


	ใบเนื้อหา	หน่วยที่	หน้าที่ 1/30
	ชื่อวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009	5	สอนครั้งที่ 5-6/18
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		
	เวลาเรียนรวม 90 คาบ	ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ	

หน่วยที่ 5

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หัวข้อเรื่อง

- 5.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.3 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 5.5 สรุปสาระสำคัญ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. จำแนกชนิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
2. อธิบายการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
3. บอกวิธีการกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
4. บอกวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

เนื้อหาสาระ

5. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง วิธีเริ่มเดินมอเตอร์ วิธีการหยุดมอเตอร์ และวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำงานตามที่ต้องการได้ถูกต้อง

5.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) คือ เครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีคุณสมบัติในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้เป็นต้นกำลังในงานอุตสาหกรรม เช่น การขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น



(ก) โครงสร้างภายนอก

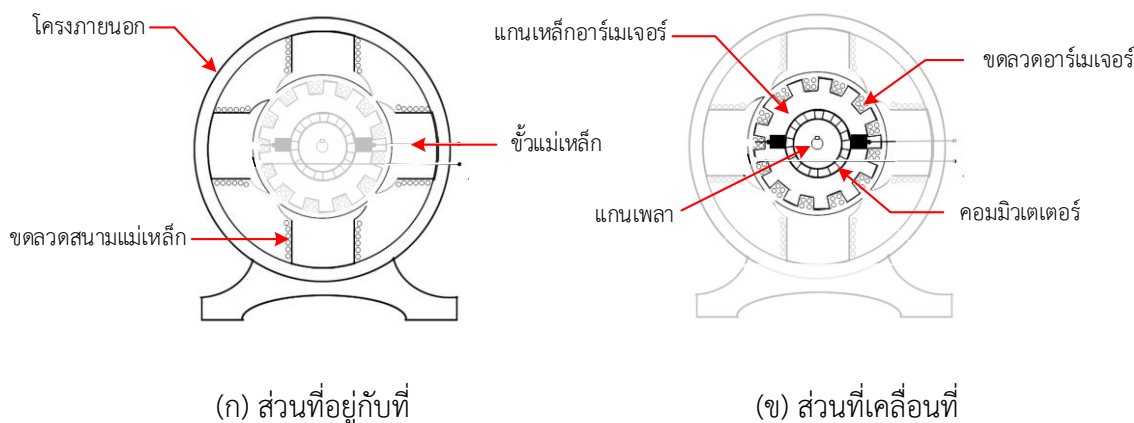


(ข) โครงสร้างภายใน

รูปที่ 5.1 โครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

5.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

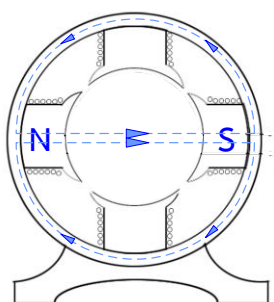
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีโครงสร้างและหลักการที่คล้ายกัน ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor)



รูปที่ 5.2 ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

1) เปลือกหรือโครง (Frame or Yoke) ทำด้วยเหล็กหล่อ (Cast iron) ม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ทำหน้าที่ ยึดขั้วแม่เหล็กและส่วนประกอบทั้งหมด และเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic circuit)



รูปที่ 5.3 โครงของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

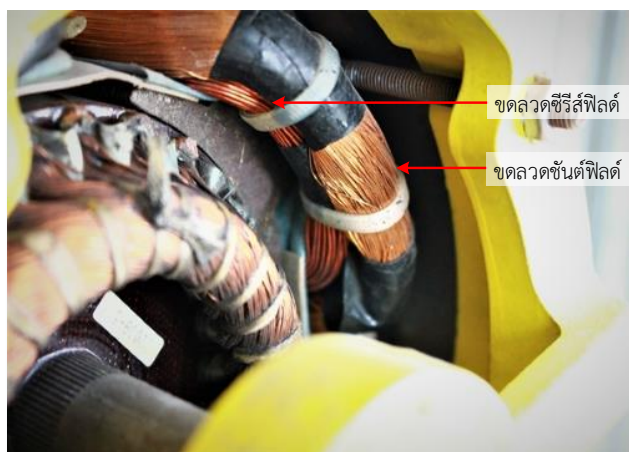
2) ขั้วแม่เหล็ก (Field pole) ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆ (Laminated sheet steel) โดยแต่ละแผ่นเคลือบฉนวน อัดซ้อนกันเป็นแท่งขั้วแม่เหล็ก ยึดติดกับด้านในของโครงเหล็กด้วยสกรู (Screw) ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งเพื่อรับรูปทรงกลมของตัวโรเตอร์ เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole shoes) แต่มีมอเตอร์ขนาดเล็กบางชนิดจะหล่อขั้วแม่เหล็กเป็นเนื้อเหล็กผืนเดียวกับโครงมอเตอร์



รูปที่ 5.4 ขั้วแม่เหล็ก

ที่มา : <https://www.indiamart.com/jinglecorporation/dc-motor-spares.html> และ
<http://www.ksf-kommutatoren.com/en/product/supplies/>

3) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil or Field winding) เป็นขดลวดตัวนำหุ้มฉนวนพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้ากระตุ้น (Excitation current) ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิด คือ ขดลวดชั๊นท์ฟิลด์ (Shunt field) พันด้วยลวดเส้นเล็ก มีค่าความต้านทานสูง และขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (Series field) พันด้วยขดลวดเส้นใหญ่มีค่าความต้านทานจะต่ำ



รูปที่ 5.5 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

ที่มา : <https://www.indiamart.com/proddetail/copper-mixer-motor-field-coil-13568388373.html>

4) แปรงถ่านและชุดยึดแปรงถ่าน (Brush and Brush Holder) แปรงถ่านทำมาจากคาร์บอนและแกรไฟต์ อัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า แปรงถ่านมีเส้นลวดตัวนำทองแดงฝอยตีเกลียวเพื่อต่อไปยังวงจรรภายนอก แปรงถ่านถูกบรรจุอยู่ในชุดยึดแปรงถ่าน มีสปริงกดแปรงถ่านให้หน้าสัมผัสของแปรงถ่านกับซีคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาในขณะที่อาร์เมเจอร์หมุน ทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์จากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรรภายนอก



รูปที่ 5.6 แปรงถ่านรูปแบบต่าง ๆ

ที่มา : <http://www.carbonbrushmanufacturers.com/products/> และ

<https://www.groschopp.com/accessory/brushes/>



รูปที่ 5.7 ลักษณะการติดตั้งแปรงถ่านและชุดยึดแปรงถ่าน

5) ตลับลูกปืนหรือปลอกทองเหลือง (Bearing or Bush) ตลับลูกปืนจะยึดติดอยู่ที่ฝาครอบทั้ง 2 ด้านของมอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับน้ำหนักจากเพลาส่วนหมุนกับฝาครอบด้านใน และลดแรงเสียดทานที่เพลาระหว่างที่อาร์เมเจอร์หมุน



(ก) ตลับลูกปืน



(ข) ปลอกทองเหลือง

รูปที่ 5.8 ตลับลูกปืนและปลอกทองเหลือง

ที่มา : <https://www.amazon.com/SKF-Universal>

และ <https://www.indiamart.com/proddetail/bush-bearing-11160471112.html>

6) ฝาปิดหัวท้ายหรือฝาครอบ (End plate) จากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่บังคับให้อาร์เมเจอร์หมุนในแนวศูนย์กลางของสนามแม่เหล็กและอยู่ในศูนย์กลางของมอเตอร์ ด้านในของฝาครอบจะมีตลับลูกปืนหรือปลอกทองเหลืองรองรับแกนเพลาส่วนหมุน

2. ส่วนที่เคลื่อนที่ ประกอบด้วย

1) แกนเพลลา (Shaft) เป็นแกนเหล็กกลมยาว สำหรับสวมแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ และยึดคอมมิวเตเตอร์ ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลลานี้จะวางอยู่บนตลับลูกปืน เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวศูนย์กลางของมอเตอร์



รูปที่ 5.9 ส่วนที่เคลื่อนที่

2) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) ทำด้วยแผ่นเหล็ก (Laminated sheet steel) เคลือบฉนวน อัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก ผิวด้านนอกโดยรอบทำเป็นร่อง (Slot) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่ใช้สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์จะเจาะรูไว้ด้วย เพื่อช่วยในการระบายความร้อนอันเนื่องมาจากการสูญเสีย



รูปที่ 5.10 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

ที่มา : <http://motorcorechina.it/3-3-yamaha-dc-motor-core.html>

3) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ประกอบด้วยแท่งทองแดงหลาย ๆ แท่ง อัดเข้าด้วยกันเป็นวงแหวนทรงกระบอก สวมติดไว้บนเพลออันเดียวกันกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ระหว่างแท่งทองแดงแต่ละแท่งจะคั่นด้วยฉนวนไมก้า (Mica) ส่วนหัวสี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์

