X2 เสมอ สรุปได้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าตัวนี้มีลำดับขั้วแบบขั้วแทรกที่ฟิโวลาริตี (แรงเคลื่อนไฟฟ้าหักล้างกัน) และถ้าสังเกตว่า AC โวลต์มิเตอร์ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง ($220\text{ V} + 110\text{ V} = 330\text{ V}$) ให้กำหนดขั้วของขดลวดด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำคือ ขั้วซ้ายมือเป็น X2 ขั้วขวามือเป็น X1 เสมอ สรุปได้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าตัวนี้มีลำดับขั้วแบบแอดดิทีฟฟิโวลาริตี (แรงดันไฟฟ้าเสริมกัน)

ใบงานที่ 6

การขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

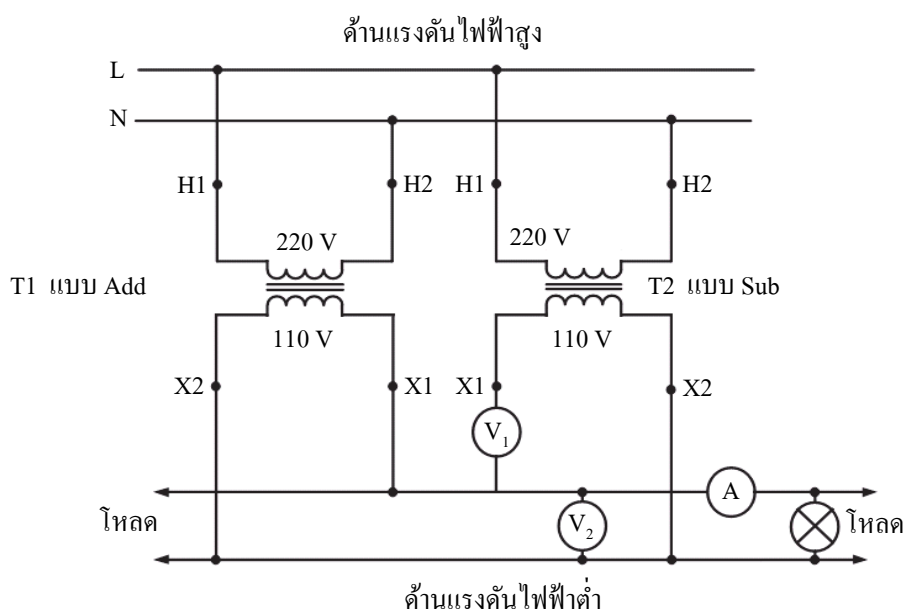
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรขนานหม้อแปลงไฟฟ้าให้สามารถนำไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|--------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส แบบ Additive ขนาด 300 VA | 1 ชุด |
| 3. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส แบบ Subtractive ขนาด 300 VA | 1 ชุด |
| 4. AC โวลต์มิเตอร์ | 1 ตัว |
| 5. AC แอมมิเตอร์ | 1 ตัว |
| 6. หลอดไส้ 40 วัตต์ | 3 หลอด |
| 7. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส แบบ Additive ร่วมกับ Subtractive

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรการทดลองตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าทางด้านแรงดันไฟฟ้าสูง 220 โวลต์
3. สังเกตและอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ที่ต่ออยู่ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ
4. ถ้าโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้เป็นสองเท่าของแรงดันไฟฟ้าขดลวดทุติยภูมิ แสดงว่าลำดับขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัวไม่เหมือนกัน ไม่สามารถนำมาต่อขนานร่วมกันได้ บันทึกค่าลงในตาราง
5. ถ้าโวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้เป็นศูนย์โวลต์ แสดงว่าลำดับขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัวเหมือนกัน สามารถนำมาต่อขนานเข้าด้วยกันได้ บันทึกค่าลงในตาราง
6. เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัวมีลำดับขั้วเหมือนกัน ให้ปลดโวลต์มิเตอร์ V_1 ออก แล้วต่อปลายสายขั้ว X1 ของ T2 เข้ากับขั้ว X1 ของ T1 เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้โหลด
7. ทำการตรวจสอบขั้วหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวที่ 1 และ 2 บันทึกค่าลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่	ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ (V_1)	ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ (V_2)	กระแสไหล (A)	หมายเหตุ
1	0 V	110 V	0.3 A	220 V
2	0 V	110 V	0.3 A	220 V

หมายเหตุ : การขนานหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสองตัวมีค่าเท่ากัน ถ้าไม่เท่ากันตัวที่มีค่าน้อยกว่าจะกลายเป็นโหลด และมีลำดับขั้วเหมือนกันถ้าไม่เหมือนกันจะเกิดการลัดวงจร

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าตัวเดิมมีพิกัดกำลังไม่เพียงพอับความต้องการที่เพิ่มขึ้น การขนานหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ขึ้นอยู่กับสภาวะและความจำเป็นในการนำหม้อแปลงไฟฟ้ามาต่อขนาน ทั้งนี้ไม่ว่าหม้อแปลงจะมีลำดับขั้วแบบ Additive หรือ แบบ Subtractive ก็สามารถต่อขนานใช้งานร่วมกันได้ ข้อสำคัญควรลำดับขั้วให้ถูกต้องก่อนนำไปใช้งาน

ใบงานที่ 7

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-สตาร์

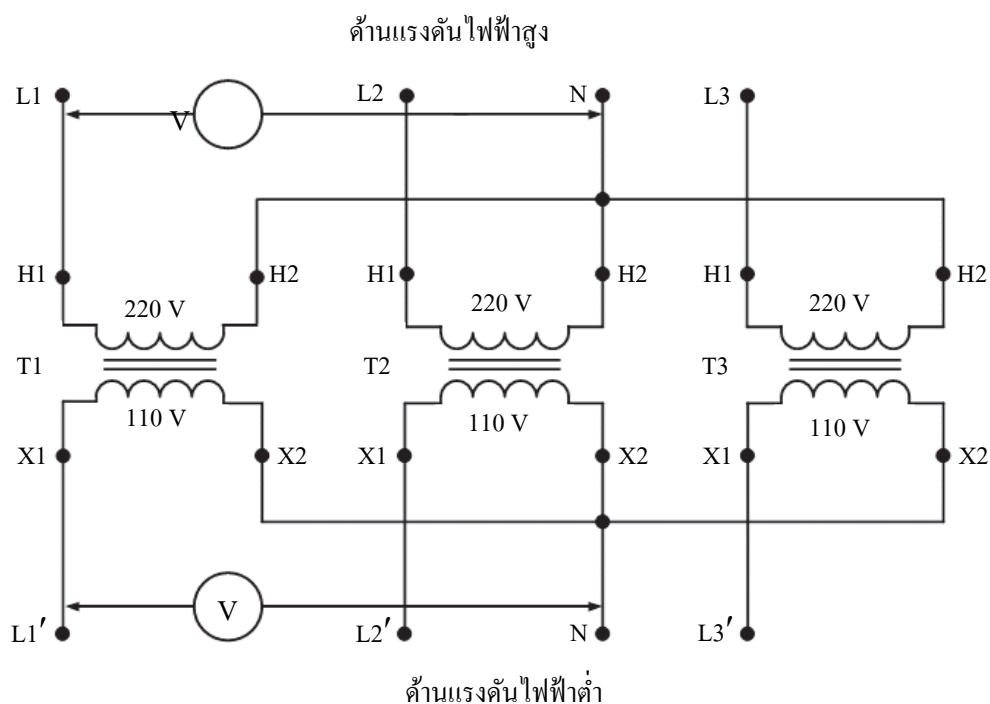
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-สตาร์ (Y-Y) ได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 V/220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 380 V/220 V ขนาด 300 VA | 3 ชุด |
| 3. เอ.ซี.โวลต์มิเตอร์ | 2 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบสตาร์-สตาร์ (ตารางที่ 1)

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

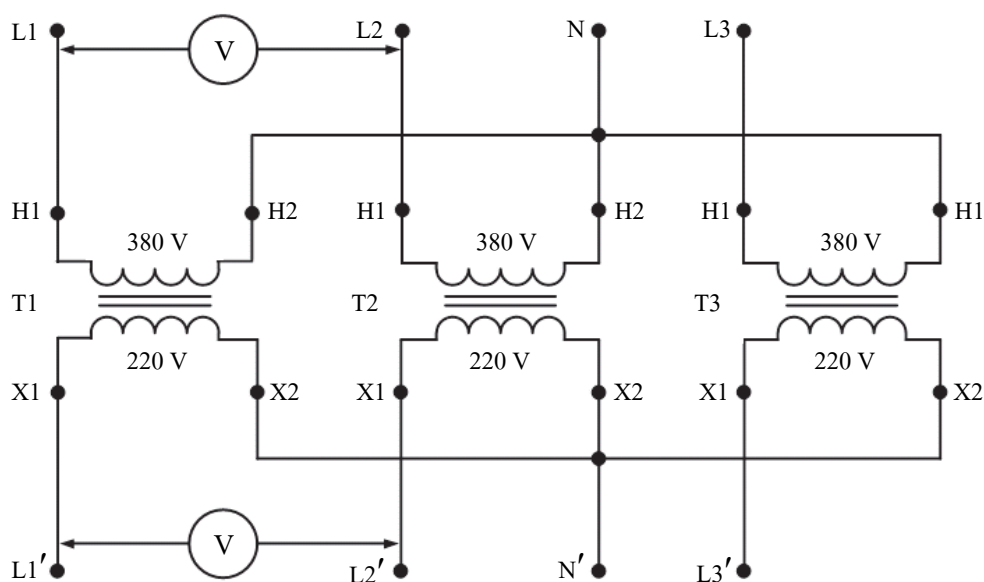
1. ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสตาร์-สตาร์ ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การวัดแรงดันไฟฟ้าเฟส (ไลน์-นิวตรอน)

หม้อแปลงไฟฟ้า	ตำแหน่งที่วัด	แรงดันไฟฟ้า (V)
T1	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V
T2	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V
T3	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V

ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง



ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ

วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบสตาร์ - สตาร์ (ตารางที่ 2)

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า แบบสตาร์-สตาร์ ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ไลน์-ไลน์)

ตำแหน่งที่วัด		แรงดันไฟฟ้า (V)
ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง	L1 - L2	380 V
	L2 - L3	380 V
	L3 - L1	380 V
ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ	L1' - L2'	220 V
	L2' - L3'	220 V
	L3' - L1'	220 V

สรุปผลการทดลอง

การต่อวงจรขดลวดด้านปฐมภูมิเป็นแบบวายหรือสตาร์ และการต่อวงจรขดลวดด้านทุติยภูมิเป็นแบบวายหรือสตาร์เช่นเดียวกัน โดยต่อขั้วด้านต้นสายที่ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ส่วนด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และ 3 ของทั้งสามจะต่อเข้าด้วยกัน ส่วนทางด้านทุติยภูมิก็จะมีวิธีการต่อลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ ขั้วด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ต่อเข้าด้วยกัน ขั้วด้านต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสามตัวจะต่อเข้ากับโหนด การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวายนี้จะกล่าวได้ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดจะเท่ากับ 58% ของแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายหรือแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายเท่ากับ 1.732 หรือ $\sqrt{3}$ ของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 3 เฟส

$$V_L = \sqrt{3} \times V_{ph}$$

$$I_L = I_{ph}$$

$$P = 3V_{ph} I_{ph} \cos\theta$$

หรือ

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos\theta$$

ใบงานที่ 8

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-เดลต้า

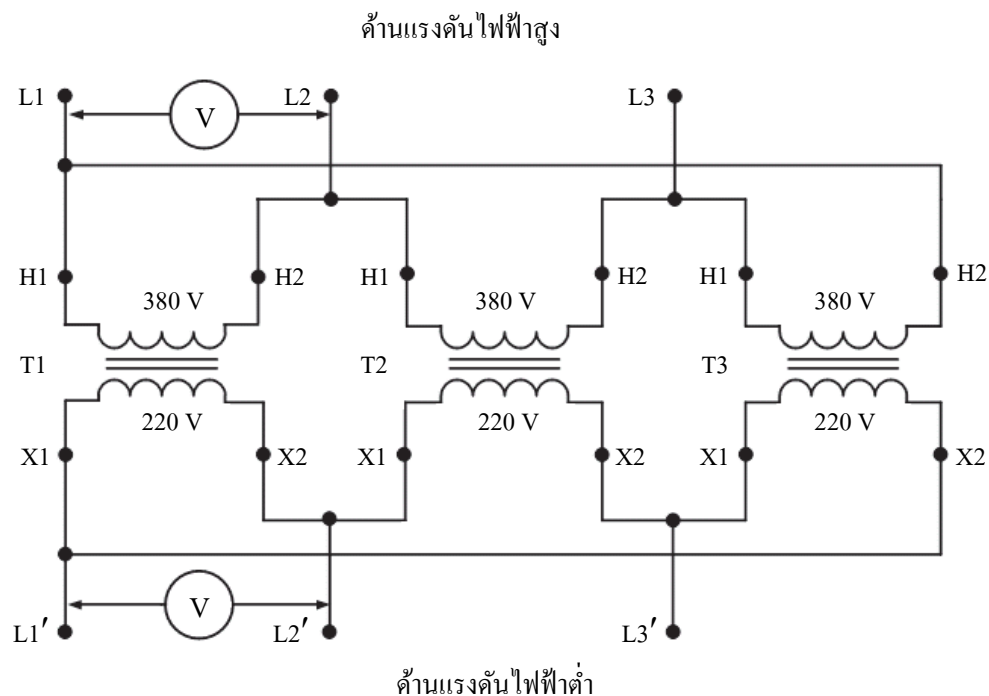
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-เดลต้า ($\Delta - \Delta$) ได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 V/220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 380 V/220 V ขนาด 300 VA | 3 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 2 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-เดลต้า

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเคลด้า-เคลด้า ตามรูป
2. ต่อดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การวัดแรงดันไฟฟ้าเฟส (ไลน์-นิวตรอน)

หม้อแปลงไฟฟ้า	ตำแหน่งที่วัด	แรงดันไฟฟ้า (V)
T1	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V
T2	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V
T3	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V

ตารางที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ไลน์-ไลน์)

ตำแหน่งที่วัด		แรงดันไฟฟ้า (V)
ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง	L1 - L2	380 V
	L2 - L3	380 V
	L3 - L1	380 V
ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ	L1' - L2'	220 V
	L2' - L3'	220 V
	L3' - L1'	220 V

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบเดลต้า-เดลต้า ขดลวดด้านปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิจะต่อแบบเดลต้า (Δ) ขดลวดทั้งสองด้านจะต่อเข้าด้วยกันเป็นแบบอนุกรมวงจรมัด โดยต่อขั้วเข้าด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 เข้ากับขั้วด้านต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 ต่อขั้วปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 เข้ากับขั้วด้านต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 3 และต่อขั้วด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 3 เข้ากับขั้วด้านต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 และต่อจุดร่วมทั้งสามจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ส่วนทางด้านทุติยภูมิมีวิธีการต่อวงจรในลักษณะเดียวกัน แต่จุดต่อร่วมทั้งสามจะต่อเข้ากับโหนด การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้จะกล่าวได้ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (Phase Voltage) จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสาย (Line Voltage) คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟสคือ

$$V_L = V_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

ใบงานที่ 9

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-เดลต้า

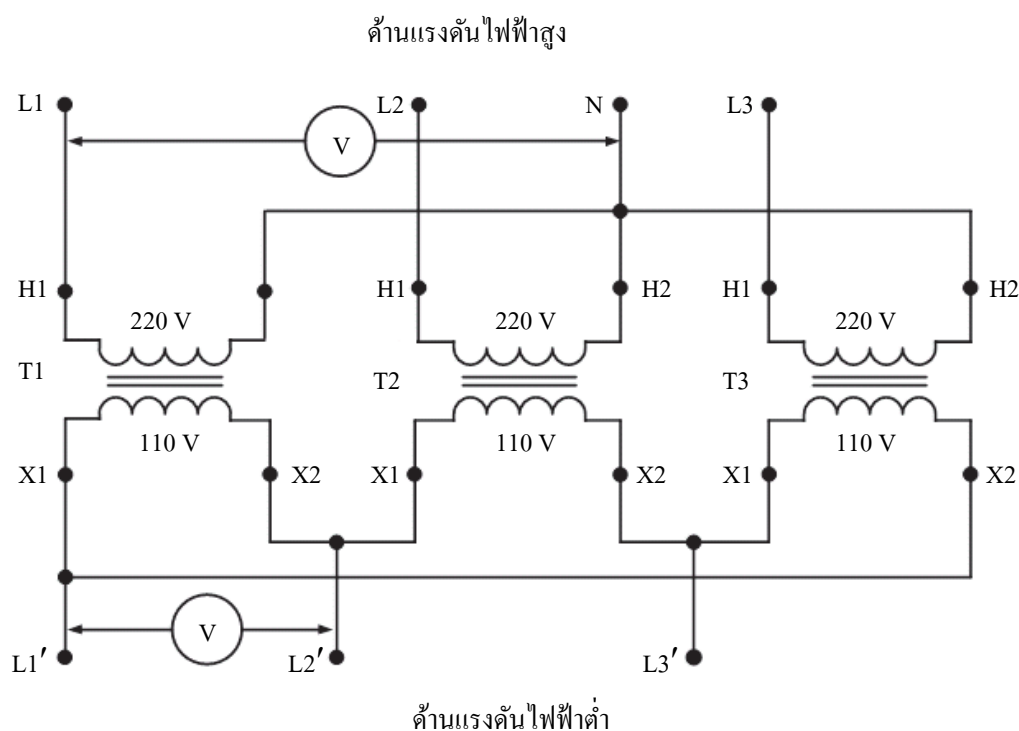
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบสตาร์-เดลต้า (Y - Δ) ได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 V/220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 380 V/220 V ขนาด 300 VA | 3 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 2 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-เดลต้า (ตารางที่ 1)

