

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	หน่วยที่ 5
	ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-2003	สอนครั้งที่ 7
	ชื่อหน่วย การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ชั่วโมงรวม 5 ชม.

หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.2 แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง
- 5.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.4 แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์
- 5.5 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.6 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
2. เขียนและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

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

6. อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์ แอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแส ตรงได้		6. ทำงานด้วยความ เต็มใจ
--	--	----------------------------

เนื้อหาสาระ

5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีส่วนประกอบ

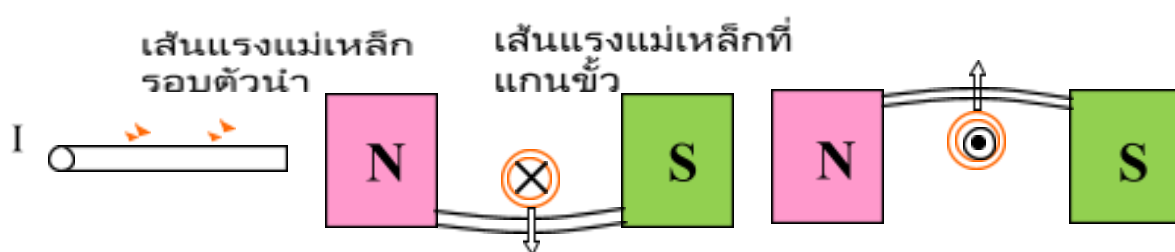
3 อย่าง คือ

1. **ขั้วแม่เหล็ก** โดยขั้วแม่เหล็กจะต้องมีเส้นแรงแม่เหล็ก

2. **ตัวนำ** โดยตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ

3. **ตัวนำต้องวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก** เมื่อตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้ว ดังรูป เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านบนมีความหนาแน่น มากกว่าด้านล่าง ทั้งนี้เพราะว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านล่างมีความหนาแน่นน้อยกว่า จากคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กพยายามยืดตัวเป็นเส้นตรงให้มากที่สุด

จึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ลงด้านล่าง และเมื่อตัวนำมีกระแสไหลออก ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านล่างมีความหนาแน่นมากกว่าด้านบน เพราะเส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกน ขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านบนนั้นมีความหนาแน่นน้อยจึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ดังรูป



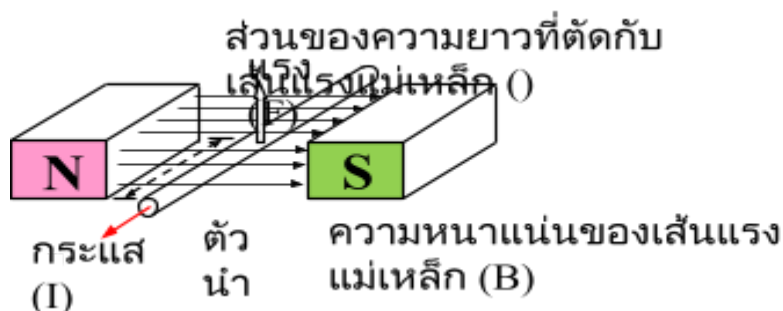
(ก) เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ (ข) ตัวนำเคลื่อนที่ลงเมื่อกระแสไหลเข้า
(ค) ตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อกระแส

ไหลออก

รูปที่ 5.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์

5.2 แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง

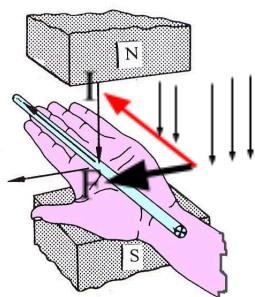
ตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ผลทำให้ตัวนำนั้นเกิดการเคลื่อนที่ นั่นหมายความว่าเกิดแรงผลักที่ตัวนำ (ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล, 2546: 211) ดังรูปที่ 5.2



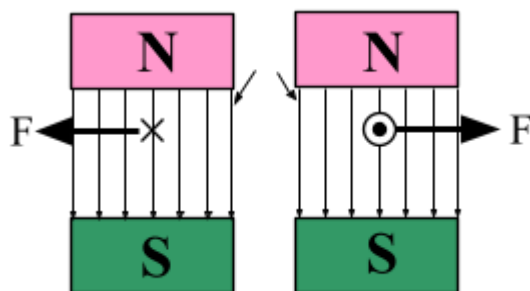
รูปที่ 5.2 ตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและเกิดแรงผลักตัวนำ

โดยขนาดของแรงแปรตามกับค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก กระแสที่ไหลผ่านตัวนำและความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก โดยหน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