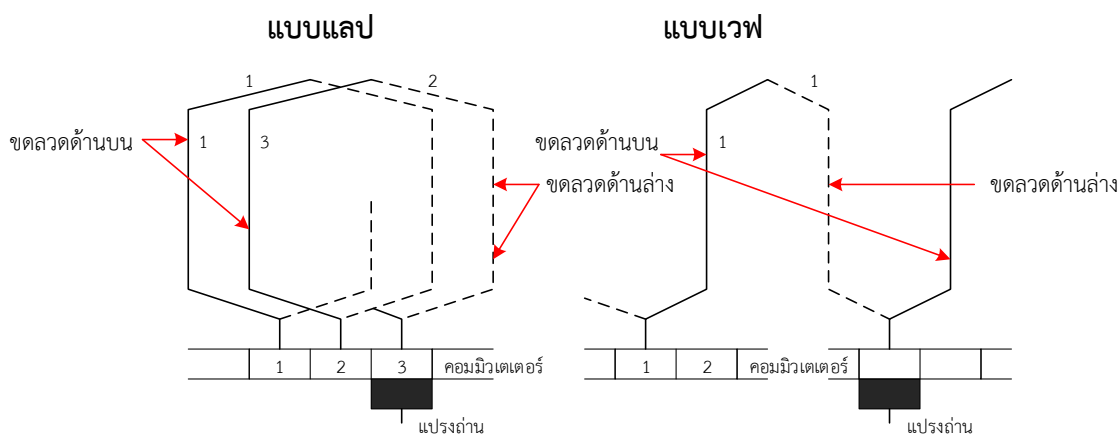
คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เรียงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และนำกระแสไฟฟ้าจากแปรงถ่านเข้าไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์



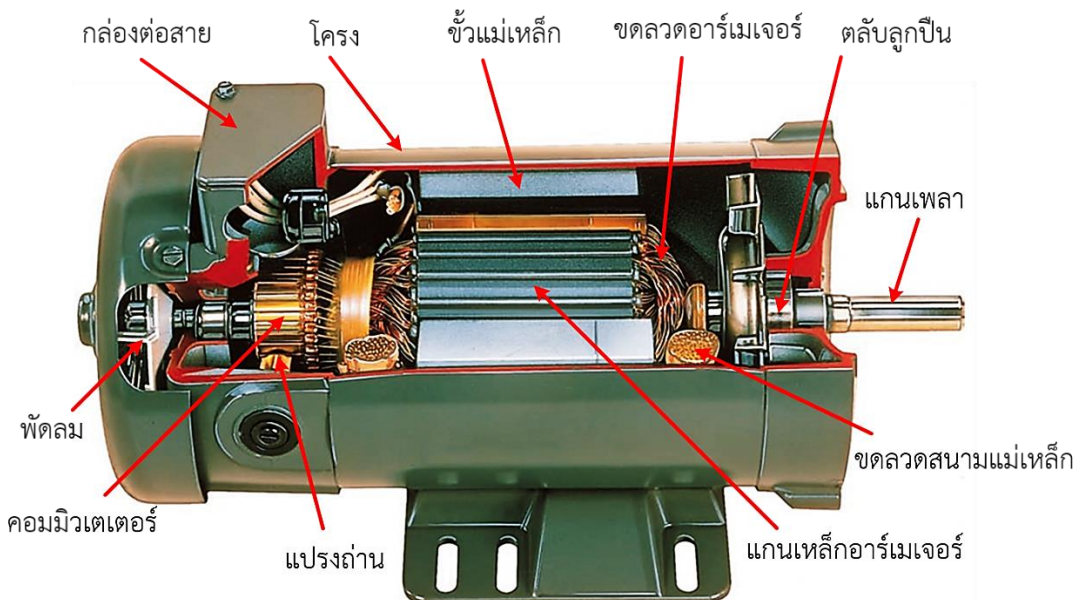
รูปที่ 5.11 คอมมิวเตเตอร์รูปแบบต่าง ๆ

ที่มา : <http://www.cebes.cz/o-nas/>

4) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature or Armature winding) เป็นขดลวดทองแดงเคลือบฉนวนที่พันและบรรจุลงในร่อง (Slot) ของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กในอาร์เมเจอร์เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้ากระตุ้น มีการพันแบบแลป (Lap) หรือแบบเวฟ (Wave) ขึ้นอยู่กับการออกแบบมอเตอร์ชนิดนั้น ๆ ปลายของขดลวดจะถูกนำไปเชื่อมต่อเข้ากับซีคอมมิวเตเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.12



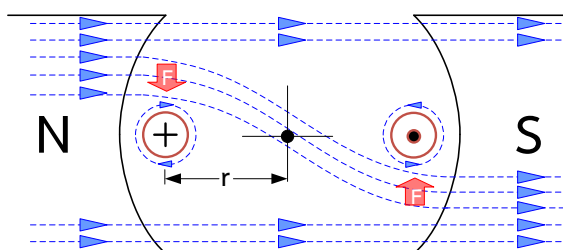
รูปที่ 5.12 การพันอาร์เมเจอร์ แบบแลป (Lap) และ เวฟ (Wave)



รูปที่ 5.13 แสดงโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

5.1.2 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างสนามแม่เหล็กชั่วคราวเหนี่ยวนำขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์กระตุ้นให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำอาร์เมเจอร์ และเส้นแรงแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์นี้จะทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักขึ้นบนตัวนำอาร์เมเจอร์ ส่งผลให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้ ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นหาได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule) แรงที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสที่ไหลผ่านในตัวนำนั้น ๆ

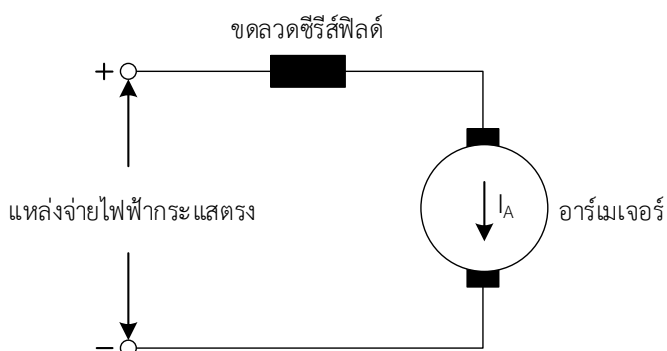


รูปที่ 5.14 ขดลวดอาร์เมเจอร์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator) แบ่งตามลักษณะการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกับอาร์เมเจอร์ได้ 3 แบบดังนี้

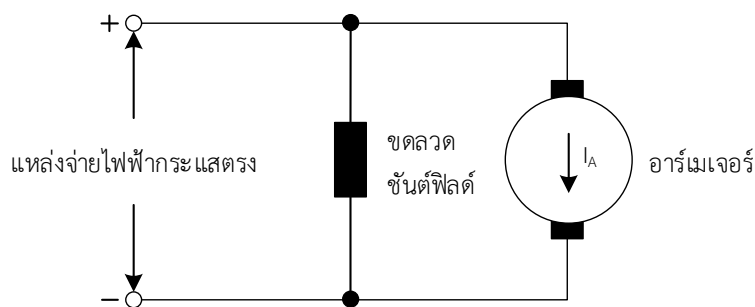
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (DC Series motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (DC Shunt motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (DC Compound motor)

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้จะมีขดลวดซีรีย์ฟิลด์ต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ เนื่องจากขดลวดซีรีย์ฟิลด์มีค่าความต้านทานต่ำ ในขณะที่เริ่มหมุนจะมีกระแสปริมาณมากไหลผ่านขดลวดซีรีย์ฟิลด์นี้เท่ากับกระแสอาร์เมเจอร์ ทำให้มีลักษณะสมบัติแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูง มีอัตราเร่งของแรงบิดดีมาก ความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับโหลดของมอเตอร์ ถ้าโหลดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงด้วย และมีความเร็วสูงมากจนเป็นอันตรายกับมอเตอร์เมื่อโหลดลดลงมาก นิยมไปใช้กับงาน มอเตอร์สตาร์ทของรถยนต์ ปั่นจักรยานของ กว้านแม่แรง รถราง เป็นต้น



รูปที่ 5.15 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้มีขดลวดซีรียส์ฟิลต์ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าปริมาณน้อยแต่มีค่าคงที่ จะไหลผ่านขดลวดซีรียส์ฟิลต์กระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ เข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นบนตัวนำอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงผลักให้อาร์เมเจอร์หมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมีคุณลักษณะแรงบิดเริ่มหมุนต่ำ และแรงบิดจะเปลี่ยนแปลงไปตามกระแสที่ไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ แต่มีความเร็วรอบคงที่ หรือความเร็วเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตั้งแต่ไม่มีโหลดจนกระทั่งถึงโหลดเต็มที่ นิยมนำไปใช้กับงาน พัดลม สว่านแท่น เครื่องเจาะ และเครื่องกลึง เป็นต้น