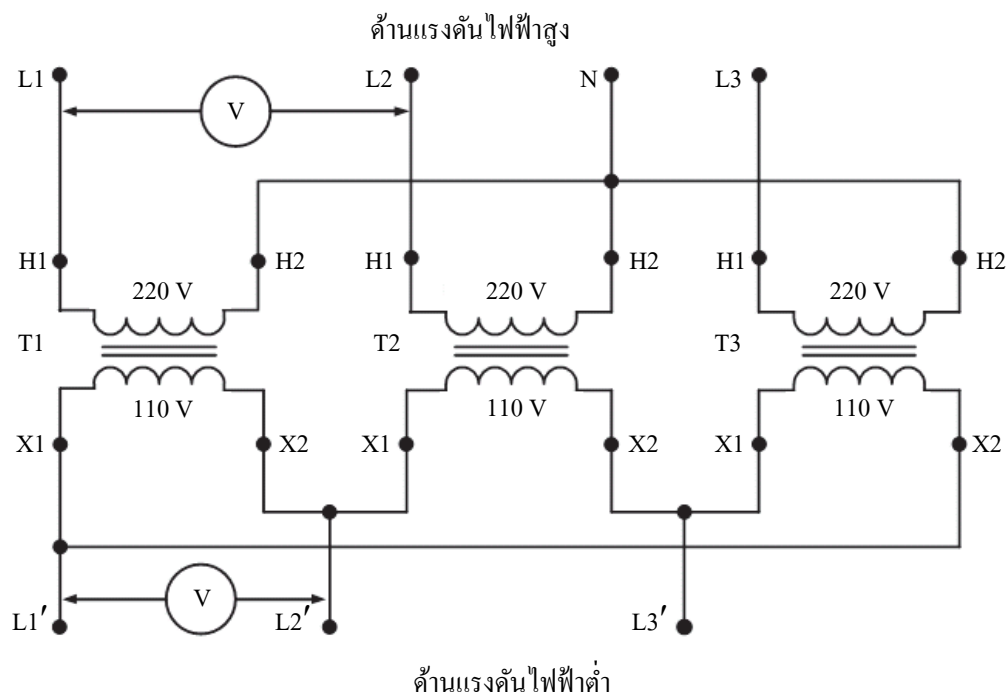
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลต้า ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขาคลอปปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การวัดแรงดันไฟฟ้าเฟส (ไลน์-นิวตรอน)

หม้อแปลงไฟฟ้า	ตำแหน่งที่วัด	แรงดันไฟฟ้า (V)
T1	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V
T2	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V
T3	H1 - H2	220 V
	X1 - X2	110 V



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-เดลต้า (ตารางที่ 2)

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลต้า ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขาต่อขดลวดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ไลน์-ไลน์)

ตำแหน่งที่วัด		แรงดันไฟฟ้า (V)
ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง	L1 - L2	380 V
	L2 - L3	380 V
	L3 - L1	380 V
ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ	L1' - L2'	110 V
	L2' - L3'	110 V
	L3' - L1'	110 V

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบสตาร์-เดลต้า ขดลวดด้านปฐมภูมิจะต่อเข้าด้วยกันเป็นแบบวาย ส่วนทางด้านทุติยภูมิจะเป็นแบบเดลต้า ลักษณะการต่อเป็นแบบตรงกันข้ามแบบเดลต้า-สตาร์ กล่าวคือ สลั้ววงจรด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ เหตุผลในการเปลี่ยนแปลงหม้อแปลงไฟฟ้าก็คือ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปลี่ยนตามแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ตามสภาพการใช้งาน ในระบบจำหน่ายทั่วไปไม่ค่อยนิยมใช้ในการต่อหม้อแปลงแบบวาย-เดลต้า การต่อสายขดลวดทางด้านปฐมภูมิจะทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส มีค่าเท่ากับ

$$V_L = \sqrt{3} \times V_{ph}$$

$$I_L = I_{ph}$$

การต่อสายทางด้านทุติยภูมิจะทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ในระบบ 3 เฟสนั้นมีค่าเท่ากับ

$$V_L = V_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

ใบงานที่ 10

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-สตาร์

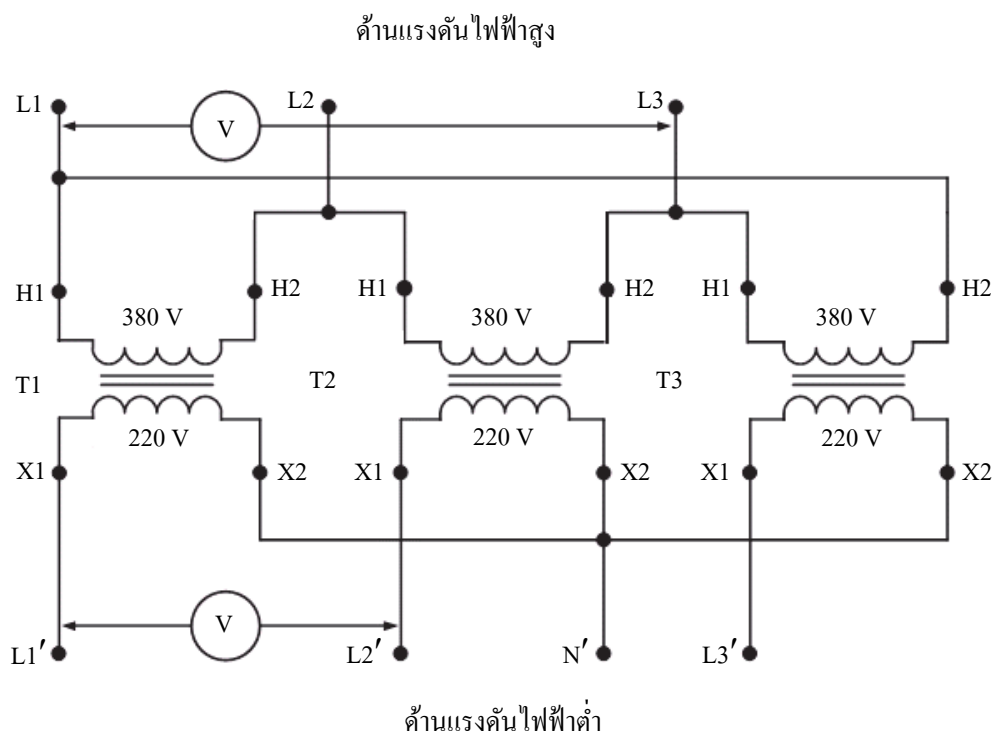
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบเดลต้า-สตาร์ (Δ - Y) ได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 V/220 V | 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 380 V/220 V ขนาด 300 VA | 3 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 2 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-สตาร์ (ตารางที่ 1)

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

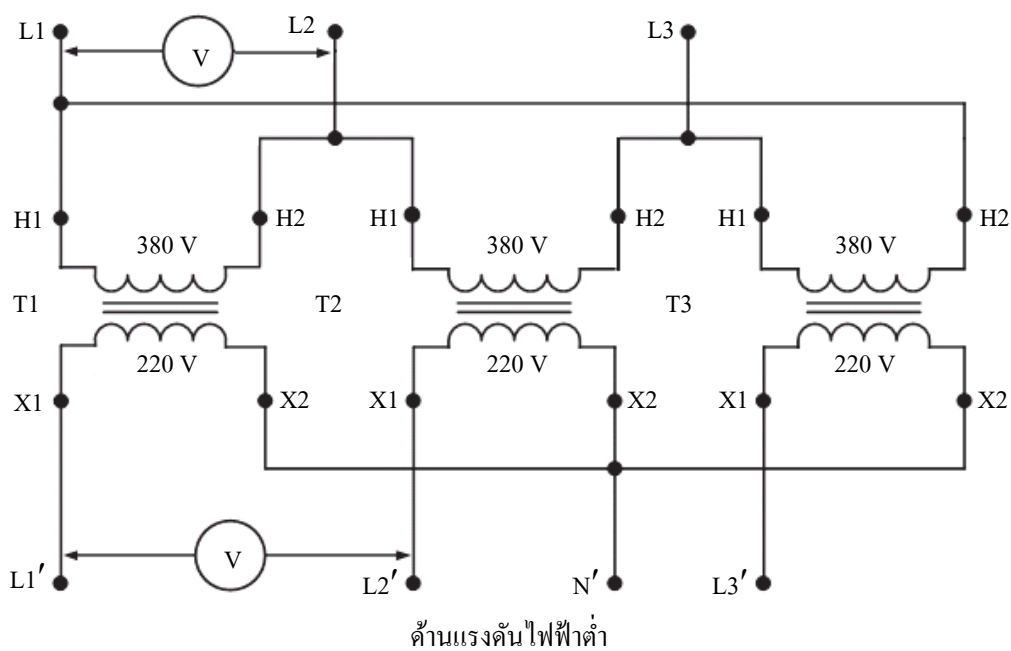
1. ต่อดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลต้า-สตาร์ ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขดลวดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การวัดแรงดันไฟฟ้า (ไลน์-นิวตรอน)

หม้อแปลงไฟฟ้า	ตำแหน่งที่วัด	แรงดันไฟฟ้า (V)
T1	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V
T2	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V
T3	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V

ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบเดลต้า-สตาร์ (ตารางที่ 2)

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลต้า-สตาร์ ตามรูป
2. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380 โวลต์ เข้าทางด้านขาต่อหลอดปฐมภูมิ
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ไลน์-ไลน์)

ตำแหน่งที่วัด		แรงดันไฟฟ้า (V)
ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง	L1 - L2	380 V
	L2 - L3	380 V
	L3 - L1	380 V
ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ	L1' - L2'	380 V
	L2' - L3'	380 V
	L3' - L1'	380 V

สรุปผลการทดลอง

ขดลวดด้านปฐมภูมิจะต่อแบบเดลต้า (Δ) และขดลวดด้านทุติยภูมิจะต่อแบบวาย (Y) การต่อแบบเดลต้า-วาย เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยเฉพาะในระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ ซึ่งจะต่อวงจรด้านแรงดันสูงเป็นแบบเดลต้า ด้านแรงดันต่ำจะต่อเป็นแบบวายหรือสตาร์ จะได้แรงดันไฟฟ้าต่ำเป็น 2 ระบบคือ ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย แรงดันไฟฟ้า 380 V/220 V สามารถใช้ได้ทั้งระบบเฟสเดียวสำหรับใช้ในบ้านพักอาศัย และระบบ 3 เฟสสำหรับใช้ในอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม การต่อสายทางด้านปฐมภูมิจะทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ในระบบไฟฟ้า 3 เฟสมีค่าเท่ากับ

$$V_L = V_{ph}$$

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

การต่อสายทางด้านทุติยภูมิทำให้คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ในระบบ 3 เฟส มีค่าเท่ากับ

$$V_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

$$I_L = I_{ph}$$

ใบงานที่ 11

การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบโอเพนเดลต้า

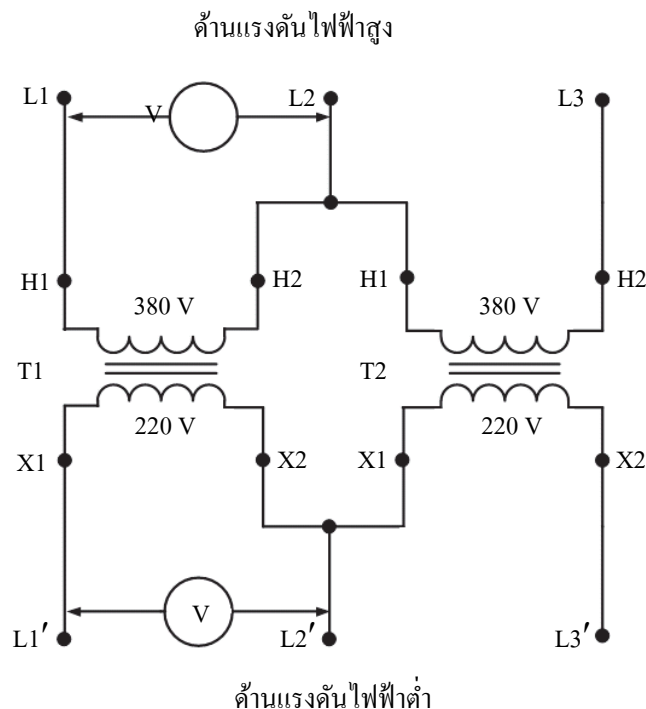
จุดประสงค์การทดลอง

ต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสแบบโอเพนเดลต้า (V) ได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- | | |
|--|-------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 V/220 V | 1 ชุด |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 380 V/220 V ขนาด 300 VA | 2 ชุด |
| 3. AC โวลต์มิเตอร์ | 2 ตัว |
| 4. สายต่อวงจร | |

วงจรการทดลอง



วงจรการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แบบโอเพนเดลต้า

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าแบบโอเพนเดลต้า ตามรูป
2. ต่อด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 380/220 โวลต์ เข้าทางด้าน (ขดลวดปฐมภูมิ)
3. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสองด้านและบันทึกค่าลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การวัดแรงดันไฟฟ้าเฟส (ไลน์-นิวตรอน)

หม้อแปลงไฟฟ้า	ตำแหน่งที่วัด	แรงดันไฟฟ้า (V)
T1	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V
T2	H1 - H2	380 V
	X1 - X2	220 V

ตารางที่ 2 การวัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (ไลน์-ไลน์)

ตำแหน่งที่วัด		แรงดันไฟฟ้า (V)
ด้านแรงดันไฟฟ้าสูง	L1 - L2	380 V
	L2 - L3	380 V
	L3 - L1	380 V
ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ	L1' - L2'	220 V
	L2' - L3'	220 V
	L3' - L1'	220 V

สรุปผลการทดลอง

การนำหม้อแปลงไฟฟ้าแบบโอเพนเดลต้า แม้จะเหลือหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 2 ตัว ก็สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้ แต่ควรที่จะปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อช่วยให้หม้อแปลงไฟฟ้าไม่รับภาระหนักเกินกำลัง เนื่องจากการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าโอเพนเดลต้า สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เพียง 58% ของกำลังเอาต์พุตทั้งหมด

$$\begin{aligned}
 \text{โอเพนเดลต้า} &= \frac{\sqrt{3} \times \text{แรงดันไฟฟ้าที่สาย} \times \text{กระแสไฟฟ้าที่สาย} \times \text{ตัวประกอบกำลัง}}{3 \times \text{แรงดันไฟฟ้าที่สาย} \times \text{กระแสไฟฟ้าที่สาย} \times \text{ตัวประกอบกำลัง}} \\
 &= \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (\text{กรณีตัวประกอบสำคัญมีค่า} = 1) \\
 &= 0.58 \\
 &= 58\%
 \end{aligned}$$