การหาทิศทางตัวนำ กฎมือซ้ายกล่าวไว้ว่า **แบมือซ้ายออกแล้วให้หัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ โดยให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือพุ่งเข้าหาขั้วมือ และให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นนิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศทางของแรงหรือทิศทางของตัวนำ** เมื่อมีกระแสไหลเข้าตัวนำเมื่อใช้กฎมือซ้ายได้ทิศทางของแรงมาทางซ้ายและถ้ากระแสไหลออกจากตัวนำก็ได้ทิศทางของแรงมาทางขวา



(ก) กฎมือซ้ายแบ



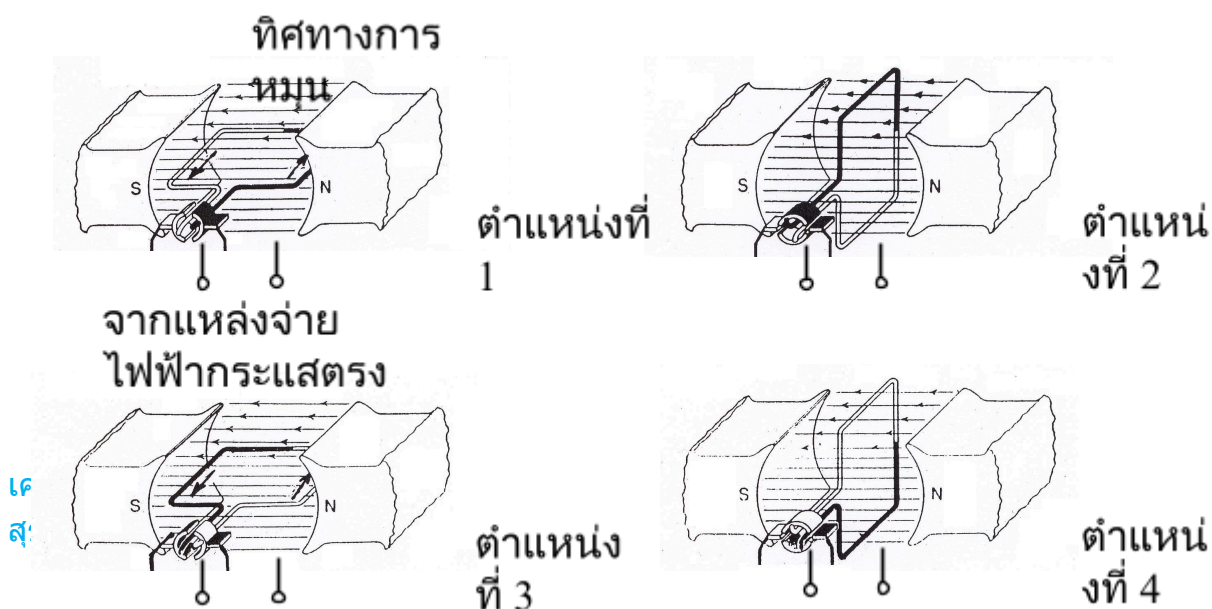
(ข) ทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไหล

เข้าและไหลออก

รูปที่ 5.3 กฎมือซ้ายและการหาทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

5.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายประกอบด้วยขดลวดวางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็ก โดยปลายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับซี่คอมมิวเตเตอร์ซึ่งมีแปรงถ่านสัมผัสอยู่ และมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกต่อเข้ากับแปรงถ่านทั้งสองดังรูป



รูปที่ 5.4 การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 5.4 ขณะตัวนำกำลังเคลื่อนที่หมุนอยู่ก็จะไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของแกนขั้วแม่เหล็กด้วยทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวด ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและเมื่อใช้กฎมือขวาเห็นว่ามีทิศทางของกระแสตรงข้ามกับที่จ่ายให้ เรียกแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back e.m.f.)** เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับเกิดขึ้นจากขดลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กเช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงมีสมการเช่นเดียวกันกับการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ

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

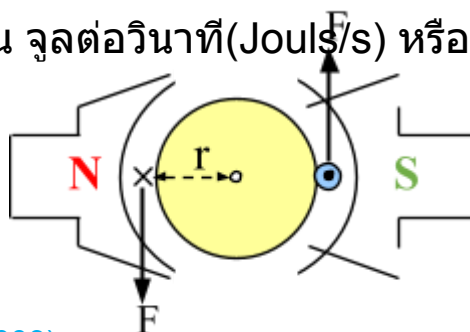
5.4 แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

