แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

สาขาวิชาไฟฟ้า

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 30104-2003

วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ

คำนำ

แผนการสอนวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-2003 นี้เป็นส่วนหนึ่งของการค้นคว้าเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1 โดยผู้เขียนได้นำความรู้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์มาประสมประสานกับประสบการณ์การสอนวิชาทางด้านไฟฟ้าเป็นเวลามาหลายปี โดยจัดทำตั้งแต่การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง รายละเอียดหัวข้อเรื่อง รายการวิเคราะห์เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และสมรรถนะ ตารางวิเคราะห์ระดับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย กำหนดการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน การวัดผล/ประเมินผล ใบความรู้ ใบงาน ใบปฏิบัติงาน ใบมอบหมายงาน แบบฝึกหัด ใบเฉลยแบบทดสอบ ใบเฉลยแบบฝึกหัด แบบบันทึกสังเกตพฤติกรรม แบบวัดผลการปฏิบัติงาน แบบประเมินผลการเรียน บันทึกหลังการสอน เพื่อนำผลไปพัฒนาหรือปรับปรุงการสอนต่อไป

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
ลักษณะรายวิชา	ค
วิการเคราะห์หัวข้อเรื่อง หัวข้อหลัก(Main Element)/หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	ง
การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง หัวข้อหลัก(Main Element)/หัวข้อย่อย (Element)	จ
รายการวิเคราะห์ เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา	ญ
ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย	ฐ
กำหนดการเรียนรู้	ฑ
ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนนและเกณฑ์ผ่าน	ฒ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	12
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	23
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	35
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	45
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	56
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การควบคุมความเร็วและการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	67
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	77
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	89
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	99
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	108
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส	117

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ พลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชา ไฟฟ้า
รหัส30104-2003 ชื่อวิชา การติดตั้งไฟฟ้า 1
ทฤษฎี 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 5 หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

1. มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 2
2. มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 2

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ติดตั้งวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง ไฟฟ้ากำลัง และวงจรสื่อสารภายในอาคาร ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของระบบไฟฟ้า และระบบสื่อสารภายในอาคารตามมาตรฐานการติดตั้งด้วยความ รอบคอบและปลอดภัย

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจลักษณะสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และหม้อแปลงไฟฟ้า
2. สามารถทดสอบและควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และหม้อแปลงไฟฟ้า
3. มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
3. ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
4. ต่อหม้อแปลงไฟฟ้า ทดสอบหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับลักษณะสมบัติของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ในสภาวะไม่มีโหลดและมีโหลด ลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีแปรงถ่านและไร้แปรงถ่าน การเริ่มหมุนและการควบคุมความเร็ว หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า วงจรสมมูลและเฟสเซอร์ไดอะแกรม การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานเฟสเดียวและสามเฟส

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	
รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
1. โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 1.2 หน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 1.3 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ 1.4 ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์ 1.5 จำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์
2. ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	2.1 ความหมายของการกระตุ้น 2.2 ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง 2.5 แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ 2.6 การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์
3. คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	3.1 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก 3.2 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ 3.3 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ 3.4 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ 3.5 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชัน 3.6 การเกิดคอมมิวเทชัน
4. การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	4.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก 4.2 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ 4.3 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ 4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ 4.5 การสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 4.6 กำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 4.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 4.9 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

	การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
5. การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.2 แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง 5.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.4 แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ 5.5 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.6การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
6. คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	6.1 กำลังแม่เหล็กไฟฟ้าและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ 6.2 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบชันต์ 6.3 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซีรีส์ 6.4 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ 6.5 การสูญเสียในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6.6 กำลังส่วนต่าง ๆ ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6.7 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6.9 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
7. การควบคุมความเร็วและการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7.1 หลักการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 7.2 การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ 7.3 การควบคุมค่าความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ 7.4 การควบคุมจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 7.5 การคำนวณหาค่าต่างๆ ในการควบคุมเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 7.6 การเริ่มเดินและความต้านทานเริ่มเดินของมอเตอร์ไฟฟ้า 7.7 การคำนวณหาค่าความต้านทานเริ่มเดินของมอเตอร์ไฟฟ้า
8. โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	8.1 โครงสร้างและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า 8.2 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 8.3 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลด

การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง

	รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
8. โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	8.4 หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด 8.5 แผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด
9. วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	9.1 ความหมายวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า 9.2 ค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริง 9.3 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า 9.4 วงจรสมมูลค่าจริงของหม้อแปลงไฟฟ้าและการโอนย้าย 9.5 วงจรสมมูลค่าโดยประมาณของหม้อแปลงไฟฟ้า
10. การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	10.1 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจร 10.2 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร 10.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า
11. ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	11.1 การสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า 11.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดงที่พิกัดใด ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า 11.3 ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า 11.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า 11.5 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้า 11.6 ประสิทธิภาพตลอดวัน 11.7 การคำนวณหาประสิทธิภาพตลอดวัน
12. การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส	12.1 รูปแบบการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 12.2 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวาย – วาย 12.3 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลตา – เดลตา 12.4 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเดลตา – วาย 12.5 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบวาย – เดลตา 12.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในการต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟสเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส 12.7 การต่อหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส 2 ตัว แบบเดลตาเปิด

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย

รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์															เวลา (ชม.)
		พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย					จิตพิสัย				
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
2	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
3	คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓	✓			10
4	การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			10
5	การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
6	คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			10
7	การควบคุมความเร็วและการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			10
8	โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			10
9	วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
10.	การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
11.	ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
12.	การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			5
		1 = ความรู้ 2 = ความเข้าใจ 3 = การนำไปใช้ 4 = การวิเคราะห์ 5 = การสังเคราะห์ 6 = การประมาณค่า						1 = เลียนแบบ 2 = ทำได้ตามแบบ 3 = ทำได้ถูกต้องแม่นยำ 4 = ทำได้ต่อเนื่องประสานกัน 5 = ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ					1= รับรู้ 2 = ตอบสนอง 3 = เห็นคุณค่า 4 = จัดระบบคุณค่า 5 = พัฒนาเป็นลักษณะนิสัย					
น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ																	

หน่วยที่	คะแนนรายหน่วย เกณฑ์ผ่าน และน้ำหนักพฤติกรรม / ชื่อหน่วย	คะแนนรายหน่วย (%)	เกณฑ์ผ่านรายหน่วย (%)	น้ำหนักคะแนน							
				บอกความรู้ความจำ (%)	ความเข้าใจ (%)	การนำไปใช้ (%)	การวิเคราะห์ (%)	การประเมินค่า (%)	ทักษะ (%)	จิตพิสัย (%)	ลำดับความสำคัญ
1	โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	9	60	2	1	1			3	1	2
2	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	8	50	1	3	2			3	1	3
3	คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	9	60	1	2	3			3	1	1
4	การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	7	50	1	3	2			3	1	4
5	การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	6	50	1	2	3			3	1	7
6	คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	6	40	1	2	3			3	1	1
7	การควบคุมความเร็วและการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7	50	1	2	2			3	1	5
8	โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	8	60	1	2	1			3	1	10
9	วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	8	50	1	1	2			3	1	8
10.	การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	8	50	1	2	2			3	1	9
11.	ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	7	50	1	2	2			3	1	11
12.	การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส	6	50	1	2	2			3	1	12
รวมทั้งสิ้น		100	53.3	15	28	29			42	14	
ลำดับความสำคัญ				4	3	2			1	5	

หน่วยการเรียนรู้

	กำหนดการเรียนรู้		
	รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 เวลา 90 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต		
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง		
หน่วยที่	ชื่อหน่วย	สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมง
1	โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1	5
2	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	2	5
3	คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	3-4	10
4	การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	5-6	10
5	การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7	5
6	คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	8-9	10
7	การควบคุมความเร็วและการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10-11	10
8	โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	12-13	10
9	วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	14	5
10.	การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า	15	5
11.	ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า	16	5
12.	การนำหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส มาต่อเข้ากับไฟฟ้า 3 เฟส	17	5
	วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน	18	5

<u>คำอธิบาย</u> ตารางหน่วยการเรียน

1. ตารางหน่วยการเรียน เป็นการกำหนดระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยให้สอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชาที่กำหนด โดยให้กำหนดชั่วโมงทฤษฎี และชั่วโมงปฏิบัติ
2. การกำหนด ชั่วโมงทฤษฎี และ ชั่วโมงปฏิบัติ ในแต่ละหน่วย ให้มีความสัมพันธ์ ชั่วโมงทฤษฎี และชั่วโมงปฏิบัติต่อสัปดาห์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรรายวิชา
3. ชั่วโมงรวมทฤษฎีและปฏิบัติ ทั้งรายวิชาให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ``1
	รหัสวิชา30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	ชั่วโมงรวม 5 ชม.

ชื่อเรื่อง/งาน โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
2. ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 2. อธิบายหน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 3. อธิบายการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้ 4. อธิบายผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์ได้ 5. อธิบายจำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้	1. ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลได้ 2. การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

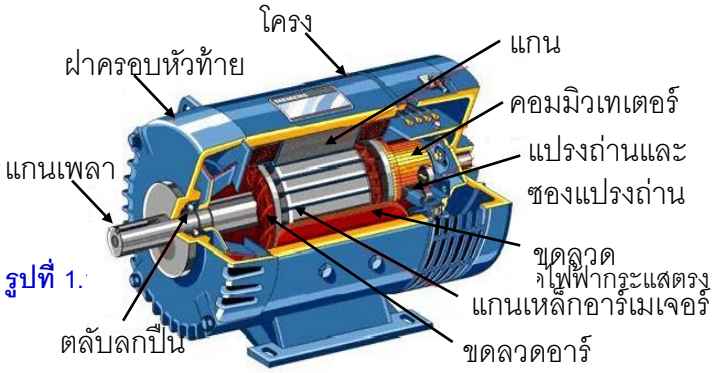
สาระการเรียนรู้

1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1.1.1 **ส่วนที่อยู่กับที่** เมื่อพิจารณาดังรูป ซึ่งได้แก่ โครงเครื่องหรือกรอบโครง แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็ก แปรงถ่านพร้อมชุดยึดแปรงถ่าน และฝาครอบหัวท้าย

1.1.2 **ส่วนที่เคลื่อนที่** เมื่อพิจารณาดังรูปที่ ซึ่งได้แก่ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ขดลวดอาร์เมเจอร์ คอมมิวเทเตอร์ และแกนเพลา



รูปที่ 1.

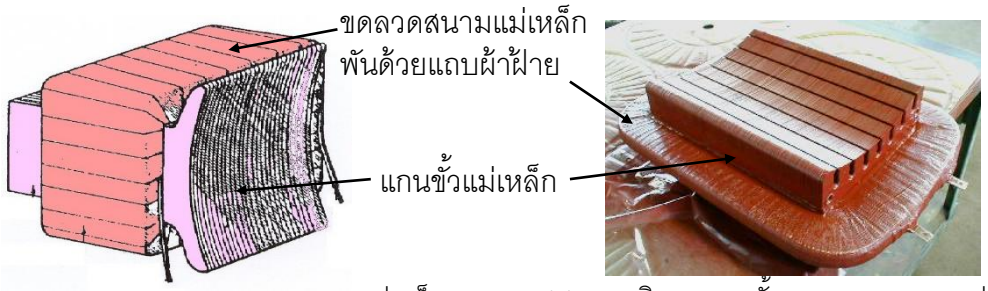
1.2 หน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ดังรูป เมื่อเปิดฝาครอบหัวท้ายออกจะเห็นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

รูปที่ 1.2 ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1.2.1 **โครงเครื่องหรือกรอบโครง** (Frame or Yoke) ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นที่โค้งงอเป็นรูปทรงกระบอกแล้วเชื่อมยึดรอยต่อเข้าด้วยกัน หน้าที่ของโครงเครื่องคือห่อหุ้มส่วนต่าง ๆ และรับแรงทั้งหมดของเครื่องกำเนิด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นส่วนทางเดินของวงจรแม่เหล็ก

1.2.2 **แกนขั้วแม่เหล็ก** (Pole core) ทำจากเหล็กแผ่นลามิเนต (Laminated sheet steel) ปั๊มเป็นแกนรูปขั้วแม่เหล็กแล้วนำมาอัดติดกันเป็นแกนขั้วแม่เหล็ก ดังรูป โดยส่วนที่ยื่นออกจากขอบทั้งสองบริเวณด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กเรียกว่าโปลชู (Pole shoe) (ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล, 2546: 74) และมีลักษณะโค้งงอตามความโค้งของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ โดยแกนของขั้วแม่เหล็กทุกขั้วนั้นยึดติดกับโครงเครื่องด้วยสกรู และหน้าที่ของแกนขั้วแม่เหล็กก็คือสร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก



(ก) ภาพลายเส้นของแกนขั้วและขดลวดสนามแม่เหล็ก (ข) ภาพจริงของแกนขั้วและขดลวดสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 1.3 ภาพลายเส้นและภาพจริงของแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวดสนามแม่เหล็ก

1.2.3 **ขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์** (Field winding) ทำจากขดลวดทองแดงหุ้มฉนวนพันรอบแกนของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว ส่วนมากชุดขดลวดสนามแม่เหล็กจะถูกพันไว้ล่วงหน้า แล้วหุ้มด้วยฉนวนหรือพันด้วยแถบผ้าฝ้ายอาบวานิชและอบแห้งเสร็จแล้วจึงนำไปสวมเข้ากับแกนขั้วแม่เหล็ก โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนแกนขั้วมี 2 ชนิด คือ ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ (Shunt field winding) และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (Series field winding) หน้าที่ของขดลวดสนามแม่เหล็กคือสร้างเส้นแรง-แม่เหล็กร่วมกับแกนขั้วแม่เหล็กเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวด โดยเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกจากขั้วแม่เหล็กเหนือผ่านช่องอากาศไปยังขั้วแม่เหล็กใต้

1.2.4 **แปรงถ่าน** ส่วนมากจะทำจากคาร์บอนและแกรไฟต์ แปรงถ่านคาร์บอนทำจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์ใช้ในเครื่องกลไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีพิกัดกระแสต่ำ แปรงถ่านแกรไฟต์ทำจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์โดยการเพิ่มปริมาณความร้อนจึงเปลี่ยนสภาพเป็นแกรไฟต์ แปรงถ่านชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ดีและนิยมใช้กันแพร่หลาย นอกจากนั้นยังมีแปรงถ่านโลหะทำจากส่วนผสมของผงทองแดงกับผงแกรไฟต์และใช้งานที่มีพิกัดกระแสสูง โดยแปรงถ่านต่อกับสายทองแดงฝอยตีเกลียวพร้อมขั้วต่อ