ใบงานที่ 12

การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก

จุดประสงค์การพันหม้อแปลงไฟฟ้า

ปฏิบัติการพันหม้อแปลงไฟฟ้าตั้งแต่การออกแบบ คำนวณหาขนาดจำนวนรอบในการพันขดลวดทองแดง การประกอบแกนเหล็ก การตรวจสอบ การอาบวานิช การอบขดลวด และนำหม้อแปลงไปใช้งานได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการพันหม้อแปลงไฟฟ้า

1. เครื่องพันขดลวด	1 เครื่อง
2. ลวดทองแดงเบอร์ เบอร์ 20 SWG, และเบอร์ 23 SWG	1 ชุติ
3. กระดาษไฟเบอร์แดง	1 ชุติ
4. กระดาษหนังปลาหรือฟิดเทป	1 แผ่น
5. แกนเหล็กตัว E กับ I	1 ชุติ
6. สกรูพร้อมนอตยึดแกนเหล็ก	1 ชุติ
7. ปลอกสายไฟขนาด 1 มม. และ 2 มม.	2 เส้น
8. มัลติมิเตอร์	1 ตัว
9. ค้อนพลาสติก	1 อัน
10. ส่วนไฟฟ้า	1 ตัว
11. มีดคัตเตอร์	1 อัน
12. ฟุตเหล็ก	1 อัน
13. เลื่อยไม้	1 อัน
14. กาวตราช้าง	1 หลอด
15. วานิช	1/4 กระป๋อง
16. หลอดสปอตไลท์	1 หลอด

ลำดับขั้นตอนปฏิบัติงาน

การออกแบบการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 250 VA แรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต 220 V แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต 110 V แบบ Shell Type มีขั้นตอนดังนี้

1. พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก (ตารางนิ้ว)

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก} \quad A = \sqrt{VA} / 5.58$$

$$\text{หาค่าพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็ก} \quad A = \sqrt{250} / 5.58$$

$$A = 2.83 \text{ ตารางนิ้ว}$$

เลือกแกนเหล็กขนาด 3.75 เซนติเมตรคือ ระยะของด้าน b กำหนดให้อัดเรียงซ้อนกัน 5 เซนติเมตร ดังนั้นหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

$$A = (3.75/2.54) \times (5/2.54)$$

$$= 2.9 \text{ ตารางนิ้ว}$$

ค่า 2.9 ตารางนิ้วที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับ 2.83 ตารางนิ้ว ถือว่าใช้ได้

2. หาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (N_1)

$$\text{แทนค่าสมการ} \quad N_1 = \frac{E_1 \times 10^8}{4.44 \text{ fBm.A}}$$

$$\text{เลือก} \quad B_m = 60,000 \text{ เส้นต่อตารางนิ้ว}$$

$$N_1 = \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 50 \times 60,000 \times 2.83}$$

$$N_1 = 584 \text{ รอบ}$$

3. หาจำนวนรอบของขดลวดทุติภูมิ (N_2)

$$\text{แทนค่าสมการ} \quad N_2 = \frac{N_1 \times V_2}{V_1}$$

$$N_2 = \frac{584 \times 110}{220}$$

$$N_2 = 292 \text{ รอบ}$$

4. หาขนาดของเส้นลวดตัวนำเลือกใช้ตัวเลข 500 เซอร์คูลามิลต่อแอมแปร์

$$\text{กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ} = \frac{VA}{V_1} = \frac{250 \text{ VA}}{220 \text{ V}}$$

$$I_1 = 1.136 \text{ แอมแปร์}$$

$$\text{เลือกใช้เส้นลวดขนาด} = 500 \times 1.136$$

$$= 568 \text{ เซอร์คูลามิล}$$

พิจารณาจากตารางที่ 6.1 ใช้เส้นลวดเบอร์ 23 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 624.4 มากกว่า 568 เพื่อให้ขดลวดปฐมภูมิ (N_1) รับกระแสได้

$$\text{กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ} = \frac{VA}{V_2} = \frac{250 \text{ VA}}{110 \text{ V}}$$

$$I_2 = 2.272 \text{ แอมแปร์}$$

$$\text{เลือกใช้เส้นลวดขนาด} = 500 \times 2.272$$

$$= 1,136 \text{ เซอร์คูลามิล}$$

พิจารณาจากตารางที่ 6.1 ขดลวดทุติยภูมิ ใช้เบอร์ 20 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 1,288 มากกว่า 1,136 เพื่อให้ขดลวด ทุติยภูมิ (N_2) รับกระแสได้

5. เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของขดลวดกับช่องหน้าต่างแกนเหล็กตัว E จากพื้นที่ช่องหน้าต่างเท่ากับ a คูณกับ c โดยจะต้องคำนวณหา

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดของขดลวดปฐมภูมิ} &= \frac{\text{จำนวนรอบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด 1 ตารางนิ้ว}} \\ &= \frac{584}{1,340} \\ &= 0.435 \text{ ตารางนิ้ว} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่หน้าตัดของขดลวดทุติยภูมิ} &= \frac{\text{จำนวนรอบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด 1 ตารางนิ้ว}} \\ &= \frac{292}{681} \\ &= 0.429 \text{ ตารางนิ้ว} \end{aligned}$$

$$\text{รวมพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของขดลวด} = 0.435 + 0.429 = 0.864 \text{ ตารางนิ้ว}$$

เมื่อพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กรูปตัว E = ระยะของ $a \times c$
(ต้องเปลี่ยนเซนติเมตรให้เป็นตารางนิ้ว)

ถ้าด้านระยะของ $b = 3.75$ เซนติเมตร

อัตราส่วน $a : b : c : d = 1 : 2 : 3 : 6$

ดังนั้น $a = \frac{b}{2} = \frac{3.75}{2}$

$a = 1.875$ เซนติเมตร

$c = 3a$

$c = 3 \times 1.875$

$c = 5.625$ เซนติเมตร

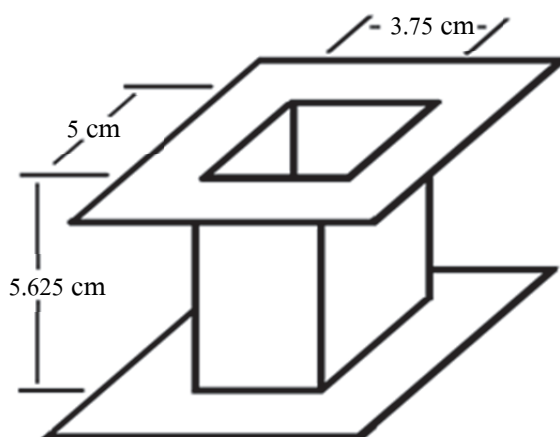
ดังนั้น พื้นที่ช่องหน้าต่าง = $\left(\frac{1.875}{2.54}\right) \times \left(\frac{5.625}{2.54}\right)$

1 นิ้ว เท่ากับ 2.54 เซนติเมตร = 1.634 ตารางนิ้ว

พื้นที่คงเหลือ = $1.634 - 0.864$

= 0.77 ตารางนิ้ว

มีขนาดเพียงพอสำหรับรองรับด้วยกระดาดชนวนและขนาดของบ็อบบี้ ดังนั้นบ็อบบี้มีพื้นที่หน้าตัด 3.75×5 เซนติเมตร ยาว 5.625 เซนติเมตร จึงเป็นขนาดที่พอดีกับการพันเส้นลวดตัวนำ และสามารถประกอบแกนเหล็กได้



6. การทำบ็อบบี้ ควรเลือกใช้กระดาดไฟเบอร์แดง ซึ่งเป็นวัสดุทนความร้อนได้ดี และใช้กระดาดหนังปลาหรือ Fish Tape พันรอบช่องหน้าต่างของบ็อบบี้เพื่อรองรับขดลวดทองแดง ซึ่งช่วยป้องกันรอยบดลอกที่เกิดจากความคมของกระดาดไฟเบอร์กับขดลวดทองแดง

7. เมื่อดำเนินการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพันขดลวดทองแดง กระบวนการนี้จะต้องใช้เครื่องพันขดลวดช่วย และนับจำนวนรอบจากเครื่องพันขดลวด ขดลวดชุดแรกที่พันลงในบ็อบบินคือ ขดลวดทุติยภูมิ (แรงดันไฟฟ้าต่ำ) 292 รอบ เบอร์ 20 (SWG) ลงไปก่อนโดยเจาะปลายสายด้านหนึ่งของบ็อบบิน เมื่อพันขดลวดแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำเรียบร้อยแล้ว ก็ให้ใช้กระดาษหนึ่งปลาพันรอบขดลวด เพื่อเป็นฉนวนสำหรับรองรับขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูงหรือขดลวดปฐมภูมิ โดยพันทับลงบนขดลวดทุติยภูมิซึ่งมีขนาดกึ่งกลาง ขดลวดปฐมภูมิมีจำนวนรอบ 584 รอบ และใช้ลวดทองแดงเบอร์ 23 (SWG) โดยเจาะปลายสายไว้อีกด้านหนึ่งของบ็อบบิน จากนั้นให้พันกระดาษหนึ่งปลาทับขดลวดปฐมภูมิอีกชั้นหนึ่ง การเชื่อมต่อปลายสายของขดลวดทั้งสองชุด ควรใช้ปลอกสายทับเส้นลวดชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการถลอก และให้เหลือปลายสายไว้ประมาณ 15 เซนติเมตร การพันขดลวดทองแดงจะต้องพันให้เส้นลวดตัวนำเรียงชิดเป็นระเบียบ
8. การอบวานิช เมื่อทำการพันขดลวดทั้งสองชุดเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำเอาขดลวดและบ็อบบินทั้งชุดไปจุ่มลงในวานิชที่เตรียมไว้ รอจนกระทั่งวานิชซึมเข้าไปทุกส่วนของขดลวดและบ็อบบิน ให้สังเกตฟองอากาศ ถ้าไม่มีเป็นอันว่าใช้ได้ จากนั้นนำบ็อบบินมาผึ่งอากาศให้แห้ง หรือใช้ความร้อนจากแสงสเปคโตรไลท์ช่วยให้วานิชแห้งก็ได้ ใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง
9. การประกอบแกนเหล็ก นำบ็อบบินที่ชุบวานิชเรียบร้อยแล้วประกอบแกนเหล็กรูปตัว E กับตัว I แล้วยึดแกนเหล็กให้แน่นโดยใช้สกรูร้อยที่รูของแกนเหล็ก หากยึดไม่แน่นเวลาต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานจะเกิดการสั่นของแกนเหล็กเท่ากับอัตราความถี่ที่ป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิ
10. การทดสอบฉนวน เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อตรวจสอบดูว่าหม้อแปลงไฟฟ้ามีลักษณะเป็นฉนวน โดยจะทำการทดสอบอย่างน้อย 3 จุด
 - 10.1 ระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ
 - 10.2 ระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับแกนเหล็ก
 - 10.3 ระหว่างขดลวดทุติยภูมิกับแกนเหล็ก

ทดสอบด้วยมัลติมิเตอร์ ให้เลือกตั้งค่าย่านวัดโอห์ม (ย่านสูงสุด) ต้องมีค่าเป็นอินฟินิตี้ (Infinity) เหมือนกันทั้ง 3 จุด หรือเข็มของมัลติมิเตอร์ไม่กระดิก

สรุปผลการทดลอง

การพันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก ควรปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ 10 ขั้นตอน (1) การหาพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ $A = 2.83$ ตารางนิ้ว (2) การหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ $N_1 = 584$ รอบ (3) การหาจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ $N_2 = 292$ รอบ (4) การหาขนาดของเส้นลวดตัวนำมีค่าเท่ากับ เมื่อพิจารณาจากตารางที่กำหนด ใช้เส้นลวดเบอร์ 23 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 624.4 มากกว่า 568 เพื่อให้ขดลวดปฐมภูมิรับกระแสไฟฟ้าได้ และขดลวดทุติยภูมิจะใช้เบอร์ 20 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 1,288 มากกว่า 1,136 เพื่อให้ขดลวดทุติยภูมิรับกระแสไฟฟ้าได้ (5) การเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของขดลวดกับช่องหน้าต่างแกนเหล็ก รูปตัว E บ๊อบบี้มีพื้นที่หน้าตัด 3.75×5 เซนติเมตร ยาว 5.625 เซนติเมตร จึงเป็นขนาดที่พอดีกับการพันเส้นลวดตัวนำ และสามารถประกอบแกนเหล็กได้ (6) การทำบ๊อบบี้หรือฟอร์มคอยล์ สามารถรองรับการพันเส้นลวดตัวนำทั้ง 2 ได้ และสามารถใส่แกนเหล็กตัว E และตัว I ได้ (7) การพันเส้นลวดตัวนำจะพันอย่างเป็นระเบียบ และพันขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำไว้ด้านนอกก่อน และนำกระดาดชนวนหรือกระดาดหนังปลามาพันทับขดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำไว้ ส่วนขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูงจะพันไว้ด้านบนและพันกระดาดชนวนทับขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูงอีกชั้น เพื่อป้องกันการลัดวงจรระหว่างขดลวดและแกนเหล็ก (8) การชุบขดลวดด้วยวานิช นำบ๊อบบี้ที่พันเส้นลวดตัวนำไปจุ่มลงในวานิช สังเกตดูว่ามีฟองอากาศผุดขึ้นมาจากวานิชหรือไม่ ถ้าไม่มีฟองอากาศผุดขึ้นมา แสดงว่าน้ำยาได้แทรกซึมเข้าไปในเส้นลวดตัวนำของบ๊อบบี้แล้วนำไปผึ่งในกลางแจ้งเพื่อให้วานิชแห้ง (9) การประกอบแกนเหล็กเพื่อใช้งาน ประกอบแกนเหล็กรูปตัว E และรูปตัว I จนเต็มในพื้นที่ช่องว่างของบ๊อบบี้ แล้วขันนอตยึดให้แน่น (10) การทดสอบชนวน ทดสอบระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ ทดสอบระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับแกนเหล็ก ทดสอบระหว่างขดลวดทุติยภูมิกับแกนเหล็ก



เฉลยแบบฝึกหัดก่อน-หลังเรียน
และเฉลยแบบฝึกหัดประจำบท

หม้อแปลงไฟฟ้า

รหัสวิชา 20104-2105



บริษัท ซีเอดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 1

- ข้อ 1 ตอบ ง. แสดงอำนาจแม่เหล็กในช่วงระยะเวลาที่ต้องการ
- ข้อ 2 ตอบ ก. แมกซ์เวลล์
- ข้อ 3 ตอบ ค. Inductance
- ข้อ 4 ตอบ ข. ทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- ข้อ 5 ตอบ ง. หม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 6 ตอบ ก. ฟาราเดย์
- ข้อ 7 ตอบ ง. การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
- ข้อ 8 ตอบ ค. ไฟฟ้ากระแสสลับ
- ข้อ 9 ตอบ ข. ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ข้อ 10 ตอบ ข. 15 องศา

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 1

- ข้อ 1 ตอบ ค. แสดงอำนาจแม่เหล็กในช่วงระยะเวลาที่ต้องการ
- ข้อ 2 ตอบ ง. แมกซ์เวลล์
- ข้อ 3 ตอบ ข. Inductance
- ข้อ 4 ตอบ ก. ทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- ข้อ 5 ตอบ ก. หม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 6 ตอบ ง. ฟาราเดย์
- ข้อ 7 ตอบ ค. การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก
- ข้อ 8 ตอบ ข. ไฟฟ้ากระแสสลับ
- ข้อ 9 ตอบ ค. ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ข้อ 10 ตอบ ค. 15 องศา