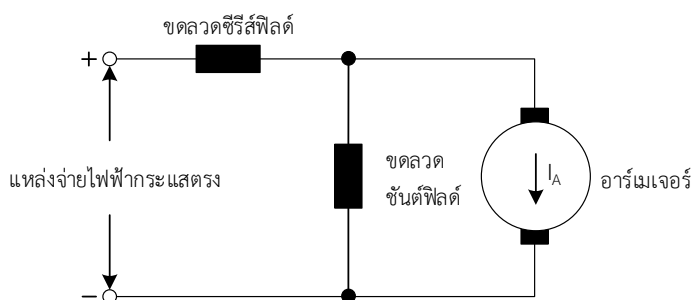


รูปที่ 5.16 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้นำเอาลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมารวมกัน โดยขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์จะคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามอเตอร์แบบอนุกรม แต่มากกว่ามอเตอร์แบบขนาน ทำให้สามารถใช้งานได้กว้างขวางขึ้น และให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานแต่น้อยกว่าของมอเตอร์อนุกรม

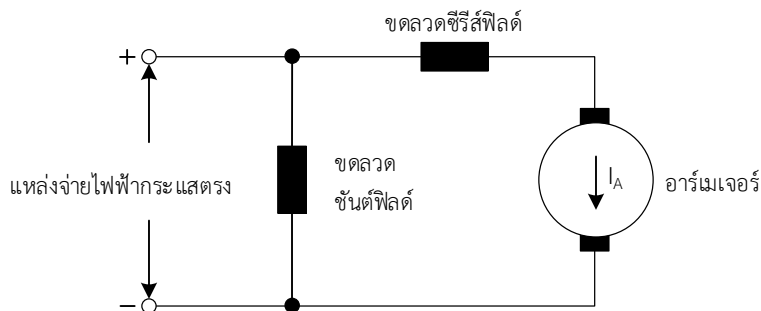
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม มีการต่อวงจรมอเตอร์ 2 ชนิด คือ ซีรต์ชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ (Short shunt compound motor) และลองชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ (Long shunt compound motor)

1) ซีรต์ชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ การต่อวงจรในลักษณะนี้จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดในขณะเริ่มหมุนสูงกว่าการต่อแบบลองชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ ในขณะที่ความเร็วรอบจะมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าซีรต์มอเตอร์ เนื่องจากการที่ขดลวดซีรต์ฟิลด์ได้รับกระแสที่ไหลผ่านมาจากขดลวดซีรต์ฟิลด์ ดังนั้นหากโหลดของมอเตอร์มีมากขดลวดซีรต์ฟิลด์ ซึ่งมีค่าความต้านทานต่ำกว่า ขดลวดซีรต์ฟิลด์จะดึงกระแสมาก ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดซีรต์ฟิลด์น้อยลง ส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง



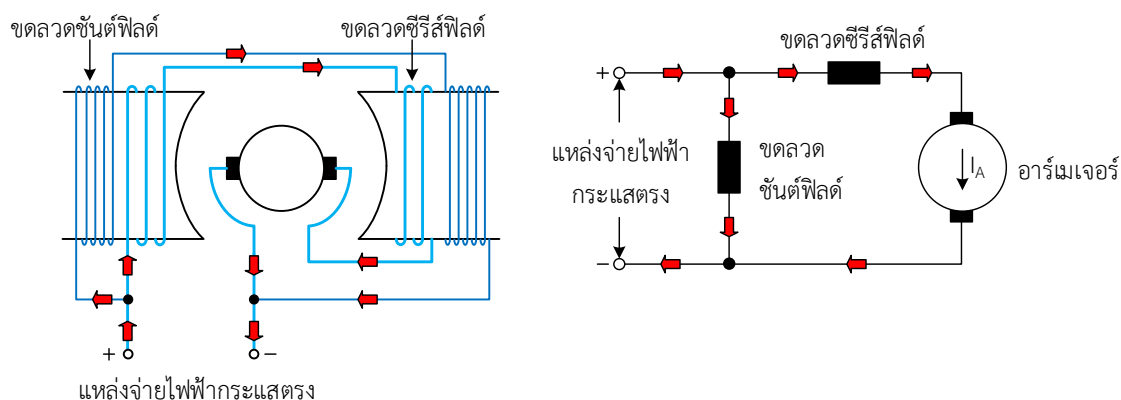
รูปที่ 5.17 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ชนิดซีรต์ชนิดคอมปาวด์มอเตอร์

2) ลองชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ เป็นต่อขดลวดซีรต์ฟิลด์ขนานระหว่างขดลวดอนุกรมและขดลวดอาร์เมเจอร์ การต่อวงจรในลักษณะนี้ จะส่งผลให้มอเตอร์มีแรงบิดในขณะเริ่มหมุนต่ำกว่าการต่อแบบซีรต์ชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ ในขณะที่ความเร็วรอบจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าซีรต์ชนิดคอมปาวด์มอเตอร์ เนื่องจากการที่ขดลวดซีรต์ฟิลด์ได้รับกระแสไฟฟ้าโดยตรงจากแหล่งจ่ายทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปยังขดลวดซีรต์ฟิลด์จะไม่มีเปลี่ยนแปลง แต่แรงบิดจะลดลงเนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดซีรต์ฟิลด์ลดลง

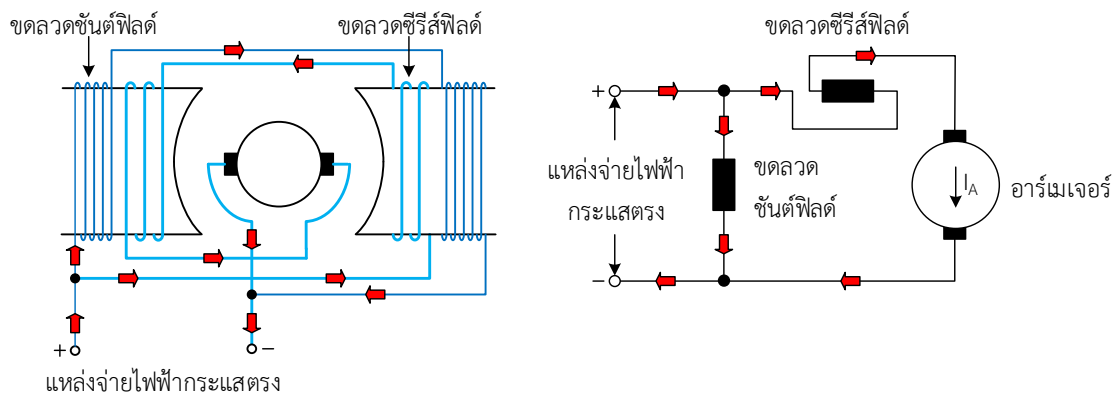


รูปที่ 5.18 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ชนิดลองชนิดคอมปาวด์มอเตอร์

ในการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนั้น สามารถพิจารณาผลจากต่อวงจรได้ 2 แบบ คือ แบบคิวมูเลทีฟคอมปาวด์ (Cumulative compound) สนามแม่เหล็กของขดลวดอนุกรมและขดลวดขนานจะเสริมกัน และแบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์ (Differential compound) สนามแม่เหล็กของขดลวดอนุกรมและขดลวดขนานจะมีการหักล้าง



รูปที่ 5.19 วงจรลองขั้วคอมปาวด์มอเตอร์ แบบคิวมูเลทีฟ คอมปาวด์



รูปที่ 5.20 วงจรลองขั้วคอมปาวด์มอเตอร์ แบบดิฟเฟอเรนเชียล คอมปาวด์

5.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อลดกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์ และทำให้เกิดแรงบิดเริ่มหมุน ซึ่งในขณะที่เริ่มเดินมอเตอร์จะพบว่ามีการไหลผ่านอาร์เมเจอร์เนื่องจากค่าความเร็วเป็นศูนย์ทำให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back emf.) หรือแรงดันไฟฟ้าต้านกลับเป็นศูนย์ เพราะค่าความต้านทานของอาร์เมเจอร์มีค่าต่ำมากประมาณ 0.05-0.5 โอห์ม ทำให้มีการไหลผ่านอาร์เมเจอร์เป็นจำนวนมาก จึงทำให้กระแสไฟฟ้าเริ่มเดินของมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่าค่ากระแสเต็มพิกัดถึง 15 เท่า ซึ่งมีความมากพอที่จะทำให้แปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ชำรุด ขดลวดอาร์เมเจอร์ไหม้ มอเตอร์ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ต่งผลกระทบบกับโหลดที่อยู่ใกล้เคียง



(ก) โครงสร้างภายนอกของชุดเริ่มเดินมอเตอร์

(ข) โครงสร้างภายในของชุดเริ่มเดินมอเตอร์

รูปที่ 5.21 โครงสร้างภายนอกและภายในของชุดเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : <https://www.indiamart.com/chopraco/motor-starters.html> และ

<http://unoposindia.com/starter.html>

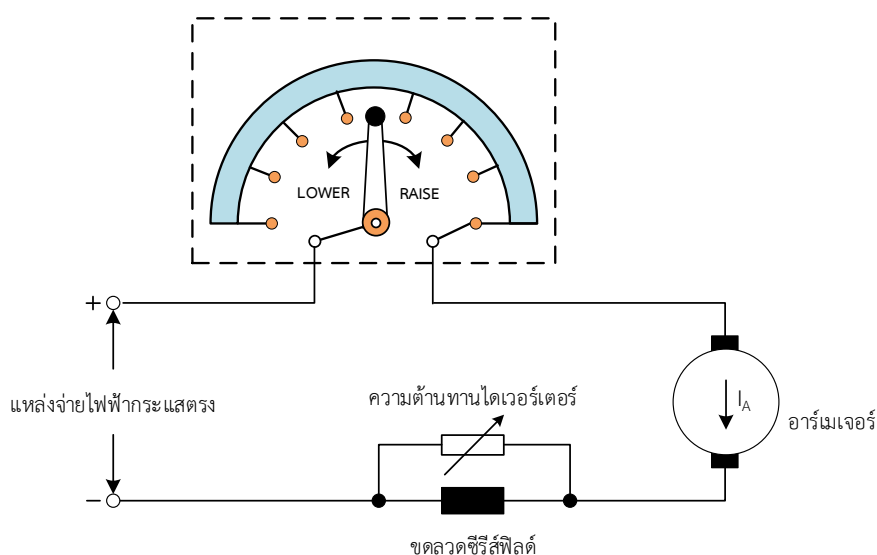
เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในตอนเริ่มเดินมอเตอร์ การลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินจึงต้องต่อความต้านทานเริ่มเดินอนุกรมเข้าไปกับอาร์เมเจอร์เพื่อจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ส่วนใหญ่จะนิยมใช้รีโอสแตต (Rheostat) หรือชุดเริ่มเดิน (Starter) ในการเริ่มเดินจะปรับค่าความต้านทานเป็นระยะ ๆ เมื่อมีการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ ทำให้กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง และเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้ตามปกติแล้วก็ทำการปลดความต้านทานออกไปจากวงจร เพราะถ้าไม่ปลดความต้านทานจะได้แรงดันไฟฟ้าที่ไม่เต็มที่เป็นสาเหตุให้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย

5.2.1 อุปกรณ์เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. อุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟฟ้าด้วยรีโอสแตต (Current control with rheostat)

การควบคุมกระแสไฟฟ้าด้วยรีโอสแตตเป็นการปรับรีโอสแตตด้วยมือ ซึ่งจะต่อรีโอสแตตอนุกรมกับวงจรมอเตอร์ ใช้ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

รีโอสแตตจะเป็นตัวต้านทานที่มีจุดต่อแยก (Tap) หลายค่า และมีสายต่อไปยังสวิตช์ที่มีหลายปุ่ม ก้านปรับของสวิตช์จะหมุนไปตามสัดส่วนโค้งและสัมผัสปุ่มของสวิตช์ที่ต่อแยกจากตัวต้านทาน ดังนั้นการปรับก้านของสวิตช์จะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ถ้าก้านปรับของสวิตช์หมุนไปตามทิศทาง “LOWER” จะทำให้ค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง แต่ถ้าก้านปรับของสวิตช์หมุนไปตามทิศทาง “RAISE” จะทำให้ค่าความต้านทานลดลงเป็นผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 5.22 วงจรเริ่มเดินควบคุมกระแสไฟฟ้าด้วยรีโอสแตตมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

รีโอสแตตใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดปานกลาง ตัวต้านทานจะเป็นลวดตัวนำโลหะผสมที่มีความต้านทานจำเพาะสูง และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ต่ำ ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่จะใช้รีโอสแตตที่ทำจากตาข่ายเหล็กหล่อประกอบอยู่กับกลไกสวิตช์ รีโอสแตตถูกออกแบบให้นำกระแสไฟฟ้าในการเริ่มเดินในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

การต่อรีโอสแตตจะอนุกรมเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อลดกระแสขณะเริ่มเดินอาศัยการเลื่อนจุดต่อแยกค่าความต้านทานรีโอสแตตทีละขั้นจนมอเตอร์เริ่มหมุน และทำการปรับความต้านทานของรีโอสแตตขึ้นไปเรื่อย ๆ จนความต้านทานถูกตัดออกจากวงจร

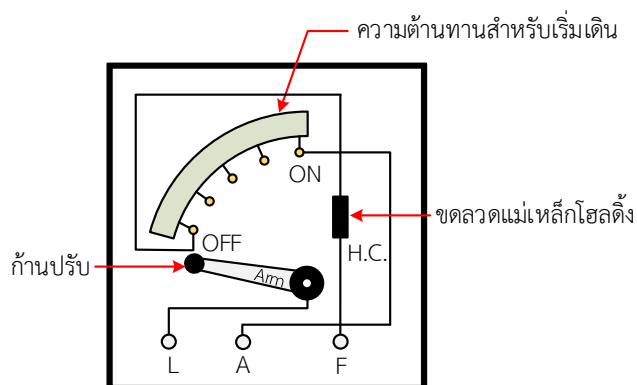
2. สตาร์ทเตอร์แบบ 3 จุด (Three point starter)

โครงสร้างภายในสตาร์ทเตอร์แบบ 3 จุด ประกอบด้วยตัวต้านทานกำลังไฟฟ้าสูง มีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขั้ว L ขั้ว A และขั้ว F ดังแสดงในรูปที่ 5.23

L = Line (+) ต่อเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวก

A = Armature ต่อเข้าอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์

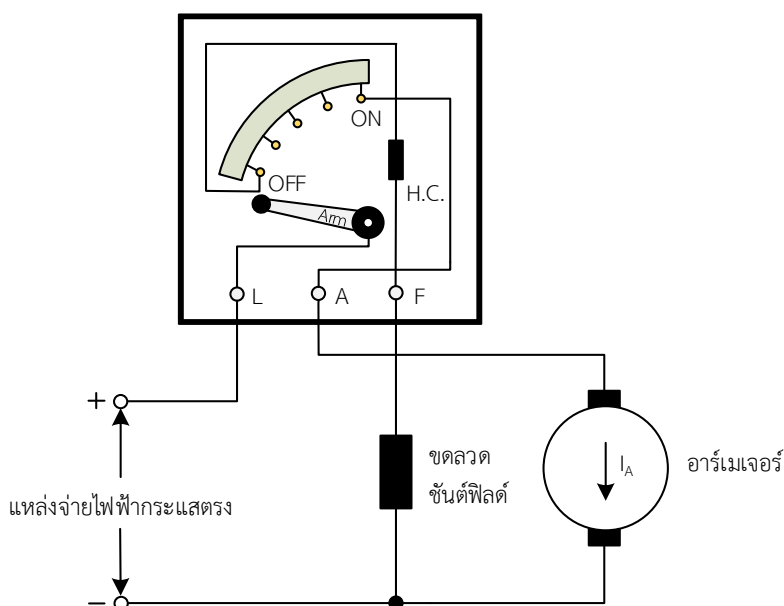
F = Field ต่อเข้าขดลวดสนามแม่เหล็ก แล้วจึงต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่าย



รูปที่ 5.23 ส่วนประกอบของสตาร์ทเตอร์แบบ 3 จุด

ส่วนประกอบของสตาร์ทเตอร์แบบ 3 จุด มีดังนี้

- 1) ก้านปรับ (Arm handle or Starting handle)
- 2) ความต้านทานสำหรับเริ่มเดิน (Starting resistance)
- 3) ขดลวดแม่เหล็กโฮลด์ดิ่ง (Holding coil หรือ H.C.)



รูปที่ 5.24 วงจรการต่อสตาร์ทเตอร์แบบ 3 จุด

เมื่อต้องการเริ่มเดินมอเตอร์ทำได้โดยการปรับก้านปรับจากตำแหน่ง OFF ไปยังความต้านทานเริ่มเดินตำแหน่งที่ 1 และที่ตำแหน่งนี้กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านความต้านทานสำหรับเริ่มเดินไปยังอาร์เมเจอร์ แล้วครบวงจรที่ขั้วลบ

ส่วนที่ 2 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านวงจรของขดลวดชนิดฟิลต์ แล้วครบวงจรที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

ที่ตำแหน่งเริ่มต้นความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ทั้งหมดจะจำกัดกระแสที่ไหลเข้าอาร์เมเจอร์และอาร์เมเจอร์เริ่มหมุน จากนั้นต้นก้านปรับให้เคลื่อนที่ตามลูกศรไปตำแหน่ง ON ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ความต้านทานเริ่มเดินถูกตัดออกจากวงจรอาร์เมเจอร์ และก้านปรับจะถูกดูดด้วยสนามแม่เหล็กของโซลดีนคอยล์ มอเตอร์จะหมุนเต็มพิกัด

ถ้าวงจรของขดลวดชนิดฟิลต์ขาดหรือเปิด จะทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านโซลดีนคอยล์ ทำให้โซลดีนคอยล์หมดอำนาจแม่เหล็ก ก้านปรับจะถูกดึงกลับไปตำแหน่ง OFF มอเตอร์จะหยุดหมุน เป็นการป้องกันอันตราย เมื่อวงจรชนิดฟิลต์ขาด

3. สตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด (Four point starter)

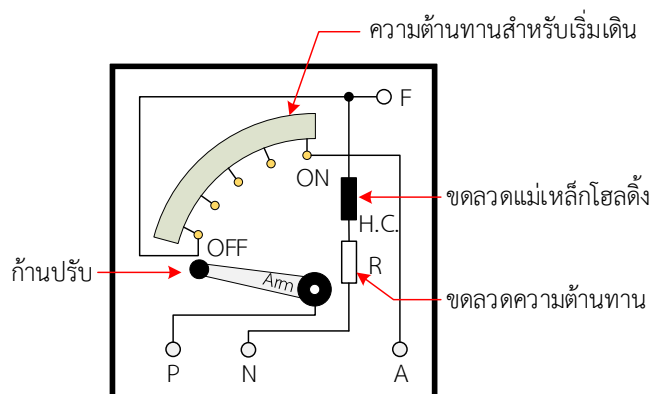
โครงสร้างภายในสตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด ประกอบด้วย ตัวต้านทานกำลังไฟฟ้าสูง มีขั้ว 4 ขั้ว คือ ขั้ว P ขั้ว N ขั้ว F และขั้ว A ดังแสดงในรูปที่

P = Positive (+) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวก

N = Negative (-) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วลบ

F = Field ต่อเข้ากับขดลวดสนามแม่เหล็ก แล้วจึงต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งจ่าย

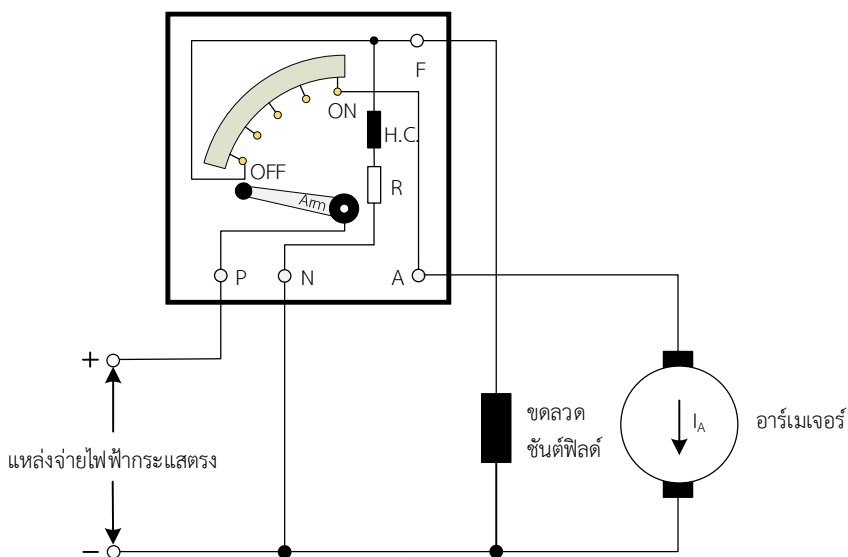
A = Armature ต่อเข้ากับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์



รูปที่ 5.25 ส่วนประกอบของสตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด

ส่วนประกอบของสตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด มีดังนี้

- 1) ก้านปรับ (Arm handle or Starting handle)
- 2) ความต้านทานสำหรับเริ่มเดิน (Starting resistance)
- 3) ขดลวดแม่เหล็กโฮลด์ดิง (Holding coil หรือ H.C.)
- 4) ขดลวดความต้านทาน (Coil resistance)



รูปที่ 5.26 วงจรการต่อสตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด

เมื่อต้องการเริ่มเดินมอเตอร์ทำได้โดยการปรับก้านปรับจากตำแหน่ง OFF ไปสัมผัสกับความต้านทานสำหรับเริ่มเดินที่ตำแหน่งแรก ที่ตำแหน่งนี้กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านความต้านทานสำหรับเริ่มเดินของสตาร์ทเตอร์แบบ 4 จุด และอาร์มิเตอร์

ส่วนที่ 2 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กและรีโอสแตต

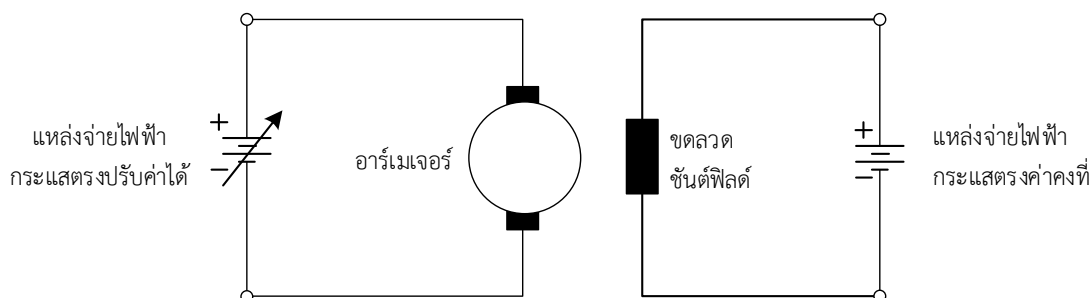
ส่วนที่ 3 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กโฮลดีง และขดลวดความต้านทาน หรือความต้านทานป้องกันกระแสไฟฟ้า (Current protecting resistance) ครอบวงจรที่ขั้วลบ

ที่ตำแหน่งเริ่มต้นความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับอาร์มิเตอร์จะถูกใช้ทั้งหมด ความต้านทานจะมีค่ามากกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าอาร์มิเตอร์น้อย มอเตอร์จะเริ่มหมุน จากนั้นปรับก้านปรับไปถึงตำแหน่งสุดท้าย (ON) ความต้านทานเริ่มเดินถูกตัดออกจากวงจรของอาร์มิเตอร์ และก้านปรับจะถูกดูดโดยขดลวดแม่เหล็กโฮลดีง มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเต็มพิกัด แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าลดลงจะทำให้สนามแม่เหล็กของขดลวดแม่เหล็กโฮลดีงลดลง ก้านปรับจะถูกแรงสปริงดึงกลับไปอยู่ที่ตำแหน่ง OFF ตามเดิม มอเตอร์จะหยุดหมุน

5.2.2 การเริ่มต้นด้วยวิธีการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 5.27 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยวิธีการควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Voltage control) จะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 แหล่งจ่าย คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงส่วนที่ 1 มีค่าคงที่ต่อเข้ากับขดลวดสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงส่วนที่ 2 สามารถปรับค่าได้ต่อเข้ากับวงจรรอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์

ขณะเริ่มเดินของมอเตอร์จะมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการลดกระแสไฟฟ้าของอาร์เมเจอร์ และควบคุมแรงบิดให้คงที่ จะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าคงที่ให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก จากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ให้กับอาร์เมเจอร์ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์



รูปที่ 5.27 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

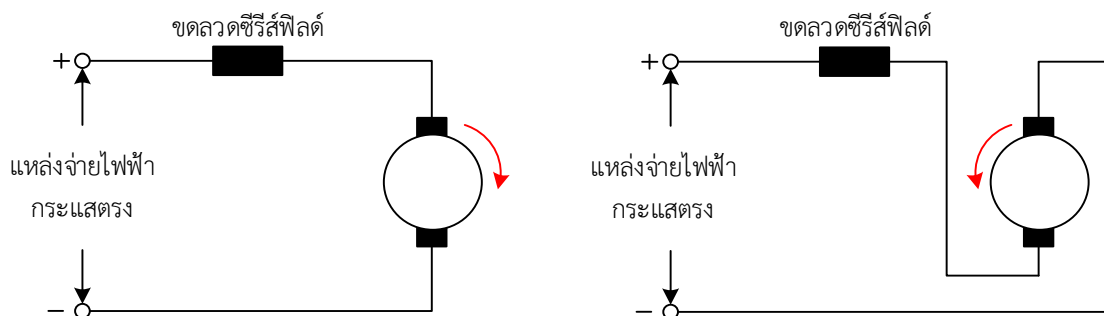
5.3 การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

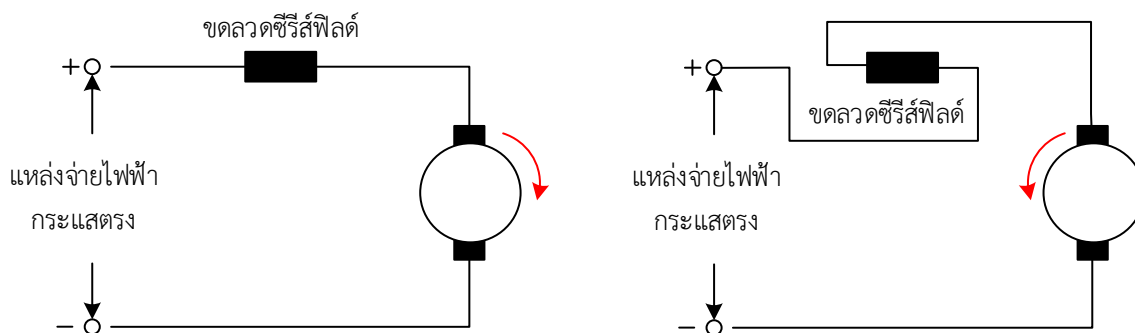
1. เปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์
2. เปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นไม่สามารถกลับทิศทางการหมุนได้โดยการสลับขั้วสายของมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านทั้งอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กเปลี่ยนทิศทางไปพร้อมกันเป็นผลให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิม

การกลับทิศทางของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ทำได้โดยใช้การเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

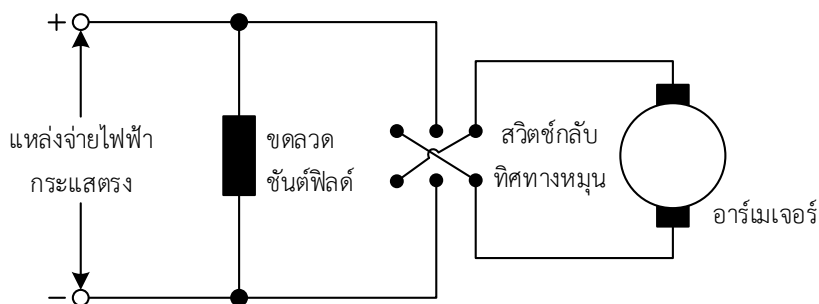


รูปที่ 5.28 วงจรการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

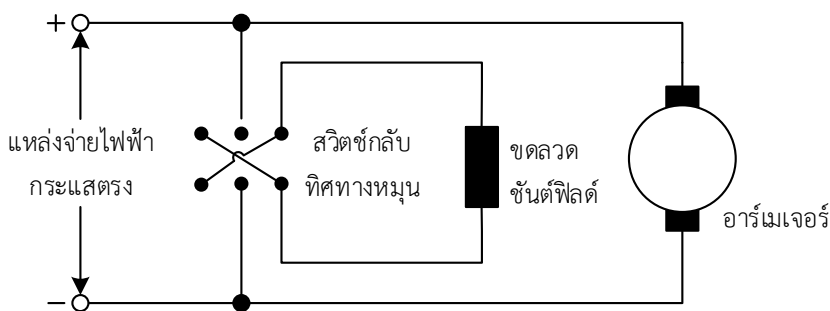


รูปที่ 5.29 วงจรการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม โดยเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยใช้การเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และการเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก ทั้ง 2 วิธี จะใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง (DPDT Switch)



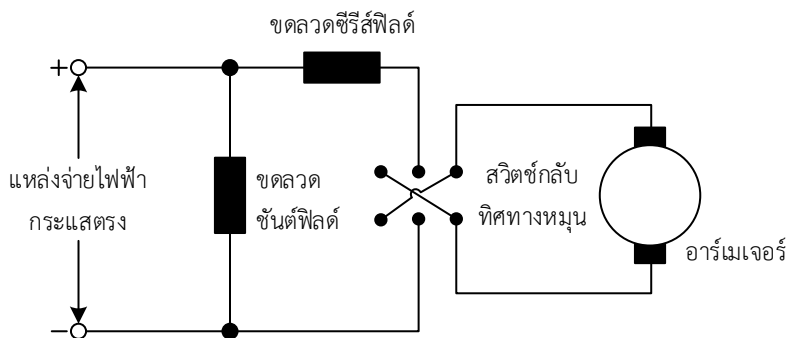
(ก) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง



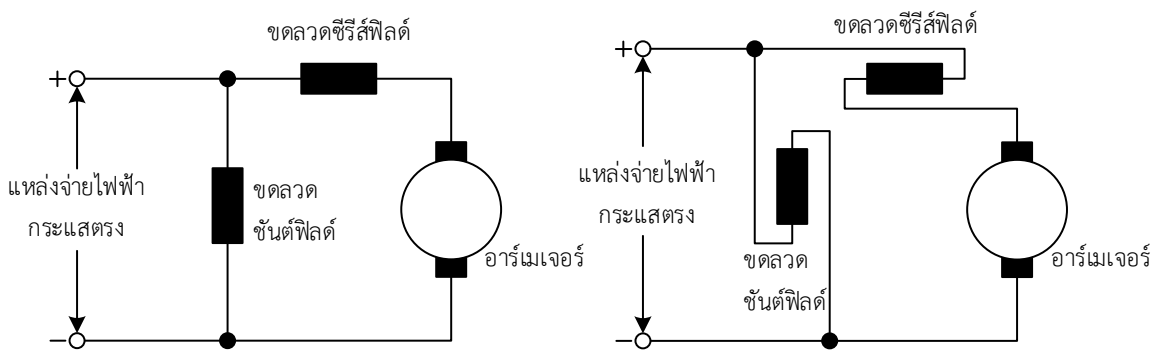
(ข) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กโดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง

รูปที่ 5.30 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์ ต้องใช้วิธีเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าอาร์เมเจอร์อย่างเดียว หรือเปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน



(ก) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิทช์สองขาสับสองทาง



(ข) เปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน

รูปที่ 5.31 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์

5.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

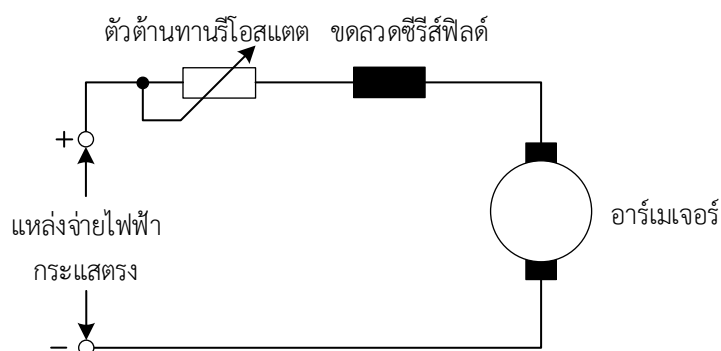
การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Speed control of DC Motor) โดยความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับในอาร์เมเจอร์และเป็นสัดส่วนกลับของความเข้มของสนามแม่เหล็ก ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มของสนามแม่เหล็กลดลง หรืออาจจะทำให้ความเร็วเพิ่มได้โดยเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมอเตอร์ไฟฟ้าระหว่างอาร์เมเจอร์

5.4.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม (Speed control of Series Motor) โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะมีความเร็วสูงมากจึงจำเป็นต้องมีการควบคุม ให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ การควบคุมมี 2 วิธี

1. ใช้ตัวต้านทานรีโอสแตตการต่ออนุกรมกับวงจรมอเตอร์

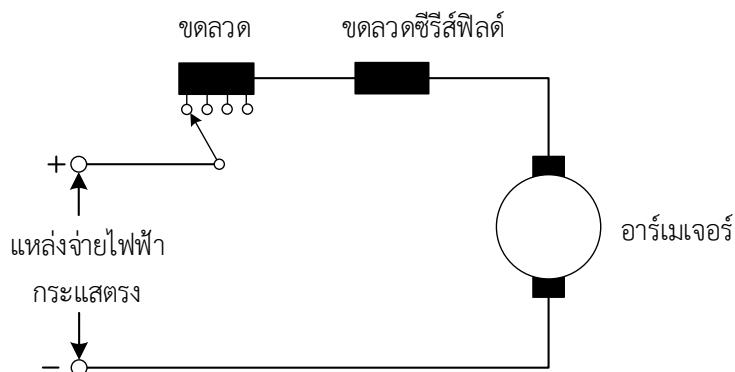
ใช้ตัวต้านทานรีโอสแตตการต่ออนุกรมกับวงจรมอเตอร์เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าและลดกระแสไฟฟ้า ที่นิยมใช้เป็นแบบลวดนิโครม (Nichrome wire) และแบบแผ่นคาร์บอน (Carbon plate) เป็นต้น



รูปที่ 5.32 การควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยใช้ตัวต้านทานรีโอสแตต

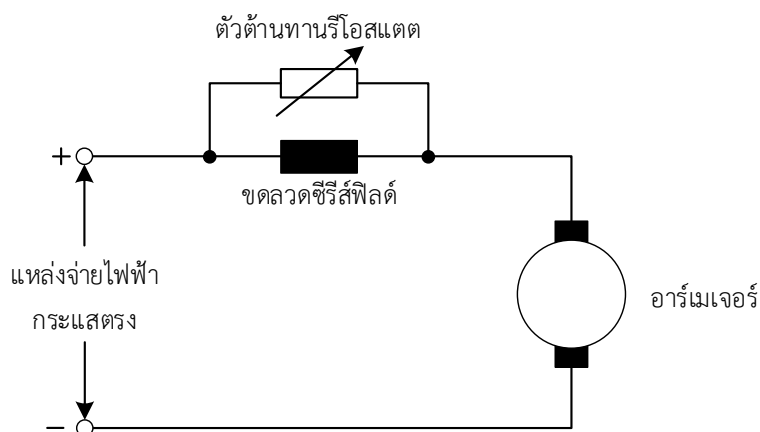
2. ใช้การแบ่งที่ขดลวดแม่เหล็ก (Tapped field coil)

โดยการนำขดลวดแบบมีจุดต่อแยกต่อเข้ากับสวิตช์เลือก และต่ออนุกรมกับวงจรมอเตอร์ เพื่อให้ทำการแบ่งความเร็วของมอเตอร์เป็นไปตามต้องการ