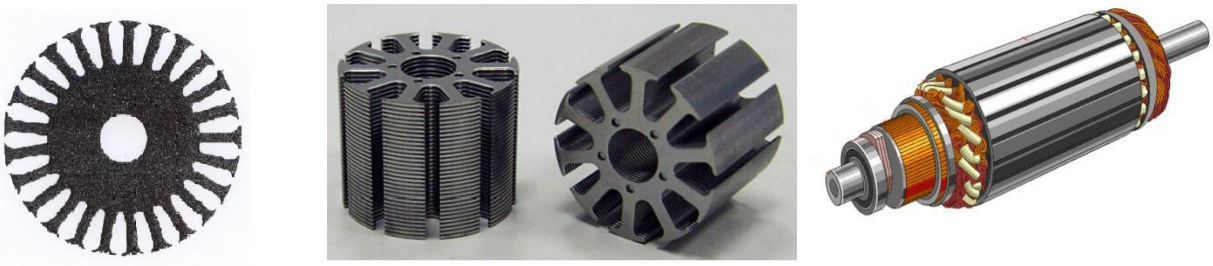
สาย ดังรูปที่ 1.4 (ก)โดยหน้าที่ของแปรงถ่านก็คือเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ออกจากซี่คอมมิวเทเตอร์ที่แปรงถ่านสัมผัสอยู่ไปยังโหลด โดยตำแหน่งแปรงถ่านจะบรรจุอยู่ที่ซองแปรงถ่าน ดังรูปที่ 1.4 (ข)

(ก) แปรงถ่านคาร์บอนและขั้วต่อสายทองแดง (ข) ชุดซองแปรงถ่าน

รูปที่ 1.4 ลักษณะของแปรงถ่านและตำแหน่งของแปรงถ่าน

1.2.5 **ฝาครอบหัวท้าย** ทำจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครงเครื่อง โดยที่ฝาปิดหัวท้ายมีตลับลูกปืนยึดฝังอยู่ หน้าที่ของฝาปิดหัวท้ายก็คือทำหน้าที่รับแรงร่วมกับโครงเครื่อง

1.2.6 **แกนเหล็กอาร์เมเจอร์** ทำจากแผ่นเหล็กซิลิกอนแผ่นบางซึ่งแต่ละแผ่นทำเป็นร่อง และเจาะรูตรงกลางสำหรับสอดเพลา ดังรูป ผิวทั้งสองข้างฉาบด้วยฉนวนวานิชแล้วนำมาอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูป เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอริซีสและกระแสไหลวนในแกนเหล็ก หน้าที่ของแกนอาร์เมเจอร์คือเป็นที่ใส่ชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ และนำพาชุดขดลวดอาร์เมเจอร์หมุนตัดกับเส้น



(ก) เหล็กซิลิคอนแผ่นบาง (ข) แผ่นเหล็กซิลิคอนนำมาอัดซ้อนกัน (ค) ขดลวดบรรจุอยู่ในร่องอาร์เมเจอร์

รูปที่ 1.5 แผ่นเหล็กของแกนอาร์เมเจอร์และอาร์เมเจอร์เมื่อลงขดลวดแล้ว

1.2.7 **ขดลวดอาร์เมเจอร์** ทำจากเส้นลวดทองแดงอาบน้ำยา ซึ่งในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสไม่สูงมากนัก ก็จะใช้ลวดทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดกลม ส่วนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสสูง ก็จะใช้ตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมแบน โดยขดลวดอาร์เมเจอร์แต่ละขดที่พันไว้ล่วงหน้าแล้วนำมาต่อเชื่อมกันที่บนซี่คอมมิวเทเตอร์ ซึ่งในการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ยังแบ่งได้อีก 2 แบบก็คือ ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป และขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ หน้าที่ของขดลวดอาร์เมเจอร์ คือผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อหมุนไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

1.2.8 **คอมมิวเทเตอร์** ทำจากแท่งทองแดงหลาย ๆ แท่ง มีลักษณะคล้ายรูปลิ่ม เพื่อให้สามารถนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกโดยมีแผ่นฉนวนไมกาคั่นกลางระหว่างซี่ของคอมมิวเทเตอร์ทุก ๆ ซี่ ความหนาของแต่ละซี่ของคอมมิวเทเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าระหว่างซี่คอมมิวเทเตอร์ที่อยู่ประชิดกัน หน้าที่ของ

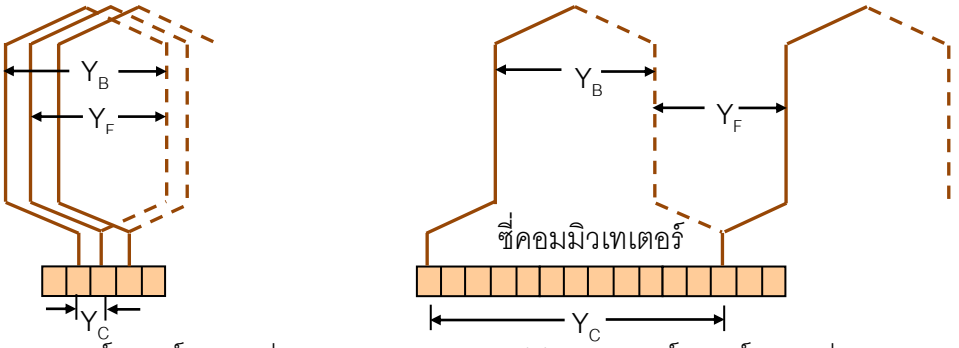
คอมมิวเทเตอร์ คือใช้สำหรับรองรับปลายสายทั้งหมดของขดลวดอาร์เมเจอร์และยังทำหน้าที่เรียงกระแสหรือเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

(ก) โครงสร้างของคอมมิวเทเตอร์ (ข) ภาพจริงของคอมมิวเทเตอร์

รูปที่ 1.6 โครงสร้างและภาพจริงของคอมมิวเทเตอร์

1.3 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะแบ่งการพันขดลวดอาร์เมเจอร์เป็น 2 แบบ คือ การพันแบบแลป ดังรูป และการพันแบบเวฟ ดังรูป ซึ่งลักษณะการพันของขดลวดทั้ง 2 แบบ ต่างกันตรงที่การนำปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์ไปต่อเข้ากับซี่คอมมิวเทเตอร์



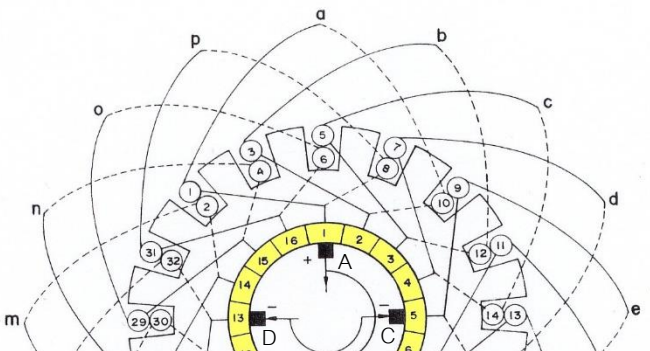
(ก) ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป (ข) ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ

รูปที่ 1.7 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบต่าง ๆ

1.4 ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์

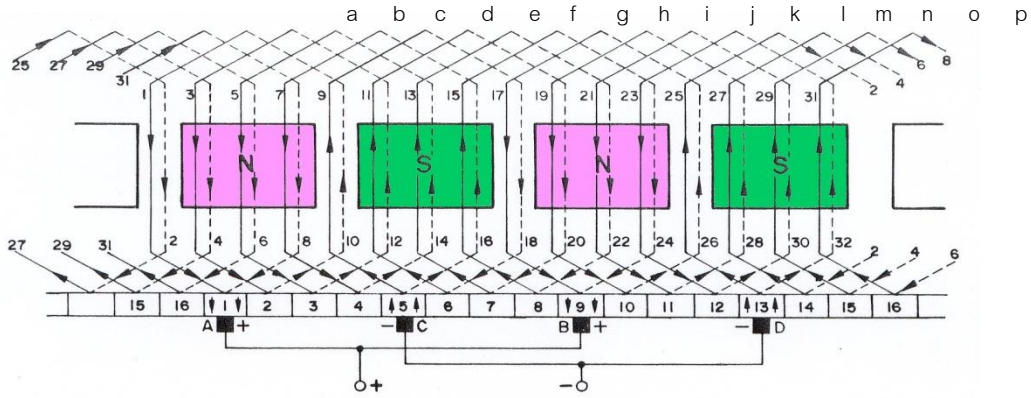
จากการพันขดลวดเป็น 2 แบบ คือการพันแบบแลปและการพันแบบเวฟ เพื่อให้เห็นลักษณะการลงขดลวดทั้ง 2 แบบ ความแตกต่างของการพันขดลวดทั้งสองสามารถพิจารณาได้จากการลงขดลวดในลักษณะแผนภาพแบบวงกลม (Circular diagram) และแผนภาพแบบคลี่ (Unfolded diagram)

1.4.1 **แบบแลป** ดังรูป เป็นการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบซิมเพล็กซ์แลป



(ก) การลงขดลวดแผนภาพแบบวงกลม

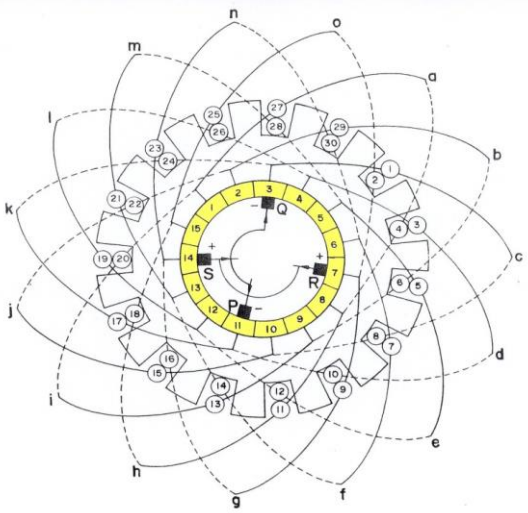
รูปที่ 1.8 ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป



(ข) ผังการลงขดลวดแผนภาพแบบคลี่

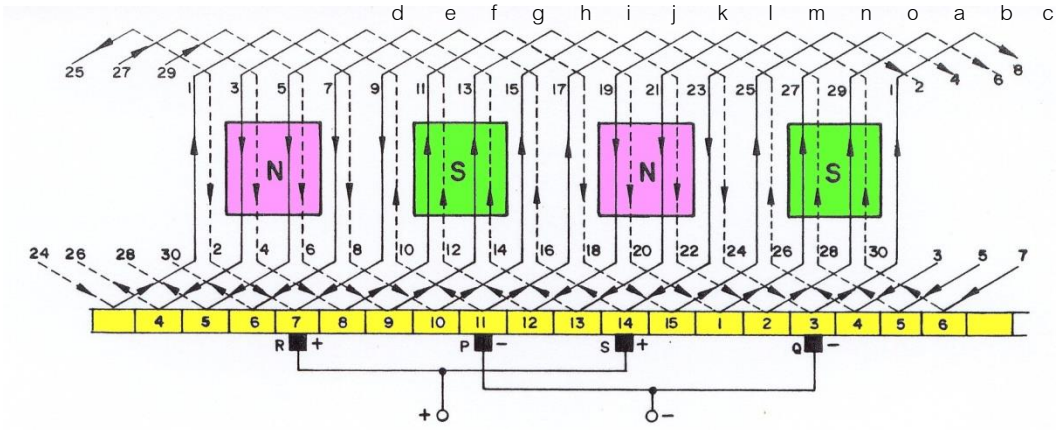
รูปที่ 1.8 (ต่อ) ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป

1.4.2 **แบบเวฟ** ดังรูป เป็นการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบซิมเพล็กซ์เวฟ



(ก) การลงขดลวดแผนภาพแบบวงกลม

รูปที่ 1.9 ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ



(ข) ผังการลงขดลวดแผนภาพแบบคลี่

รูปที่ 1.9 ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ

1.5 จำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์

จำนวนทางขนาน หมายถึง จำนวนทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรของขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยการพันขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนั้นจำนวนทางขนานจึงขึ้นอยู่กับการพันขดลวดอาร์-เมเจอร์ กำหนดให้ a เท่ากับจำนวนทางขนาน และ m เท่ากับจำนวนเพล็กซ์ของการพันขดลวด ดังนั้นจำนวนทางขนานจึงขึ้นอยู่กับจำนวนเพล็กซ์ของการพันขดลวดด้วย ดังนี้

พันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ จะได้

$$a = 2m$$

พันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป จะได้

$$a = mP$$

โดย m = 1 เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟหรือซิมเพล็กซ์แลป

m = 2 เมื่อพันขดลวดแบบดูเพล็กซ์เวฟหรือดูเพล็กซ์แลป

m = 3 เมื่อพันขดลวดแบบทริพเพล็กซ์เวฟหรือทริพเพล็กซ์แลป

ตัวอย่างที่ 1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 6 ขั้วแม่เหล็ก มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ 120 A จงคำนวณหา กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพันแบบต่าง ๆ ดังนี้

ก. แบบดูเพล็กซ์แลป

ข. แบบทริปเพล็กซ์เวฟ

วิธีทำ จากโจทย์ที่กำหนดให้ $P = 6$ และ $I_a = 120\,A$

ก. แบบดูเพล็กซ์แลป นั่นคือ $m = 2$

จากสูตร $a = mP$

แทนค่า $a = 2 \times 6 = 12$

และ $I_p = \frac{I_a}{a} = \frac{120}{12} = 10\ A$

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อพันแบบดูเพล็กซ์แลป 10 A **ตอบ**

ข. แบบทริปเพล็กซ์เวฟ นั่นคือ $m = 3$

จากสูตร $a = 2m$

แทนค่า $a = 2 \times 3 = 6$

และ $I_p = \frac{I_a}{a} = \frac{120}{6} = 20$ A

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อพันแบบทริปเพล็กซ์เวฟ 20 A **ตอบ**

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 1	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 1 2. คำถามหน่วยที่ 1
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 1
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 1	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 1	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 จำนวน 16 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		

6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 1
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 1
4. ใบมอบหมายงานที่ 1

8. หลักฐานการเรียนรู้

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

9. การวัดและประเมินผล

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 1 จำนวน 16 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 1 จำนวน 16 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 1 จำนวน 16 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ``2
	รหัสวิชา30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	ชั่วโมงรวม 5 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง		

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
2. เขียนและต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม

1. บอกความหมายของการกระตุ้นได้ 2. บอกชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 3. อธิบายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกได้ 4. อธิบายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองได้ 5. อธิบายแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ได้ 6.คำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ได้	1. เขียนวงจรการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ได้ 2. ต่อวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

2.1 ความหมายของการกระตุ้น

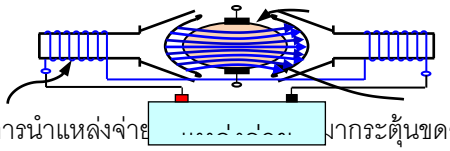
การกระตุ้น หมายถึง การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดที่พันอยู่บนแกนขั้วแม่เหล็กเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งขดลวดที่พันอยู่บนแกนขั้วแม่เหล็กจะมี 2 แบบ คือ ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์กับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์

2.2 ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะแบ่งตามลักษณะของการกระตุ้น ซึ่งแบ่งได้ 2 แบบ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง

2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก เช่น แหล่งจ่ายไฟตรงจากวงจรเรียงกระแส (Rectifier) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กหรือจากแบตเตอรี่มากระตุ้นให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูป



รูปที่ 2.1 การนำแหล่งจ่าย[illegible]มากระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวเองในขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ได้สร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา แล้วนำมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กเพื่อให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กบนแกนขั้วแม่เหล็ก ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองยังแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

2.4.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ (Shunt generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ ซึ่งขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์พันด้วยลวดทองแดงเส้นเล็กจำนวนรอบที่พันมาก จึงทำให้ค่าความต้านทานมากกว่าด้วยเมื่อเทียบกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์

2.4.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ (Series generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ ซึ่งขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์นี้จะพันด้วยลวดทองแดงเส้นโต จำนวนรอบที่พันน้อย จึงทำให้ค่าความต้านทานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์

2.4.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ (Compound generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อร่วมกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ

1. แบ่งตามลักษณะการต่อ ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบลองชันต์คอมปาวด์ (Long shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์

(2) แบบช็อตชันต์คอมปาวด์ (Short shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนาม แม่เหล็กแบบซีรีส์

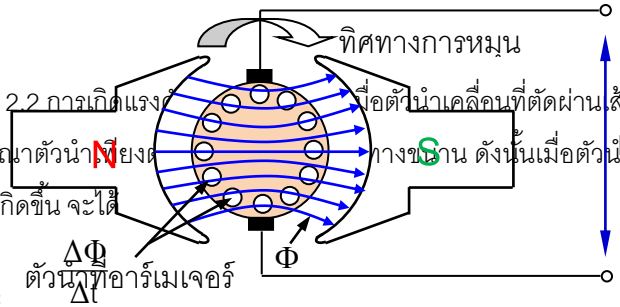
2. แบ่งตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (Cumulative compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (Φ_s) จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ (Φ_f) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.6 สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน โดย I_f ไหลเข้าต้นขดลวดออกปลายขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ และ I_s ไหลเข้าต้นขดลวดออกปลายขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน

(2) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน (Differential compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน โดย I_f ไหลเข้าต้นของขดลวดและออกที่ปลายขดลวด ส่วน I_s ไหลเข้าที่ปลายขดลวดและออกที่ต้นขดลวด ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองก็มีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน

2.5 แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ตัวนำทั้งหมดที่พันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์ เมื่อทำให้เคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่อาร์เมเจอร์ ดังรูป ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์



รูปที่ 2.2 การเกิดแรงดันเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก

จากรูปเมื่อพิจารณาตัวนำเปรียบเทียบทางขวามือ ดังนั้นเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะได้

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำตัดผ่านใน 1 รอบ จะมีค่าเท่ากับ ΦP นั่นคือ $\Delta\Phi$ เท่ากับ ΦP

ตัวนำหมุน n รอบต่อนาที ใช้เวลา 60 วินาที

ตัวนำหมุน 1 รอบต่อนาที ใช้เวลา $\frac{60}{n}$ วินาที

นั่นคือ $\Delta t = \frac{60}{n}$

จะได้ $e = \frac{\Phi P}{60/n} = \frac{\Phi Pn}{60}$

เนื่องจากการพันขดลวดที่อาร์เมเจอร์ มี 2 แบบ คือแบบเวฟกับแบบแลปซึ่งจะหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในการพันแต่ละแบบดังนี้

สำหรับการพันแบบเวฟ

จำนวนทางขนาน $a = 2$

ดังนั้นจำนวนตัวนำทั้งหมด (Z) ที่ต่ออนุกรมกันใน 1 ทางขนาน จะเท่ากับ $\frac{Z}{a}$ ซึ่งตัวนำที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดนี้ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) ที่เกิดขึ้นบนตัวนำ

$$E_{av/\text{ทางขนาน}} = \frac{\Phi Pn}{60} \times \frac{Z}{a}$$

สำหรับการพันแบบแลป

จำนวนทางขนาน $a = P$

ดังนั้นจำนวนตัวนำทั้งหมด (Z) ที่ต่ออนุกรมกันใน 1 ทางขนาน จะเท่ากับ $\frac{Z}{a}$ ซึ่งตัวนำที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดนี้จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฉลี่ย (E_{av}) ที่เกิดขึ้นบนตัวนำ

$$E_{av/\text{ทางขนาน}} = \frac{\Phi Pn}{60} \times \frac{Z}{a}$$

ดังนั้นในการพันทั้งแบบเวฟและแบบแลปเขียนเป็นสมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้

$$E_a = \frac{\Phi Pn}{60} \times \frac{Z}{a} \quad \text{..... (2.1)}$$

การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟจะได้

$$a = 2m \quad \text{..... (2.2)}$$

การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลปจะได้

$$a = mP \quad \text{..... (2.3)}$$

โดย $m = 1$ เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟหรือซิมเพล็กซ์แลป

$m = 2$ เมื่อพันขดลวดแบบดูเพล็กซ์เวฟหรือดูเพล็กซ์แลป

$m = 3$ เมื่อพันขดลวดแบบทริพเพล็กซ์เวฟหรือทริพเพล็กซ์แลป

2.6 การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ตัวอย่างที่ 2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี 6 ขั้วแม่เหล็ก จำนวนตัวนำทั้งหมด 192 ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 62.5 mWb ถูกขับด้วยความเร็ว 1200 r/min จงคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่ออาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. พันแบบซิมเพล็กซ์แลป

ข. พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

P = 6 ขั้ว Z = 192 ตัวนำ

n = 1200 r/min Φ = 62.5×10^{-3} Wb

a = mP = 1×6 = 6 เมื่อพันแบบซิมเพล็กซ์แลป m = 1

a = 2m = 2×1 = 2 เมื่อพันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ m = 1

ก. พันแบบซิมเพล็กซ์แลป

$$E_a = \frac{\Phi PnZ}{60a}$$

$$= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 6} = 240 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 240 V ตอบ

ข. พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ

$$E_a = \frac{\Phi PnZ}{60a}$$

$$= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 2}$$

$$E_a = 720 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 720 V ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี 4 ขั้วแม่เหล็ก ที่แกนอาร์เมเจอร์มี 36 ร่อง แต่ละร่องมี 4 ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 0.1 Wb ถูกขับด้วยความเร็ว 750 r/min ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้พันแบบซิมเพล็กซ์แลป จงคำนวณหา

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ข. กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่โหลด 120 A

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

P = 4 ขั้ว จำนวนร่อง = 36 ร่อง

n = 750 r/min Φ = 0.1 Wb

a = mP = 1×4 = 4

$Z_{/ร่อง}$ = 4 ตัวนำ ดังนั้น $Z_{ทั้งหมด}$ = 36 × 4 = 144 ตัวนำ

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

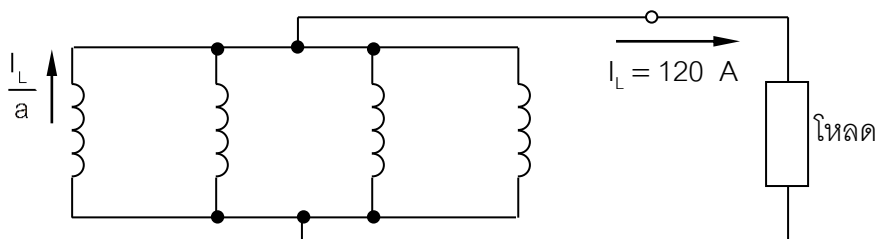
$$E_a = \frac{\Phi PnZ}{60a}$$

$$= \frac{0.1 \times 4 \times 750 \times 144}{60 \times 4}$$

$$E_a = 180 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 180 V ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่โหลด 120 A



ดังนั้นกระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนาน

$$I_P = \frac{I_L}{a} = \frac{120}{4}$$

$$I_P = 30 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานมีค่าเท่ากับ 30 A ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี 8 ขั้วแม่เหล็ก ที่แกนอาร์เมเจอร์มี 24 ร่องแต่ละร่องมี 4 ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 50 mWb และพันแบบชิมเพล็กซ์เวฟ อยากทราบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องถูกขับด้วยความเร็วรอบเท่าใด จึงจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ 400 V

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$P = 8$ ขั้ว จำนวนร่อง $= 24$ ร่อง

$n = 750$ r/min $\Phi = 50$ mWb $= 50 \times 10^{-3}$ Wb

$a = 2$ $Z_{/ร่อง} = 4$ ตัวนำ และ $E_a = 400$ V

ดังนั้น $Z_{ทั้งหมด} = 24 \times 4 = 96$ ตัวนำ

จากสมการ $E_a = \frac{\Phi PnZ}{60a}$

ดังนั้น $n = \frac{60aE_a}{\Phi PZ}$

$$= \frac{60 \times 2 \times 400}{50 \times 10^{-3} \times 8 \times 96}$$

$$n = 1250 \text{ r/min}$$

ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1250 r/min ตอบ

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2 2. ขั้นสอนทฤษฎี	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง 1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 2	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2

2.1 ครูอธิบายเรื่องชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้สื่อประกอบ 2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 2 2. คำถามหน่วยที่ 2
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 2
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 2 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 2 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2 จำนวน 14 ข้อ
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 2
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 2
4. ใบมอบหมายงานที่ 2

8. หลักฐานการเรียนรู้

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

9. **การวัดและประเมินผล**

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 2 จำนวน 14 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 2 จำนวน 14 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 2 จำนวน 14 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ``2
	รหัสวิชา30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	สอนครั้งที่ 3-4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	ชั่วโมงรวม 10 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง		

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
2. เขียนและต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม

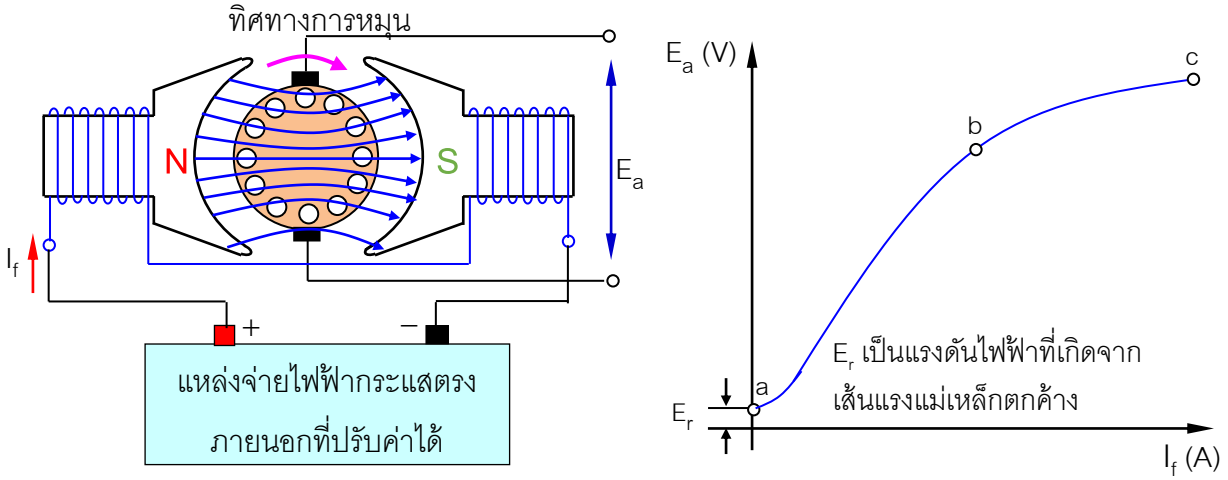
1. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกได้ 2. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ได้ 3. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ได้ 4. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ได้ 5. อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันได้ 6. อธิบายการเกิดคอมมิวเทชันได้	1. ต่อวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ 2. ทดสอบหาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

3.1 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ที่หมุนไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

3.1.1 **คุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด** ดังรูป แสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ (E_g) โดยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสของขดลวดสนามแม่เหล็ก (I_f) ที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกที่ปรับค่าได้ นั่นคือกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



(ก) การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (ข) เส้นโค้งคุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด

รูปที่ 3.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและเส้นโค้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

จากสมการ $E_a = \frac{\Phi Pn}{60} \times \frac{Z}{a} = \frac{PZ}{60a} \times \Phi n = K_a \Phi n$

โดย $K_a = \frac{PZ}{60a}$ กำหนดให้เป็นค่าคงที่ทางไฟฟ้า

แต่ $\Phi \propto I_f$ (I_f = กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก)

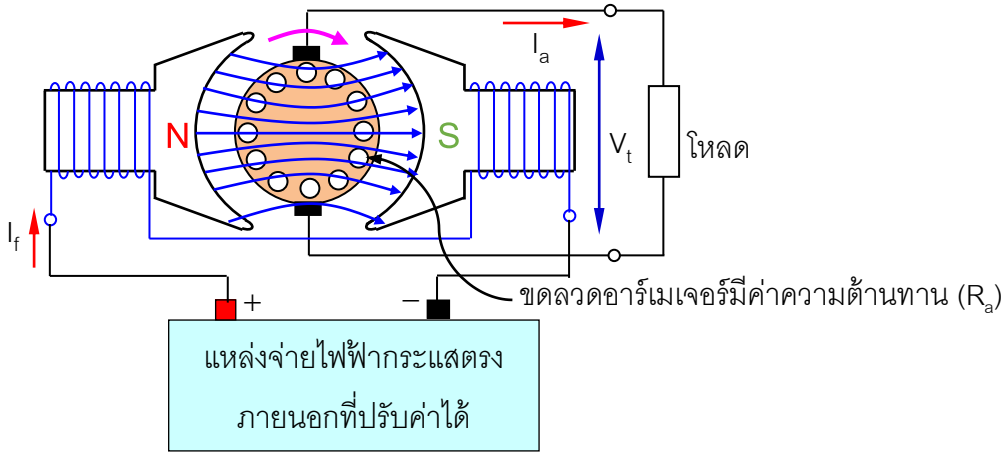
ดังนั้น $\Phi = K_\Phi I_f$ (K_Φ = ค่าคงที่ทางเส้นแรงแม่เหล็ก)