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 1

- ข้อ 1 ตอบ** แม่เหล็กธรรมชาติจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะเป็นออกไซด์ของเหล็ก (Fe 304) และมีรูปร่างไม่แน่นอน แม่เหล็กประดิษฐ์ เป็นฝีมือของมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น และมีอยู่ 2 ชนิดคือ
1. แม่เหล็กถาวร และ 2. แม่เหล็กชั่วคราว
- ข้อ 2 ตอบ** แม่เหล็กประดิษฐ์ จำแนกออกเป็น 2 ชนิดคือ
1. แม่เหล็กถาวร จะแสดงอำนาจความเป็นแม่เหล็กนาน มีรูปร่างเป็นเกือกม้าหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน
 2. แม่เหล็กชั่วคราว จะแสดงอำนาจแม่เหล็กเป็นเวลาที่ต้องการให้เป็นแม่เหล็กเท่านั้น เกิดจากการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า ใช้กับขดไฟฟ้าและไมโครโฟน
- ข้อ 3 ตอบ** ทิศทางสนามแม่เหล็กรอบๆ เส้นลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะอยู่ในทิศสกรูหมุน เมื่อขันสกรูเข้าไปจะแทนด้วยทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- ข้อ 4 ตอบ** กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะสร้างสนามแม่เหล็กในทิศทางที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ข้อ 5 ตอบ** เมื่อกางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง ให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้แทนทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็ก นิ้วกลางแทนทิศทางของกระแสไฟฟ้า
- ข้อ 6 ตอบ** การเหนี่ยวนำร่วม เกิดขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดหนึ่ง เปลี่ยนแปลงไปตัดกับขดลวดอีกขดหนึ่ง จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดที่สอง ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดที่สองนี้ เรียกว่า การเหนี่ยวนำร่วม
- ข้อ 7 ตอบ** แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดขึ้นจากการให้ตัวนำตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือการให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดตัวนำ และการทำให้สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงจากเส้นลวดตัวนำ A ไปตัดกับเส้นลวดตัวนำ B ที่วางอยู่ใกล้กัน

ข้อ 8 ตอบ ทำการทดลองโดยการนำขดลวดตัวนำ 2 ขด ขดที่ 1 ต่อเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าและสวิตช์ ขดที่ 2 ต่ออยู่กับกัลวานอมิเตอร์ ขดลวดทั้งสองจะวางอยู่ใกล้กัน เมื่อทำการสับสวิตช์ให้ มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านภายในขดลวดที่ 1 เกิดอำนาจแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตาม กระแสไฟฟ้ามากพอไปตัดกับขดลวดที่ 2 เหนี่ยวนำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดที่ 2 ด้วย และเข็มของกัลวานอมิเตอร์ที่ต่อได้เกิดการปายเบน จึงทำให้พาราเดย์ค้นพบความจริงเรื่อง แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ข้อ 9 ตอบ เมื่อ $B = 1.75$ เวเบอร์/ตร.ม.
 $l = 1.2$ เมตร
 $v = 60$ เมตร/วินาที
 $e = 1.75 \times 1.2 \times 60 \times \sin 60^\circ$
 $e = 1.75 \times 1.2 \times 60 \times 0.866$
 $e = 109.12$ โวลต์

ข้อ 10 ตอบ เมื่อ $B = 1.5$ เวเบอร์/ตร.ม.
 $l = 1$ เมตร
 $v = 50$ เมตร/วินาที
และ $e = 37.5$ โวลต์
 $e = Blv \sin \theta$
 $37.5 = 1.5 \times 1 \times 50 \times \sin \theta$
 $\sin \theta = \frac{37.5}{1.5 \times 1 \times 50}$
 $\sin \theta = 0.5$
 $\sin^{-1} 0.5 = 30^\circ$

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 2

- ข้อ 1 ตอบ ค. ขดลวดปฐมภูมิ
- ข้อ 2 ตอบ ก. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบทอรอยด์
- ข้อ 3 ตอบ ข. แกนเหล็กตัว E กับ I
- ข้อ 4 ตอบ ง. แบบครุฑiform
- ข้อ 5 ตอบ ข. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคัทคอร์
- ข้อ 6 ตอบ ค. ขดลวดทุติยภูมิ
- ข้อ 7 ตอบ ก. ขดลวดทุติยภูมิมีขนาดโตจำนวนรอบน้อย
- ข้อ 8 ตอบ ง. ขดลวดทุติยภูมิ
- ข้อ 9 ตอบ ค. 0.35 มิลลิเมตร
- ข้อ 10 ตอบ ค. ป้องกันการลัดวงจรระหว่างขดลวด

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 2

- ข้อ 1 ตอบ ก. ขดลวดปฐมภูมิ
- ข้อ 2 ตอบ ค. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบทอรอยด์
- ข้อ 3 ตอบ ง. แกนเหล็กตัว E กับ I
- ข้อ 4 ตอบ ข. แบบครุฑiform
- ข้อ 5 ตอบ ค. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคัทคอร์
- ข้อ 6 ตอบ ข. ขดลวดทุติยภูมิ
- ข้อ 7 ตอบ ข. ขดลวดทุติยภูมิมีขนาดโตจำนวนรอบน้อย
- ข้อ 8 ตอบ ก. ขดลวดทุติยภูมิ
- ข้อ 9 ตอบ ข. 0.35 มิลลิเมตร
- ข้อ 10 ตอบ ง. ป้องกันการลัดวงจรระหว่างขดลวด

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 2

- ข้อ 1 ตอบ** ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้ามีอยู่ 3 ส่วนคือ
1. แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า
 2. ขดลวดตัวนำ ประกอบด้วย ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ
 3. ฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 2 ตอบ** แกนเหล็กลามิเนตจะช่วยลดค่ากระแสไหลวนที่เกิดขึ้นกับแกนเหล็กในรูปของพลังงานความร้อน ทั้งนี้ แกนเหล็กลามิเนตจะทำด้วยเหล็กแผ่นบางๆ แล้วนำมาอัดเรียงซ้อนกัน เป็นการช่วยระบายความร้อน เพิ่มประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียในแกนเหล็ก
- ข้อ 3 ตอบ** ขดลวดตัวนำจะถูกอบด้วยน้ำยา เพื่อให้มีความเป็นฉนวนที่ดี ทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อน
- ข้อ 4 ตอบ** ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าออกไปใช้งาน
- ข้อ 5 ตอบ** ฉนวนของหม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ห่อหุ้มและรองรับขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ และฉนวนจะคั่นอยู่ระหว่างแกนกลางของขดลวด เพื่อไม่ให้ขดลวดทั้งสองชุดสัมผัสกันโดยตรง ช่วยป้องกันการลัดวงจรภายในหม้อแปลงไฟฟ้า ทนต่อความร้อนได้สูง และมีความเป็นฉนวนที่ดี
- ข้อ 6 ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชลล์ (Shell Type) จะมีแกนเหล็กเป็นรูปตัว E กับตัว I การพันขดลวดตัวนำของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ จะพันทับลงไปในแกนเดียวกัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ “แกนเหล็กล้อมขดลวด”
- ข้อ 7 ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์และแบบเชลล์ ในทางเทคนิคแล้วไม่สามารถกล่าวได้ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบใดมีคุณภาพที่ดีกว่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความถนัดของโรงงานผู้ผลิต และความเหมาะสมของโครงสร้างเพื่อผลิตหม้อแปลงไฟฟ้านั้นๆ โดยปกติผู้ใช้จะคำนึงถึงการสูญเสียกำลังไฟฟ้า (Power Loss) การสั่นสะเทือน (Vibration) อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น (Temperature Rise) และเสียงรบกวน (Noise Level) ดังนั้นโรงงานจะต้องพิถีพิถันในการเลือกใช้วัสดุ (Material), การออกแบบ (Design) และกระบวนการผลิต (Manufacturing Process) เพื่อให้ได้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีคุณภาพตามความต้องการของผู้ใช้

- ข้อ 8 **ตอบ** แกนหลักลักษณะเป็นรูปวงแหวนทำมาจากโลหะผสมสารกึ่งตัวนำ-ซิลิกอน หม้อแปลงแกนทอรอยด์มีประสิทธิภาพสูง 95% เพราะแกนทอรอยด์มีสภาพความนำแม่เหล็กสูง อีกทั้งยังไม่มีช่องรอยต่อเหมือนกับแกนหลักแบบ Core และแบบ Shell จึงช่วยลดการเกิดเสียงรบกวนได้ในขณะทำงาน
- ข้อ 9 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าแบบคัทคอร์มีแกนเป็นเหล็ยม และแกนถูกขึ้นรูปให้มีรอยต่อทำให้เวลาพันจะใช้ลวดมากกว่า ผลที่ตามมาคือ Copper Loss สูงกว่าแบบริงคอร์
- ข้อ 10 **ตอบ** **หม้อแปลงไฟฟ้าแบบริงคอร์ (Ring Core Type)** แกนหลักมีลักษณะกลม และแกนถูกขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวตลอด ไม่มีรอยต่อ ทำให้เวลาพันจะใช้ลวดน้อยกว่าแบบคัทคอร์ (ระยะทางต่อรอบน้อยกว่า) ผลที่ตามมาคือ Copper Loss ลดลง ส่วนการรั่วไหลของฟลักซ์จะต่ำกว่า เนื่องจากไม่มีรอยต่อของแกนหลัก
- ข้อ 11 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน (Step Down Transformer) ขดลวดปฐมภูมิจะมีขนาดเส้นลวดตัวนำเล็ก และมีจำนวนรอบมาก ขดลวดทุติยภูมิจะมีขนาดเส้นลวดตัวนำโต และมีจำนวนรอบน้อย หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดัน (Step Up Transformer) ขดลวดปฐมภูมิจะมีขนาดเส้นลวดตัวนำโต และมีจำนวนรอบน้อย ขดลวดทุติยภูมิจะมีขนาดเส้นลวดตัวนำเล็ก และมีจำนวนรอบมาก
- ข้อ 12 **ตอบ** เหมาะสำหรับนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่
- ข้อ 13 **ตอบ** 1. ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง
2. มีน้ำหนักเบากว่า
3. ราคาถูกกว่าเมื่อพิจารณาถึงขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน
- ข้อ 14 **ตอบ** **เนื่องจาก** หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส จำนวน 3 ตัว ที่ต่อใช้งานร่วมกันเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส และหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเกิดชำรุดเสียหายใช้งานไม่ได้ ก็สามารถที่จะปลดออกมาดำเนินการตรวจสอบได้ โดยที่หม้อแปลงไฟฟ้าอีก 2 ตัวที่เหลืออยู่นั้นยังคงต่อใช้งานได้ ด้วยวิธีการต่อ **แบบโอเพนเดลต้า** แต่จะมีประสิทธิภาพในการจ่าย พลังงานไฟฟ้าเพียงแค่ 58%

ข้อ 15 ตอบ สำหรับการพ่นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็ก สามารถพ่นขดลวดให้แนบสนิท สามารถทำได้ง่าย แต่ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงๆ ขดลวดตัวนำจะมีรูปร่างเป็นแบบทรงกระบอกหรือทรงกลม ดังนั้นแกนเหล็กที่ใช้พันจะมีชื่อเรียกว่า “แกนเหล็กแบบครุฑiform” **มีข้อดี** คือเพิ่มความความแข็งแรงให้กับขดลวดตัวนำ และช่วยลดการเกิดลี้กเกจฟลักซ์ได้

แบบสังเกตพฤติกรรม
เพื่อประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 2104 - 2107
บทที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....ระดับชั้น.....เลขที่.....สาขางาน.....

ลำดับที่	พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
		0	1	2
1	ความมีวินัย 1.1 การเข้าเรียนตรงเวลา 1.2 ปฏิบัติตามข้อตกลงร่วมกันของห้องเรียน			
2	ความรับผิดชอบ 2.1 มีความกระตือรือร้น 2.2 ส่งแบบฝึกหัดเสร็จตามเวลาที่กำหนด			
3	ความซื่อสัตย์สุจริต 3.1 ไม่นำของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง 3.2 ไม่ลอกการบ้านและแบบฝึกหัด			
4	ความสนใจใฝ่รู้ 4.1 ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 4.2 ซักถามข้อสงสัย			
5	การละเว้นสิ่งเสพติดและการพนัน 5.1 ไม่เสพสิ่งเสพติดอื่นๆ 5.2 ไม่เล่นการพนัน			
รวมคะแนนที่ได้				

หมายเหตุ : ความหมายของระดับคะแนน

0 = ไม่ปฏิบัติเลย 1 = ปฏิบัติบ้างในบางครั้งหรือต้องหรือต้องมีการชี้แนะตักเตือน

2 = ปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอโดยไม่ต้องมีการชี้แนะตักเตือน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)
 (.....)

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 3

- ข้อ 1 **ตอบ** ค. แปลงพลังงานไฟฟ้า
- ข้อ 2 **ตอบ** ค. V_1 มากกว่า V_2 และ N_1 มากกว่า N_2
- ข้อ 3 **ตอบ** ง. แบบรักษาแรงดัน
- ข้อ 4 **ตอบ** ง. กิโลโวลต์-แอมแปร์
- ข้อ 5 **ตอบ** ข. ค่าคงที่ $K < 1$
- ข้อ 6 **ตอบ** ก. ความถี่ไฟฟ้าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ข้อ 7 **ตอบ** ค. ขนาดตั้งแต่ 1,000-1 MVA
- ข้อ 8 **ตอบ** ง. 900 รอบ
- ข้อ 9 **ตอบ** ข. $E_1 = 4.44f N_1 \phi_m$ โวลต์
- ข้อ 10 **ตอบ** ก. $I_1 = 7.57 \text{ A}$, $I_2 = 227.27 \text{ A}$

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 3

- ข้อ 1 **ตอบ** ก. แปลงพลังงานไฟฟ้า
- ข้อ 2 **ตอบ** ข. V_1 มากกว่า V_2 และ N_1 มากกว่า N_2
- ข้อ 3 **ตอบ** ก. แบบรักษาแรงดัน
- ข้อ 4 **ตอบ** ข. กิโลโวลต์-แอมแปร์
- ข้อ 5 **ตอบ** ง. ค่าคงที่ $K < 1$
- ข้อ 6 **ตอบ** ง. ความถี่ไฟฟ้าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ข้อ 7 **ตอบ** ข. ขนาดตั้งแต่ 1,000-1 MVA
- ข้อ 8 **ตอบ** ก. 900 รอบ
- ข้อ 9 **ตอบ** ค. $E_1 = 4.44f N_1 \phi_m$ โวลต์
- ข้อ 10 **ตอบ** ง. $I_1 = 7.57 \text{ A}$, $I_2 = 227.27 \text{ A}$

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 3

- ข้อ 1 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ข้อ 2 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากอาศัยการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็ก ตามสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) เคลื่อนที่ไปตัดขดลวดตัวนำ จึงเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา สามารถนำไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้
- ข้อ 3 **ตอบ** K มีค่าน้อยกว่า 1 คือ หม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน (Step Down Transformer) K มีค่ามากกว่า 1 คือ หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดัน (Step Up Transformer)
- ข้อ 4 **ตอบ** $E_1 = 4.44f N_1 \phi_m$ โวลต์
 E_1 = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดปฐมภูมิ (โวลต์)
 F = ความถี่ (Hz)
 N_1 = จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (รอบ)
 ϕ_m = ค่าเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด (เวเบอร์)
- ข้อ 5 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ($E_2 = E_1$) ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ 220 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิจะมีขนาดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ นั่นคือเท่ากับ 220 โวลต์ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากันทั้ง 2 ด้าน และใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกัน สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดันลง หรือ $E_2 < E_1$ ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิมีค่า 220 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 110 โวลต์
- ข้อ 6 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้านิยมบอกขนาดพิกัดมาเป็น VA (Volt-Amp) เนื่องจากยังไม่ทราบว่าโหลดหรือภาระทางไฟฟ้าที่จะมาเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้านั้นเป็นโหลดชนิดใด (R, L, C)
- ข้อ 7 **ตอบ** 1. ความถี่ไฟฟ้าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
 2. กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับด้านทุติยภูมิ
 3. ขนาดพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานนิยมบอกเป็น VA เพราะยังไม่ทราบถึงลักษณะของโหลดทางไฟฟ้าที่จะนำมาต่อร่วมกัน

