



รายงาน

เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้า

จัดทำโดย

นางสาวจุฑามาศ สวัสดิ์ รหัสนักศึกษา 56030253

สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

เสนอ

ผศ.โกศล ตราชู

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

คำนำ

รายงานเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนวิชา EMBEDDED SYSTEM โดยมีจุดประสงค์ เพื่อให้ผู้จัดทำศึกษา ค้นคว้าในเรื่องของมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และอื่นๆ เพื่อที่จะนำข้อมูลต่างๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านการทำงาน และการศึกษาต่อยอด หากรายงานเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

จุฑามาศ สวัสดิ์

ผู้จัดทำ

มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปต้องการความเร็ว รอบหรือกำลังงานที่ต่างกัน ซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิดจะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้า

หลักการทำงานของมอเตอร์

เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดตัวนำที่พันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำ และทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงผลักดันบนตัวนำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้ขดลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและวางอยู่บนแกนของอาร์เมเจอร์ โดยวางห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ r กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดที่ปลาย A และไหลออกที่ปลาย B จากคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดผ่านซึ่งกันและกัน ดังนั้นปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีจำนวนมากที่ด้านบนของปลาย A จึงทำให้เกิดแรง F_1 กดตัวนำ A ลงด้านล่างและขณะเดียวกันที่ปลาย B นั้น เส้นแรงแม่เหล็กจะมีปริมาณมากที่ด้านบนทำให้เกิดแรง F_2 ดันให้ตัวนำ B เคลื่อนที่ด้านบนของแรง F_1 และ F_2 นี้เองให้อาร์เมเจอร์ของมอเตอร์เกิดการเคลื่อนที่ไปได้ดังนั้นการทำงานของมอเตอร์จึงขึ้นอยู่กับหลักการที่ว่า เมื่อเอาตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปวางในสนามแม่เหล็ก มันจึงพยายามทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ คุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางเทคนิค ดังนี้

คุณสมบัติทั่วไป

เป็นคุณสมบัติประจำตัวของมอเตอร์ ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่ควรจะทราบอย่างกว้าง ๆ โดยมีได้เจาะลึกเข้าไปในเนื้อหาเชิงวิชาการแต่อย่างใด ได้แก่ ลักษณะโครงสร้าง ลักษณะงาน ลักษณะของวงจรเช่นคุณสมบัติของมอเตอร์อนุกรม คือ ลักษณะโครงสร้าง ประกอบด้วยลวดหนามแม่เหล็กที่มีความต้านทานต่ำมาก (พันด้วยลวดทองแดงเส้นใหญ่น้อยรอบแกนขั้วแม่เหล็ก) ต่อเป็นอนุกรมกับอาร์เมเจอร์และต่อโดยตรงกับแรงดันเมน ลักษณะวงจร A1 – A2 เป็นอาร์เมเจอร์ต่อเป็นอนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กชุดอนุกรม D1 – D2 และต่อโดยตรงกับสายเมน L+, L- และลักษณะสนามแม่เหล็กทำให้ความเร็วสูงเมื่อโหลดลดลง จึงเป็นมอเตอร์ที่หมุนไม่คงที่ความเร็วเปลี่ยนแปลงไปตามโหลดจะเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้เป็นมอเตอร์สตาร์ทเครื่องพ่นน้ำคุณสมบัติทางเทคนิคเป็นคุณสมบัติประจำเครื่องกลไฟฟ้าแต่ละประเภทเช่นเดียวกัน ที่ให้รายละเอียดซึ่งเจาะลึกเข้าไปในเชิงวิชาการ สามารถทดสอบและวัดด้วยเครื่องวัดได้ด้วยวิธีทดลองในห้องปฏิบัติการทดลอง ส่วนใหญ่จะแสดงด้วยกราฟเพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าหนึ่งกับอีกค่าหนึ่ง เช่น สมรรถนะในการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงด้วย “กราฟแม่เหล็กอิ่มตัว (Saturation หรือ Magnetization curve)” สมรรถนะในการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงด้วย External Characteristic ส่วน

คุณสมบัติทางเทคนิคของมอเตอร์จะแสดงด้วย Performance Curve ซึ่งได้แก่ สมรรถนะในการหมุนขับโหลด (Speed load Curves หรือ Speed/load Characteristic) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสมอเตอร์ (n = ความเร็วรอบให้อยู่บนแกน Y หรือ Ordinate และ I_a = กระแสอาร์เมเจอร์ให้อยู่บนแกน X หรือ abscissae) หรืออาจให้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (n เป็น ordinate หรือ แกน Y) กับทอร์ก หรือกำลังที่หมุนขับงาน (T = ทอร์ก, P = กำลังวัตต์หรือกิโลวัตต์ ให้อยู่บนแกน x หรือ abscissae) จุดประสงค์เพื่อต้องการแสดงให้เห็นถึงเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบของมอเตอร์ที่หมุนขับโหลดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงไป

กฎมือซ้ายสำหรับมอเตอร์

เนื่องจากมีความสัมพันธ์อย่างแน่นนอนเกิดขึ้นระหว่างทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทิศทางของกระแสไฟฟ้าในตัวนำและทิศทางที่ตัวนำเคลื่อนที่ซึ่งมีความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านี้ให้ตั้งเป็นกฎมอเตอร์ขึ้น ซึ่งกฎนี้ได้นำไปใช้แบบเดียวกันกับกฎมือขวาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแต่เพียงใช้มือซ้ายแทนเท่านั้น กฎนี้ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 1 และได้กล่าวไว้ดังนี้คือ กลางหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลาง ให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยใช้ นิ้วชี้ ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก (Magnetic flux = B) นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (Current = I) แล้วหัวแม่มือจะบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำ (Force = F) แรงที่เกิดขึ้นในตัวนำการกระทำของแรงที่เกิดขึ้นเป็นตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในขณะที่มันวางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ความยาวของตัวนำและค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำสามารถหาได้จากสมการ $F = BIL$ เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว หน่วย นิวตัน B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก หน่วย Wb/m^2 I = กระแสที่ไหลในตัวนำ หน่วย แอมแปร์ (A) L = ความยาวของตัวนำ หน่วย เมตร (m) แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อขดลวดตัวนำหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก มันจะติดกับเส้นแรงแม่เหล็กแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางขัดขวางกับแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ จึงเรียกว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน” (Back e.m.f) ซึ่งมันจะเกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์เสมอ ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีผลต่อการใช้งานจริง ๆ ในอาร์เมเจอร์จึงมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้ลบด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับจึงเขียนสมการได้ดังนี้

$V_t = I_a R_a + E_b$ หรือ $I_a R_a = V_t - E_b$ เมื่อ E_b = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ต้านกลับ หน่วยโวลต์ (V) V_t = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ หน่วยโวลต์ (V) I_a = กระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ หน่วยแอมแปร์ (A) R_a = ความต้านทานของขดลวดในอาร์เมเจอร์ หน่วยโอห์ม

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าของมอเตอร์จากวงจรสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ $V_t = E_b + I_a R_a$ เมื่อ V_t = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ หน่วยโวลต์ (V) E_b = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ต้านกลับ หน่วยโวลต์ (V) $I_a R_a$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในอาร์เมเจอร์ หน่วยโวลต์ (V) กำลังที่เกิดขึ้นในมอเตอร์จากสมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าของมอเตอร์ $V_t = E_b + I_a R_a$ นำเอาค่า I_a คูณตลอดเพื่อหา Power จะได้คือ $V_t I_a = I_a E_b + I_a^2 R_a$ จะได้ $V_t I_a$

= กำลังงานจ่ายให้กับมอเตอร์ หน่วยวัตต์ (W) $E_b I_a$ = กำลังงานที่เกิดขึ้นจากอาร์เมเจอร์ หน่วยวัตต์ (W) $I_a^2 R_a$
= กำลังงานการสูญเสียที่เกิดขึ้นที่อาร์เมเจอร์ หน่วยวัตต์ (W)

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- 1.มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรียส์มอเตอร์ (Series Motor)
- 2.มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
- 3.มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้

- 1.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase)
 - สปลิตเฟส มอเตอร์ (Split-Phase motor)
 - คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
 - รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
 - ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
 - เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)
- 2.มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)
- 3.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- 1.มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรียส์มอเตอร์ (Series Motor)
- 2.มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
- 3.มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ ประกอบด้วย

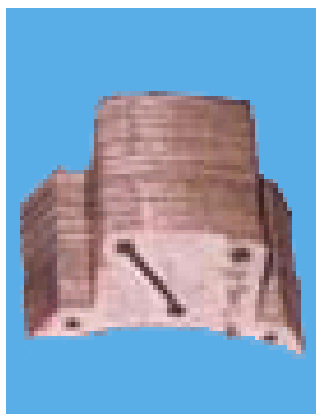
- เฟรมหรือโยคเป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของ
เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วย
เหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก



รูปที่2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์

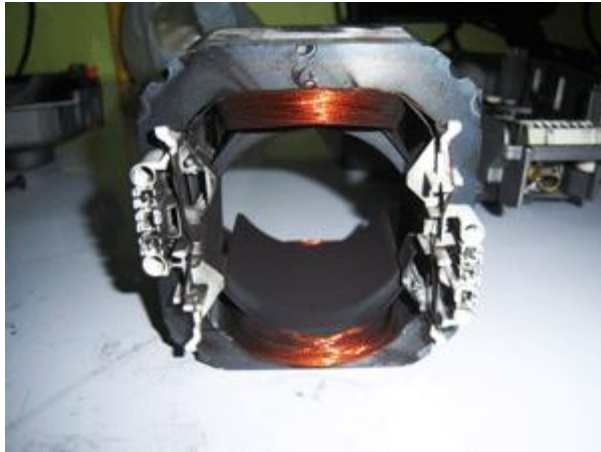
- ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งมนเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน



รูปที่2.2 แกนขั้ว

ส่วนที่สองขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบ ๆ แกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้น แรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรง แม่เหล็ก นั้นจะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำ ให้เกิดแรงบิดขึ้น



รูปที่2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

2. ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ตัวหมุนนี้ทำให้อุปกรณ์กำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์



รูปที่2.4 โรเตอร์

ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แกนเพลลา (Shaft)
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core)

3.คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

4. ขอลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding)

1. แกนเพลลา เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ประกอบเป็นตัวโรเตอร์ แกนเพลลานี้จะวางอยู่บนแบร็งเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

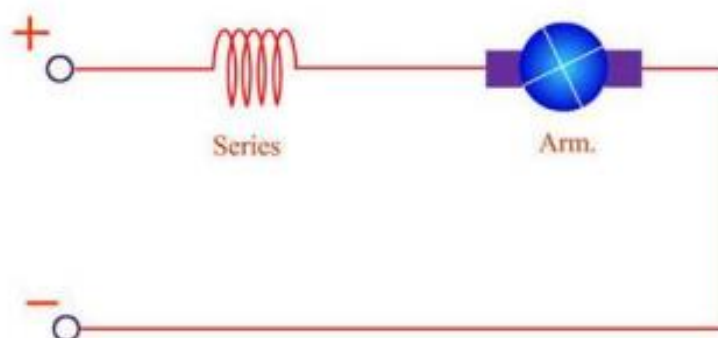
2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวนเป็นที่สำหรับพันขลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด

3. คอมมิวเตเตอร์ ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไม่ก้ำกั้น ระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่านเพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขลวดตัวแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์

4. ขลวดอาร์มาเจอร์ เป็นขลวดพันอยู่ในร่องสลอตของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ

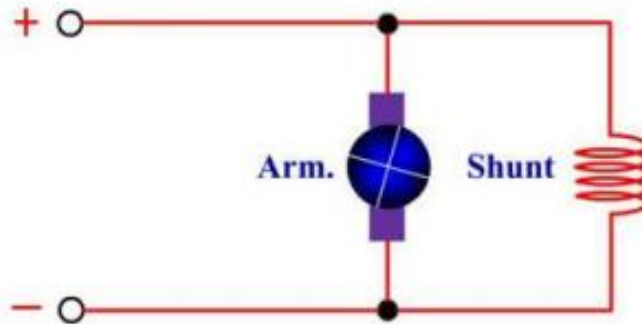
ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่าซีรียส์ฟิลด์มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อ ความเร็วก็จะลดลงตามโหลด แต่ขลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่าง เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้าจักรเย็บผ้าเครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนัก ได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจ เกิดอันตรายได้เมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่2.5 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) หรือเรียกว่าชั๊นท์มอเตอร์มอเตอร์แบบขนานนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่แรงบิดเริ่ม หมุนต่ำแต่ความเร็วรอบคงที่ชั๊นท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับการทำงานดังนี้พัฒนาเพราะพัฒนาต้องการ ความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

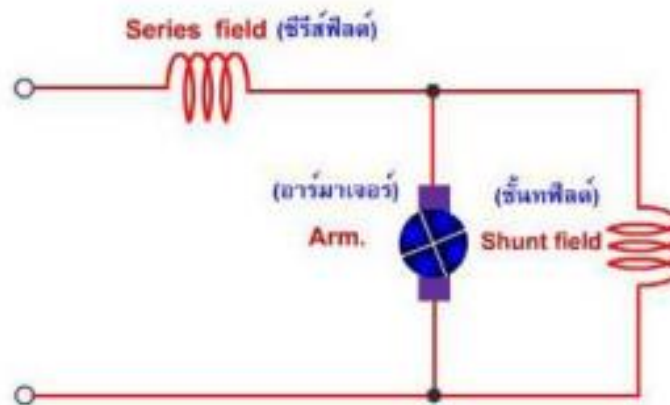


รูปที่2.6 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมหรือเรียกว่าคอมพาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

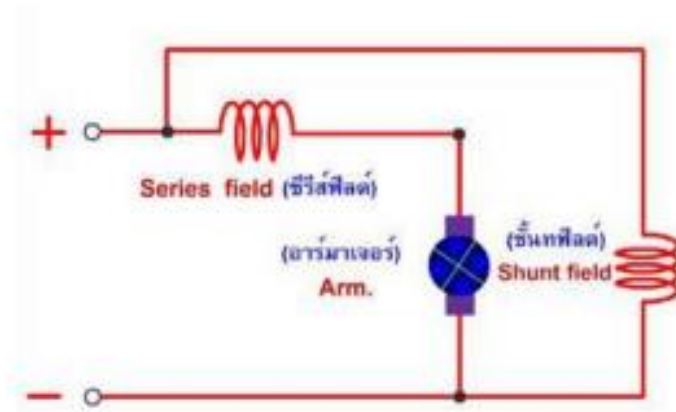
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกันมอเตอร์แบบผสม มีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่มอเตอร์ไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดสนามหรือขดลวดชั๊นท์อยู่2วิธี

วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชั๊นท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอร์ทชั๊นท์(Short Shunt Compound Motor)ดังรูปวงจร



รูปที่2.7 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ทชั๊นท์คอมพาวด์มอเตอร์

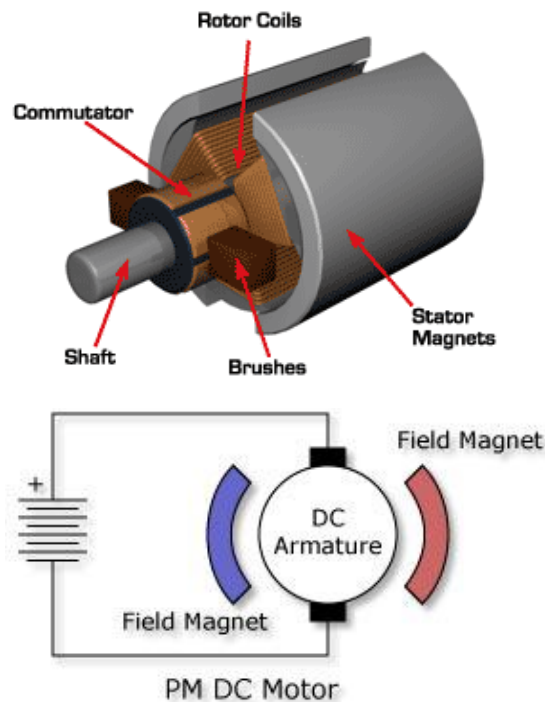
วิธีที่ 2 คือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่าลองชันทคอมปาว์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูปวงจร



รูปที่ 2.8 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันทคอมปาว์มอเตอร์

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent-Magnet DC Motor) ดี.ซี.มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร ขั้วของสนามแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กถาวรรูปครึ่งวงกลมติดตั้งอยู่ที่ โครงของมอเตอร์จำนวน 1 คู่หรือมากกว่าก็ได้ แม่เหล็กถาวรเป็นส่วนสำคัญที่สร้างขึ้นจากเซรามิก อัลนิโก หรือแร่ธาตุพิเศษอื่นๆที่อยู่บนพื้นโลก และปัจจุบันได้มีการพัฒนาสร้างวัสดุที่เป็นแม่เหล็กแบบใหม่คือ ซามาเรียมโคบอลต์และนีโอไดเมียม-เหล็ก-โบรอน ตัวมอเตอร์ถูกสร้างให้อยู่ภายในโครงอันเดียวกันมีขนาดกระทัดรัดและมีประสิทธิภาพสูงและส่วนที่เคลื่อนที่จะเป็นขดลวดอาร์เมเจอร์ที่พันด้วยขดลวดทองแดง ต่อปลายสายมารวมกันที่คอมมิวเตเตอร์ หลักการทำงานเกิดจากผลลัพท์หรือผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็ก ของแม่เหล็กถาวรและเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ จึงทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเมื่อปราศจากการพันขดลวดที่ขั้วสนามแม่เหล็กจึงตัดปัญหาลำบากสูญเสียนั่นไป ข้อดีของ ขั้วแม่เหล็กถาวรที่ทำด้วยอัลนิโกคือเมื่อมอเตอร์ทำงานมีอุณหภูมิสูงจะมีปัญหาน้อยที่สุด แต่มีข้อเสียคือ เมื่อไม่มีการควบคุมขดลวดสนามแม่เหล็กจึงทำให้คุณสมบัติพิเศษของความเร็วรอบกับแรงบิดจะขาดหายไป และถ้ามอเตอร์ชนิดนี้ทำงานในสภาวะที่โหลดไม่เกินไปกัก ความเป็นแม่เหล็กในช่องอากาศจะยังคงตัวอยู่กราฟสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบจะยังคงรักษาให้เป็นเส้นตรงแรงบิดและความเร็วรอบที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยการปรับแรงดันของอาร์เมเจอร์เมื่อมอเตอร์ทำงานในพิกัดของโหลดกราฟ ที่ได้จะมีลักษณะเป็นแบบเส้นตรงและเป็นสัดส่วนกับแรงดันของอาร์เมเจอร์ดังแสดงในรูปที่ 3 ประเด็นสำคัญของ ดี.ซี.มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรคือมีโครงสร้างไม่ยุ่งยากและมีขนาดเล็ก

กระแทก รัศมีมอเตอร์ชนิดนี้จะถูกนำไปใช้งานกับดิสก์ไดรฟ์ของคอมพิวเตอร์ การใช้ชุดขับเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความน่าเชื่อถือจะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดและประสิทธิภาพสูงตามด้วย



รูปที่2.9 ดี.ซี.มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นพลังงานกลชนิดหมุน โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่

1. ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor)
2. อะซิงโครนัสมอเตอร์ (Asynchronous Motor)

จะเห็นว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Motor) สามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ อะซิงโครนัสมอเตอร์ (Asynchronous)และซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous) ซึ่งที่กล่าวในโมดูลนี้จะเป็นมอเตอร์อะซิงโครนัส หรือที่เรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ไปจนถึงขนาดหลายร้อยแอมป์ มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ มีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส (Single Phase) และชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส (Three Phase) มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ นั้นส่วนมากแล้วจะหมุนด้วยความเร็วคงที่แต่ก็มี

บางชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ เช่น มอเตอร์สลีปรिंगหรือมอเตอร์ชนิดขดลวดพัน ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส

สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟสยังสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิดคือ สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motor) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion Motor) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) และเชดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor) และในส่วนของมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ยังสามารถแบ่งได้อีก 3 ชนิด ได้แก่ มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor Start Motor) มอเตอร์คาปาซิเตอร์รัน (Capacitor Run Motor) และมอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน (Capacitor Start and Run Motor)

ในส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส เมื่อแบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ (Rotor) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบสคิเวลเคจโรเตอร์ (Squirrel Cage Motor) และแบบวาวด์โรเตอร์ หรือมอเตอร์ชนิดขดลวดพัน (Wound Rotor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (Single Phase Motor)

1. สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split phase motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิตเฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า , 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้าจะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าบางที่นิยมเรียกสปลิตเฟสมอเตอร์นี้ว่า อินดักชันมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำ ขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะสปลิตเฟสมอเตอร์

หลักการทำงานของสปลิตเฟสมอเตอร์

การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง โดยที่ขดรีนและขดสตาร์ทที่วางทำมุมกัน 90 องศาทางไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magnetic field) ไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดกรงกระรอก (Squirrel cage winding) กระแสส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นไปผลักกับ

สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ เกิดเป็นแรงบิดที่โรเตอร์ให้หมุนไปเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดสตาร์ทออก จากวงจรขดลวดสตาร์ทจะทำงานเฉพาะตอนสตาร์ทเท่านั้น ส่วนขดลวดจะทำงานตลอดตั้งแต่เริ่มเดินมอเตอร์จนหยุดหมุน เมื่อนำมอเตอร์นี้ไปใช้งานต้องให้หมุนตัวเปล่าก่อนแล้วจึงจะต่อโหลด

2. คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) คาปาซิเตอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิตเฟสมอเตอร์มาก แตกต่างตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมาทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิตเฟสมอเตอร์ คือมี แรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้ามอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำเครื่องอัดลม ตู้แช่ตู้เย็น ฯลฯ

2.1 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor start motor) ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิตเฟส แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิตเฟสและพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิเตอร์และขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

2.2 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor) ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น และโดยที่คาปาซิเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงานดังนั้นคาปาซิเตอร์ประเภทน้ำมัน หรือกระดาษฉาบโลหะ



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

2.3 คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor) ลักษณะโครงสร้างของคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัวคือคาปาซิเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์สตาร์ททำหน้าที่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ส่วนคาปาซิเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน

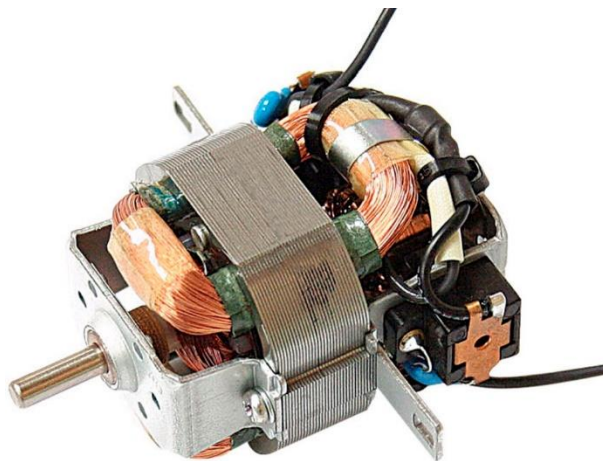


รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์

3. รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ (Rotor) จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจร จึงทำให้ปรับความเร็วและแรงบิดได้ โดยการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน สเตเตอร์ (Stator) จะมีขดลวดพันอยู่ในร่องเพียงชุดเดียวเหมือนกับขดรีนของสปลิทเฟสมอเตอร์ เรียกว่า ขดลวดเมน (Main winding) ต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง แรงบิดเริ่มหมุนสูง ความเร็วคงที่ มีขนาด 0.37-7.5

กิโวลต์ (10 แรงม้า) ใช้กับงาน ปั่นคอมเพลสเซอร์ปั๊มลมปั๊มน้ำขนาดใหญ่

4. ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดก กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น คือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง นำไปปรับความเร็วได้ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้ง วงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยม นำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่อง บดและผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

5. เป็นมอเตอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีขนาดพิกัดกำลังตั้งแต่ แรงม้า เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบคงที่ ส่วนประกอบไม่ยุ่งยาก สร้างได้ง่าย ราคาถูก ทนทาน และใช้งานได้ดี

ส่วนประกอบที่สำคัญของเซ็ดเดคโพลมอเตอร์ มี 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1 สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ทำเป็นสลอตแล้ว นำมาอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก มีขั้วแม่เหล็กเป็นแบบขั้วยื่น โดยแบ่งพื้นที่ด้านหน้าของขั้วแม่เหล็ก ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีพื้นที่น้อยเรียกว่า เซ็ดเดคโพล สวมไว้ด้วยแท่งทองแดงลัดวงจร มีลักษณะคล้าย วงแหวนเรียกว่า เซ็ดดิงคอยล์ (Shading Coil) ส่วนที่มีพื้นที่มากเรียกว่า อันเซ็ดเดคโพล (Unshaded Pole) ขดลวดที่พันรอบขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วเรียกว่า ขดลวดหลัก (Main Winding)

2 โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ โครงสร้างมีลักษณะเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิตเฟสมอเตอร์ และคาปาซิเตอร์มอเตอร์ ฝาครอบหัวท้ายของเซ็ดเดคโพลมอเตอร์ก็เหมือนกับ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดอื่นๆ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟส มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม มีกำลังพิกัดต่ำกว่า 1 แอมป์จนถึงขนาดแรงม้ามากๆ มีการพันขดลวดที่สเตเตอร์ 3 ชุด ต่อใช้งานกับระบบไฟสามเฟส 380 โวลต์ เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์และโรเตอร์จะหมุนตาม ทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor Induction Motor) เป็นชนิดที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม สร้างง่าย บำรุงรักษาน้อย ทนทานและราคาถูก



รูปที่ 2.15 มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบกรงกระรอก

2. มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor Induction Motor) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสลีปรिंगมอเตอร์ การพันขดลวดสเตเตอร์มีลักษณะเดียวกันกับแบบแรก แตกต่างเฉพาะส่วนที่เป็นโรเตอร์จะพันด้วยขดลวดทองแดงสามเฟสและต่อแบบสตาร์ ปลายสายของขดลวดทั้งสามเฟสจะต่อเข้ากับสลีปรिंगสามวงผ่านแปรงถ่านเข้ากับความต้านทานภายนอกที่ปรับค่าได้ (External Variable Resistance) ที่ใช้ในการเริ่มเดิน นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น ใช้ในการขับเคลื่อนลิฟต์ ลูกรีด โรงงานถลุงเหล็ก แปรรูปเหล็ก



รูปที่ 2.16 สลีสปรึงมอเตอร์

3. ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) เป็นมอเตอร์สามเฟสชนิดหนึ่งมีส่วนประกอบเช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และสามารถทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้ ขดลวดที่สเตเตอร์ของมอเตอร์จะมีลักษณะเดียวกับสองแบบแรก แตกต่างเฉพาะส่วนที่เป็นโรเตอร์จะเป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Pole) มีขดลวดพันอยู่ที่ขั้วแต่ละขั้วต่อเรียงกันเพื่อให้เกิดขั้วแม่เหล็ก (N, S) ปลายสายต่อเข้ากับสลิปริงจำนวนสองวง รับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้น หรืออาจจะเป็นการกระตุ้นด้วยตนเองแบบไร้แปรงถ่านก็ได้ และที่ผิวด้านหน้าของแต่ละขั้วจะมีขดลวดแอมแปร์ฝิงอยู่ เพื่อใช้ช่วยหมุนมอเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมหนัก เช่น ใช้ขับเคลื่อนในการโม่หิน และยังใช้ในการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง(Power Factor)ของระบบไฟฟ้าได้ด้วย



รูปที่ 2.17 ซิงโครนัสมอเตอร์