แทนค่า $E_a = K_a K_\Phi I_f n$

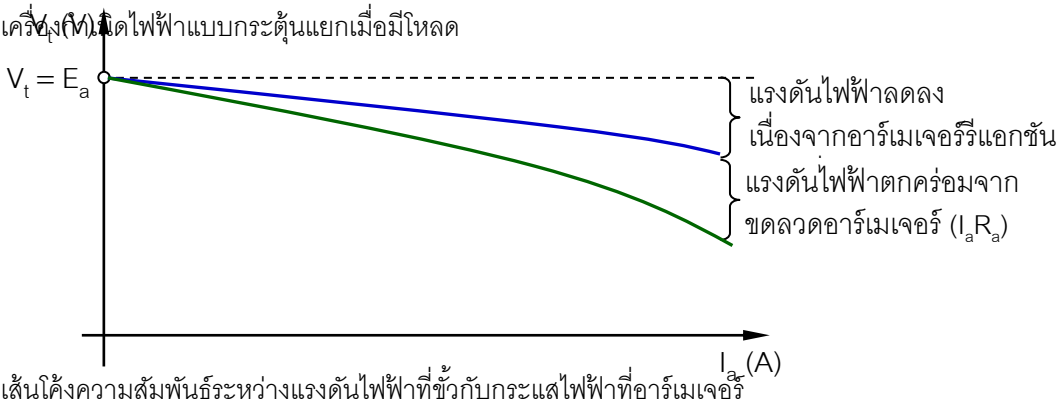
กำหนดให้ $K_f = K_a K_\Phi$ เป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นผลคูณของ K_a กับ K_Φ ดังนั้นจะได้

$$E_a = K_f I_f n \quad \text{..... (3.1)}$$

3.1.2 **คุณลักษณะเมื่อมีโหลด** เมื่อนำโหลดมาต่อเข้าที่ขั้วของอาร์เมเจอร์และหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่โหลดเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง ดังรูปที่ และแสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว (V_t) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) ดังรูป



รูปที่ 3.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกเมื่อมีโหลด



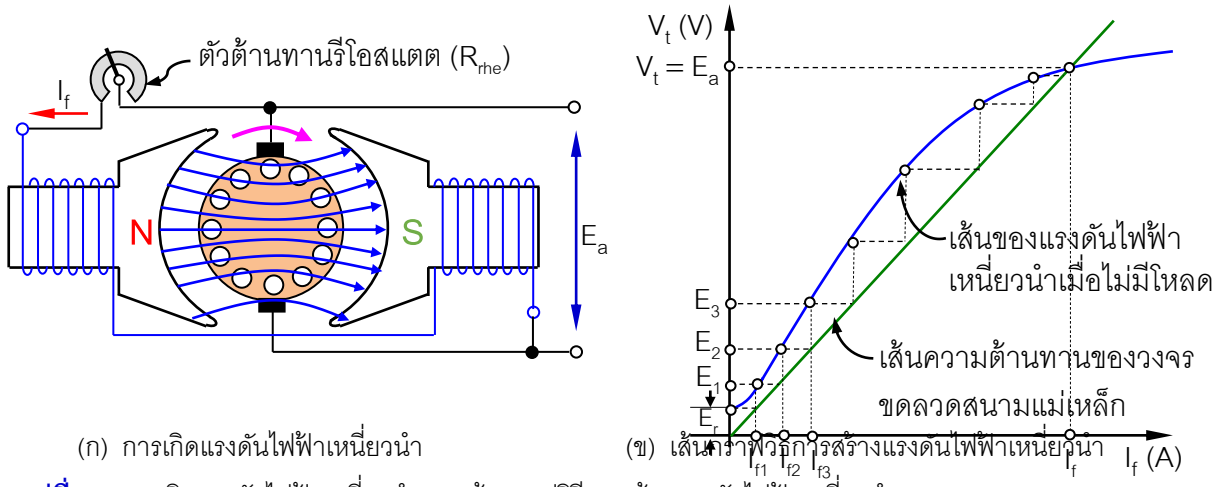
รูปที่ 3.3 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิด-ไฟฟ้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเปลี่ยนแปลงลดลง อันเนื่องจาก 2 สาเหตุ คือ แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันกับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์ (I_aR_a)

3.2 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวมันเองมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยแรงดันไฟฟ้าได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ที่หมุนไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

3.2.1 **คุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด** ดังรูป แสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ (E_a) โดยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าของขดลวดสนามแม่เหล็ก (I_f) ที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวมันเอง โดยการปรับค่าความต้านทานรีโอสแตตที่ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก นั่นคือกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับค่าความต้านทานของรีโอสแตต



(ก) การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (ข) เส้นกราฟวิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

รูปที่ 3.4 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและเส้นกราฟวิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

วิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 3.4 (ก) เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดให้มีความเร็วรอบคงที่ (เท่ากับความเร็วพิกัด) ก็ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาค่าหนึ่ง (E_r) อันเกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้างและไปตกคร่อมความต้าน ทานของขดลวดสนามแม่เหล็ก ($R_f + R_{rhe}$) ทำให้เกิดมีกระแสไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น I_{f1} โดยกระแส I_{f1} ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น E_1 และแรงดันไฟฟ้า E_1 ก็ไปตกคร่อมความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็กทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น I_{f2} โดยกระแส I_{f2} ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น E_2 และแรงดันไฟฟ้า E_2 ก็ไปตกคร่อมความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็กทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดสนามแม่ เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น I_{f3} โดยกระแส I_{f3} ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้น เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น E_3 ในลักษณะแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 3.4 (ข) จากการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าของขดลวดสนามแม่เหล็กจะไปสิ้นสุดที่จุดตัดกันระหว่างเส้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อไม่มีโหลดกับเส้นความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจุดตัดนี้เป็นจุดกำหนดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขั้วของเครื่องกำเนิดนั่นเอง

จากที่กล่าวมาถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งอาจมีสาเหตุขัดข้องต่าง ๆ และวิธีการไขดังนี้

1. **ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง** เนื่องจากไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นใหม่ซึ่งจะไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข นำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก ในเวลาสั้น ๆ 3-5 วินาที

2. **ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกลับขั้ว** ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข กลับขั้วของขดลวดสนามแม่เหล็ก

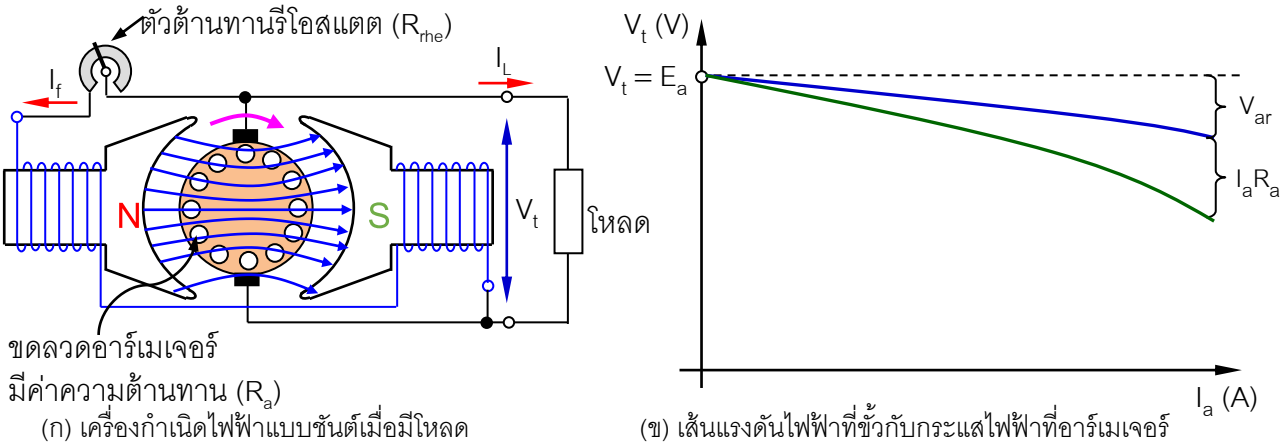
3. **ปรับความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กสูงเกินไป** ซึ่งจุดตัดทั้งสองเส้นมีค่าใกล้เคียงกับ E_r ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกค้าง วิธีการแก้ไข ลดค่าความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กทำได้โดยการปรับที่ตัวต้านทานรีโอสแตต

4. **วงจรของขดลวดอาร์เมเจอร์ขาด** อันได้แก่ขดลวดอาร์เมเจอร์ขาดวงจร การสัมผัสแปรงถ่านกับซี่คอมมิวเทเตอร์ไม่แน่นพอหรือแปรงถ่านสึกหรอมาก วิธีการแก้ไข ตรวจสอบวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ อันได้แก่ การเปิดวงจร สปริงกดแปรงถ่าน ตรวจสอบและทำความสะอาดแปรงถ่าน

5. **หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลับทิศทาง** จะทำให้แรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกค้างมีขั้วตรงข้าม จึงทำให้กระแสที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข หมุนเครื่องกำเนิดตามทิศทางที่กำหนด

6. **ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดต่ำกว่าความเร็ววิกฤติ** เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำแปรตามกับความเร็วรอบเมื่อความเร็วรอบต่ำ ๆ ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกค้างน้อยมากเส้นแรงแม่เหล็กก็จะน้อยมากด้วย ทำให้ไม่เพียงพอที่จะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา วิธีการแก้ไขก็คือหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้ที่ความเร็วรอบตามพิกัด

3.2.2 **คุณลักษณะเมื่อมีโหลด** เมื่อนำโหลดมาต่อเข้าที่ขั้วของอาร์เมเจอร์และหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่โหลดเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง ดังรูป และแสดงคุณลักษณะ ของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว (V_t) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) ดังรูปที่ 3.7 (ข)



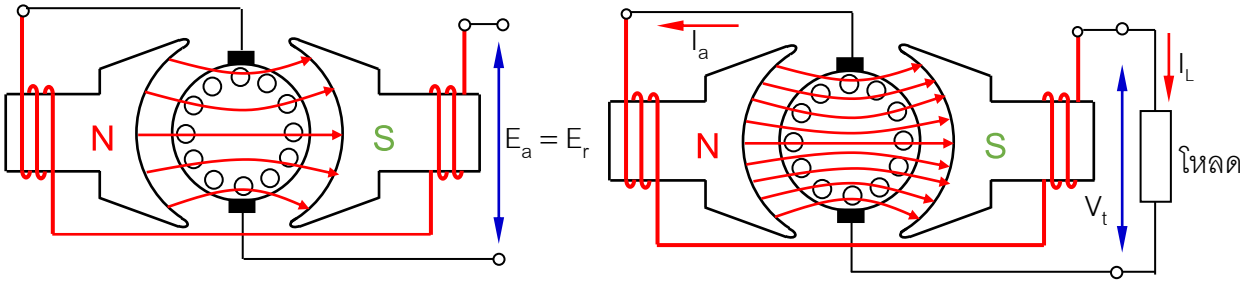
(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์เมื่อมีโหลด (ข) เส้นแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

รูปที่ 3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแบบชันต์เมื่อมีโหลดและเส้นคุณลักษณะ

จากกราฟเห็นว่าเมื่อเครื่องกำเนิดยังไม่มีโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลง อันเนื่องจาก 2 สาเหตุ คือ แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชัน (V_{ar}) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์ (I_aR_a) แต่แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะตกมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

3.3 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์

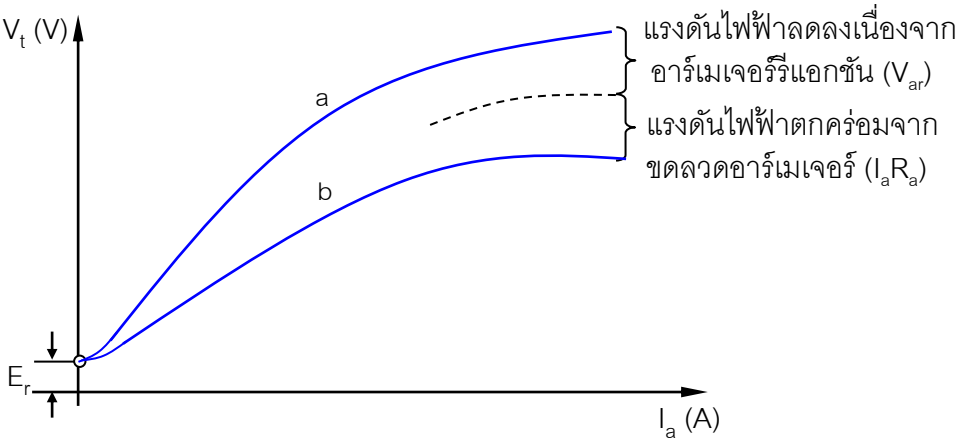
3.3.1 **คุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด** ดังรูปเมื่อยังไม่นำโหลดมาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้วงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปิดวงจร ดังนั้นถ้าหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความเร็วรอบคงที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาเพียงเล็กน้อยอันเกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง



(ก) เมื่อยังไม่ต่อโหลด (ข) เมื่อต่อโหลดเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รูปที่ 3.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์เมื่อไม่มีโหลดและมีโหลด

3.3.2 **คุณลักษณะเมื่อมีโหลด** ซึ่งจะแสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนไป จากรูป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่โหลดให้มีค่าเพิ่มขึ้น ก็ทำให้กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เพิ่มขึ้นด้วยและไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ก็ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้นด้วยและส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วก็เพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือถ้ากระแสโหลดเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นด้วยดังรูป