- ข้อ 8 ตอบ**
1. ขนาดเล็กจนถึง 1 VA เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่เชื่อมต่อระหว่างสัญญาณในงานอิเล็กทรอนิกส์
 2. ขนาด 1-1,000 VA เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กภายในบ้าน
 3. ขนาด 1 kVA - 1 MVA เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้กับที่อยู่อาศัยสำนักงานและโรงงานอุตสาหกรรม
 4. ขนาด 1 MVA ขึ้นไปเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าใช้สำหรับสถานีไฟฟ้าย่อยการผลิตและจ่ายพลังงานไฟฟ้าในปริมาณมาก

ข้อ 9 ตอบ

1.
$$I_1 = \frac{kVA}{E_1} = \frac{150 \times 10^3}{22,000 \text{ V}} = 6.818 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{kVA}{E_2} = \frac{150 \times 10^3}{220 \text{ V}} = 681.8 \text{ A}$$
2.
$$E_1 = 4.44 \times f \times N_1 \times B_m A$$

เมื่อ
$$\phi_m = B_m A$$

$$\phi_m = 4.53 \times 0.039$$

$$\phi_m = 0.1755 \text{ เวเบอ}$$

แทนค่า
$$N_1 = \frac{E_1}{4.44 \times f \times \phi_m}$$

$$N_1 = \frac{22,000 \text{ V}}{4.44 \times 50 \times 0.1755}$$

ตอบ
$$N_1 = 565 \text{ รอบ}$$

แทนค่า
$$N_2 = \frac{E_2}{4.44 \times f \times \phi_m}$$

$$N_2 = \frac{220 \text{ V}}{4.44 \times 50 \times 0.1755}$$

ตอบ
$$N_2 = 5.65 \text{ รอบ}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ กำลังไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ} &= E_1 \times I_1 \\
 &= 22,000 \text{ V} \times 6.818 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\text{ตอบ} = 150 \text{ kVA}$$

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ} &= E_2 \times I_2 \\
 &= 220 \text{ V} \times 681.8 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\text{ตอบ} = 150 \text{ kVA}$$

$$4. \quad K = \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\text{แทนค่า} \quad K = \frac{220 \text{ V}}{22,000 \text{ V}} = \frac{5.65}{565} \quad \text{รอบ} = \frac{6.818 \text{ A}}{681.8 \text{ A}} = 0.01$$

ค่า $K < 1$ เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 4

- ข้อ 1 ตอบ ข. การสูญเสียจากความผิด
- ข้อ 2 ตอบ ก. กระแสใช้งาน
- ข้อ 3 ตอบ ก. กระแสล้าหลังแรงดัน
- ข้อ 4 ตอบ ค. ขดลวดปฐมภูมิมีกระแสไหลผ่านเพียงขดเดียว
- ข้อ 5 ตอบ ก. ขดลวดทั้งสองขดมีกระแสไหลผ่าน
- ข้อ 6 ตอบ ง. แบบอุดมคติ
- ข้อ 7 ตอบ ก. ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ
- ข้อ 8 ตอบ ง. Core Loss
- ข้อ 9 ตอบ ก. $P_0 = V_1 I_0 \cos \theta_0$
- ข้อ 10 ตอบ ค. $I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0 I_2' \cos \theta}$

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 4

- ข้อ 1 ตอบ ก. การสูญเสียจากความผิด
- ข้อ 2 ตอบ ข. กระแสใช้งาน
- ข้อ 3 ตอบ ข. กระแสล้าหลังแรงดัน
- ข้อ 4 ตอบ ง. ขดลวดปฐมภูมิมีกระแสไหลผ่านเพียงขดเดียว
- ข้อ 5 ตอบ ข. ขดลวดทั้งสองขดมีกระแสไหลผ่าน
- ข้อ 6 ตอบ ก. แบบอุดมคติ
- ข้อ 7 ตอบ ค. ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ
- ข้อ 8 ตอบ ก. Core Loss
- ข้อ 9 ตอบ ค. $P_0 = V_1 I_0 \cos \theta_0$
- ข้อ 10 ตอบ ง. $I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0 I_2' \cos \theta}$

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 4

- ข้อ 1 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าที่ไม่มีการสูญเสียใดๆ (No Loss) หรือไม่มีค่าความต้านทานภายใน ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ การสูญเสียเท่ากับศูนย์จึงมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์
- ข้อ 2 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงจะแตกต่างกับหม้อแปลงในอุดมคติ เนื่องจากว่าหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานจริงจะมีการสูญเสียในแกนเหล็ก ขดลวดทองแดง และรวมถึงการรั่วไหลของเส้นแรงแม่เหล็กด้วย
- ข้อ 3 **ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าขณะมีโหลดคือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแรงดันและกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ โดยที่ปลายสายของขดลวดทุติยภูมิต่อเข้ากับโหลดทางไฟฟ้า
- ข้อ 4 **ตอบ** โหลดหรือภาระทางไฟฟ้ามี 3 ชนิด ได้แก่
1. รีซิสทีฟโหลด เป็นโหลดที่เป็นค่าความต้านทานมาต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะอินเฟสกับแรงดันไฟฟ้า
 2. อินดักทีฟโหลด เป็นโหลดที่เป็นค่าตัวเหนี่ยวนำที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะล่าหลังแรงดันไฟฟ้า
 3. คาปาซิทีฟโหลด เป็นโหลดที่เป็นค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้า
- ข้อ 5 **ตอบ** เมื่อต่อโหลดหรือภาระทางไฟฟ้าเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดทุติยภูมิ (I_2) กระแสไฟฟ้า I_2 จะทำให้เกิด “แอมแปร์-รอบ” ขึ้นในขดลวดคือ $N_2 I_2$ หรือเกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็กและสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_2 ขึ้นมา โดยมีทิศทางที่หักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I_0 มีผลให้ฟลักซ์ ϕ มีค่าลดลง ดังนั้น ϕ_2 จึงเรียกว่า แอมแปร์-รอบ ลดเส้นแรงแม่เหล็ก ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E_1 ลดลง กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิเพิ่มขึ้น เรียกกระแสนี้ว่า “กระแสไฟฟ้าโหลดด้านปฐมภูมิ” (I_2) ทำให้แอมแปร์-รอบในขดลวดปฐมภูมามีค่าเท่ากับ $I_2 N_1$ โดยสร้างขึ้นมาหักล้างกับ ϕ_2 แต่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับ ϕ (มีจวลฟลักซ์) ดังนั้น ϕ_2 ที่เกิดจาก I_2 จะหักล้างกันพอดี จะเหลือเพียง ϕ หรือมีจวลฟลักซ์เพียงอย่างเดียว

ข้อ 6 ตอบ แอมแปร์-รอบ คือความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดปฐมภูมิ และทุติยภูมิ มีค่าเท่ากับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านคูณกับจำนวนรอบของขดลวด

$$I_1 N_1 = I_2 N_2$$

ข้อ 7 ตอบ กำลังไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นการบอกพิสัยขนาดในการนำไปใช้งาน นิยมบอกเป็นโวลต์-แอมแปร์ ซึ่งเป็นผลคูณระหว่าง แรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ = กำลังไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ

ข้อ 8 ตอบ มีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับหนึ่ง (Unity) ทำให้กระแสไฟฟ้า I_2 เกิดขึ้นพร้อมกับแรงดันไฟฟ้า V_2 หรือ (I_2 Inphase V_1)

มีค่าตัวประกอบกำลังล่าช้า (Lagging) ทำให้กระแสไฟฟ้า I_2 เกิดขึ้นล่าช้า
แรงดันไฟฟ้า V_2 หรือ (I_2 Lagging V_2)

มีค่าตัวประกอบกำลังนำหน้า (Leading) ทำให้กระแสไฟฟ้า I_2 เกิดขึ้นนำหน้า
แรงดันไฟฟ้า V_2 หรือ (I_2 Leading V_2)

ข้อ 9 ตอบ 1. กระแสใช้งาน (I_o)
2. กระแสสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก (I_μ)

$$1. \quad I_o = 0.85 \text{ A}$$

$$\cos\theta = 0.6 \text{ (Lag)}$$

$$\cos\theta^{-1} = 53.13^\circ$$

ดังนั้น $I_o = I_o \cos\theta$

$$I_o = 0.85 \times \cos 53.13^\circ$$

$$I_o = 0.85 \times 0.6$$

$$I_o = 0.51 \text{ A}$$

$$2. \quad I_o = \sqrt{(I_o)^2 + (I_\mu)^2}$$

$$I_\mu = \sqrt{(I_o)^2 - (I_o)^2}$$

$$I_\mu = \sqrt{(0.85)^2 - (0.51)^2}$$

$$I_\mu = 0.68 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หรือ} \quad I_{\mu} &= I_0 \sin \theta \\
 I_{\mu} &= 0.85 \sin 53.13^\circ \\
 I_{\mu} &= 0.85 \times 0.78 \\
 I_{\mu} &= 0.68 \text{ A}
 \end{aligned}$$

ข้อ 10 ตอบ หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสตัวหนึ่ง พิกัดขนาดแรงดันไฟฟ้า 2,200 V/220 V ใช้กับ ความถี่ 50 Hz ในขณะไม่มีโหลด มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิ 1.25 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.55 ล้าหลัง เมื่อนำโหลดมาต่อด้านขดลวดทุติยภูมิมีกระแสไฟฟ้าไหล 150 แอมแปร์ มีค่าตัวประกอบกำลัง 0.75 ล้าหลัง จงคำนวณ หาค่า

1. กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
2. เขียนเวกเตอร์ไดอะแกรม

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ} \quad E_1 &= 2,200 \text{ V} \\
 E_2 &= 220 \text{ V} \\
 I_0 &= 1.25 \text{ A} \\
 \cos \theta_0 &= 0.55 \\
 \cos \theta_2 &= 0.75 \\
 \text{ดังนั้น} \quad \theta_0 &= \cos^{-1} 0.55 \\
 \theta_0 &= 56.63^\circ \\
 \theta_2 &= \cos^{-1} 0.75 \\
 \theta_2 &= 41.40^\circ \\
 K &= \frac{E_2}{E_1} = \frac{220}{2,200} = 0.1
 \end{aligned}$$

เพราะมีโหลด กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$I'_2 = KI_2 = 0.1 \times 150 = 15 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ} \quad \theta_2 &= \text{มุมระหว่างกระแสไฟฟ้า } I_0 \text{ กับแรงดันไฟฟ้า } V_1 \\
 \theta_2 &= \text{มุมระหว่างกระแสไฟฟ้า } I_2 \text{ กับแรงดันไฟฟ้า } V_2 \\
 \text{หรือ} &= \text{มุมระหว่างกระแสไฟฟ้า } I'_2 \text{ กับแรงดันไฟฟ้า } V_1 \\
 \theta_1 &= \text{มุมระหว่างกระแสไฟฟ้า } I_1 \text{ กับแรงดันไฟฟ้า } V_1
 \end{aligned}$$

ดังนั้น มุมระหว่างกระแสไฟฟ้า I_0 กับ I'_2

$$\theta = \theta_0 - \theta_2$$

$$\theta = 56.63^\circ - 41.40^\circ$$

$$\theta = 15.23^\circ$$

$$\cos 15.23^\circ = 0.9648$$

กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ มีค่าเท่ากับ

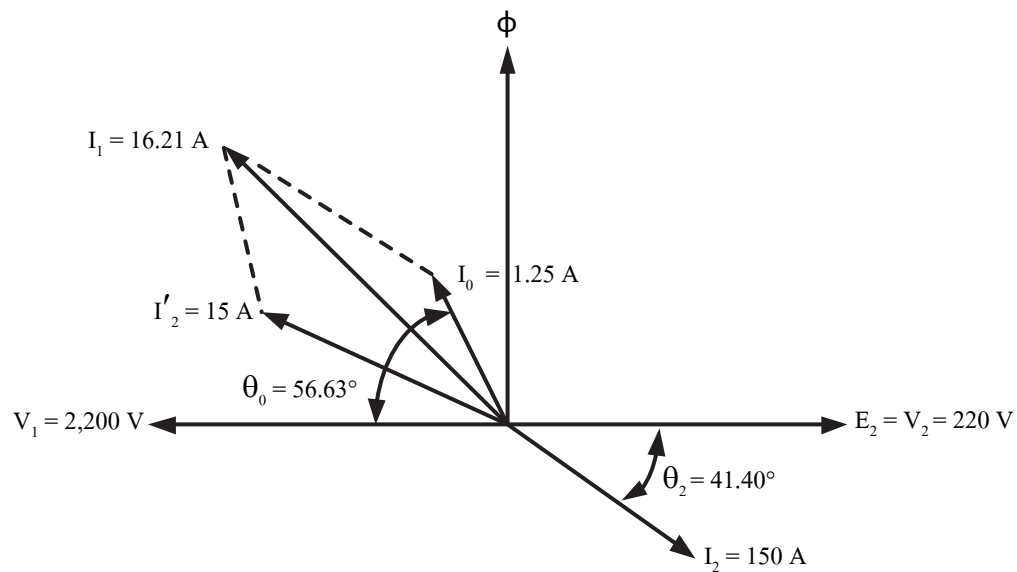
$$I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2 + 2I_0I_2'\cos\theta}$$

$$I_1 = \sqrt{(1.25)^2 + (15)^2 + (2 \times 1.25 \times 15 \times 0.9648)}$$

$$I_1 = \sqrt{262.83} \text{ A}$$

$$I_1 = 16.21 \text{ A}$$

จงคำนวณ I_0 , I_2 , I'_2 , θ_0 , θ_2 เขียนเป็นเวกเตอร์ไดอะแกรม เพื่อหาค่า I_1 เปรียบเทียบกับ V_1 และ V_2 ได้ดังนี้



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 5

- ข้อ 1 ตอบ ก. $Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2}$
- ข้อ 2 ตอบ ง. Friction loss
- ข้อ 3 ตอบ ข. X_{01}
- ข้อ 4 ตอบ ค. Copper Loss
- ข้อ 5 ตอบ ข. การหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง
- ข้อ 6 ตอบ ก. อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า
- ข้อ 7 ตอบ ก. Resistor
- ข้อ 8 ตอบ ค. ต่อตัวเก็บประจุเพิ่มเข้าไป
- ข้อ 9 ตอบ ก. $\frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$
- ข้อ 10 ตอบ ข. (กำลังเอาต์พุต/กำลังอินพุต) $\times 100$

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 5

- ข้อ 1 ตอบ ค. $Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2}$
- ข้อ 2 ตอบ ข. Friction Loss
- ข้อ 3 ตอบ ง. X_{01}
- ข้อ 4 ตอบ ก. Copper loss
- ข้อ 5 ตอบ ง. การหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง
- ข้อ 6 ตอบ ง. อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า
- ข้อ 7 ตอบ ข. Resistor
- ข้อ 8 ตอบ ก. ต่อตัวเก็บประจุเพิ่มเข้าไป
- ข้อ 9 ตอบ ค. $\frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$
- ข้อ 10 ตอบ ง. (กำลังเอาต์พุต/กำลังอินพุต) $\times 100$

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 5

- ข้อ 1 ตอบ** ค่าความต้านทานสมมูลของขดลวดปฐมภูมิคือ การย้ายค่าความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิมาไว้ในด้านเดียวกับขดลวดปฐมภูมิโดยใช้วิธีการถ่ายโอน มีค่าเท่ากับ $R_{01} = R_1 + R_2/K^2$ ค่าความต้านทานสมมูลของขดลวดทุติยภูมิคือ การย้ายค่าความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิมาไว้ในด้านเดียวกับขดลวดทุติยภูมิ โดยใช้วิธีการถ่ายโอน มีค่าเท่ากับ $R_{02} = R_2 + K^2R_1$
- ข้อ 2 ตอบ** ใช้วิธีการเดียวกับความต้านทานสมมูล รีแอกแตนซ์สมมูลของขดลวดปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ $X_{01} = X_1 + X_2/K^2$ รีแอกแตนซ์สมมูลของขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ $X_{02} = X_2 + K^2X_1$
- ข้อ 3 ตอบ** อิมพีแดนซ์สมมูล เป็นผลรวมระหว่าง ค่าความต้านทานสมมูลกับค่ารีแอกแตนซ์สมมูลด้านปฐมภูมิ มีค่าเท่ากับ
- $$Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2} \text{ และด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ}$$
- $$Z_{02} = \sqrt{(R_{02})^2 + (X_{02})^2} \text{ ซึ่งใช้วิธีการถ่ายโอนเช่นเดียวกัน}$$
- ข้อ 4 ตอบ** มีจุดประสงค์เพื่อต้องการหาค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 5 ตอบ** การสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้ามี 2 ส่วน ดังนี้
1. การสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron loss or Core Loss)
 2. การสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss)
- ข้อ 6 ตอบ** มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Loss) เพื่อนำไปหาค่าที่ได้จากการสูญเสียไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
- ข้อ 7 ตอบ** มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าการสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron Loss) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การทดสอบขณะไม่มีโหลด (No-load Test)
- ข้อ 8 ตอบ** โวลเตจเรกูเลชัน เป็นการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ ขั้วของขดลวดทุติยภูมิเมื่อไม่มีโหลด (E_2) กับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของขดลวดทุติยภูมิเมื่อมีโหลด (V_2) เต็มพิกัด