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

$$I = Fr$$

เมื่อ $T =$ แรงบิด หน่วยเป็น นิวตันเมตร (N·m)
 $F =$ แรงทั้งหมดบนตัวนำ หน่วยเป็น นิวตัน (N)
 $r =$ รัศมีของขดลวด หรืออาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น (m)

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



รูปที่ 5.5 การเกิดกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.5 จะได้ว่างานที่เกิดขึ้นใน 1 รอบ ได้จากผลคูณของแรงกับระยะทาง

$$W = F s$$

เมื่อ $W =$ งาน หน่วยเป็น นิวตันเมตรหรือจูล ($N \cdot m$)

$s =$ ระยะทาง หน่วยเป็นเมตร (m)

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

ดังนั้น
$$W = F s = F \cdot 2\pi r$$

และ งานที่เกิดขึ้นใน 1 รอบ/วินาที ได้กำลังกล = $F \cdot 2\pi r$ จูล/วินาที

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นใน n รอบ/วินาที ได้กำลังกล = $F \cdot 2\pi r n$ จูล/วินาที

นั่นคือ
$$P_r = 2\pi F n$$

แต่ $T = F r$ และ n เป็นรอบ/นาที จะได้

$$P_r = \frac{2\pi T r}{60}$$

หรือ
$$P_r = U I \phi r$$

เมื่อ $P_r =$ กำลังกลที่อาร์เมเจอร์หน่วยเป็น วัตต์ (W)

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

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์

ข. กำลังกลที่อาร์เมเจอร์

วิธีทำ

โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$P = 6 \text{ ขั้ว} \quad Z = 192 \text{ ตัวนำ}$$

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

$$a = P = 6 \quad T = 8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์

$$E_a = \frac{\phi P n}{60a}$$

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

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

แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ **240 V**

ตอบ

ข. กำลังกลที่อาร์เมเจอร์

$$P_m = 0.1058 \times 1200$$

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

กำลังกลที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ **1008 W** **ตอบ**

5.5 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งเหมือนกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

5.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก (Separately excited motor)
โดยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้น-แยกต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็กและยังมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอีก 1 แหล่งจ่ายมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 แหล่งจ่าย จึงไม่นิยมนำมาใช้กับงานทั่วไปมากนัก แต่มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกนี้ถูกนำมาใช้กับงานเฉพาะอย่างเป็นพิเศษเท่านั้น

5.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบชัณฑ์ (Shunt motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์

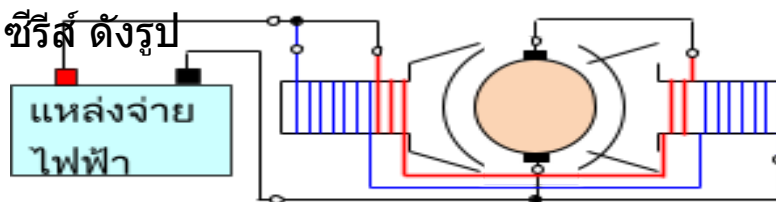
5.5.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซีรีส์ (Series motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

5.5.4 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ (Compound motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์มาต่อรวมกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ

1. แบ่งตามลักษณะการต่อ ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

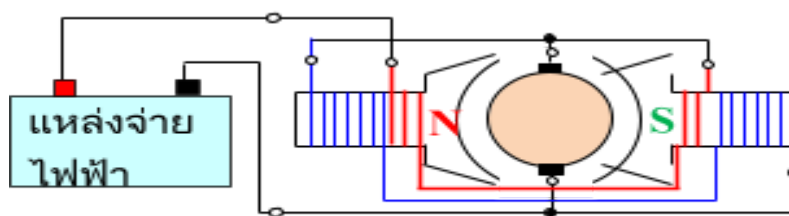
(1) แบบลองชัณฑ์คอมปาวด์ (Long shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์ ดังรูป

(2) แบบชัณฑ์คอมปาวด์ (Short shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ดังรูป



กระแสดรง

(ก) ต่อแบบลองชัณฑ์คอมปาวด์



กระแสดรง

(ข) ต่อแบบชัณฑ์คอมปาวด์

รูปที่ 5.6 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการต่อ

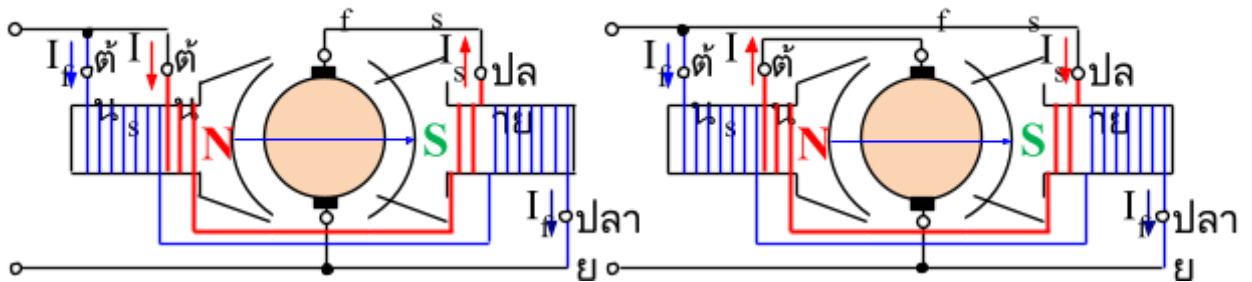
2. แบ่งตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งยังแบ่งได้

ออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (Cumulative compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (ϕ_s) สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขัณฑ์ (ϕ_f) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูป สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกันโดย I_f ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดและ I_s ก็ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดเช่นกัน ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็ก ทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน

(2) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน (Differential compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูป โดย I_f ไหลเข้าต้นของขดลวดและออกที่ปลายขดลวด ส่วน I_s ไหลเข้าที่ปลายขดลวดและออกที่

ต้นขดลวด ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองก็จะมีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน



(ก) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (ข) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน

รูปที่ 5.7 การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

5.5.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless

direct current motor)

จากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมา ซึ่งเมื่อทำงานและมีโหลดจะเกิดประกายไฟขึ้นที่ซีคอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่านซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสูญเสียที่ขดลวดอาร์เมเจอร์อีกด้วย เมื่อหน้าที่ของคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านถูกแทนด้วยสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์มอเตอร์ก็แบบที่จะไม่ต้องมีการดูแลรักษา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งได้แก่ สเตเตอร์และโรเตอร์แม่เหล็กถาวร และตัวเซนเซอร์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.8

โรเตอร์แม่เหล็กถาวร

ขดลวดที่สเตเตอร์ เซนเซอร์

รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

1. สเตเตอร์ จะทำมาจากเหล็กแผ่นบางเซาะเป็นร่องแล้วนำมาอัดซ้อนกันโดยที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่หลายชุดดังรูป โดยมีหน้าที่สร้างขั้วแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



รูปที่ 5.9 แสดงโครงสร้างของสเตเตอร์และขดลวดที่พันอยู่ที่สเตเตอร์

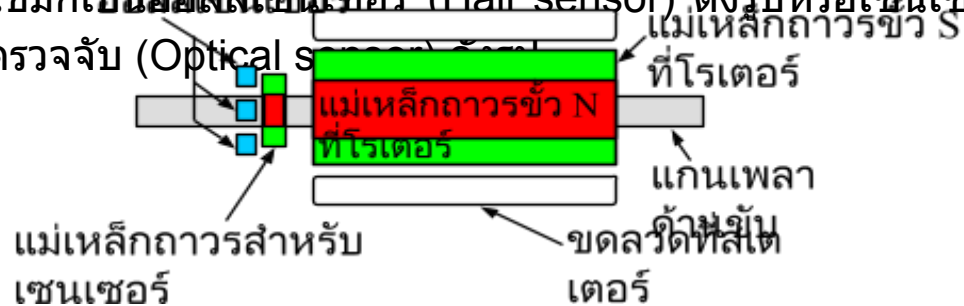
2. โรเตอร์แม่เหล็กถาวร เป็นแม่เหล็กถาวรที่ยึดติดกับแกนเหล็กทรง 4 ขั้วและแบบแม่เหล็กถาวรแบบ



โรเตอร์แบบ 4 ขั้ว โรเตอร์แบบ 8 ขั้ว

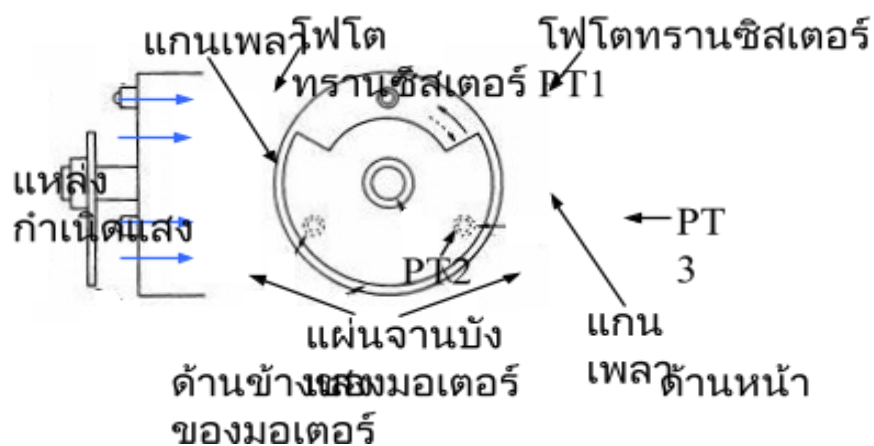
รูปที่ 5.10 แสดงโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบ 4 ขั้วและแบบ 8 ขั้ว

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



(ก) เซนเซอร์ชนิดใช้ฮอลล์เซนเซอร์

รูปที่ 5.11 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ



(ข) เซนเซอร์ชนิดใช้แสงตรวจจับ

รูปที่ 5.11 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ

5.6 การเกิดอาร์เมเจอร์แอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อาร์เมเจอร์แอกชัน หมายถึง การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อมอเตอร์นั้นมีโหลดที่เพลา โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วเกิดการบิดเบี้ยวไป โดยการเกิดอาร์เมเจอร์แอกชันอธิบายได้ดังนี้

จากผลการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับลดลงและนอกจากนี้ยังทำให้เกิดประกายไฟที่หน้าแปรงถ่านกับซี่คอมมิวเตเตอร์ ดังนั้นการแก้อาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็กระทำได้เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

1. เลื่อนตำแหน่งแปรงถ่าน โดยเลื่อนแปรงถ่านไปยังตำแหน่งแกนนิวทรัลใหม่ โดยจะต้องเลื่อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์

2. ใส่ขั้วแทรกหรืออินเตอร์โพล เป็นขั้วแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่แทรกไว้กึ่งกลางขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

3. พันขดลวดชดเชย ขดลวดชดเชยพันจากทองแดงเส้นโตและวางอยู่ในร่องบริเวณผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การ วัดผล ประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้ การทำงานและชนิดของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อน เรียนหน่วยที่ 5	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ ของการเรียนใน หน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญ ของการทำงานและชนิดของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อน เรียน หน่วยที่ 5	1. คำถาม ประจำหน่วย 2. แบบทดสอบ ก่อน เรียนหน่วยที่ 5
2. ชี้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่อง การทำงาน และชนิดของมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้สื่อ ประกอบ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับการ ทำงานและชนิดของมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบ คำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดง ความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 5 2. คำถามหน่วย ที่ 5
3. ชี้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุป และครูซักถาม ปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและ ตอบคำถาม 3.2 จดบททักย่อ	1. ใบสรุปหน่วย ที่ 5
4. ชี้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงาน ตามใบงานที่ 5 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของ นักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบ งานที่ 5 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1. ใบตรวจการ ปฏิบัติงาน ตามใบงานที่ 5
5. ชี้นการประเมินผล		

5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน 6. ขันมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป 7. ขันตรวจสอบความเรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน 6.1 รับมอบหมายงาน 7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5 จำนวน 17 ข้อ 1. ใบมอบงานหน่วยที่ 5 1. ใบตรวจสอบความเรียบร้อย
--	---	--

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

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

2. Power point เรื่อง การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 5

4. ใบมอบหมายงานที่ 5

การวัดผลการเรียน

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

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นตัน. (2563). **เครื่องกลไฟฟ้า 1**

นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา 30104-2003 ชื่อรายวิชา **เครื่องกลไฟฟ้า 1**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

หน่วยที่ 5 หัวข้อเนื้อหาที่สอน **การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [] ครบถ้วน [] ไม่ครบถ้วน
เพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [] น่าพอใจ []
ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุง
เพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุง
เพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [] น่าพอใจ [] ต้อง
ปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุงเพราะ
.....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุทธิพิสัย [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุงเพราะ
.....
8. ด้านทักษะพิสัย [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุงเพราะ
.....
9. ด้านจิตพิสัย [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุงเพราะ
.....

ผลการสอนของครู

10. [] น่าพอใจ [] ต้องปรับปรุง
เพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอ
แนะ.....
.....
.....

.....

 ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย

.....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1

รหัสวิชา 30104-2003

ชื่อหน่วย การทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์	4 3		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงใน ทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ห้ายการทดลอง	3		

5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อย หลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายใน ชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ _____ ผู้ประเมิน
(_____)
_____/_____/_____