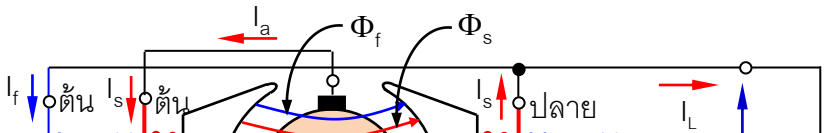


รูปที่ 3.7 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

3.4 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์

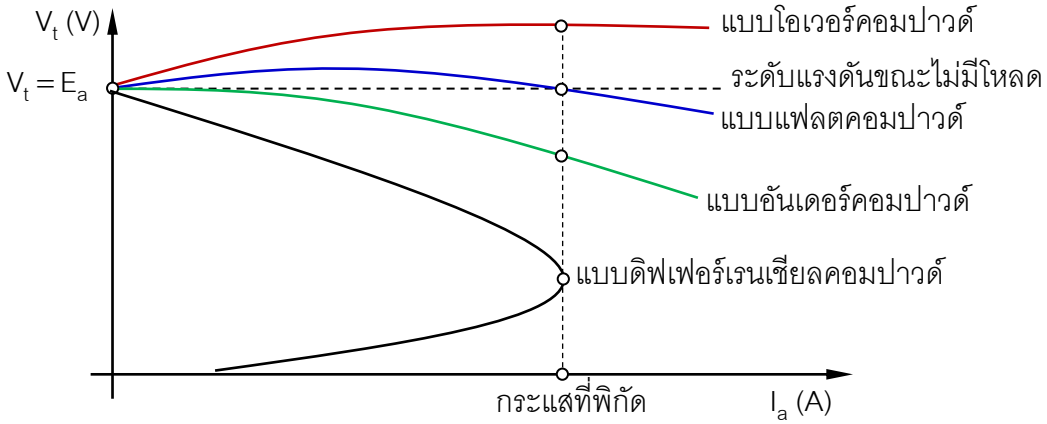
ถ้านำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์กับขดลวดแบบชันต์มาต่อแบบผสม ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหรืออาจเปลี่ยนแปลงอย่างมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการต่อในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสอง ดังนี้

3.4.1 **สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน** แบบนี้เป็นการต่อโดยให้ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ เมื่อขดลวดทั้งสองมีกระแสไหลผ่านโดยไหลไปในทิศทางเดียวกัน (I_f ไหลเข้าต้นคอยล์และ I_s ก็ไหลเข้าต้นคอยล์) จึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน ดังรูป



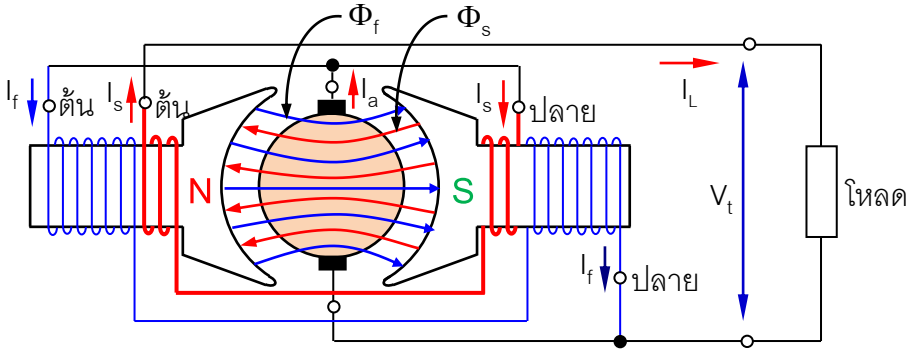
รูปที่ 3.8 การต่อขดลวดสนามแม่เหล็กแบบลองชันต์คอมปาวด์สร้างเส้นแม่เหล็กเสริมกัน

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์พยายามเปลี่ยนแปลงลดลง แต่เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์และไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ด้วย จึงเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดซีรีส์โดยสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นและไปเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน โดยแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบจำนวนรอบที่พันของขดลวดสนามแม่เหล็กซีรีส์



รูปที่ 3.9 เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

3.4.2 **สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน** แบบนี้เป็นการต่อโดยให้ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ เมื่อขดลวดทั้งสองมีกระแสไหลผ่านโดยไหลไปในทิศทางตรงข้ามกัน (I_f ไหลเข้าต้นคอยล์ แต่ I_s ไหลเข้าปลายคอยล์) จึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน ดังรูป



รูปที่ 3.10 การต่อขดลวดสนามแม่เหล็กแบบช๊อตชันต์คอมปาวด์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน

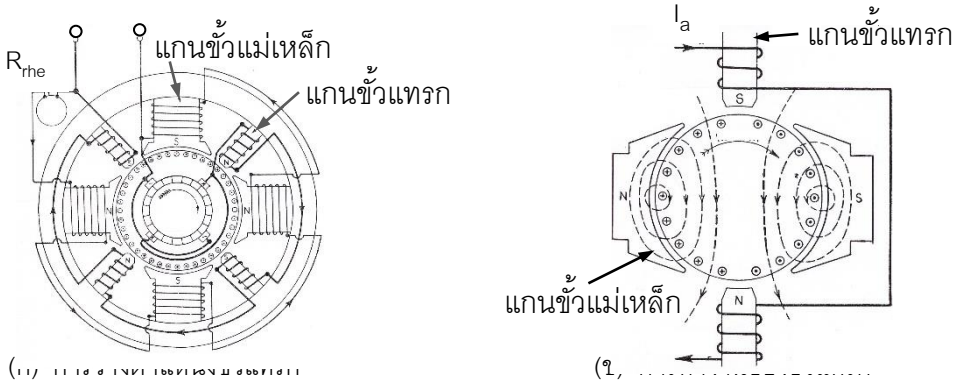
3.5 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชัน

อาร์เมเจอร์รีแอกชัน หมายถึง การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลด โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการผิดเพี้ยน (Distortion) ไป

จากผลการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชัน ทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำลดลงและยังทำให้เกิดประกายไฟที่หน้าแปรงถ่านกับซี่คอมมิวเทเตอร์ ดังนั้นการแก้อาร์เมเจอร์รีแอกชันทำได้ดังนี้

1. **เลื่อนตำแหน่งแปรงถ่าน** โดยการเลื่อนแปรงถ่านไปยังตำแหน่งแกนนิวทรัลใหม่ดังรูปที่ 3.14 ข้อดีก็คือไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดมาต่อเข้าเพิ่มเติมเพียงแต่เลื่อนแปรงถ่าน โดยเลื่อนไปตามทิศทางการหมุนส่วนข้อเสียต้องเลื่อนแปรงถ่านทุกครั้งเมื่อกระแสที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงจึงไม่เป็นที่นิยม

2. **ใส่ขั้วแทรกหรืออินเตอร์โปล** (Com-poles or Inter-pole) เป็นขั้วแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่แทรกไว้กึ่งกลางขั้วแม่เหล็กหลัก ดังรูป โดยที่ขั้วแทรกพันด้วยลวดทองแดงเส้นโตและต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์และไหลผ่านขดลวดขั้วแทรกและมีเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแทรกตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า โดยทิศทางของขั้วแทรกจะต้องมีขั้วที่เหมือนกับขั้วแม่เหล็กหลักที่อยู่ข้างหน้าตามทิศทางการหมุน

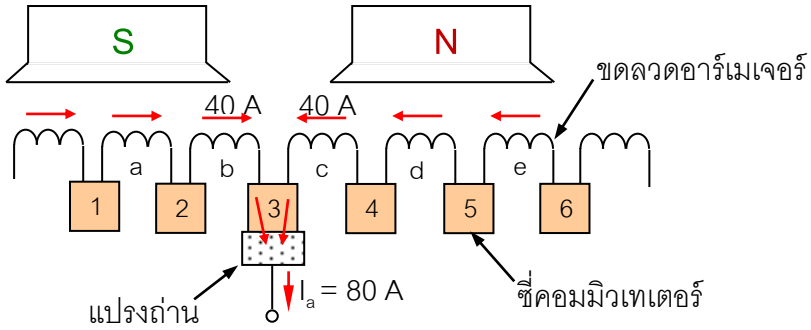


รูปที่ 3.11 การวางตำแหน่งขั้วแทรกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

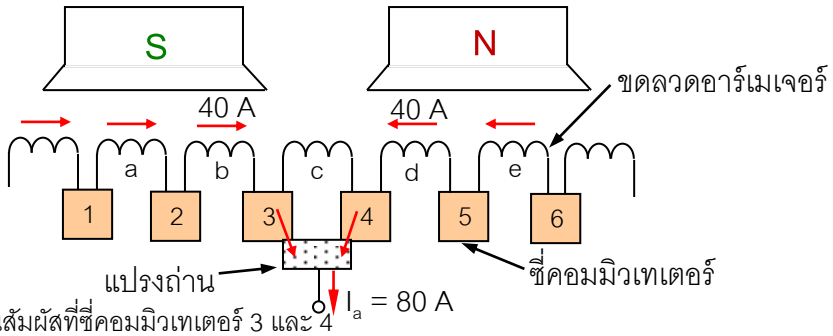
3. **พันขดลวดชดเชย** (Compensating winding) ขดลวดชดเชยจะพันจากทองแดงเส้นโตและวางอยู่ในร่องบริเวณผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กหลักโดยมีต้นและปลายของขดลวดแต่ละชุดวางอยู่ผิวหน้าอย่างละครึ่งของแกนขั้วแม่เหล็ก

3.6 การเกิดคอมมิวเทชัน

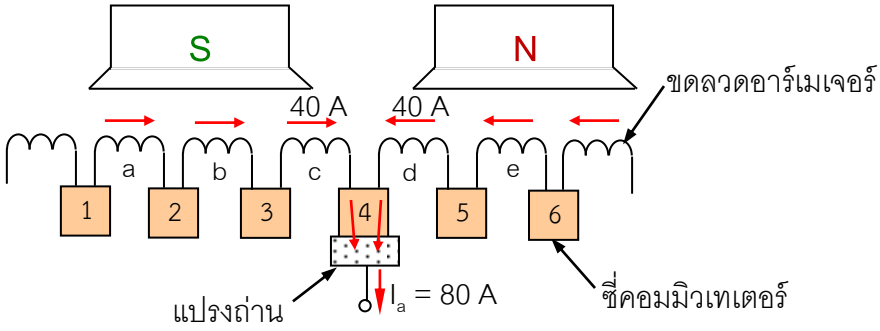
คอมมิวเทชัน หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์ชุดนั้นเคลื่อนที่ผ่านพ้นแกนนิวทรัล ซึ่งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ที่อยู่ประชิดกัน



(ก) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ซี่คอมมิวเทเตอร์ 3 อย่างเดียว



(ข) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ซี่คอมมิวเทเตอร์ 3 และ 4



(ค) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ซี่คอมมิวเทเตอร์ 4 อย่างเดียว

รูปที่ 3.12 การเกิดคอมมิวเทชัน

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 3	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 3 2. คำถามหน่วยที่ 3
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 3

4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 3
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด

2. Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 3

4. ใบมอบหมายงานที่ 3

8. หลักฐานการเรียนรู้

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

9. การวัดและประเมินผล

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ``4
	รหัสวิชา30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	สอนครั้งที่ 5-6
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	ชั่วโมงรวม 10 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ		

สมรรถนะประจำกิจกรรม

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ และประสิทธิภาพ
2. ต่อวงจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองหากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

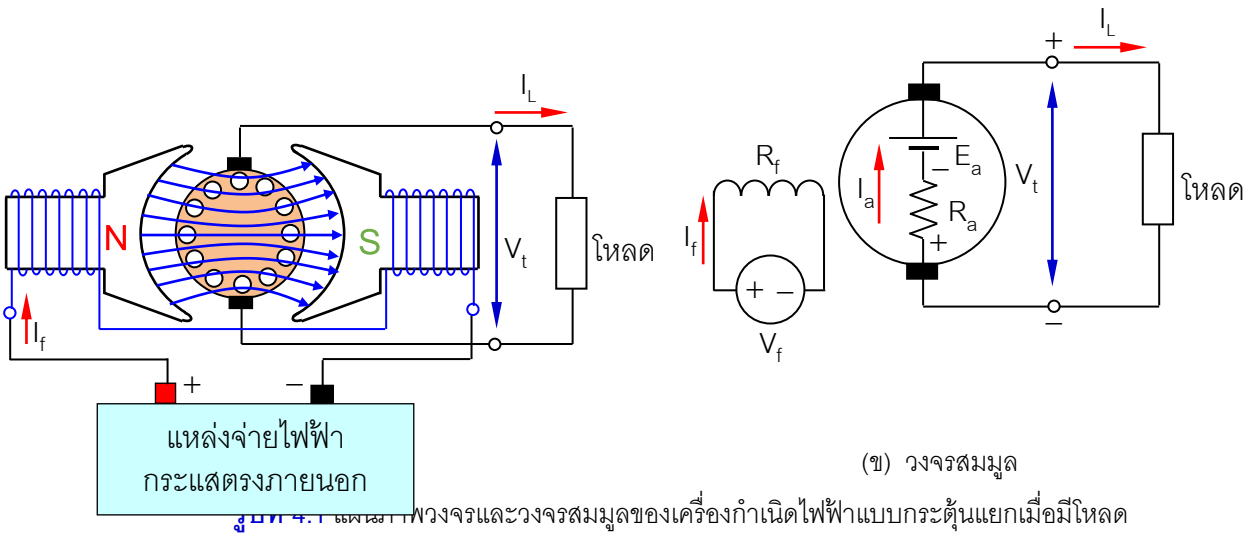
ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม

1. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกได้ 2. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์ได้ 3. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ได้ 4. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ได้ 5.อธิบายการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 6. อธิบายกำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 7. อธิบายประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 8. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 9. อธิบายภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้	1. ต่อวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ 2. ทดสอบหากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าที่ที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

4.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

แผนภาพวงจร (Schematic diagram) แสดงดังรูป ซึ่งภายในขดลวดอาร์เมเจอร์เทียบเท่าว่ามีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (E_a) กับค่าความต้านทานอาร์เมเจอร์ (R_a) ที่ต่อนุกรมกัน ส่วนที่ขดลวดสนามแม่เหล็กเทียบเท่าว่ามีค่าความต้านทานจากขดลวดสนามแม่เหล็ก (R_f) และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก (I_f) และเขียนเป็นวงจรสมมูลได้ดังรูป

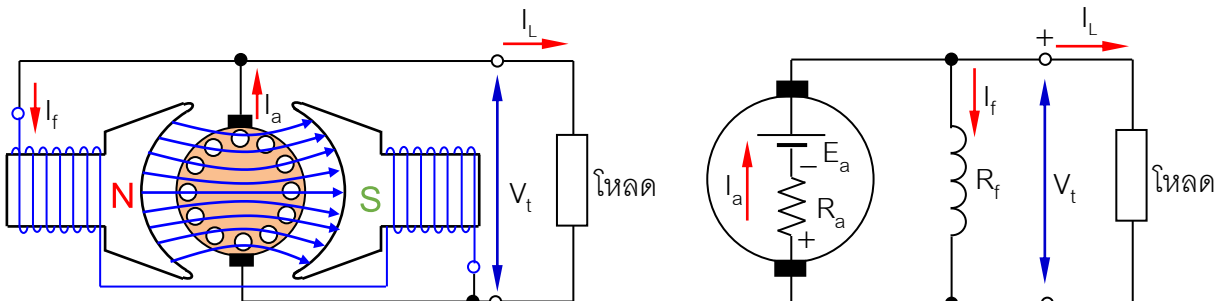


(ข) วงจรสมมูล

รูปที่ 4.1 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกเมื่อมีโหลด

4.2 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์

แผนภาพวงจรแสดงดังรูป ซึ่งวงจรสมมูลของขดลวดอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กเหมือนกับแบบกระตุ้นแยก เพียงมีแหล่งจ่ายจากตัวมันเองมากระตุ้นและเขียนเป็นวงจรสมมูลทางไฟฟ้าได้ดังรูป