ข้อ 9 ตอบ โหลดทางไฟฟ้ามี 3 ชนิดคือ

1. โหลดความต้านทาน (Resistive Load) มีค่าตัวประกอบกำลังเป็นหนึ่ง
2. โหลดตัวเหนี่ยวนำ (Inductive Load) มีค่าตัวประกอบกำลังล้าหลัง
3. โหลดตัวเก็บประจุ (Capacitive Load) มีค่าตัวประกอบกำลังนำหน้า

ข้อ 10 ตอบ ประสิทธิภาพตลอดวันของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ ความสามารถในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งขดลวดปฐมภูมิจะได้รับพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลา แต่ขดลวดทุติยภูมิอาจจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดในทุกช่วงเวลาที่ต้องการโดยไม่มีข้อขัดข้อง จึงจะถือว่าหม้อแปลงไฟฟ้าตัวนั้นจะมีประสิทธิภาพสูง

ข้อ 11 ตอบ เมื่อ

$$K = \frac{E_2}{E_1}$$

$$K = \frac{220}{2,200}$$

ตอบ $K = 0.1$

1. ค่า $R_{01} = R_1 + R_2/K^2$

$$R_{01} = 3.75 + (0.012)/(0.1)^2$$

ตอบ $R_{01} = 4.95$ โอห์ม

ค่า $R_{02} = R_2 + K^2 R_1$

$$R_{02} = 0.012 + (0.1)^2 \times 3.75$$

ตอบ $R_{02} = 0.0495$ โอห์ม

2. ค่า $X_{01} = X_1 + X_2/K^2$

$$X_{01} = 5 + (0.25)/(0.1)^2$$

ตอบ $X_{01} = 30$ โอห์ม

ค่า $X_{02} = X_2 + K^2 X_1$

$$X_{02} = 0.25 + (0.1)^2 \times 5$$

ตอบ $X_{02} = 0.3$ โอห์ม

$$3. \text{ ค่า } Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2}$$

$$Z_{01} = \sqrt{(4.95)^2 + (30)^2}$$

$$\text{ตอบ } Z_{01} = 30.4 \text{ โอห์ม}$$

$$\text{ค่า } Z_{02} = \sqrt{(R_{02})^2 + (X_{02})^2}$$

$$Z_{02} = \sqrt{(0.0495)^2 + (0.3)^2}$$

$$\text{ตอบ } Z_{02} = 0.304 \text{ โอห์ม}$$

4. กระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ I_1

$$I_1 = \frac{\text{kVA}}{E_1}$$

$$I_1 = \frac{50 \times 1,000}{2,200}$$

$$\text{ตอบ } I_1 = 22.72 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ I_2

$$I_2 = \frac{\text{kVA}}{E_2}$$

$$I_2 = \frac{50 \times 1,000}{220}$$

$$\text{ตอบ } I_2 = 227.2 \text{ แอมแปร์}$$

5. ค่าการสูญเสียในขดลวดทองแดง เมื่อใช้ค่าความต้านทานของขดลวดแต่ละชุดมาคำนวณ

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = (22.72)^2 \times 3.75 + (227.2)^2 \times 0.012$$

$$= 1,935.74 + 619.43$$

$$\text{ตอบ } = 2,555.17 \text{ วัตต์}$$

เมื่อใช้ค่าความต้านทานสมมูลด้านปฐมภูมิมาคำนวณ

$$I_1^2 R_{01} = (22.72)^2 \times 4.95$$

$$\text{ตอบ } = 2,555.17 \text{ วัตต์}$$

เมื่อใช้ค่าความต้านทานสมมูลด้านทุติยภูมิมาคำนวณ

$$I_2^2 R_{02} = (227.2)^2 \times 0.0495$$

$$\text{ตอบ } = 2,555.17 \text{ วัตต์}$$

ข้อ 12 ตอบ เมื่อ

$$K = \frac{V_2}{V_1}$$

$$K = \frac{220}{2,200}$$

ตอบ $K = 0.1$

1. ค่า $R_{01} = R_1 + R_2/K^2$
 $R_{01} = 0.55 + (0.125)/(0.1)^2$

ตอบ $R_{01} = 13.05$ โอห์ม

ค่า $X_{01} = X_1 + X_2/K^2$
 $X_{01} = 0.8 + (0.15)/(0.1)^2$

ตอบ $X_{01} = 15.8$ โอห์ม

ค่า $Z_{01} = \sqrt{(R_{01})^2 + (X_{01})^2}$
 $Z_{01} = \sqrt{(13.05)^2 + (15.8)^2}$

ตอบ $Z_{01} = 20.49$ โอห์ม

2. ค่ากระแสไฟฟ้าเต็มพิกัดด้านขดลวดแรงดันสูงวัดได้จากแอมมิเตอร์

$$I_1 = I_{sc}$$

$$I_{sc} = \frac{kVA}{V_1}$$

$$I_{sc} = \frac{10 \times 1,000}{2,200}$$

ตอบ $I_{sc} = 4.545$ แอมแปร์

3. ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านขดลวดแรงดันสูงวัดได้จากโวลต์มิเตอร์

$$V_{sc} = I_1 Z_{01}$$

$$V_{sc} = 4.545 \times 20.49$$

ตอบ $V_{sc} = 93.12$ โวลต์

4. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดงวัดได้จากวัตต์มิเตอร์

$$P_{sc} = I_1^2 R_{01}$$

$$P_{sc} = (4.545)^2 \times 13.05$$

ตอบ $P_{sc} = 269.57$ วัตต์

ข้อ 13 ตอบ เมื่อ

$$K = \frac{V_2}{V_1}$$

$$K = \frac{220}{2,200}$$

$$K = 0.1$$

$$R_1 = 0.8 \text{ โอห์ม}$$

$$R_2 = 0.055 \text{ โอห์ม}$$

ดังนั้น

$$R_{02} = R_2 + K^2 R_1$$

$$R_{02} = 0.055 + (0.1)^2 \times 0.8$$

$$R_{02} = 0.063 \text{ โอห์ม}$$

$$X_1 = 5 \text{ โอห์ม}$$

ตอบ

$$X_2 = 0.175 \text{ โอห์ม}$$

ดังนั้น

$$X_{02} = X_2 + K^2 X_1$$

$$X_{02} = 0.175 + (0.1)^2 \times 5$$

$$X_{02} = 0.225 \text{ โอห์ม}$$

1. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเมื่อไม่มีโหลดด้านทุติยภูมิ ตัวประกอบกำลังเป็นหนึ่ง

$$E_2 = \sqrt{(V_2 + I_2 R_{02})^2 + (I_2 X_{02})^2}$$

$$E_2 = \sqrt{(220 + 160 \times 0.063)^2 + (160 \times 0.225)^2}$$

ตอบ

$$E_2 = 232.87 \text{ โวลต์}$$

เปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชัน

$$= \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$$

$$= \frac{232.87 - 220}{232.87}$$

$$= 5.526\%$$

2. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเมื่อไม่มีโหลดด้านทุติยภูมิ ตัวประกอบกำลังล้าหลัง

$$E_2 = \sqrt{(V_2 \cos \theta_2 + I_2 R_{02})^2 + (V_2 \sin \theta_2 + I_2 X_{02})^2}$$

$$\cos \theta = 0.8$$

$$\cos^{-1} 0.8 = 36.86^\circ$$

$$\sin \theta_2 = \sin 36.86^\circ$$

$$\sin \theta_2 = 0.6$$

$$E_2 = \sqrt{(220 \times 0.8 + 160 \times 0.063)^2 + (220 \times 0.6 + 160 \times 0.225)^2}$$

$$E_2 = \sqrt{34,625.76 + 28,224}$$

ตอบ $E_2 = 250.69$ โวลต์

เปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูลേഷัน

$$= \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$$

$$= \frac{250.69 - 220}{250.69} \times 100$$

ตอบ $= 12.24 \%$

3. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเมื่อไม่มีโหลดด้านทุติยภูมิ ตัวประกอบกำลังนำหน้า

$$E_2 = \sqrt{(V_2 \cos \theta_2 + I_2 R_{02})^2 + (V_2 \sin \theta_2 - I_2 X_{02})^2}$$

$$E_2 = \sqrt{(220 \times 0.8 + 160 \times 0.063)^2 + (220 \times 0.6 - 160 \times 0.225)^2}$$

$$E_2 = \sqrt{34,625.76 + 9,216}$$

ตอบ $E_2 = 209.38$ โวลต์

เปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูลേഷัน

$$= \frac{E_2 - V_2}{E_2} \times 100$$

$$= \frac{209.38 - 220}{209.38} \times 100$$

ตอบ $= -5.059 \%$

ข้อ 14 **เมื่อ** $I_1 = \frac{50 \times 1,000}{2,200}$

ตอบ $I_1 = 22.72$ แอมแปร์

$$I_2 = \frac{50 \times 1,000}{220}$$

ตอบ $I_2 = 227.2$ แอมแปร์

การสูญเสียในขดลวดทองแดงที่ขดลวดปฐมภูมิ

$$I_1^2 R_1 = (22.72)^2 \times 1.8$$

ตอบ $= 929.15$ วัตต์

การสูญเสียในขดลวดทองแดงที่ขดลวดทุติยภูมิ

$$I_2^2 R_2 = (227.2)^2 \times 0.15$$

ตอบ $= 7,742.97$ วัตต์

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

$$= 929.15 + 7,742.97 + 350$$

Total loss $= 9,022.12$ วัตต์

กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต $= 50 \times 1,000 \times 0.8$

ตอบ $= 40,000$ วัตต์

1. ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด

$$\eta = \frac{\text{กำลังเอาต์พุต}}{\text{กำลังเอาต์พุต} + \text{การสูญเสียทั้งหมด}} \times 100$$

$$\eta = \frac{40,000}{40,000 + 9,022.12} \times 100$$

ตอบ $\eta = 81.59\%$

2. ประสิทธิภาพของหม้อแปลงเมื่อจ่ายโหลดครึ่งหนึ่งของพิกัด

การสูญเสียในขดลวดทองแดง

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 8,672.12$$

ตอบ $= 2,168$ วัตต์

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

$$= 2,168 + 350$$

ตอบ $= 2,518 \text{ วัตต์}$

กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต $= \frac{40,000}{2}$

ตอบ $= 20,000 \text{ วัตต์}$

$$\eta = \frac{\text{กำลังเอาต์พุต}}{\text{กำลังเอาต์พุต} + \text{การสูญเสียทั้งหมด}} \times 100$$

$$\eta = \frac{20,000}{20,000 + 2,518} \times 100$$

ตอบ $\eta = 88.81\%$

ข้อ 15 ตอบ เมื่อการสูญเสียในขดลวดทองแดงเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด

$$\text{Copper loss} = 500 \text{ วัตต์}$$

การสูญเสียในขดลวดทองแดง เมื่อจ่ายโหลดครึ่งหนึ่งของพิกัด

$$\text{Copper loss} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 500 \text{ วัตต์}$$

ตอบ $= 125 \text{ วัตต์}$

การสูญเสียในขดลวดทองแดง เมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัดเป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง

$$\text{Copper loss} = 500 \text{ วัตต์} \times 12 \text{ ชั่วโมง}$$

ตอบ $= 6,000 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$

การสูญเสียในขดลวดทองแดง เมื่อจ่ายโหลดครึ่งหนึ่งของพิกัดเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง

$$\text{Copper loss} = 125 \text{ วัตต์} \times 6 \text{ ชั่วโมง}$$

ตอบ $= 750 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$

การสูญเสียในขดลวดทองแดงตลอด 24 ชั่วโมง

$$\text{Copper loss} = 6,000 + 750$$

ตอบ $= 6,750 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$

การสูญเสียในแกนเหล็กตลอด 24 ชั่วโมง

$$\text{Iron loss} = 100 \text{ วัตต์} \times 24 \text{ ชั่วโมง}$$

ตอบ $= 2,400 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$

การสูญเสียทั้งหมดตลอด 24 ชั่วโมง

$$\text{Copper loss} + \text{Iron loss} = 6,750 + 2,400$$

ตอบ $= 9,150$ วัตต์-ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตเต็มพิกัดที่ตัวประกอบกำลัง 0.8 ล้าหลัง นาน 10 ชั่วโมง

$$\text{Power output} = 10 \times 1,000 \times 0.8 \times 12$$

ตอบ $= 96,000$ วัตต์-ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตครึ่งหนึ่งของพิกัดที่ตัวประกอบกำลัง 0.7 ล้าหลัง นาน 6 ชั่วโมง

$$\text{Power output} = 5 \times 1,000 \times 0.75 \times 6$$

ตอบ $= 22,500$ วัตต์-ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตตลอดวัน

$$= 96,000 + 22,500$$

$$= 118,500 \text{ วัตต์-ชั่วโมง}$$

ตอบ $= 118.5$ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

คำนวณหาประสิทธิภาพตลอดวัน

$$\eta_{\text{all-day}} = \frac{118,500}{118,500 + 9,150} \times 100$$

ตอบ $= 92.83\%$

แบบสังเกตพฤติกรรม
เพื่อประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
วิชา หม้อแปลงไฟฟ้า รหัสวิชา 2104 - 2107
บทที่ 5 เรื่อง โวลเตจเรกูเลชันและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล.....ระดับชั้น.....เลขที่.....สาขางาน.....

ลำดับที่	พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
		0	1	2
1	ความมีวินัย 1.1 การเข้าเรียนตรงเวลา 1.2 ปฏิบัติตามข้อตกลงร่วมกันของห้องเรียน			
2	ความรับผิดชอบ 2.1 มีความกระตือรือร้น 2.2 ส่งแบบฝึกหัดเสร็จตามเวลาที่กำหนด			
3	ความซื่อสัตย์สุจริต 3.1 ไม่นำของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง 3.2 ไม่ลอกการบ้านและแบบฝึกหัด			
4	ความสนใจใฝ่รู้ 4.1 ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 4.2 ซักถามข้อสงสัย			
5	การละเว้นสิ่งเสพติดและการพนัน 5.1 ไม่เสพสิ่งเสพติดอื่นๆ 5.2 ไม่เล่นการพนัน			
รวมคะแนนที่ได้				

หมายเหตุ : ความหมายของระดับคะแนน

0 = ไม่ปฏิบัติเลย 1 = ปฏิบัติบ้างในบางครั้งหรือต้องหรือต้องมีการชี้แนะตักเตือน

2 = ปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอโดยไม่ต้องมีการชี้แนะตักเตือน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)
 (.....)