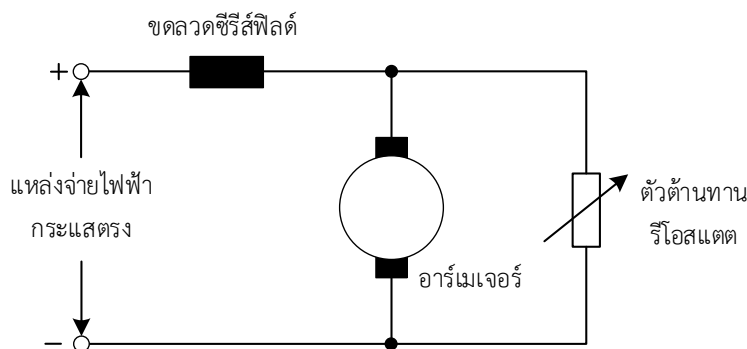
รูปที่ 5.33 การควบคุมความเร็วโดยการแบ่งขดลวด

สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกระแสสูง การควบคุมโดยความเร็วโดยการต่อความต้านทาน การปรับค่าความต้านทานหรือการเลื่อนปุ่มจะทำให้เกิดประกายไฟและเกิดความร้อนสูง จึงใช้วิธีแบ่งกระแสไฟฟ้าในขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Field diverter) โดยนำความต้านทานปรับค่าได้ต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็ก ใช้ปรับความเร็ว เมื่อต้องการความเร็วสูง กว่าความเร็วปกติ



รูปที่ 5.34 การควบคุมความเร็วมอเตอร์อนุกรมให้สูงกว่าความเร็วปกติ

เมื่อต้องการความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติใช้ความต้านทานปรับค่าได้ (Rheostat) ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์



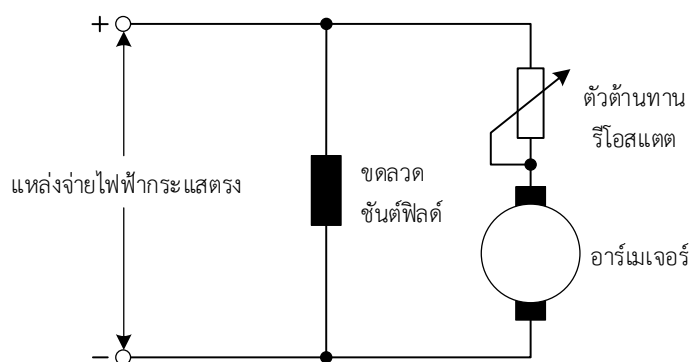
รูปที่ 5.35 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้ต่ำกว่าความเร็วปกติ

5.4.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Speed control of shunt motor) มีวิธีการควบคุม 2 วิธี

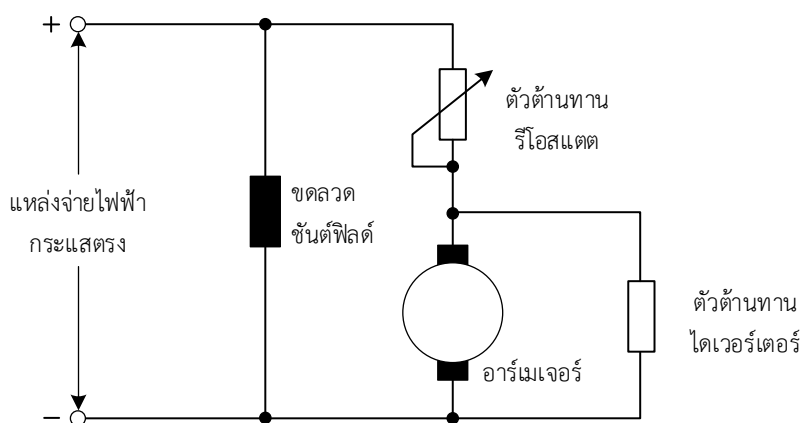
1. การควบคุมความเร็วโดยการต่อความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ หรือการควบคุมแบบรีโอสแตต (Speed control by Armature series resistance or Rheostat control method)
2. การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก หรือวิธีการควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก (Speed control by variation of flux or Flux control method)

1. การควบคุมความเร็วโดยการต่อความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ หรือการควบคุมแบบรีโอสแตต เป็นวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ (Variable rheostat) ต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์ ความต้านทานที่ต่ออนุกรมนั้นจะแตกต่างกับความต้านทานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะความต้านทานเริ่มเดินจะต่อในช่วงเวลาที่สั้นและจะถูกตัดออกจากวงจร แต่ความต้านทานที่ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าจะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา การสูญเสียของตัวต้านทานของรีโอสแตตจะมีค่ามากที่ความเร็วต่ำทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้างดลง จึงไม่เหมาะสมกับการควบคุมความเร็วต่ำในช่วงเวลานาน การควบคุมความเร็ววิธีนี้จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำกว่าความเร็วเมื่อไม่มีโหลด เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่ การปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานรีโอสแตตจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความต้านทานรีโอสแตต เป็นผลให้ความเร็วรอบของอาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงด้วย ในกรณีที่แรงบิดของโหลดคงที่ความเร็วรอบจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์



รูปที่ 5.36 วงจรการควบคุมแบบรีโอสแตต

ถ้าโหลดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงตามโหลดด้วย สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มตัวต้านทานไดเวอร์เตอร์ (Diverter) โดยต่อขนานกับอาร์เมเจอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์จะไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตกคร่อมอาร์เมเจอร์ รวมทั้งความเร็วของอาร์เมเจอร์ด้วย



รูปที่ 5.37 แสดงการต่อไดเวอร์เตอร์

ข้อเสียของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยการต่อความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์

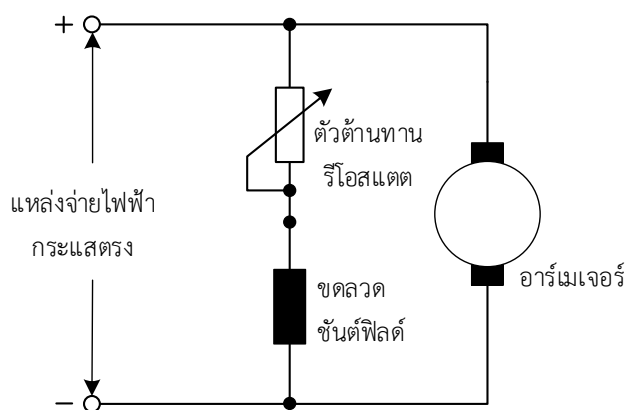
1) การเปลี่ยนแปลงความเร็วไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของอุปกรณ์ควบคุมเพียงอย่างเดียว ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด จึงยากที่จะรักษาความเร็วให้คงที่เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงในทันทีทันใด

2) เกิดกำลังสูญเสียจำนวนมากที่ความต้านทานของอุปกรณ์ควบคุม กำลังสูญเสียดังกล่าวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการลดลงของความเร็ว เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพลดลง

3) กำลังสูงสุดที่เกิดขึ้นจะลดลงเป็นอัตราส่วนเดียวกันกับความเร็ว
 4) ต้องลดปริมาณความร้อนซึ่งเกิดขึ้นที่ความต้านทานของอุปกรณ์ควบคุม
 5) การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้ จะได้ความเร็วต่ำกว่าความเร็วรอบปกติ ไม่สามารถที่จะควบคุมความเร็วให้สูงกว่าปกติได้ เพราะว่าแรงดันที่อาร์เมเจอร์ลดลงเนื่องจากค่าความต้านทานของอุปกรณ์ควบคุม

2. การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก หรือวิธีการควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก โดยการใช้ความต้านทานรีโอสแตตต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดขั้วฟิลด์เพื่อควบคุมเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดขั้วฟิลด์ เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กลดลงจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้น และถ้าเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความเร็วลดลง การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบนี้ เป็นการควบคุมความเร็วที่ประหยัดที่สุด และสามารถเพิ่มความเร็วจนสูงกว่าปกติได้ในอัตราส่วน 2 : 1 สำหรับมอเตอร์ที่ไม่มีอินเตอร์โพล

การลดลงของเส้นแรงแม่เหล็กมากกว่าปกติ ทำให้ยากต่อการลดการอาร์ก ในขณะที่หมุนขั้วโพล ดังนั้นเครื่องที่มีอินเตอร์โพลจึงสามารถเพิ่มความเร็วจนสูงกว่าปกติได้มากกว่าปกติหลายเท่าอัตราส่วนของความเร็วสูงสุดถึงต่ำสุดจะอยู่ระหว่าง 6 : 1



รูปที่ 5.38 วงจรการต่อตัวต้านทานรีโอสแตตควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก

ข้อดีของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานโดยเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็ววิธีนี้ประหยัด สะดวก และให้ประสิทธิภาพสูงเป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าให้สูงกว่าความเร็วรอบปกติ

ข้อเสียของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานโดยเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก

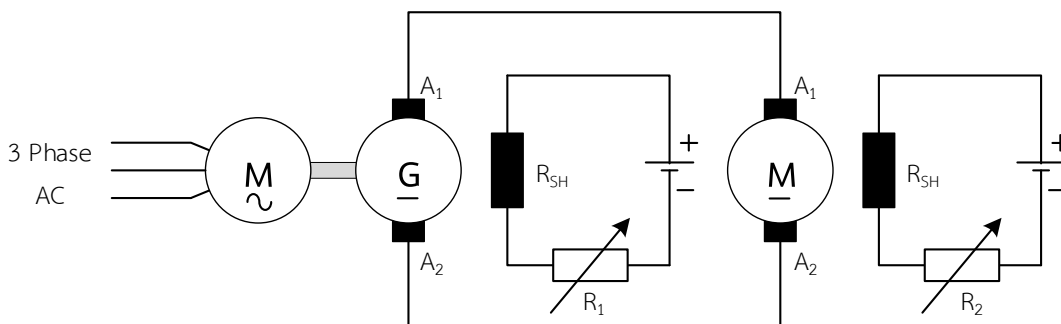
ผลจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันทำให้เส้นแรงแม่เหล็กลดลงมาก ค่าการสูญเสียภายในขดลวดชั้นดีฟิวด์จะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย เนื่องจากความต้านทานของวงจรถัดดีฟิวด์มีค่ามาก ค่ากระแสไฟฟ้าของขดลวดชั้นดีฟิวด์จะน้อย

ความเร็วต่ำสุดของมอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ที่ค่าความต้านทานของอุปกรณ์ควบคุมในวงจรถัดดีฟิวด์มีค่าเป็นศูนย์ เมื่อความเร็วรอบต่ำจะได้ค่าแรงบิดสูงสุด ดังนั้น การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้จึงเหมาะกับโหลดที่ต้องการแรงบิดมากเมื่อความเร็วรอบลดลง ส่วนความเร็วสูงสุดไม่มีขีดจำกัดทางวงจรถัดดีฟิวด์ เนื่องจากอาร์เมเจอร์มีความเร็วสูง ความเค้นในโลหะที่ใช้ทำอาร์เมเจอร์เพิ่มมากขึ้นตามแรงหนีศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น พร้อมทั้งแรงเหวี่ยงที่กระทำกับลวดตัวนำในร่องอาร์เมเจอร์ อาจเป็นสาเหตุทำให้อาร์เมเจอร์และวงจรถัดดีฟิวด์เกิดความเสียหายได้

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสองวิธีดังกล่าวข้างต้น ถ้านำมาใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าตัวเดียวกัน ก็จะสามารถควบคุมความเร็วได้ทั้งสูงกว่าและต่ำกว่าความเร็วปกติได้ตามความต้องการ

5.4.3 การควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์เมเจอร์ด้วยวิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยการปรับแรงดันอาร์เมเจอร์ด้วยวิธีของวาร์ด-ลีโอนาร์ด (Speed control by Ward Leonard) สามารถควบคุมความเร็วได้ง่าย นุ่มนวล มีย่านของการปรับความเร็วได้กว้าง ใช้ในวงจรถัดดีฟิวด์ที่ต้องการความแน่นอน เช่น ลิฟท์ เครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือทางการแพทย์ เป็นต้น การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยวิธีนี้จะต้องทำการปรับค่าของเส้นแรงแม่เหล็ก และแรงดันป้อนอาร์เมเจอร์ วิธีนี้จะประกอบด้วยเครื่องกลไฟฟ้าสามเครื่อง



รูปที่ 5.39 วงจรถัดดีฟิวด์การควบคุมความเร็วโดยปรับขนาดแรงดันอาร์เมเจอร์ด้วยวิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด

จากรูปที่ 5.39 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้น ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Separately excited generator) ถูกขับให้หมุนโดยมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส หรือซิงโครนัสมอเตอร์ มีหน้าที่ควบคุมความเร็วของเครื่องกำเนิดให้คงที่ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าของความต้านทาน R_1 ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้อาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

เพื่อให้ได้ย่านของการปรับความเร็วกว้างที่สุดของวิธีวาร์ด-ลีโอนาร์ด จะใช้วิธีปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อต้องการความเร็วสูงกว่าความเร็วปกติ สามารถทำได้โดยเพิ่มค่าความต้านทาน R_2 ในวงจรชั้ดฟิลด์ของมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อลดค่าของเส้นแรงแม่เหล็กให้น้อยลง ทำให้ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าสูงขึ้น จึงเป็นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับมีค่าคงที่ และทำให้กระแสอาร์เมเจอร์มีค่าคงที่ ส่งผลทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ามีกำลังเอาต์พุตคงที่

และเมื่อต้องการย่านความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติ ทำได้โดยเส้นแรงแม่เหล็กจะต้องมีค่าคงที่ และลดแรงดันที่ป้อนอาร์เมเจอร์ ทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับลดลงเป็นสัดส่วนกับการลดลงของแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ จะส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟาลดลงด้วย ดังนั้นการปรับแต่งค่าแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าจึงทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ามีความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติ และแรงบิดคงที่

5.5 สรุปสาระสำคัญ

1. ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โครงสร้างมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่เคลื่อนที่

หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง คือ จะต้องสร้างสนามแม่เหล็กชั่วคราวขึ้นที่ขั้วแม่เหล็ก และสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำอาร์เมเจอร์ ซึ่งเส้นแรงแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็ก จะทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงผลักขึ้นบนตัวนำอาร์เมเจอร์ ส่งผลให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นหาความสัมพันธ์ได้ โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งตามลักษณะการต่อวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กกับอาร์เมเจอร์ได้ 3 แบบ ดังนี้

1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม มีการต่อวงจร 2 ชนิด คือ ซีอ์ตซ์คันด์ คอมปาวด์มอเตอร์ และลองคันด์คอมปาวด์มอเตอร์

2. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อลดกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์ และให้เกิดแรงบิดเริ่มหมุน ขณะเริ่มเดินต้องต่อความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ เพื่อจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ และเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้ตามปกติแล้วจะทำการปลดความต้านทานออกจากวงจร

3. การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทำได้ โดยการเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก


4. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับในอาร์เมเจอร์และเป็นสัดส่วนกลับของความเข้มของสนามแม่เหล็ก

- การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม มีการควบคุม 2 วิธี คือ ใช้ตัวต้านทานรีโอสแตตต่อการต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ และใช้การแบ่งที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก

- การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน มีการควบคุม 2 วิธี คือ การต่อความต้านทานอนุกรมรีโอสแตตกับขดลวดอาร์เมเจอร์ และการต่อความต้านทานรีโอสแตต อนุกรมกับขดลวดคันด์ฟิลด์เพื่อเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็ก

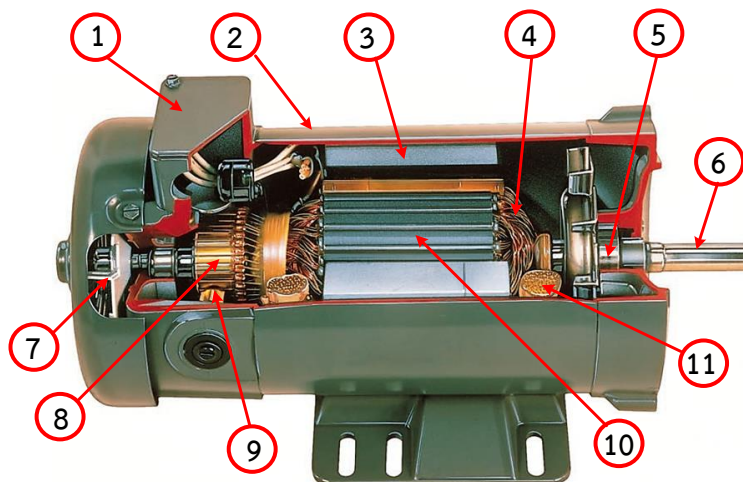
- การควบคุมความเร็วโดยการปรับขนาดของแรงดันอาร์เมเจอร์ด้วยวิธีอาร์ต-ลีโอโนนาร์ต การควบคุมวิธีนี้จะปรับค่าของเส้นแรงแม่เหล็ก และแรงดันที่ขดลวดอาร์เมเจอร์

	แบบฝึกหัด	หน่วยที่	หน้าที่ 1/2
	ชื่อวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 2104-2009	5	สอนครั้งที่
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		5-6/18
เวลาเรียนรวม 90 คาบ		ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ	

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนตอบคำถามลงในกระดาษ

2. จงตอบคำถามพร้อมอธิบาย ดังต่อไปนี้

1. จงบอกชื่อและหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (10 คะแนน)



หมายเลข 1 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 2 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 3 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 4 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 5 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 6 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 7 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 8 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 9 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 10 คือทำหน้าที่.....

หมายเลข 11 คือทำหน้าที่.....

2. จงบอกลักษณะการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกับอาร์เมเจอร์มีกี่แบบ (2 คะแนน)

ตอบ
.....
.....

3. อธิบายความแตกต่างระหว่างการต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมและแบบขนานมาพอเข้าใจ (2 คะแนน)

ตอบ
.....
.....

4. จงอธิบายการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (2 คะแนน)

ตอบ
.....
.....
.....

5. จงบอกวิธีการกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (2 คะแนน)

ตอบ
.....
.....

6. จงบอกวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (2 คะแนน)

ตอบ
.....
.....
.....