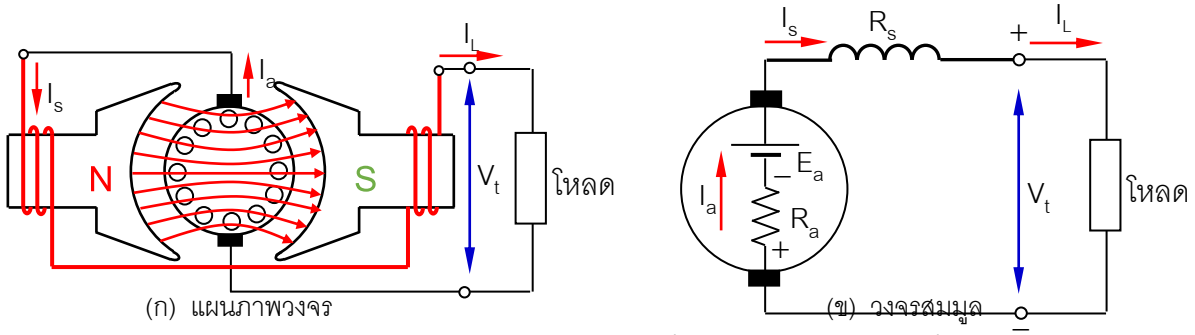


(ก) แผนภาพวงจร (ข) วงจรสมมูล

รูปที่ 4.2 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์เมื่อมีโหลด

4.3 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์

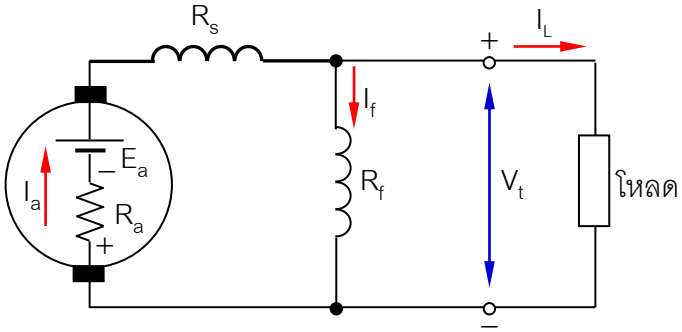
แผนภาพวงจรแสดงดังรูป ซึ่งวงจรสมมูลของขดลวดอาร์เมเจอร์เหมือนกับแบบชันต์ ส่วนขดลวดสนามแม่เหล็กแบบอนุกรม (R_S) ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์และเขียนเป็นวงจรสมมูลได้ดังรูป



รูปที่ 4.3 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์เมื่อมีโหลด

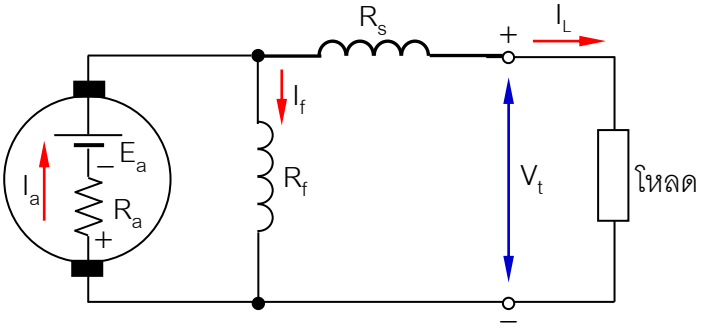
4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์

4.4.1 **แบบลองชันต์คอมปาวด์** เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์-เมเจอร์ก่อนแล้วจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ ดังรูป



รูปที่ 4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบลองชันต์คอมปาวด์

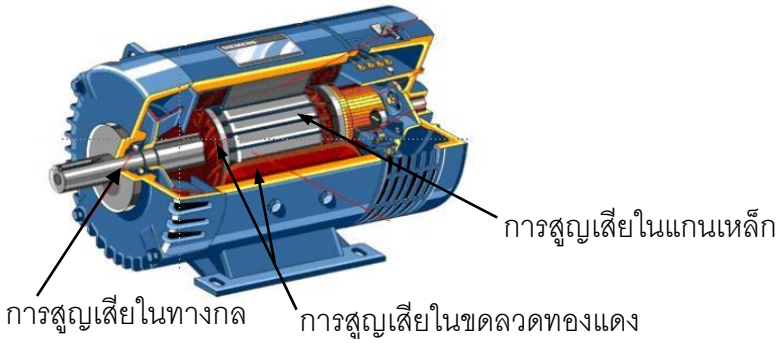
4.4.2 **แบบช๊อตชันต์คอมปาวด์** เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ก่อนแล้วจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ดังรูป



รูปที่ 4.5 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบช็อตชันต์คอมปาวด์

4.5 การสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลดหรือมีโหลดก็ตาม จะมีการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ การสูญเสียในขดลวดทองแดง การสูญเสียในแกนเหล็กและการสูญเสียในทางกล ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูป



รูปที่ 4.6 กลุ่มการสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

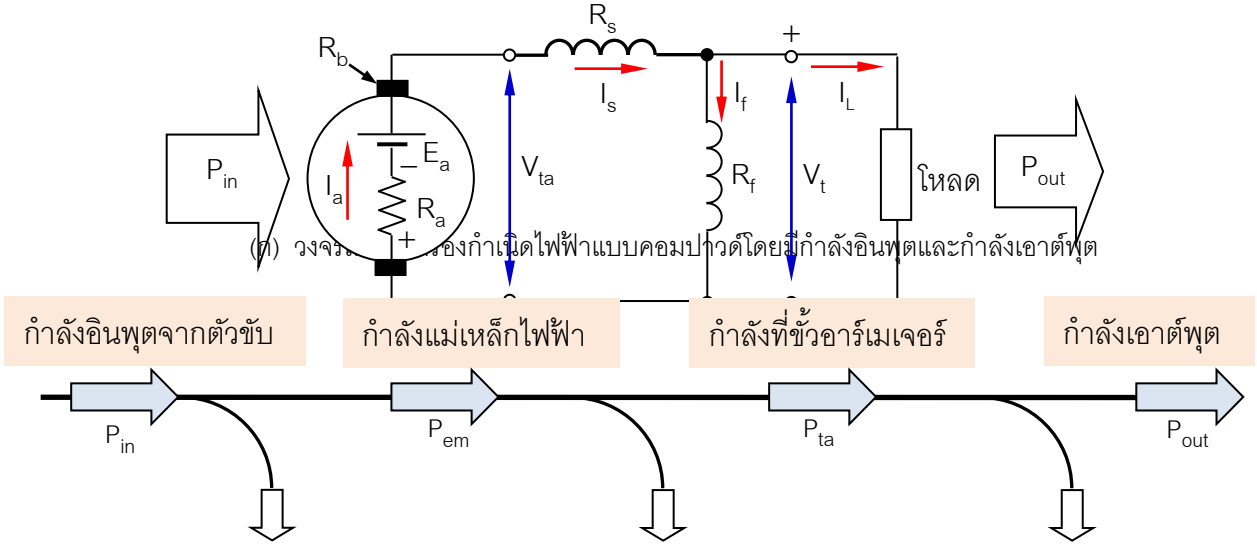
4.5.1 **การสูญเสียในขดลวดทองแดง** (Copper losses) เนื่องจากขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในเครื่อง-กำเนิดไฟฟ้ามีค่าความต้านทานและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด

4.5.2 **การสูญเสียในแกนเหล็ก** (Core losses) การสูญเสียนี้เกิดขึ้นที่แกนอาร์เมเจอร์ขณะที่แกนอาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่ผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปและได้ออกมาในรูปของความร้อน

4.5.3 **การสูญเสียในทางกล** (Mechanical losses) การสูญเสียนี้เกิดขึ้นขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนไปซึ่งต้องใช้กำลังบางส่วนเพื่อชนะแรงทางกลเหล่านี้ บางครั้งเรียกว่า **การสูญเสียในการหมุน** (Rotationary losses) กำหนดให้เป็น P_{rot} ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปเช่นกัน

4.6 กำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ดังรูปเป็นวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์โดยมีกำลังอินพุตจ่ายเข้ามา มีกำลังเอาต์พุตออกไปที่โหลดและยังได้แสดงกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมทั้งกำลังสูญเสียที่แยกออกไป



(ก) วงจร[illegible]องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์โดยมีกำลังอินพุตและกำลังเอาต์พุต

รูปที่ 4.7 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์และส่วนต่าง ๆ ของกำลังไฟฟ้า

4.7 ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังเอาต์พุต}}{\text{กำลังอินพุต}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{กำลังเอาต์พุต}}{\text{กำลังเอาต์พุต} + \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100 \qquad \text{..... (4.19)}$$

4.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ตัวอย่างที่ 4.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันต์คอมปาวด์และสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน มีค่าความต้านทานจากขดลวดอาร์เมเจอร์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์เป็น 0.5 Ω, 0.2 Ω และ 400 Ω ตามลำดับ มีกำลังไฟฟ้าที่โหลด เป็น 5 kW ที่แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 200 V มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุน 420 W กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก 180 W แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันไม่นำมาคิด จงคำนวณหา

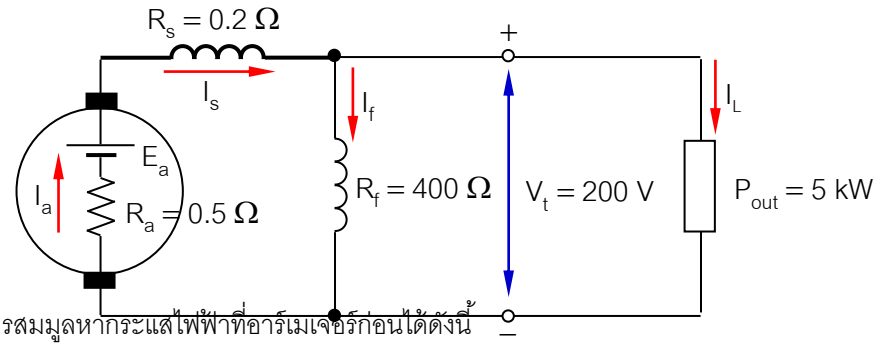
ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

ค. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ง. เขียนกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วิธีทำ เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าและกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับวงจร



จากวงจรสมมูลหากระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ก่อนได้ดังนี้

$$I_L = \frac{P_L}{V_t} = \frac{5 \times 10^3}{200} = 25 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{200}{400} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_a = I_s = I_f + I_L = 0.5 + 25 = 25.5 \text{ A}$$

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

$$E_a = V_t + I_aR_a + I_sR_s$$

$$E_a = 200 + (25.5\times0.5) + (25.5\times0.2) = 217.85\ V$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 217.85 V **ตอบ**

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด $P_{co} = P_f + P_a + P_s = I_f^2R_f + I_a^2R_a + I_s^2R_s)$

$$= (0.5^2\times400) + (25.5^2\times0.5) + (25.5^2\times0.2)$$

$$P_{co} = 100 + 325.125 + 130.05 = 555.175\ W$$

โจทย์กำหนดให้ $P_{rot} = 420$ W และ $P_c = 180$ W

$$P_{loss} = P_{co} + P_{rot} + P_c = 555.175 + 420 + 180$$

$$P_{loss} = 1155.175\ W$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1155.175 W **ตอบ**

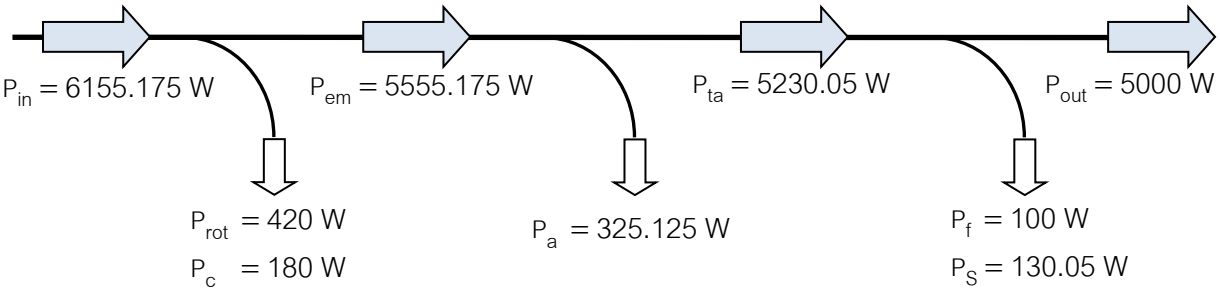
ค. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}}\times100 = \frac{5000}{(5000 + 1155.175)}\times100$$

$$= 81.23$$

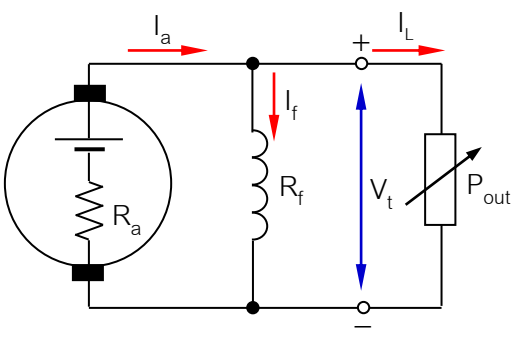
ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 81.23 % **ตอบ**

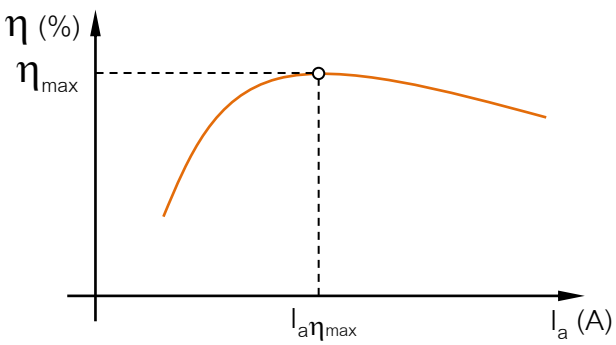
ง. เขียนกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