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 6

- ข้อ 1 ตอบ ก. แรงดันไฟฟ้าเสริมกัน
- ข้อ 2 ตอบ ข. แบบขับแทรกทีฟโพลาไรตี้
- ข้อ 3 ตอบ ง. จ่ายกำลังไฟฟ้าให้มากขึ้น
- ข้อ 4 ตอบ ค. เกิดกระแสลัดวงจร
- ข้อ 5 ตอบ ก. $I_L = I_{ph}$, $V_L = \sqrt{3} V_{ph}$
- ข้อ 6 ตอบ ง. เดลต้า-สตาร์
- ข้อ 7 ตอบ ข. สายนิวตรอน
- ข้อ 8 ตอบ ก. หม้อแปลงไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งชำรุด
- ข้อ 9 ตอบ ค. หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบชำรุดเสียหาย
- ข้อ 10 ตอบ ง. 58 เปอร์เซ็นต์

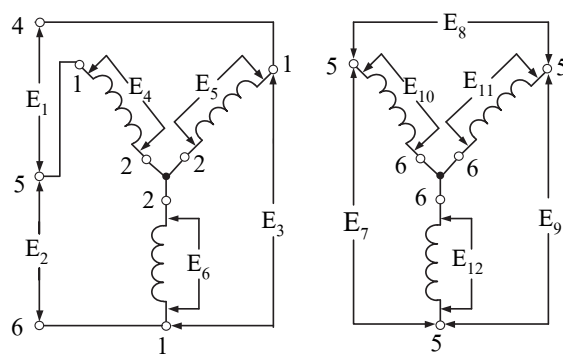
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 6

- ข้อ 1 ตอบ ง. แรงดันไฟฟ้าเสริมกัน
- ข้อ 2 ตอบ ก. แบบขับแทรกทีฟโพลาไรตี้
- ข้อ 3 ตอบ ค. จ่ายกำลังไฟฟ้าให้มากขึ้น
- ข้อ 4 ตอบ ง. เกิดกระแสลัดวงจร
- ข้อ 5 ตอบ ข. $I_L = I_{ph}$, $V_L = \sqrt{3} V_{ph}$
- ข้อ 6 ตอบ ค. เดลต้า-สตาร์
- ข้อ 7 ตอบ ค. สายนิวตรอน
- ข้อ 8 ตอบ ข. หม้อแปลงไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งชำรุด
- ข้อ 9 ตอบ ง. หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบชำรุดเสียหาย
- ข้อ 10 ตอบ ก. 58 เปอร์เซ็นต์

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 6

- ข้อ 1 ตอบ** เพื่อลำดับขั้นของหม้อแปลงไฟฟ้าให้ถูกต้อง และนำหม้อแปลงไฟฟ้าไปต่อใช้งานร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น
- ข้อ 2 ตอบ** มี 2 แบบประกอบด้วย
 แบบที่ 1 กำหนดขั้นแบบแอดดีทีฟโพลาริตี
 แบบที่ 2 กำหนดขั้นแบบซับแทรกทีฟโพลาริตี
- ข้อ 3 ตอบ** 1. มีอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน
 2. มีค่าเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์เท่ากัน
 3. มีการตรวจเช็คและลำดับขั้นไว้เหมือนกันทั้งด้านปฐมภูมิและด้านทุติยภูมิ
- ข้อ 4 ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 3 ตัว หากมีหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเกิดชำรุดเสียหายก็สามารถปลดออกจากระบบไฟฟ้า แล้วนำมาตรวจสอบแก้ไขได้ โดยที่หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 2 ตัวที่เหลืออยู่ยังคงต่อใช้งานให้เป็นระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้เหมือนเดิม แต่ประสิทธิภาพจะเหลือเพียง 58% หม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสตัวเดียว เมื่อภายในของหม้อแปลงไฟฟ้าที่กำลังใช้งานเกิดเสียหาย ซึ่งจำเป็นต้องปลดหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสออกจากระบบเพื่อมาตรวจสอบแก้ไข และในชวงเวลานั้นจะไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ จึงต้องหาหม้อแปลงไฟฟ้าตัวใหม่มาทดแทน
- ข้อ 5 ตอบ** เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและแบ่งเบาภาระของหม้อแปลงไฟฟ้างเดิม
- ข้อ 6 ตอบ** มี 5 วิธีคือ
 1. การจ่ายแบบสตาร์-สตาร์
 2. การต่อแบบเดลต้า-เดลต้า
 3. การต่อแบบสตาร์-เดลต้า
 4. การต่อแบบเดลต้า-สตาร์
 5. การต่อแบบโอเพนเดลต้า

- ข้อ 7 ตอบ** การต่อวงจรขดลวดเป็นแบบเดลต้า-สตาร์ หมายความว่า ขดลวดปฐมภูมิด้านแรงดันสูงจะต่อแบบเดลต้า และขดลวดทุติยภูมิด้านแรงดันต่ำจะต่อแบบสตาร์
- ข้อ 8 ตอบ** ขดลวดแรงดันต่ำต่อแบบวาย และระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย (Three Phase Four Wire System) เป็นระบบไฟฟ้าที่มีสายมีไฟ (Line) จำนวน 3 สาย สายนิวตรอน (N) 1 สาย มีแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย (Line to Line) เท่ากับ 380 โวลต์ และมีแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายมีไฟกับสายนิวตรอน (Line to Neutral) เท่ากับ 220 โวลต์
- ข้อ 9 ตอบ** การต่อวงจรขดลวดด้านปฐมภูมิเป็นแบบวายหรือสตาร์ และการต่อวงจรขดลวดด้านทุติยภูมิเป็นแบบวายหรือสตาร์เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูป



โดยต่อขั้วด้านต้นสายที่ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ต่อ เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ส่วนด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และ 3 ของทั้งสามต่อเข้าด้วยกัน ส่วนทางด้านขดลวดทุติยภูมิก็จะมีวิธีการต่อลักษณะ เดียวกัน กล่าวคือขั้วด้านปลายของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ต่อเข้าด้วยกัน ส่วนขั้วด้านต้นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 ของหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งสามตัวจะต่อเข้ากับโหนด ซึ่งการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้จะกล่าวได้ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดจะเท่ากับ 58% ของแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสาย หรือแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสายเท่ากับ 1.732 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด ในส่วนของกระแสไฟฟ้าที่สายกับกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดหรือเฟสจะมีค่าเท่ากัน

ข้อ 10 ตอบ การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบโอเพนเดลต้า เป็นการนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 3 ตัว มาต่อเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟส แต่เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งเกิดชำรุดไม่สามารถใช้งานได้ หม้อแปลงไฟฟ้าอีก 2 ตัวที่เหลืออยู่ยังคงต่อใช้งานได้ และเมื่อดำเนินการตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าที่ชำรุดเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถนำมาต่อเป็นหม้อแปลงไฟฟ้า 3 เฟสได้เหมือนเดิม **ข้อดี** ของการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนข้อเสีย กำลัง หรือพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าควรจะเหลือ 2 ใน 3 ของพิกัดคือ 66.7% แต่ในทางปฏิบัติ พิกัดของการต่อแบบโอเพนเดลต้าจะมีค่าประมาณ 58%

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 7

- ข้อ 1 ตอบ ง. ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิแยกกัน
- ข้อ 2 ตอบ ค. Instrument Transformer
- ข้อ 3 ตอบ ก. Step Up Transformer
- ข้อ 4 ตอบ ข. Step Down Transformer
- ข้อ 5 ตอบ ก. มีอัตราส่วน 40 : 1
- ข้อ 6 ตอบ ง. 33,000 V/110 V
- ข้อ 7 ตอบ ก. Variac
- ข้อ 8 ตอบ ข. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- ข้อ 9 ตอบ ง. ประสิทธิภาพดีกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบธรรมดา
- ข้อ 10 ตอบ ค. 165 แอมแปร์

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 7

- ข้อ 1 ตอบ ค. ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิแยกกัน
- ข้อ 2 ตอบ ก. Instrument Transformer
- ข้อ 3 ตอบ ข. Step Up Transformer
- ข้อ 4 ตอบ ก. Step Down Transformer
- ข้อ 5 ตอบ ง. มีอัตราส่วน 40 : 1
- ข้อ 6 ตอบ ก. 33,000 V/110 V
- ข้อ 7 ตอบ ข. Variac
- ข้อ 8 ตอบ ก. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- ข้อ 9 ตอบ ค. ประสิทธิภาพดีกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบธรรมดา
- ข้อ 10 ตอบ ข. 165 แอมแปร์

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 7

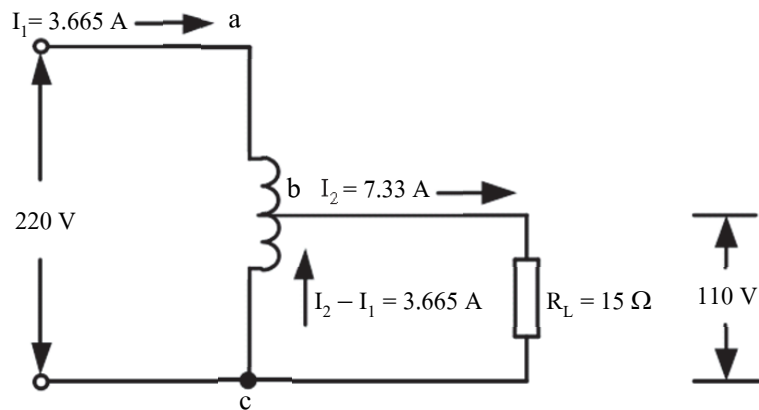
- ข้อ 1 ตอบ** แตกต่างกันตรงที่หม้อแปลงออโตจะมีขดลวดเพียงชุดเดียว บางครั้งมีชื่อเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบขดลวดร่วม ทำหน้าที่เป็นทั้งขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตอินารีจะมีขดลวดจำนวน 2 ชุดและพันแยกกัน หรือเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 2 ขดลวด เมื่อนำหม้อแปลงออโตมาเปรียบเทียบกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตอินารีมีความแตกต่างกันคือ ประหยัดกว่าขดลวดทองแดง เพราะพันขดลวดเพียงชุดเดียวราคาถูกกว่าเมื่อขนาดกำลังเอาต์พุตเท่ากัน
- ข้อ 2 ตอบ** เคอร์เรนต์ทรานส์ฟอร์เมอร์ มีหน้าที่ลดกระแสไฟฟ้าสลับให้มีค่าต่ำลง เหมาะสมกับย่านวัดของแอมมิเตอร์มิเตอร์ที่นำมาต่อใช้งานร่วมกัน
- ข้อ 3 ตอบ** โพเทนเชียลทรานส์ฟอร์เมอร์ มีหน้าที่ลดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีค่าต่ำลง เหมาะสมกับย่านวัดของโวลต์มิเตอร์ที่จะนำมาต่อใช้งานร่วมกัน
- ข้อ 4 ตอบ** ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงโพเทนเชียลทรานส์ฟอร์เมอร์ มีความเหมาะสมกับระบบจำหน่ายที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงๆ (High Voltage)
- ข้อ 5 ตอบ** ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงเคอร์เรนต์ทรานส์ฟอร์เมอร์ มีความเหมาะสมในการลดค่าอัตราส่วน (Ratio) กระแสไฟฟ้าที่มีปริมาณมากให้กับเครื่องวัดไฟฟ้าที่มีย่านวัดต่ำๆ ได้
- ข้อ 6 ตอบ** วาริแอค (Variac) ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต เหมาะสำหรับในการนำไปใช้ในวงจรควบคุมการเริ่มหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ
- ข้อ 7 ตอบ** คอนดักเฑาเวอร์คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดที่ผ่านขดลวดในช่วง ab ส่วนทรานส์ฟอर्मเฑาเวอร์คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลดที่ผ่านขดลวดในช่วง bc
- ข้อ 8 ตอบ** ข้อดีของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต
1. ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิเป็นขดลวดชุดเดียวกัน
 2. ขนาดของขดลวดที่เป็นขดลวดร่วมมีขนาดเล็กลง
 3. เบอร์เซ้นต์โวลเตจเรกูเลชั่นต่ำกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตอินารี
 4. ประหยัดขดลวดทองแดง เพราะใช้ขดลวดชุดเดียวกัน
 5. มีขนาดกะทัดรัดเมื่อเปรียบเทียบกับกำลังเอาต์พุตเท่ากัน
 6. มีประสิทธิภาพสูงกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตอินารี

ข้อ 9 ตอบ I (กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด) = ค่าที่อ่านได้ $\times$ CT (Ratio)

$$= 3.75 \times (200/5)$$

$$= 150 \text{ แอมแปร์}$$

ข้อ 10 ตอบ



กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด

$$I_2 = \frac{V_2}{R_L}$$

$$I_2 = \frac{110}{15}$$

$$I_2 = 7.33 \text{ แอมแปร์}$$

กำลังเอาต์พุตของหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อตัวประกอบกำลังมีค่าเท่ากับ 1

$$P_L = V_2 I_2$$

$$P_L = 110 \times 7.33$$

$$P_L = 806.3 \text{ วัตต์}$$

กำลังเอาต์พุตเท่ากับกำลังอินพุต กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดปฐมภูมิ

$$I_1 = \frac{P_{in}}{V_1}$$

$$I_1 = \frac{806.3}{220}$$

$$I_1 = 3.665 \text{ แอมแปร์}$$

จากวงจรจะสังเกตเห็นว่าขดลวดในช่อง ab มีกระแส $I_1 = 3.665$ แอมแปร์ไหลผ่าน ขณะเดียวกันมีกระแส $(I_2 - I_1) = 3.665$ แอมแปร์ไหลผ่านขดลวดในช่วง bc ซึ่ง กระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงขดลวด bc คือผลต่างระหว่างกระแส I_1 และ I_2 ดังนั้น กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ

$$I_2 = I_1(I_2 - I_1)$$

$$I_2 = 3.665 + (7.33 - 3.665)$$

$$I_2 = 7.33 \text{ แอมแปร์}$$

เนื่องจาก $PL = V_2 I_2$

แทนค่า $PL = V_2 [I_1 + (I_2 - I_1)]$

$$PL = V_2 I_1 + V_2 (I_2 - I_1)$$

$$PL = 110 \times 3.665 + 110 (7.33 - 3.665)$$

$$PL = 403.15 + 403.15$$

$$PL = 806.3 \text{ วัตต์}$$

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด $PL = P_c + P_{tr}$

เมื่อ P_c คือ คอนดักเพาเวอร์ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลด ab

$$P_c = V_2 I_1$$

$$P_c = 110 \times 3.665$$

$$P_c = 403.15 \text{ วัตต์}$$

และ P_{tr} คือทรานสฟอร์มเพาเวอร์กำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลด bc

$$P_{tr} = V_2 (I_2 - I_1)$$

$$P_{tr} = 110 \times (7.33 - 3.665)$$

$$P_{tr} = 403.15 \text{ วัตต์}$$

เพราะฉะนั้น

$$PL = P_c + P_{tr}$$

$$PL = P_c + P_{tr}$$

$$PL = 403.15 + 403.15$$

$$PL = 806.3 \text{ วัตต์}$$

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 8

- ข้อ 1 ตอบ ข. พันซ์ดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำก่อนขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง
- ข้อ 2 ตอบ ข. $A = \sqrt{VA/5.58}$
- ข้อ 3 ตอบ ก. $N_1 > N_2$
- ข้อ 4 ตอบ ค. เซอร์คูลามิล/แอมแปร์
- ข้อ 5 ตอบ ก. ช่วยรองรับการพันเส้นลวดตัวนำ
- ข้อ 6 ตอบ ค. ไฟเบอร์ผสมไม้อัด
- ข้อ 7 ตอบ ข. พิกัดกำลังหม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 8 ตอบ ก. 1 โวลต์
- ข้อ 9 ตอบ ก. ยึดเส้นลวดทองแดงให้แน่นและแข็งแรง
- ข้อ 10 ตอบ ง. ป้องกันการลัดวงจรภายในหม้อแปลงไฟฟ้า

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 8

- ข้อ 1 ตอบ ก. พันซ์ดลวดแรงดันไฟฟ้าต่ำก่อนขดลวดแรงดันไฟฟ้าสูง
- ข้อ 2 ตอบ ง. $A = \sqrt{VA/5.58}$
- ข้อ 3 ตอบ ข. $N_1 > N_2$
- ข้อ 4 ตอบ ข. เซอร์คูลามิล/แอมแปร์
- ข้อ 5 ตอบ ค. ช่วยรองรับการพันเส้นลวดตัวนำ
- ข้อ 6 ตอบ ง. ไฟเบอร์ผสมไม้อัด
- ข้อ 7 ตอบ ก. พิกัดกำลังหม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 8 ตอบ ง. 1 โวลต์
- ข้อ 9 ตอบ ง. ยึดเส้นลวดทองแดงให้แน่นและแข็งแรง
- ข้อ 10 ตอบ ค. ป้องกันการลัดวงจรภายในหม้อแปลงไฟฟ้า

