

บทที่ 2

หลักการของมอเตอร์

วัตถุประสงค์

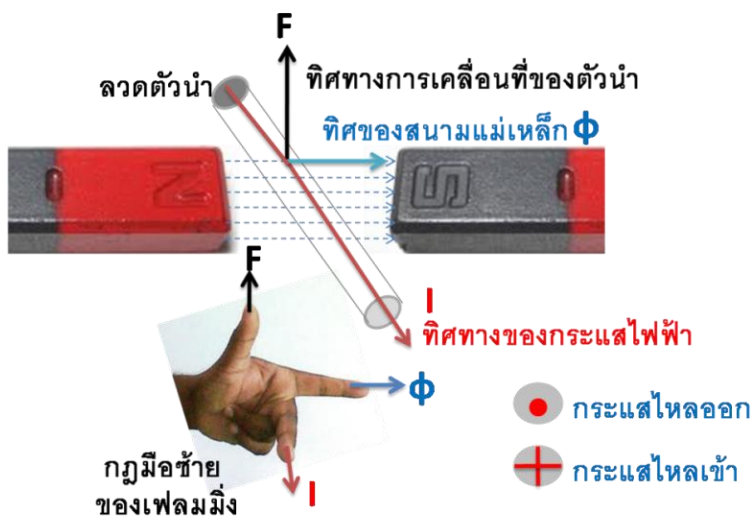
1. เข้าใจภูมิมือซ้ายของเฟลมมิง
2. อธิบายหลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
3. เข้าใจตัวแปรที่มีผลต่อความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
4. บอกวิธีการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้



J Ambrose Fleming
1849-1945

2-1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิง(Fleming's Left Hand Rule)

กฎมือซ้ายของเฟลมมิง ใช้สำหรับหาทิศทางเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก เป็นกฎที่ใช้อธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อหาทิศทางหมุนของมอเตอร์โดยเฉพาะ อธิบายได้ดังนี้ ให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือซ้าย วางตั้งฉากซึ่งกันและกัน ตามรูป กำหนดให้นิ้วชี้แทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วกลางแทนทิศทางของกระแสไฟฟ้านิ้วหัวแม่มือจะเป็นทิศทางของแรง (ทิศทางหมุนของอาร์มาเจอร์)



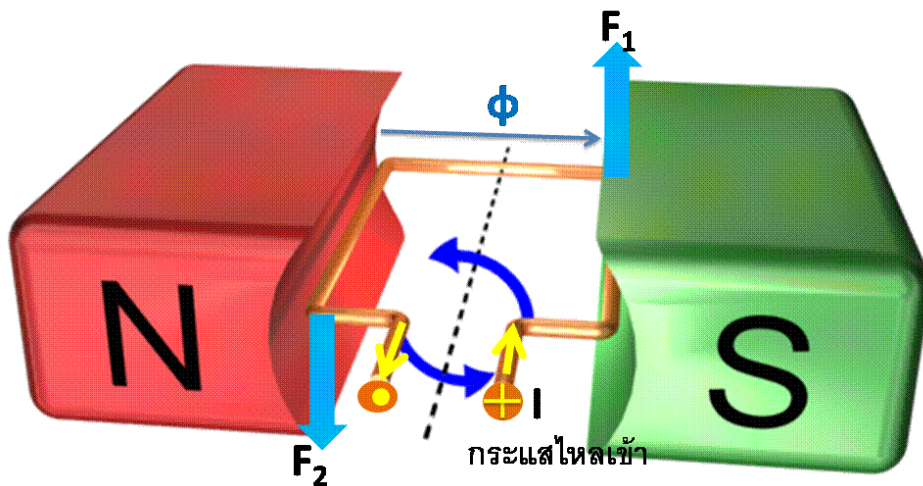
ลวดตัวนำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (ϕ) รอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น มีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2-2 อธิบายได้ด้วยกฎมือขวาของกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 2-1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิงหรือกฎของมอเตอร์



รูปที่ 2-2 การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำไฟฟ้า ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

จากรูปที่ 2-1 เมื่อมีกระแสไฟฟ้า (I) ไหลผ่านลวดตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก (ϕ) จะเกิดแรง (F) ผลักให้ลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ขึ้นไปด้านบน ดังนั้น หากนำลวดตัวนำ จำนวน 1 ขด มาวางบนสนามแม่เหล็ก และมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าและไหลออกจากลวดตัวนำนั้น จะทำให้เกิดแรงผลัก (F_1) และ (F_2) ในทิศทางตรงกันข้ามกัน ทำให้เกิดแรงบิดหมุน (Twisting Face) หรือแรงบิด (Torque) ให้ลวดตัวนำหมุนไปได้เป็นวงกลม นี่คือหลักการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 การเกิดแรงบิดตามหลักการหมุนของมอเตอร์ อธิบายด้วยกฎมือซ้ายของเฟลมมิง

จากรูปที่ 2-1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กฎมือซ้ายของมอเตอร์อธิบายถึงแรง (Force : F) ที่เกิดขึ้นกับตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้า (I) ไหลผ่าน และวางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (B) คงที่ แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำนี้ หาได้จากสมการ

$$F = BIL \quad (\text{Newton : N})$$

เมื่อ F คือ แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำ 1 ตัว (หน่วย :N)

B คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (หน่วย :Wb/m²)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำ (หน่วย : A)

L คือ ความยาวของตัวนำ (หน่วย : m)

ตัวอย่างที่ 2-1 ลวดตัวนำยาว 10 cm วางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ มีค่า 2 Wb/m² เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า (I) จำนวนหนึ่งเข้าไปในขดลวด ทำให้เกิดแรงขนาด 2 N ขึ้นกับลวดตัวนำ จงหาค่ากระแสไฟฟ้านี้

วิธีทำ	จากสูตร	F	=	BIL
	\therefore	I	=	$\frac{F}{BL}$
ตอบ		I	=	10 A

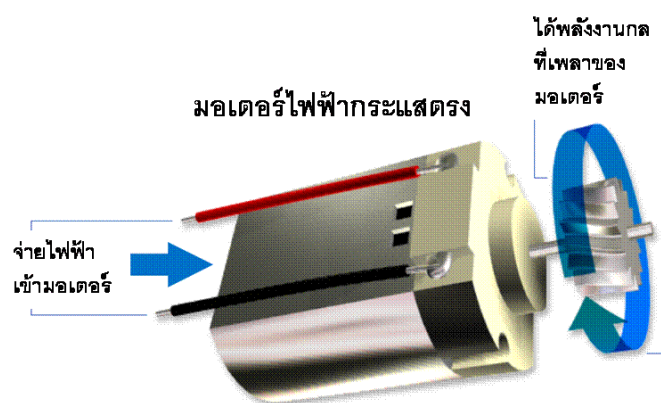
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor)

รูปที่ 2-4

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ **เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล**

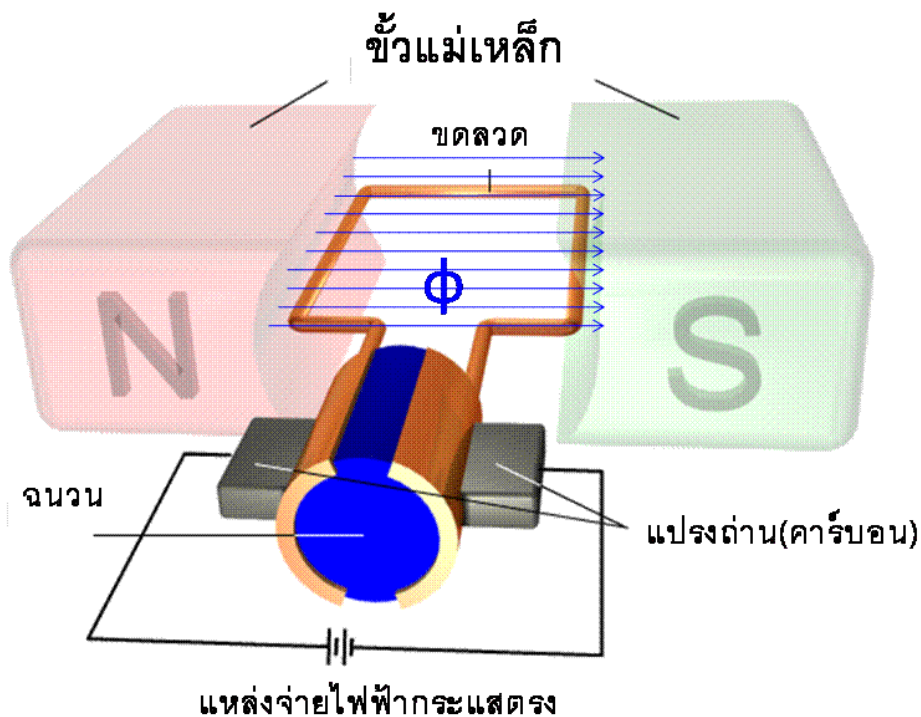
เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้มอเตอร์ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวด และเกิดแรงผลักดัน ทำให้เกิดแรงบิด และการ

หมุนของขดลวดนั้น ในทางปฏิบัติ ขดลวดนี้จะมีจำนวนหลายชุด เพื่อให้เกิดแรงบิดหมุนจำนวนมากขึ้น และจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดแต่ละชุด อุปกรณ์นั้นคือ **คอมมิวเตเตอร์(Commutator)**

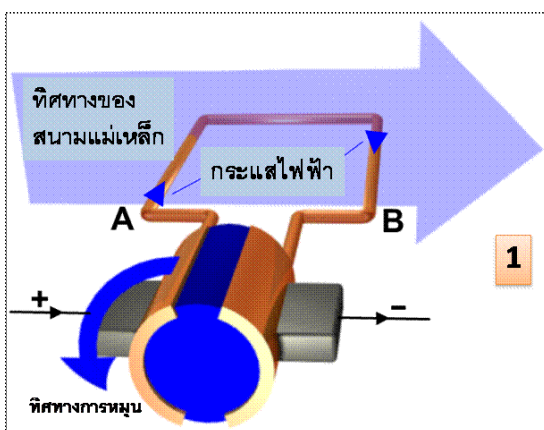


2-2-1 หลักการของมอเตอร์-คอมมิวเตเตอร์

คอมมิวเตเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดในทิศทางเดียวกัน คอมมิวเตเตอร์ จะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ต่อขดลวด 1 ขด ทำด้วยวัสดุตัวนำไฟฟ้า เช่น ทองแดง (Copper : CU) ติดตั้งบนฉนวนที่เพลลาของมอเตอร์ ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าที่แปร่งถ่าน (จ่ายเข้ามาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก) เข้าไปในขดลวด ขณะที่ขดลวดหมุนคอมมิวเตเตอร์ จะหมุนไปด้วย แต่แปร่งถ่าน (Brush) จะอยู่กับที่ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายเข้ามอเตอร์ เช่น แบตเตอรี่ หรือถ่านไฟฉาย เป็นต้น

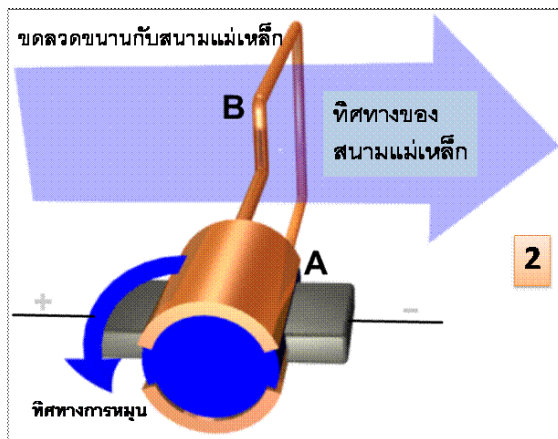


รูปที่ 2-5 โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



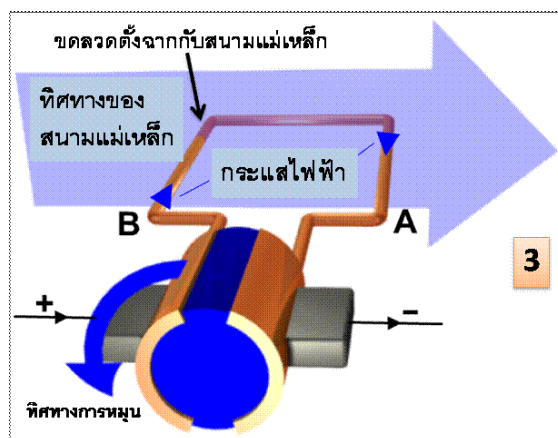
(1) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดผ่านแปรงถ่านและ คอมมิวเตเตอร์ กระแสเข้าที่จุด A และออกที่จุด B จึงเกิดแรงบิดหมุนขึ้นในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2-6 (ก)



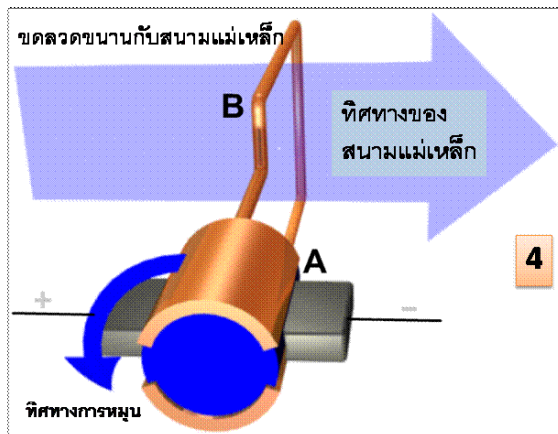
(2) แรงบิดหมุนจะทำให้ขดลวดด้าน B ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็กจุดนี้ กระแสไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ ขดลวดจะหมุนต่อไปในทิศทางเดิม ด้วยแรงเฉื่อย

รูปที่ 2-6 (ข)



(3) ขดลวดจะกลับไปในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กอีกครั้ง และกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าที่ด้าน B และออกที่ด้าน A ของขดลวด จะเกิดแรงบิดหมุนครั้งที่ 2 หมุนขดลวดไปในทิศทางเดิม (ทวนเข็มนาฬิกา)

รูปที่ 2-6 (ค)



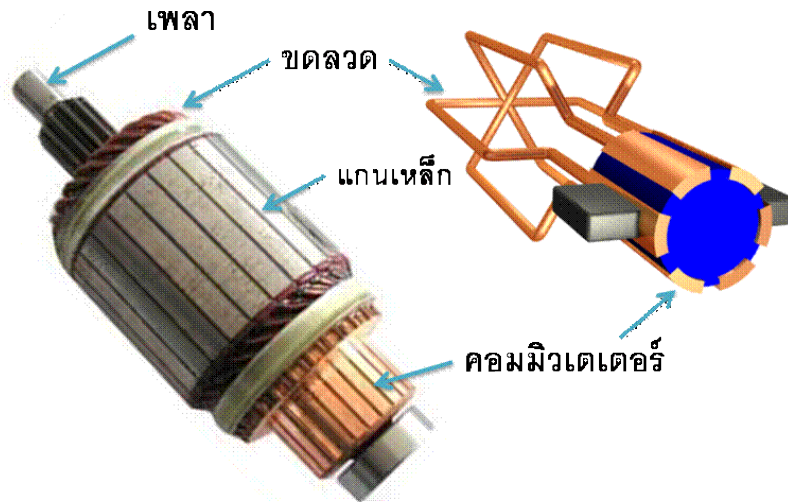
(4) แรงบิดหมุนที่เกิดขึ้นในข้อ (3) จะทำให้ขดลวดหมุนต่อไปจนกระทั่งกระแสไฟฟ้าหยุดไหลเข้าขดลวด และกลับไปสู่ตำแหน่งที่ขดลวดวางขนานกับสนามแม่เหล็กอีกครั้ง

รูปที่ 2-6 (ง)

2-2-2 อาร์มาเจอร์(Armature)

อาร์มาเจอร์ คือ ส่วนที่หมุน (Rotor) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบไปด้วยขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก ลักษณะของอาร์มาเจอร์เป็นรูปทรงกระบอก มีเพลายู่แกนกลาง

และที่ปลายด้านหนึ่งติดตั้งคอมมิวเตเตอร์ เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวดทั้งหมด
ที่พันอยู่บนแกนเหล็กของอาร์มาเจอร์ ดังรูปที่ 2-7



อาร์มาเจอร์ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 2-7 แสดงอาร์มาเจอร์ หรือตัวหมุน ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

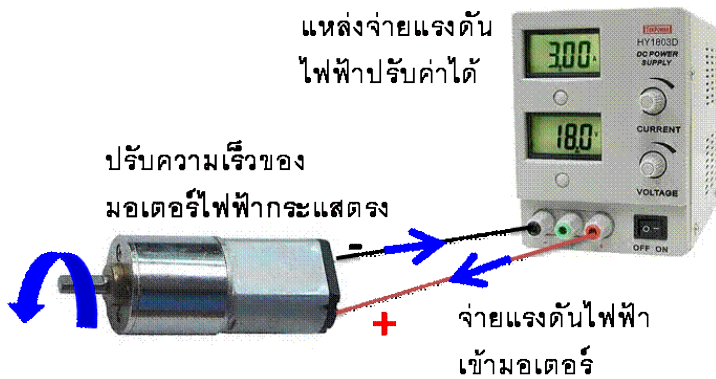
เปรียบเทียบกับ ขดลวด และ คอมมิวเตเตอร์

2-2-3 ความเร็วของมอเตอร์ (Speed of Motor)

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น เกิดจากตัวแปรที่ทำให้เกิดแรงบิดหมุน (Torque) ที่ทำให้อาร์มาเจอร์ของมอเตอร์หมุนไปได้ เมื่อพิจารณาในเบื้องต้น จากสมการของแรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอคงที่ ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญ 3 ตัว คือ

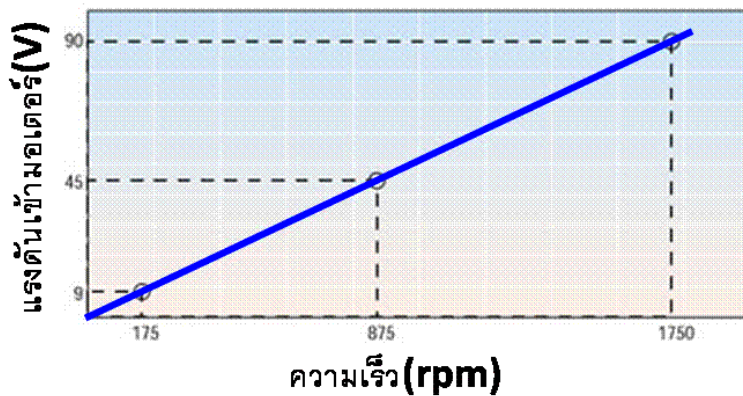
1. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (B) ของขั้วแม่เหล็กหลักในตัวมอเตอร์ หมายความว่า ขั้วแม่เหล็กที่มีประสิทธิภาพสูง และมีขนาดใหญ่จะให้ค่า B สูงกว่า ขั้วแม่เหล็กที่มีขนาดเล็กกว่า
2. จำนวนรอบของขดลวดอาร์มาเจอร์ และจำนวนรอบที่มากกว่าจะได้ค่าความของขดลวดตัวนำ (L) ที่มากกว่า ทำให้เกิดแรง (F) ที่มากกว่า

3. กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ (I) มอเตอร์ที่กินกระแสไฟฟ้ามาก จะให้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่ามอเตอร์ที่กินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า (ในทางปฏิบัติ การเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ ทำได้โดยการเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์



รูปที่ 2-8 การปรับความเร็วของมอเตอร์

ตัวอย่างการปรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น คือ รูปที่ 2-8 โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และปรับควบคุมแรงดันที่ป้อนเข้า ทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วที่



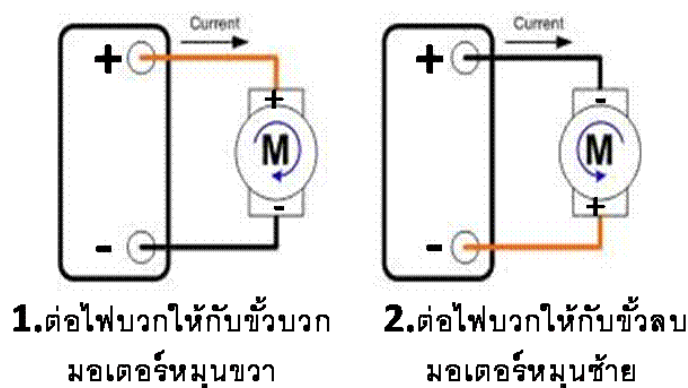
ปรับค่าได้ ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบมอเตอร์ (Speed : n) กับแรงดันไฟฟ้า (V) แสดงในกราฟรูปที่ 2-9

รูปที่ 2-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์ (V) และความเร็วของมอเตอร์ (Round per minute: rpm) เมื่อมอเตอร์ทำงานในขณะไม่มีโหลด

2-2-4 การกลับทางหมุนของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง กลับทางหมุนได้โดยการสลับขั้วของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ในทางปฏิบัติทำได้โดยการสลับขั้วแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนให้กับมอเตอร์

1. เมื่อจ่ายไฟฟ้าขั้วบวก(+) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้กลับขั้วบวก(+) ของมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์จะหมุนขวา
2. เมื่อจ่ายไฟฟ้าขั้วบวก(+) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้กลับขั้วลบ(-) ของมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์จะหมุนซ้าย(กลับทางหมุน) จากทิศทางเดิมเพราะว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดของอามาเจอร์กลับทิศทาง ทำให้แรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำจะกลับทิศทาง ทำให้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์กลับทิศทางไปด้วย



รูปที่ 2-10 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2-2-5 สัญลักษณ์ของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีสัญลักษณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 สัญลักษณ์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แบบฝึกหัด เรื่อง หลักการของมอเตอร์

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับมอเตอร์

- ก. ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน
- ข. ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล
- ค. ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานกล
- ง. ทำหน้าที่แปลงพลังงานกล ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

2. แรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำที่พันอยู่บนอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ อธิบายได้ด้วยสมการใด

- ก. $F = mc^2$
- ข. $F = ma$
- ค. $F = BIL$
- ง. $F = \frac{\Phi B}{A}$

3. วัสดุในข้อใดที่ใช้ในการทำเป็นคอมมิวเตเตอร์

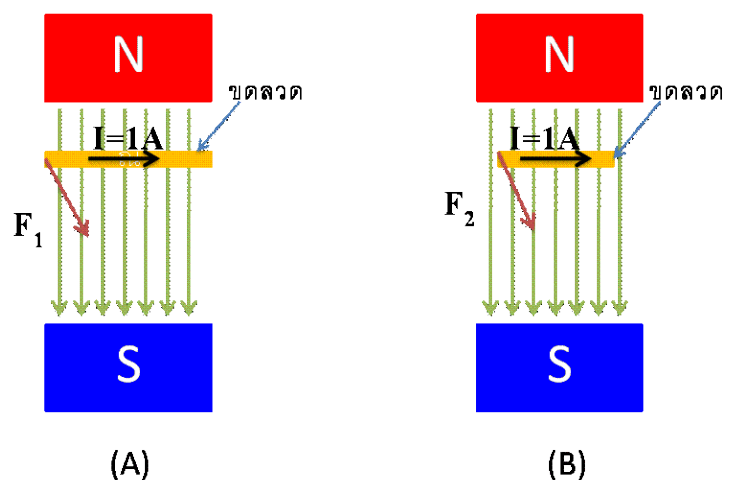
- ก. ทองแดง
- ข. ทองเหลือง
- ค. คาร์บอน
- ง. เหล็กหล่อ

4. วัสดุในข้อใดที่ใช้ทำเป็นแปรงถ่าน

- ก. ทองแดง
- ข. ทองเหลือง
- ค. คาร์บอน
- ง. อลูมิเนียม

5. จากรูปต่อไปนี้ แรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำในข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

- ก. $F_1 > F_2$
- ข. $F_1 < F_2$
- ค. $F_1 = F_2$
- ง. $F_1 \neq F_2$



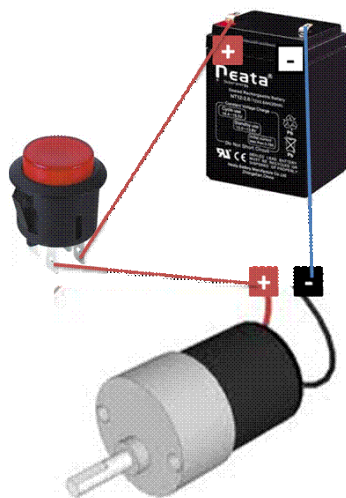
6. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

- ก. สนามแม่เหล็กในมอเตอร์
- ข. ความหนาของลวดตัวนำ
- ค. แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์
- ง. จำนวนรอบของขดลวดอาร์มาเจอร์

7. ลวดตัวนำยาว 5 Cm วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสม่ำเสมอเท่ากับ 1 Wb/m^2 จ่ายกระแสไฟฟ้า 2 A ให้กับลวดตัวนำนี้ จงหาค่าแรงที่เกิดขึ้นกับลวดตัวนำ

- ก. 10 N ข. 5 N
- ค. 1.0 N ง. 0.1 N

8. จากวงจรการต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงข้างล่างนี้ ข้อใดถูกต้อง



DC Motor 12 V

- ก. เมื่อกดสวิตช์มอเตอร์จะไม่หมุน
- ข. เมื่อกดสวิตช์ มอเตอร์จะหมุนขวา
- ค. เมื่อกดสวิตช์ มอเตอร์จะหมุนซ้าย
- ง. มอเตอร์จะหมุนขวา เมื่อปล่อยสวิตช์

9. ตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิง นิ้วใดแสดงแทนทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็ก

- ก. นิ้วหัวแม่มือ ข. นิ้วกลาง
- ค. นิ้วนาง ง. นิ้วชี้