4.9 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) เปลี่ยนแปลงด้วยดังรูป ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดอาร์เมเจอร์และในขดลวดซีรีส์เกิดการเปลี่ยน แปลงไปด้วยเช่นกัน แต่กำลังสูญเสียในการหมุน ในแกนเหล็กและจากขดลวดชันต์มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกระแส I_a เมื่อกระแส I_a ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมี I_a ค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นจะค่อย ๆ มีค่าลดลง ดังรูป





(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลง (ข) เส้นกราฟประสิทธิภาพเมื่อ I_a เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชันต์เมื่อมีโหลดเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพ

เห็นว่าเกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งแปรค่าไปตามกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กและกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากขดลวดชันต์ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียคงที่ นั่นคือประสิทธิภาพจะสูงสุด เมื่อ

กำลังไฟฟ้าสูญเสียแปรค่าตามกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ = กำลังไฟฟ้าสูญเสียคงที่

โดยกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์จะมีค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กำหนดให้เป็น $I_{a\eta max}$ หาค่าได้ดังนี้

$$I_{a\eta max}^2 R_a = P_{rot} + P_c + P_f$$

$$I_{a\eta max}^2 = \frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a}$$

$$I_{a\eta max} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a}}$$

เมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ จะได้

$$I_{a\eta max} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c}{R_a + R_s}}$$

เมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ซึ่งมีทั้งขดลวดซีรีส์และขดลวดชันต์ จะได้

$$I_{a\eta max} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a + R_s}}$$

ตัวอย่างที่ 4.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันต์คอมปาวด์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน มีค่าความต้านทานจากขดลวดอาร์เมเจอร์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์เป็น 0.08 Ω 0.1 Ω และ 110 Ω ตามลำดับ มีกำลังไฟฟ้าที่โหลดเป็น 22 kW แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว 220 V ให้ประสิทธิภาพ 80 % แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันไม่นำมาคิด จงคำนวณหา

ก. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็ก

ค. กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด

ง. ประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีทำ

$$I_L = \frac{P_L}{V_t} = \frac{22 \times 10^3}{220} = 100 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{220}{110} = 2\ A$$

$$I_a = I_f + I_L = 2 + 100 = 102\ A$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด $P_{co} = P_f + P_a + P_s = I_f^2 R_f + I_a^2 R_a + I_s^2 R_s)$

$$= (2^2 \times 110) + (102^2 \times 0.08) + (102^2 \times 0.1)$$

$$P_{co} = 440 + 832.32 + 1040.4$$

$$= 2312.72\ W$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\frac{\eta}{100}} = \frac{22 \times 10^3}{\frac{80}{100}} = 27500\ W$$

ก. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

$$P_{loss} = P_{in} - P_{out} = 27500 - 22000$$

$$P_{loss} = 5500\ W$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 5500 W **ตอบ**

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$P_{rot} + P_c = P_{loss} - P_{co} = 5500 - 2312.72$$

$$P_{rot} + P_c = 3187.28\ W$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ 3187.28W **ตอบ**

ค. กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด

$$I_{a\eta max} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a + R_s}} = \sqrt{\frac{3187.28 + 440}{0.08 + 0.1}}$$

$$I_{a\eta max} = 141.956\ A$$

กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 141.956 A **ตอบ**

ง. ประสิทธิภาพสูงสุด

ประสิทธิภาพจะสูงสุดเมื่อ $(P_a + P_s) = (P_{rot} + P_c) + P_f = 3187.28 + 440 = 3627.28\ W$

$$I_L = I_{a\eta max} - I_f = 141.956 - 2 = 139.956\ A$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta_{max} = \frac{V_t I_L}{V_t I_L + (P_a + P_s) + (P_{rot} + P_c + P_f)} \times 100$$

$$\eta_{max} = \frac{220\times 139.956}{(220\times 139.956)+(3627.28)+(3627.28)} \times 100$$

$$\eta_{max} = \frac{30790.32}{38044.88} \times 100$$

$$= 80.93\ \%$$

ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 80.93 % **ตอบ**

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 4	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 4 2. คำถามหน่วยที่ 4
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 4
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 4	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 4	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		

6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 4
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 4
4. ใบมอบหมายงานที่ 4

8. หลักฐานการเรียนรู้

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

9. การวัดและประเมินผล

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ``5
	รหัสวิชา30104-2003 ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1	สอนครั้งที่ 7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ชั่วโมงรวม 5 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

สมรรถนะการปฏิบัติงาน

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
2. เขียนและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

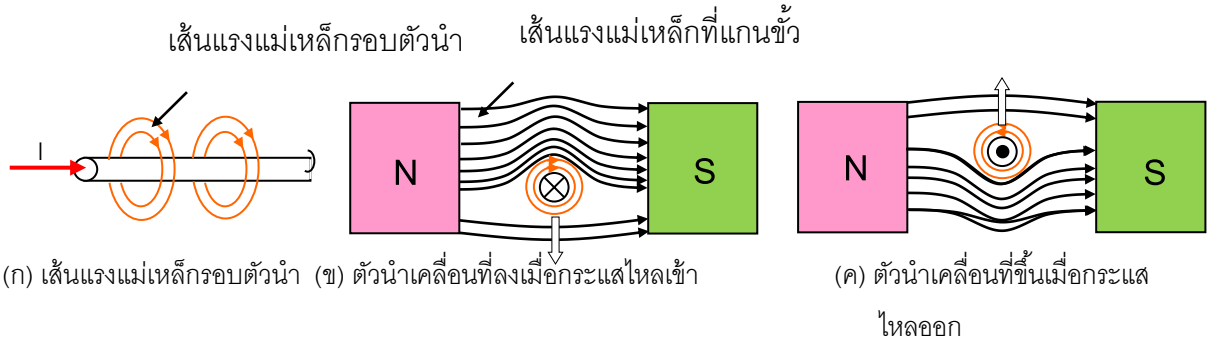
ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 2. อธิบายแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทางได้ 3. อธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 4. อธิบายแรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ได้ 5. อธิบายชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 6. อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้	1. ต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ 2. ทดสอบจากการต่อของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีส่วนประกอบ 3 อย่าง คือ

1. **ขั้วแม่เหล็ก** โดยขั้วแม่เหล็กจะต้องมีเส้นแรงแม่เหล็ก
2. **ตัวนำ** โดยตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ
3. **ตัวนำต้องวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก** เมื่อตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้ว ดังรูป เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านบนมีความหนาแน่น มากกว่าด้านล่าง ทั้งนี้เพราะว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านล่างมีความหนาแน่นน้อยกว่า จากคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กพยามยามยืดตัวเป็นเส้นตรงให้มากที่สุดจึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ลงด้านล่าง และเมื่อตัวนำมีกระแสไหลออกทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านล่างมีความหนาแน่นมากกว่าด้านบน เพราะเส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านบนนั้นมีความหนาแน่นน้อยจึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ดังรูป

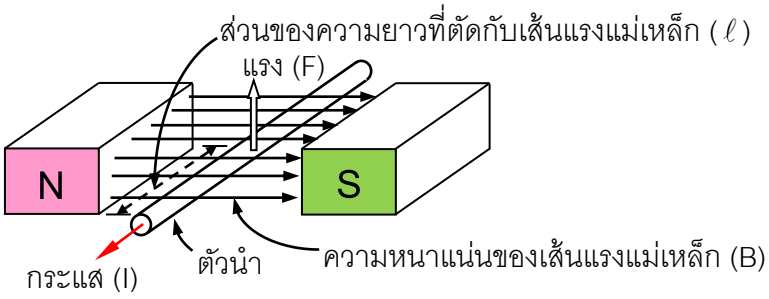


(ก) เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ (ข) ตัวนำเคลื่อนที่ลงเมื่อกระแสไหลเข้า (ค) ตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อกระแสไหลออก

รูปที่ 5.1 หลักการทำงานเบื้องของมอเตอร์

5.2 แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง

ตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ผลทำให้ตัวนำนั้นเกิดการเคลื่อนที่ นั่นหมายความว่าเกิดแรงผลักที่ตัวนำ (ธวัชชัย อัตถวิบูลย์กุล, 2546: 211) ดังรูปที่ 5.2

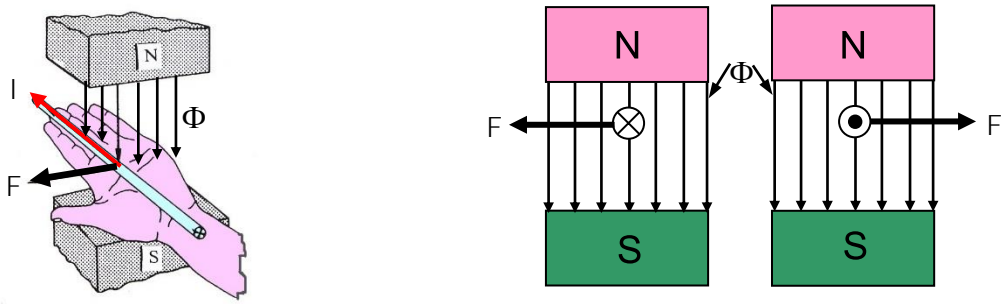


รูปที่ 5.2 ตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและเกิดแรงผลักตัวนำ

โดยขนาดของแรงแปรตามกับค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก กระแสที่ไหลผ่านตัวนำและความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก โดยหน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

การหาทิศทางตัวนำ กฎมือซ้ายกล่าวไว้ว่า **แบมือซ้ายออกแล้วให้หัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ โดยให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือพุ่งเข้าหาอุ้งมือ และให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นนิ้วหัวแม่มือจะชี้**

ทิศทางของแรงหรือทิศทางของตัวนำ เมื่อมีกระแสไหลเข้าตัวนำเมื่อใช้กฎมือซ้ายได้ทิศทางของแรงมาทางซ้ายและถ้ากระแสไหลออกจากตัวนำก็ได้ทิศทางของแรงมาทางขวา

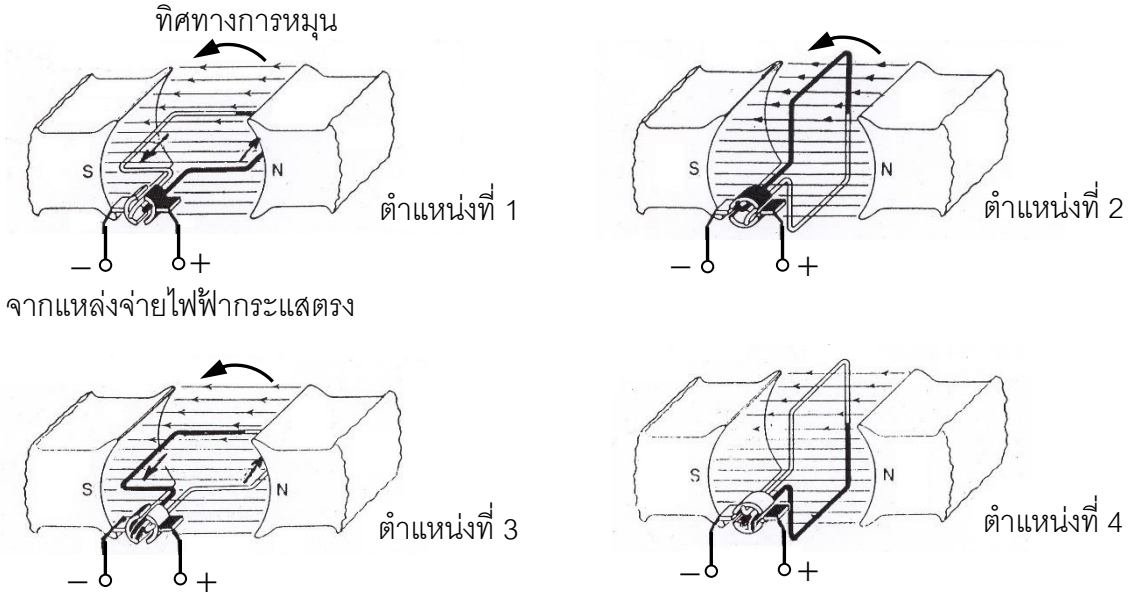


(ก) กฎมือซ้ายแบ (ข) ทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไหลเข้าและไหลออก

รูปที่ 5.3 กฎมือซ้ายและการหาทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

5.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายประกอบด้วยขดลวดวางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็ก โดยปลายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับซี่คอมมิวเทเตอร์ซึ่งมีแปรงถ่านสัมผัสอยู่ และมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกต่อเข้ากับแปรงถ่านทั้งสองดังรูป



รูปที่ 5.4 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 5.4 ขณะตัวนำกำลังเคลื่อนที่หมุนอยู่ก็จะไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของแกนขั้วแม่เหล็ก ด้วยทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวด ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและเมื่อใช้กฎมือขวาเห็นว่ามีทิศทางของกระแสตรงข้ามกับที่จ่ายให้ เรียกแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ** (Back e.m.f.) เนื่องจาก

แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับเกิดขึ้นจากขดลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กเช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงมีสมการเช่นเดียวกันกับการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ

$$E_a = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a}$$

5.4 แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

แรงบิด หมายถึง โมเมนต์ของแรงที่เกิดจากการหมุน ได้จากผลคูณระหว่างแรงกับแขนของแรง (รัศมีของขดลวดหรือรัศมีของอาร์เมเจอร์) โดยแรงบิดมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N•m) ดังสมการ

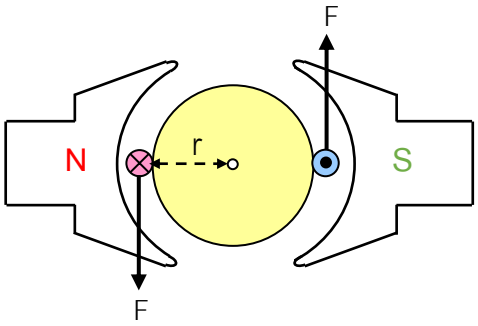
$$T = Fr$$

เมื่อ T = แรงบิด หน่วยเป็น นิวตันเมตร (N•m)

F = แรงทั้งหมดบนตัวนำ หน่วยเป็น นิวตัน (N)

r = รัศมีของขดลวด หรืออาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น (m)

กำลังกล หมายถึง กำลังที่เกิดขึ้นบนอาร์เมเจอร์ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนไป โดยกำลังส่วนนี้แปรสภาพจากพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาไปเป็นพลังงานกลที่อาร์เมเจอร์ โดยหน่วยของกำลังกลที่อาร์เมเจอร์มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที(Jouls/s) หรือวัตต์