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 8

- ข้อ 1 ตอบ**
1. การหาพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก
 2. การหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ
 3. การหาจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ
 4. การหาขนาดของเส้นลวดตัวนำ
 5. การเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของขดลวดกับช่องหน้าต่างแกนเหล็กรูปตัว E
 6. การทำบ๊อบบินหรือฟอร์มคอยล์
 7. การพันขดลวดตัวนำ
 8. การชุบขดลวดด้วยน้ำยาวานิช
 9. การประกอบแกนเหล็กเพื่อใช้งาน
 10. การทดสอบฉนวน
- ข้อ 2 ตอบ** เนื่องด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดเล็กนิยมใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเชลล์ หรือหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีลักษณะแกนเหล็กล้อมขดลวด จึงต้องใช้แกนเหล็กรูปตัว E กับตัว I มาประกอบเข้ากับบ๊อบบินเพื่อนำไปใช้งาน
- ข้อ 3 ตอบ**
1. จุดประสงค์ของการนำไปใช้งาน
 2. ขนาดของแรงดันไฟฟ้าใช้งาน
 3. พิกัดกำลังใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 4 ตอบ** อัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิจะมากกว่าขดลวดทุติยภูมิเป็น 2 : 1 พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดตัวนำของขดลวดปฐมภูมิจะมีขนาดเล็กกว่าขดลวดทุติยภูมิ
- ข้อ 5 ตอบ** แกนเหล็กหม้อแปลงจะมีสัดส่วนระหว่าง $a : b : c : d$ คือ 1 : 2 : 3 : 6 เมื่อด้าน b เท่ากับ 3.125 ซม. มีสัดส่วนเท่ากับ 1.625 : 3.125 : 4.6875 : 9.375 ซม.
- ข้อ 6 ตอบ**
1. ควรป้องกันไม่ให้ขดลวดงดพับหรือมีรอยลอก
 2. ควรป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรระหว่างรอบ
 3. ควรเลือกใช้กระดาษฉนวนที่เป็นชนิดหนึ่งปลาทนความร้อนได้สูง
 4. แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากด้านเอาต์พุตมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 1 โวลต์

ข้อ 7 ตอบ นำบ๊อบบี้หรือฟอร์มคอยล์ที่พันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิเรียบร้อยแล้วลงไป
แช่ในวานิช และรอจนกว่าไม่มีฟองอากาศผุดขึ้นมา ขั้นตอนต่อไปให้ นำไปฝัง
ในกลางแจ้ง หรืออาจใช้ความร้อนจากแสงของสเปคโตรไลท์หรือวิธีการอบในตู้ให้แห้งก็ได้

ข้อ 8 ตอบ เกิดการรั่วไหลของเส้นแรงแม่เหล็ก แกนเหล็กที่ประกอบเข้ากับบ๊อบบี้จะเกิดการสั่น
และมีเสียงดังเท่ากับความถี่ที่ใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าตลอดเวลา เมื่อบ๊อบบี้แรงดันไฟฟ้าเข้า
ที่ขดลวดปฐมภูมิ

ข้อ 9 ตอบ มี 3 จุด คือ จุดที่ 1 ระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ
จุดที่ 2 ระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับแกนเหล็ก
จุดที่ 3 ระหว่างขดลวดทุติยภูมิกับแกนเหล็ก

ข้อ 10 ตอบ 1. พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก (ตารางนิ้ว)

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก} \quad A = \sqrt{VA} / 5.58$$

$$\text{หาค่าพื้นที่หน้าตัดแกนเหล็ก} \quad A = \sqrt{250} / 5.58$$

$$A = 2.83 \text{ ตารางนิ้ว}$$

เลือกแกนเหล็กขนาด 3.75 เซนติเมตรคือ ระยะของด้าน **b**

กำหนดให้อัดเรียงซ้อนกัน 5 เซนติเมตร ดังนั้น

หาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ ดังนั้น

$$A = (3.75/2.54) \times (5/2.54)$$

$$= 2.9 \text{ ตารางนิ้ว}$$

ค่า 2.9 ตารางนิ้ว ที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับ 2.83 ตารางนิ้ว ถือว่าใช้ได้

2. หาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ (N_1)

$$\text{แทนค่าสมการ} \quad N_1 = \frac{E_1 \times 10^8}{4.44 f B_m A}$$

$$\text{เลือก} \quad B_m = 60,000 \text{ เส้นต่อตารางนิ้ว}$$

$$N_1 = \frac{220 \times 10^8}{4.44 \times 50 \times 60,000 \times 2.83}$$

$$N_1 = 584 \text{ รอบ}$$

3. หาจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ (N_2)

$$\begin{aligned}\text{แทนค่าสมการ} \quad N_2 &= \frac{N_1 \times V_2}{V_1} \\ N_2 &= \frac{584 \times 110}{220} \\ N_2 &= 292 \text{ รอบ}\end{aligned}$$

4. หาขนาดของเส้นลวดตัวนำเลือกใช้ตัวเลข 500 เซอร์คูลามิลต่อแอมแปร์

$$\begin{aligned}\text{กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ} &= \frac{VA}{V_1} = \frac{250 \text{ VA}}{220 \text{ V}} \\ I_1 &= 1.136 \text{ แอมแปร์} \\ \text{เลือกใช้เส้นลวดขนาด} &= 500 \times 1.136 \\ &= 568 \text{ เซอร์คูลามิล}\end{aligned}$$

พิจารณาจากตารางที่ 8.1 ใช้เส้นลวดเบอร์ 23 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่า ค่าที่คำนวณได้คือ 624.4 มากกว่า 568 เพื่อให้ขดลวดปฐมภูมิ (N_1) รับกระแสได้

$$\begin{aligned}\text{กระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ} &= \frac{VA}{V_2} = \frac{250 \text{ VA}}{110 \text{ V}} \\ I_2 &= 2.272 \text{ แอมแปร์} \\ \text{เลือกใช้เส้นลวดขนาด} &= 500 \times 2.272 \\ &= 1,136 \text{ เซอร์คูลามิล}\end{aligned}$$

พิจารณาจากตารางที่ 8.1 ขดลวดทุติยภูมิ ใช้เบอร์ 20 (SWG) เลือกค่าที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้คือ 1,288 มากกว่า 1,136 เพื่อให้ขดลวด ทุติยภูมิ (N_2) รับกระแสได้

5. เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของขดลวดกับช่องหน้าต่างแกนเหล็กตัว E จากพื้นที่ช่องหน้าต่างเท่ากับ **a** คูณกับ **c** โดยจะต้องคำนวณหา

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่หน้าตัดของขดลวดปฐมภูมิ} &= \frac{\text{จำนวนรอบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด 1 ตารางนิ้ว}} \\ &= \frac{584}{1,340} = 0.435 \text{ ตารางนิ้ว} \\ \text{พื้นที่หน้าตัดของขดลวดทุติยภูมิ} &= \frac{\text{จำนวนรอบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด 1 ตารางนิ้ว}} \\ &= \frac{292}{681} = 0.429 \text{ ตารางนิ้ว}\end{aligned}$$

$$\text{รวมพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของขดลวด} = 0.435 + 0.429 = 0.864 \text{ ตารางนิ้ว}$$

$$\text{เมื่อพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กรูปตัว E} = \text{ระยะของ } a \times c$$

(ต้องเปลี่ยนเซนติเมตรให้เป็นตารางนิ้ว)

$$\text{ถ้าด้านระยะของ } b = 3.75 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\text{อัตราส่วน } a : b : c : d = 1 : 2 : 3 : 6$$

$$\text{ดังนั้น } a = \frac{6}{2} = \frac{3.75}{2}$$

$$A = 1.875 \text{ เซนติเมตร}$$

$$c = 3a$$

$$c = 3 \times 1.875$$

$$c = 5.625 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\text{ดังนั้น พื้นที่ช่องหน้าต่าง} = \left(\frac{1.875}{2.54} \right) \times \left(\frac{5.625}{2.54} \right)$$

$$1 \text{ นิ้ว เท่ากับ } 2.54 \text{ เซนติเมตร} = 1.634 \text{ ตารางนิ้ว}$$

$$\text{พื้นที่คงเหลือ} = 1.634 - 0.864$$

$$= 0.77 \text{ ตารางนิ้ว}$$

มีขนาดเพียงพอสำหรับรองรับด้วยกระดาดขนวน และขนาดของบ็อบบี้ ดังนั้นบ็อบบี้ มีพื้นที่หน้าตัด 3.75×5 เซนติเมตร ยาว 5.625 เซนติเมตร จึงเป็นขนาดที่พอดีกับการ พันเส้นลวดตัวนำ และสามารถประกอบแกนเหล็กได้

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนประจำบทที่ 9

- ข้อ 1 ตอบ ค. การระบายความร้อน
- ข้อ 2 ตอบ ง. Name Plate
- ข้อ 3 ตอบ ก. อากาศเป็นตัวกลางระบายความร้อน
- ข้อ 4 ตอบ ค. มีจุดวาบไฟสูง
- ข้อ 5 ตอบ ง. ระเหยและมีความหนืดสูง
- ข้อ 6 ตอบ ก. ตรวจสอบสารดูดความชื้น
- ข้อ 7 ตอบ ค. ตรวจสอบภายนอกและภายในตามระยะเวลา
- ข้อ 8 ตอบ ง. ซิลิกาเจล
- ข้อ 9 ตอบ ข. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ต้องไม่เกิน 5% ขณะมีโหลด
- ข้อ 10 ตอบ ก. จ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนประจำบทที่ 9

- ข้อ 1 ตอบ ก. การระบายความร้อน
- ข้อ 2 ตอบ ก. Name Plate
- ข้อ 3 ตอบ ค. อากาศเป็นตัวกลางระบายความร้อน
- ข้อ 4 ตอบ ง. มีจุดวาบไฟสูง
- ข้อ 5 ตอบ ก. ระเหยและมีความหนืดสูง
- ข้อ 6 ตอบ ข. ตรวจสอบสารดูดความชื้น
- ข้อ 7 ตอบ ก. ตรวจสอบภายนอกและภายในตามระยะเวลา
- ข้อ 8 ตอบ ข. ซิลิกาเจล
- ข้อ 9 ตอบ ง. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ต้องไม่เกิน 5% ขณะมีโหลด
- ข้อ 10 ตอบ ข. จ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

เฉลยแบบฝึกหัดประจำบทที่ 9

- ข้อ 1 ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดความเสียหาย เนื่องจากขดลวดทองแดงของหม้อแปลงไฟฟ้า จะอยู่ในรูปของความร้อนหากมีการระบายความร้อนที่ไม่ดี ส่งผลให้มีอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าน้อยลง
- ข้อ 2 ตอบ** ใช้อากาศเป็นตัวกลางสำหรับระบายความร้อน เหมาะสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก ความร้อนที่เกิดขึ้นในแกนเหล็กและขดลวดจะถ่ายเทออกสู่บรรยากาศซึ่งอยู่รอบๆ หม้อแปลงไฟฟ้า
- ข้อ 3 ตอบ**ใช้น้ำมันเป็นตัวกลางสำหรับระบายความร้อน เหมาะสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีขนาดพิกัดเป็น kVA ใช้น้ำมันและพัดลมสำหรับระบายความร้อน เหมาะสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มีขนาดพิกัดสูงเป็น kVA ใช้น้ำมันและพัดลมช่วยทำให้น้ำมันหมุนเวียน เหมาะสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ และมีพิกัดกำลังสูงๆขนาด MVA
- ข้อ 4 ตอบ** การตรวจสอบภายนอก
1. ตรวจสอบบุชชิ่ง
 2. ตรวจสอบตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้าว่ามีรอยกระแทกหรือรอยร้าว
 3. ตรวจสอบสภาพพื้นที่บริเวณในการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าว่ามีสิ่งสกปรก
 4. ตรวจสอบชุดกรองความชื้น (Silica Gel)
- การตรวจสอบภายใน
1. ตรวจสอบของเหลวภายในหม้อแปลงไฟฟ้า
 2. ตรวจสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน
 3. ตรวจสอบระดับน้ำมันภายในตัวถังของหม้อแปลงไฟฟ้า
 4. ตรวจสอบมูลน้ำมัน (Sludge)
 5. ตรวจสอบไม่ให้มีแก๊สสะสมในถังมากผิดปกติ เป็นฉนวนหม้อแปลงไฟฟ้าคือ

- ข้อ 5 ตอบ**
1. สามารถรับและจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง
 2. ยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้นและ
 3. เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อตัวหม้อแปลงไฟฟ้า
 4. ป้องกันความเสียหายต่อกระบวนการผลิต
 5. ป้องกันความเสียหายโอกาสในการผลิต
 6. รับทราบสภาพโหลดและการใช้งานจริงของหม้อแปลงไฟฟ้า
 7. ป้องกันการเกิดอัคคีภัย และอุบัติเหตุในขณะที่มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้า
- ข้อ 6 ตอบ**
1. ระบบช่วยระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ทำงาน
 2. หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานเกินพิกัด
 3. หม้อแปลงไฟฟ้าขาดการบำรุงรักษาตามระยะเวลา
 4. วัสดุภายในหม้อแปลงไฟฟ้าเสื่อมสภาพ
- ข้อ 7 ตอบ**
1. สามารถระบายความร้อนได้ดี
 2. มีความเป็นฉนวนไฟฟ้าได้
 3. ทนต่ออุณหภูมิได้สูง
 4. การระเหยต่ำและความหนืด
 5. มีจุดวาบไฟสูง
 6. ไหลง่ายและพาความร้อนได้ดี
 7. ด้านการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนสามารถใช้งานได้ยาวนาน
 8. มีความแข็งแรงเชิงไฟฟ้าสูง
 9. ไม่มีส่วนผสมของกำมะถัน
- ข้อ 8 ตอบ** สารดูดความชื้น (Silica Gel) ในสภาพปกติจะเป็นสีน้ำเงิน และเมื่อเสื่อมสภาพจะกลายเป็นสีชมพู ให้ทำการเปลี่ยนใหม่ควรดำเนินการอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง
- ข้อ 9 ตอบ** หม้อแปลงไฟฟ้าติดตั้งใช้งานอยู่ใกล้กับชายฝั่งทะเล ซึ่งจะมีสารประกอบของเกลือปะปนอยู่ (ไอความเค็มของน้ำทะเล) เมื่อมีสิ่งสกปรกมาจับหรือเกาะที่ฉนวนจะเกิดความชื้นขึ้นในบริเวณนั้น ทำให้ฉนวนมีสภาพเป็นตัวนำและวาบไฟได้

- ข้อ 10 ตอบ** การตรวจสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน ซึ่งควรดำเนินการภายในระยะเวลาทุกๆ 6 เดือน ในหม้อแปลงขนาดใหญ่ และ 1 ปี สำหรับหม้อแปลงขนาดเล็ก
- ข้อ 11 ตอบ**
1. **kVA**; ขนาดกำลังของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าที่หน่วยเป็น กิโลโวลต์-แอมแปร์
 2. **PHASE**; จำนวนเฟสของหม้อแปลงไฟฟ้า มีชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส
 3. **PRI VOLT**; ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของหม้อแปลงด้านแรงสูงหรือด้านปฐมภูมิ
 4. **SEC.VOLT**; ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของหม้อแปลงด้านแรงต่ำหรือทุติยภูมิ
 5. **FREQUENCY**; ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ มีความถี่ 50 และ 60 Hz
- ข้อ 12 ตอบ** การติดตั้งพัดลมระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า เหมาะกับหม้อแปลง ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ และมีพิกัดกำลังสูงๆ ขนาด MVA ซึ่งในการระบายความร้อนแบบนี้ใช้วิธีการปั้มน้ำมันผ่านแกนเหล็กและขดลวด ใช้พัดลมเป็นตัวช่วยเป่าลมให้สามารถพาความร้อนออกจากตัวถังหม้อแปลงไฟฟ้าได้เร็วขึ้น ส่งผลให้หม้อแปลงไฟฟ้ามี ประสิทธิภาพดีขึ้น