รูปที่ 5.5 การเกิดกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.5 จะได้ว่างานที่เกิดขึ้นใน 1 รอบ ได้จากผลคูณของแรงกับระยะทาง

$$W = Fs$$

เมื่อ W = งาน หน่วยเป็น นิวตันเมตรหรือจูล (N•m)

s = ระยะทาง หน่วยเป็นเมตร (m)

โดยอาร์เมเจอร์หมุน 1 รอบ ให้ระยะทาง (s) เท่ากับ $2\pi r$ ก็คือเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์

ดังนั้น $W = Fs = F2\pi r$

และ งานที่เกิดขึ้นใน 1 รอบ/วินาที ได้กำลังกล $= F2\pi r$ จูล/วินาที

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นใน n รอบ/วินาที ได้กำลังกล $= F2\pi r\,n$ จูล/วินาที

นั่นคือ $P_m = 2\pi F r\,n$

แต่ $T = Fr$ และ n เป็นรอบ/นาที จะได้

$$P_m = \frac{2\pi T n}{60}$$

หรือ $P_m = 0.105Tn$

เมื่อ P_m = กำลังกลที่อาร์เมเจอร์หน่วยเป็น วัตต์ (W)

ตัวอย่างที่ 5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6 ขั้ว จำนวนตัวนำทั้งหมด 192 ตัวนำ พันแบบซิมเพล็กซ์แลปมีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก 62.5 mWb เมื่อทำงานมีแรงบิดที่อาร์เมเจอร์ 8 N•m ที่ความเร็วรอบ 1200 r/min จงคำนวณหา

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์

ข. กำลังกลที่อาร์เมเจอร์

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$P = 6$ ขั้ว $\quad Z = 192$ ตัวนำ

$n = 1200$ r/min $\quad \Phi = 62.5 \times 10^{-3}$ Wb

$a = P = 6 \quad T = 8$ N•m

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์

$$E_a = \frac{\Phi PnZ}{60a}$$

$$= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 6}$$

$$E_a = 240 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 240 V **ตอบ**

ข. กำลังกลที่อาร์เมเจอร์

$$P_m = 0.105Tn = 0.105 \times 8 \times 1200$$

$$P_m = 1008 \text{ W}$$

กำลังกลที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 1008 W **ตอบ**

5.5 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งเหมือนกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระแสตรง ดังนี้

5.5.1 **มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก** (Separately excited motor) โดยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้น-แยกต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็กและยังมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอีก 1 แหล่งจ่ายมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 แหล่งจ่าย จึงไม่นิยมนำมาใช้กับงานทั่วไปมากนักแต่มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกนี้ถูกนำมาใช้กับงานเฉพาะอย่างเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น

5.5.2 **มอเตอร์ไฟฟ้าแบบชันต์** (Shunt motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์

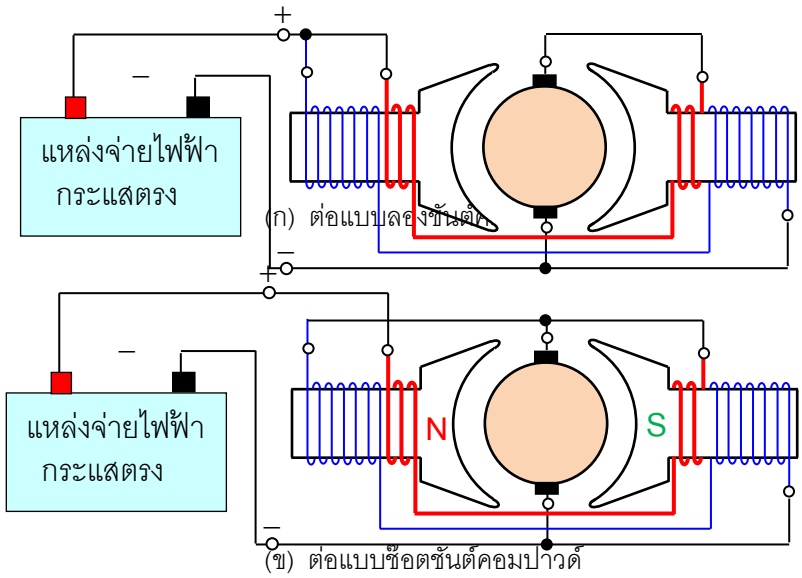
5.5.3 **มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซีรีส์** (Series motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

5.5.4 **มอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมปาวด์** (Compound motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อร่วมกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ

1. แบ่งตามลักษณะการต่อ ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบลองชันต์คอมปาวด์ (Long shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวด สนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ ดังรูป

(2) แบบช๊อตชันต์คอมปาวด์ (Short shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ก่อนจากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ดังรูป

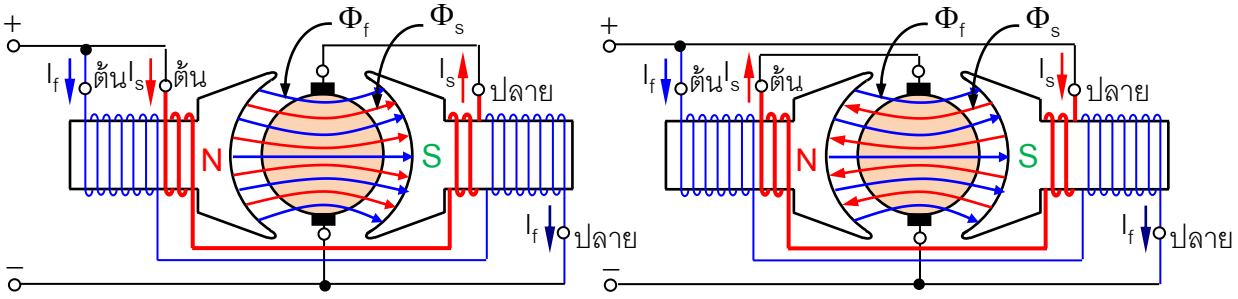


รูปที่ 5.6 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการต่อ

2. แบ่งตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (Cumulative compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (Φ_s) สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ (Φ_f) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูป สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกันโดย I_f ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดและ I_s ก็ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดเช่นกัน ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็ก ทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน

(2) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน (Differential compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูป โดย I_f ไหลเข้าต้นของขดลวดและออกที่ปลายขดลวด ส่วน I_s ไหลเข้าที่ปลายขดลวดและออกที่ต้นขดลวด ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองก็จะมีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน

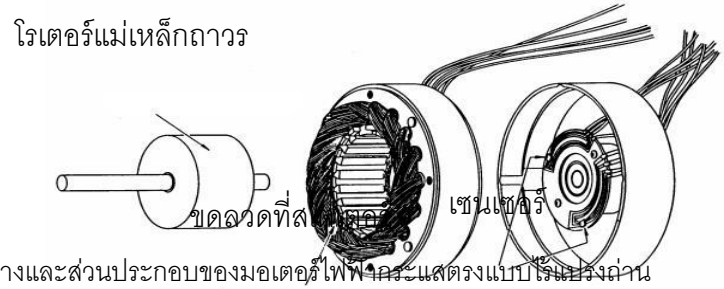


(ก) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (ข) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน

รูปที่ 5.7 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

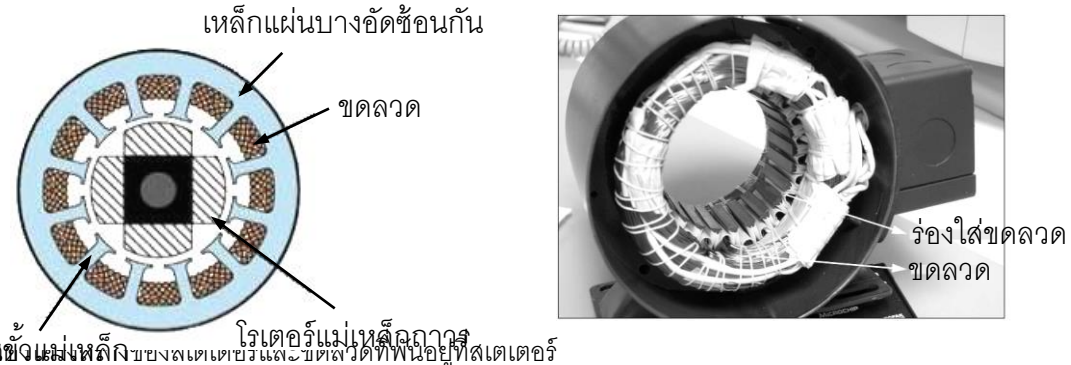
5.5.5 **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน** (Brushless direct current motor)

จากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมา ซึ่งเมื่อทำงานและมีโหลดจะเกิดประกายไฟขึ้นที่ซี่คอมมิวเทเตอร์กับแปรงถ่านซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสูญเสียที่ขดลวดอาร์เมเจอร์อีกด้วย เมื่อหน้าที่ของคอมมิวเทเตอร์และแปรงถ่านถูกแทนด้วยสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์มอเตอร์ก็แทบที่จะไม่ต้องมีการดูแลรักษา มอเตอร์ที่ว่านี้ก็คือ **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน** โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งได้แก่ สเตเตอร์และโรเตอร์แม่เหล็กถาวร และตัวเซนเซอร์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.8



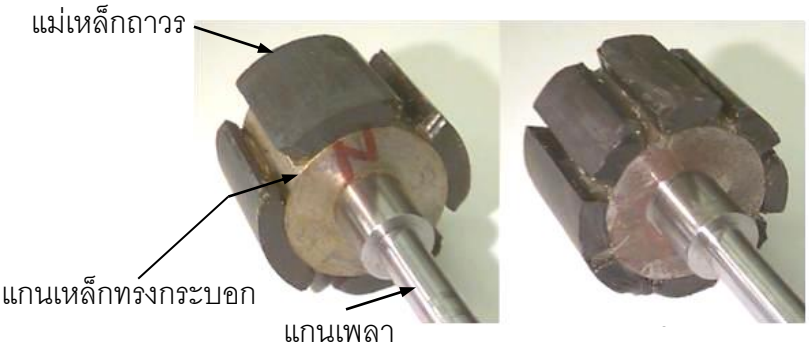
รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

1. สเตเตอร์ จะทำมาจากเหล็กแผ่นบางเซาะเป็นร่องแล้วนำมาอัดซ้อนกันโดยที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่หลายชุดดังรูป โดยมีหน้าที่สร้างขั้วแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



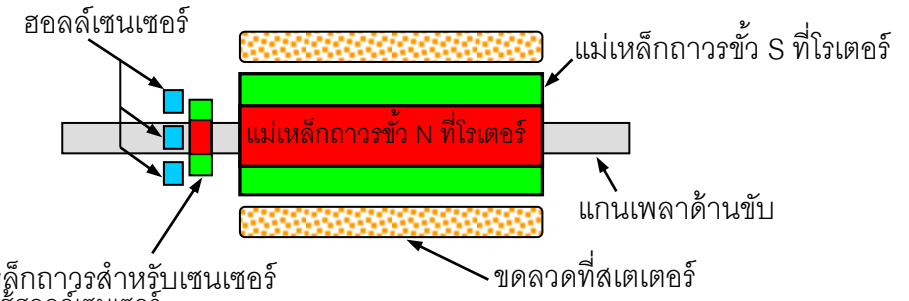
รูปที่ 5.9 แสดงส่วนของสเตเตอร์และขดลวดที่พันอยู่ที่สเตเตอร์

2. โรเตอร์แม่เหล็กถาวร เป็นแม่เหล็กถาวรที่ยึดติดกับแกนเหล็กรูปทรงกระบอกของแกนเพลา ดังรูป เป็นโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบ 4 ขั้วและแบบ 8 ขั้ว



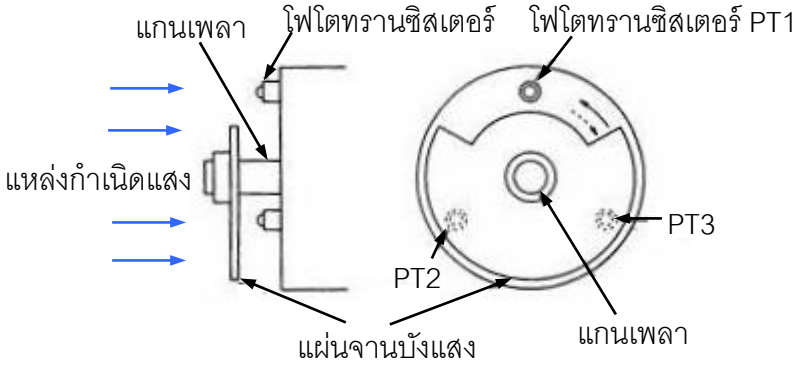
รูปที่ 5.10 แสดงโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบ 4 ขั้วและแบบ 8 ขั้ว

3. เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (หรือขั้วแม่เหล็ก) เพื่อนำสัญญาณ ไปใช้ในการควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แทนคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านโดยส่วนใหญ่เซนเซอร์ที่ใช้มักเป็นฮอลล์เซนเซอร์ (Hall sensor) ดังรูปหรือเซนเซอร์ชนิดใช้แสงตรวจจับ (Optical sensor) ดังรูป



(ก) เซนเซอร์ชนิดใช้ฮอลล์เซนเซอร์

รูปที่ 5.11 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ



(ข) เซนเซอร์ชนิดใช้แสงตรวจจับ

รูปที่ 5.11 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ

5.6 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อาร์เมเจอร์รีแอกชัน หมายถึง การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อมอเตอร์นั้นมีโหลดที่เพลา โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วเกิดการผิดเพี้ยนไป โดยการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันอธิบายได้ดังนี้

จากผลการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับลดลงและนอกจากนี้ยังทำให้เกิดประกายไฟที่หน้าแปรงถ่านกับซี่คอมมิวเทเตอร์ ดังนั้นการแก้อาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็กระทำได้เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

1. **เลื่อนตำแหน่งแปรงถ่าน** โดยเลื่อนแปรงถ่านไปยังตำแหน่งแกนนิวทรัลใหม่ โดยจะต้องเลื่อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์

2. **ใส่ขั้วแทรกหรืออินเตอร์โปล** เป็นขั้วแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่แทรกไว้กึ่งกลางขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

3. **พันขดลวดชดเชย** ขดลวดชดเชยพันจากทองแดงเส้นโตและวางอยู่ในร่องบริเวณผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 5	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่อง การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 5 2. คำถามหน่วยที่ 5
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 5
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5 จำนวน 17 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		

6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป **7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย**	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 5
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 5
4. ใบมอบหมายงานที่ 5

8. หลักฐานการเรียนรู้

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

9. การวัดและประเมินผล

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 5 จำนวน 17 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 5 จำนวน 17 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 5 จำนวน 17 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน

3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย