บทที่ 2

ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

2.1 คำนำ

ในการใช้มอเตอร์เพื่องานอุตสาหกรรมและขนส่งนั้น ได้แบ่งมอเตอร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์กระแสตรง และ มอเตอร์กระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรงมีข้อได้เปรียบ คือ

1. มีคุณสมบัติเหมาะสมในการควบคุมอัตราเร็วของการขับเคลื่อน โดยมีพิสัยของอัตราเร็วกว้างมาก การควบคุมสามารถทำให้มอเตอร์หมุนเร็วหรือช้ากว่าความเร็วรอบที่พิกัดได้

2. มีแรงบิดขณะเริ่มเดินเครื่องสูงมากซึ่งเหมาะสมกับ งานยกของ ฉุดลาก และ ขับเคลื่อน

3. วิธีการควบคุมของมอเตอร์กระแสตรงง่ายกว่ามอเตอร์กระแสสลับ ที่ทำงานคล้ายกัน

ข้อเสียเปรียบคือ

1. ต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟส่วนใหญ่เป็นกระแสสลับ

2. กำลังของมอเตอร์ที่เท่ากัน มอเตอร์กระแสตรงมีขนาดใหญ่ และมีราคาสูงกว่ามอเตอร์กระแสสลับ

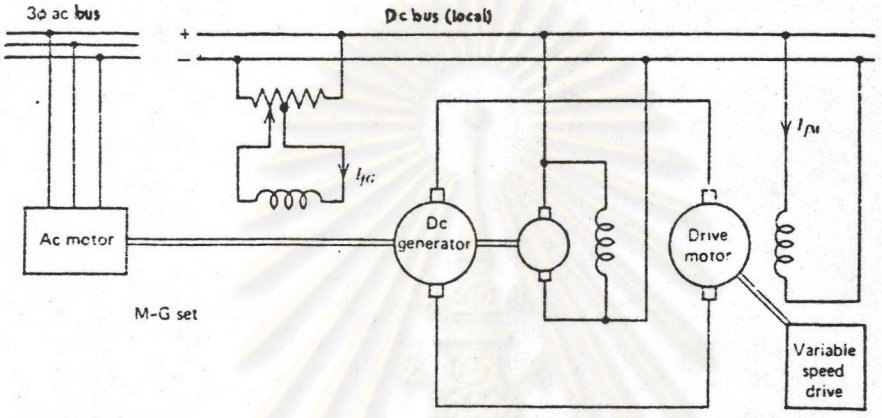
3. ในการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์กระแสตรงต้องมีวิธีที่ยุ่งยากมากกว่า

4. ต้องการการบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์กระแสสลับ ทั้งนี้เนื่องจากคอมมิวเตเตอร์ (commutator) มีการสึกหรอที่เกิดจากประกายไฟ และการขัดสีระหว่างแปรงถ่านกับคอมมิวเตเตอร์

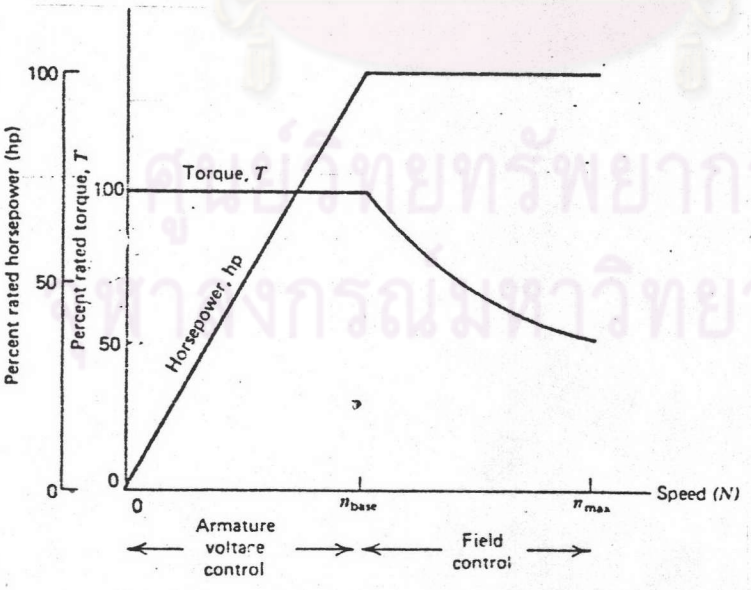
5. ระหว่างซี่ (segment) ของคอมมิวเตเตอร์ มีแรงดันแตกต่างสูงสุดได้ประมาณ 20 โวลต์ จึงจะให้คอมมิวเตชั่นเป็นผลดี ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีขนาดอัตราแรงดันสูงกว่า 600 โวลต์ และมีขนาดใหญ่หลายพันแรงม้าได้

มอเตอร์กระแสตรงมีส่วนได้เปรียบที่สำคัญคือลักษณะสมบัติที่ไม่มีใครเหมือน ที่ทำให้ยังมีการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงอยู่

ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง พัฒนาเรื่อยมาจนได้ระบบที่สมบูรณ์นั่นคือระบบวาร์ดเลโอนาร์ดซึ่งแยกการกระตุ้นและอาร์เมเจอร์คนละวงจร ดังแสดงด้วยรูป 2.1 ส่วนรูป 2.2 แสดงลักษณสมบัติของระบบ



รูปที่ 2.1
ระบบวาร์ดเลโอนาร์ดที่ใช้มอเตอร์กระแสสลับและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



รูป 2.2 ลักษณสมบัติของระบบ

ข้อดีของระบบวาร์ดเลโอนาร์ด

1. สามารถหมุนเปลี่ยนทิศทางได้

2. เมื่อลดความเร็วของมอเตอร์ลงอาจมีพลังงานไหลกลับเข้าสายส่งได้ โดยผ่านชุดมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. สามารถทนต่อการลัดวงจรได้เป็นเวลานาน

4. กระแสเข้าอาร์เมเจอร์มีความราบเรียบดี

ข้อเสียของระบบ

1. ราคาตอนติดตั้งมีค่าสูง

2. ประสิทธิภาพทั้งระบบต่ำ

3. ใช้เนื้อที่มาก

4. ต้องการการบำรุงรักษาเป็นประจำ

ต่อมามีการใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วย โดยเริ่มแรกเป็นยุคของหลอดไทเรตรอน และต่อมาก็เข้าสู่ยุคสารกึ่งตัวนำจำพวกไทริสเตอร์

ข้อดีของการใช้ไทริสเตอร์ในการควบคุมความเร็ว คือ

1. ให้ผลตอบสนองเร็วขึ้น

2. ใช้งานง่ายและมีความเชื่อถือได้สูง

3. ต้องการการบำรุงรักษาที่ต่ำ

4. ให้ประสิทธิภาพสูง

5. ขนาดเล็ก, ราคาถูก

ข้อเสียของการใช้ไทริสเตอร์ในการควบคุมความเร็ว คือ

1. กระแสและแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแส มีการกระเพื่อมค่อนข้างสูงทำให้มอเตอร์ร้อนขึ้น และเกิดปัญหาการสับเปลี่ยน (commutation) การเพิ่มตัวเหนี่ยวนำในวงจรอาร์เมเจอร์ จะช่วยลดผลพวกนี้ได้

2. มีค่าตัวประกอบกำลัง (power factor) ต่ำ เมื่อเทียบกับระบบ M-G set ที่ใช้มอเตอร์แบบซิงโครนัสซึ่งสามารถทำให้ค่าตัวประกอบกำลังนี้สูงขึ้นได้อีกด้วย

3. ความสามารถในการใช้งานขณะภาระเกิน (overload) ต่ำกว่าระบบ M-G set

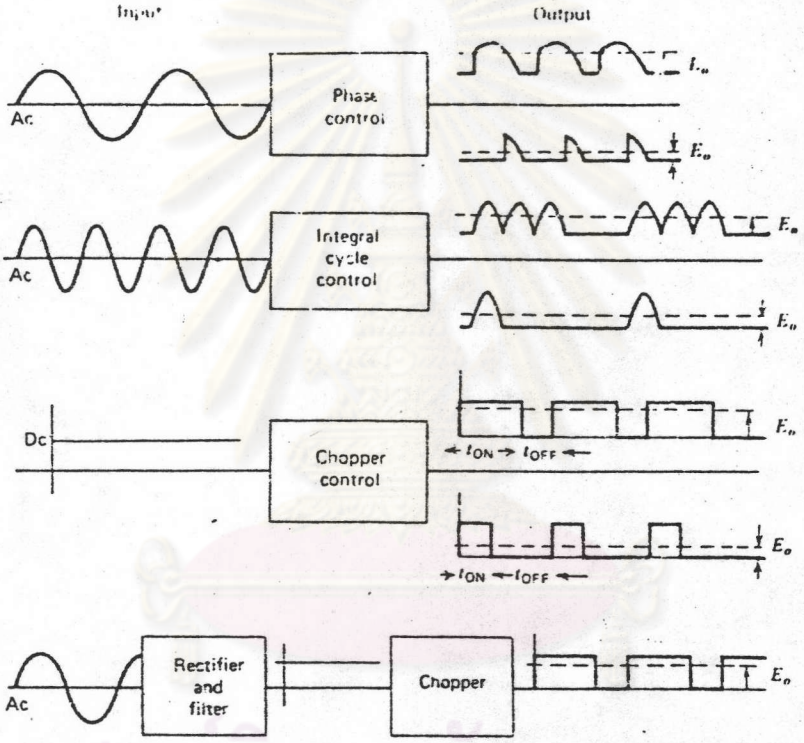
4. ส่งผลการรบกวนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

5. ในระบบ M-G set สามารถส่งกำลังกลับคืนได้อย่างอัตโนมัติ ส่วน

ในระบบเรียงกระแสจะทำได้ก็ต่อเมื่อใช้วงจรแปลงผัน (converter) 2 ชุด

ข้อเสียต่าง ๆ เหล่านี้สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ แต่ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น

การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้วงจรแปลงผัน เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมมีวิธีการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ได้ 3 วิธี 1. ควบคุมเฟส (Phase Control) 2. ควบคุมจำนวนเต็มของครึ่งช่วงวัฏจักร (Integral Cycle Control) และ 3. วิธีชอปเปอร์ (Chopper Control) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3
วิธีการพื้นฐานในการแปรค่าแรงดันขาออกโดยที่แรงดันขาเข้ามีรูปแบบคงที่

วิธีควบคุมเฟสเป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างมาก วิธีควบคุมจำนวนเต็มของครึ่งช่วงวัฏจักรจะใช้ได้เมื่อความถี่สูง ๆ วิธีชอปเปอร์เป็นวิธีที่ค่อนข้างสมบูรณ์กว่าวิธีอื่นเมื่อพิจารณาถึง การกระเพื่อมของแรงดันขาออก การคืนพลังงาน และ ตัวประกอบกำลังขาเข้า วิทยานิพนธ์นี้เลือกที่จะศึกษาวิธีควบคุมเฟสเท่านั้น

2.2 <u>คุณลักษณะของมอเตอร์กระแสตรง</u> (สัณห์ ศิวารัตน์, 2533)

พารามิเตอร์ที่สำคัญของมอเตอร์กระแสตรงพอสรุปได้ดังนี้

k_f ค่าคงตัวในการสร้างแรงดันอาร์เมเจอร์มีหน่วยเป็น โวลต์ วินาที/แอมป์

τ ค่าคงตัวเวลา (ทางไฟฟ้า) มีค่าเท่ากับ L/R วินาที แยกเป็น τ_f ของวงจรสนาม และ τ_a ของวงจรอาร์เมเจอร์

τ_m ค่าคงตัวเวลา (ทางกล) มีค่าเท่ากับ J/B

B ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืดของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร/(เรเดียน/วินาที)

J ค่าคงตัวเนื่องจากความเฉื่อยมีหน่วยเป็น นิวตันเมตร/(เรเดียน/(วินาที)^2) เรียกว่าโมเมนต์แห่งความเฉื่อยของมอเตอร์

ω ความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

ν คือความเร่งเชิงมุมมีค่าเท่ากับ $d\omega/dt$ มีหน่วยเป็น เรเดียน/(วินาที)^2

p เป็นอนุพันธ์เทียบเวลา $d(-)/dt$ เช่น $\nu = p\omega$

R_f ความต้านทานของวงจรสนามมีหน่วยเป็น โอห์ม

R_a ความต้านทานทั้งหมดในวงจรอาร์เมเจอร์ประกอบด้วย

- R_1 ความต้านทานในอาร์เมเจอร์
- R_2 ความต้านทานในขดลวดขั้วสับหว่าง (inter pole)
- R_3 ความด้านทานในขดลวดชดเชย (compensating winding)
- R_4 ความต้านทานในขดลวดสนามอนุกรม

L_f ความเหนี่ยวนำของขดลวดสนามอยู่ในแนวแกนตรงมีหน่วยเป็น เฮนรี

L_a ความเหนี่ยวนำของขดลวดทั้งหมดในวงจรอาร์เมเจอร์ อยู่ในแนวแกนทั้งสองมีหน่วยเป็น เฮนรี ประกอบด้วย

- L_1 ความเหนี่ยวนำของอาร์เมเจอร์
- L_2 ความเหนี่ยวนำของขดลวดสับหว่าง
- L_3 ความเหนี่ยวนำของขดลวดชดเชย
- L_4 ความเหนี่ยวนำของขดลวดสนามอนุกรม
- L_{f4} ความเหนี่ยวนำควบระหว่าง ขดลวดสนามขนานกับขดลวดสนามอนุกรม

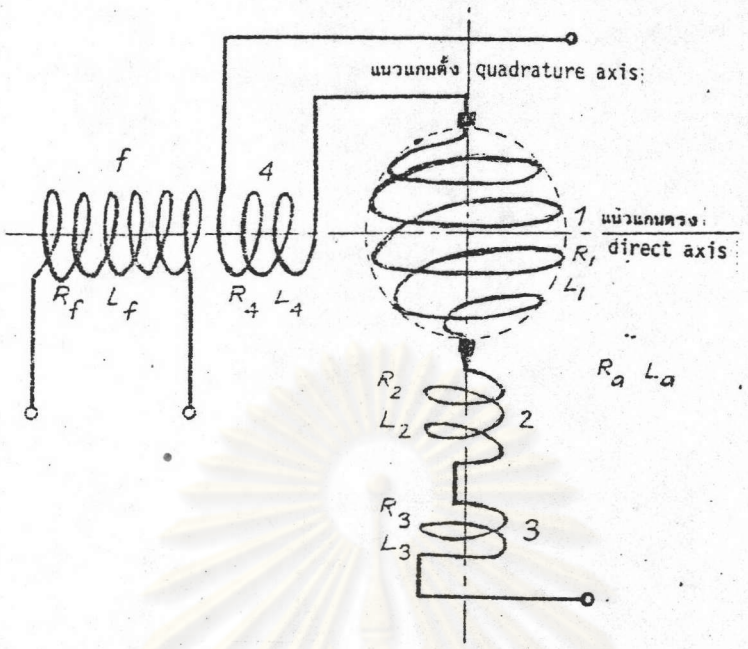
T_L แรงบิดที่เป็นโหลด

T_J แรงบิดอันเนื่องจากความเฉื่อย

T_e แรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้นมาขับเคลื่อนโหลด

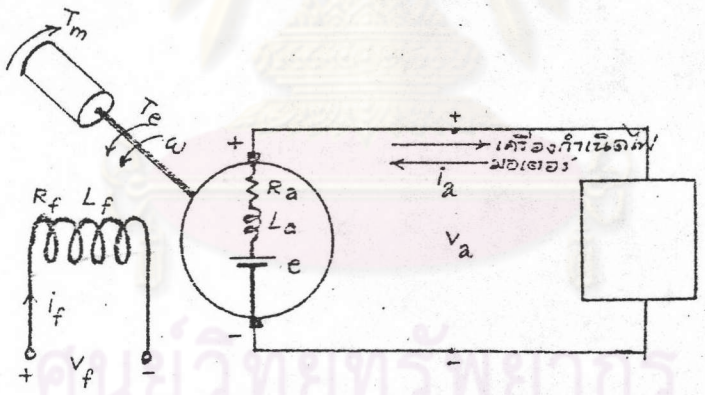
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพของระบบเขียนได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4

แสดงแผนภาพที่ใช้ประกอบคำนิยามของพารามิเตอร์ของมอเตอร์



รูปที่ 2.5

แสดงแผนภาพสมการของระบบมอเตอร์กระแสตรง

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์จึงขอกำหนดสมมุติฐานที่ใช้ดังนี้คือ ระบบทำงานเชิงเส้น มีสนามเฉพาะ direct axis เท่านั้น ทาง quadrature axis ไม่มีสนามแม่เหล็ก เราเขียนสมการแรงดันของวงจรสนามได้ดังนี้

วงจรสนาม $V_f = R_f i_f + L_f(di_f/dt) + L_{f4}(di_a/dt)$ (2.1)

วงจรอาร์เมเจอร์กรณีที่เป็นมอเตอร์ เขียนได้ดังนี้

$$V_a = R_a i_a + L_a(di_a/dt) + L_{f4}(di_f/dt) + e \quad (2.2)$$

$$= R_a i_a + L_a(di_a/dt) + L_{f4}(di_f/dt) + k_f i_f \omega \quad (2.3)$$

$$T_e = T_J + T_L \quad (2.4)$$

$$k_f i_f i_a = J(d\omega/dt) + B\omega \quad (2.5)$$

ในกรณีที่ใช้งานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถเขียนสมการแรงดันของวงจรอาร์เมเจอร์ได้ดังนี้

$$V_a = k_f i_f \omega - R_a i_a - L_a(di_a/dt) - L_{f4}(di_f/dt) \quad (2.6)$$

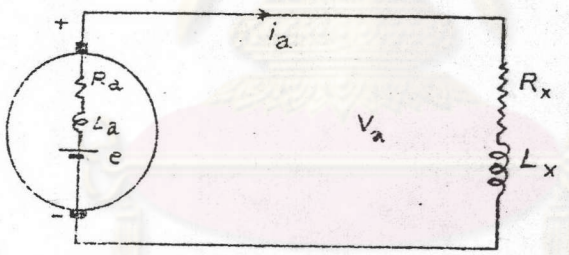
$$T_s(\text{primemover}) = k_f i_f i_a + (Jd\omega/dt) + B\omega \quad (2.7)$$

$$V_a = R_x i_a + L_x(di_a/dt) \quad (2.8)$$

โดยที่ T_s คือแรงบิดที่มาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

R_x คือตัวต้านทานที่เป็นโหลด

L_x คือขดลวดเหนี่ยวนำที่เป็นโหลด



รูปที่ 2.6

แผนภาพของวงจรมอเตอร์ในกรณีที่ใช้งานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีที่ไม่มีสนามอนุกรมและไม่มีโหลด สมการ (2.6) จะกลายเป็น

$$V_a = k_f i_f \omega = e \quad (2.9)$$

สมการ (2.1) กลายเป็น

$$V_f = R_f i_f + L_f(di_f/dt) = (R_f + L_f p) i_f \quad (2.10)$$

$$V_f/R_f = i_f + \tau_f p i_f$$

$$i_f = V_f(1/R_f)[1/(1+\tau_f p)] \quad (2.11)$$

เมื่อไม่มีโหลด และ $i_a = 0$ แรงบิดต้านเนื่องจากโหลดจึงไม่มี $T_L = 0$ จึงประมาณว่า ω คงค่าตลอดในกรณีที่ไม่มีโหลดไม่ว่า V_f และ i_f จะเปลี่ยน และให้ $k_g = k_f\omega$ โดยที่ ω มีค่าคงที่ ดังนั้นสมการ (2.9) กลายเป็น

$$V_a = k_g i_f \qquad (2.12)$$

$$i_f = V_a/k_g \qquad (2.13)$$

แทนค่า (2.13) ใน (2.10) ได้

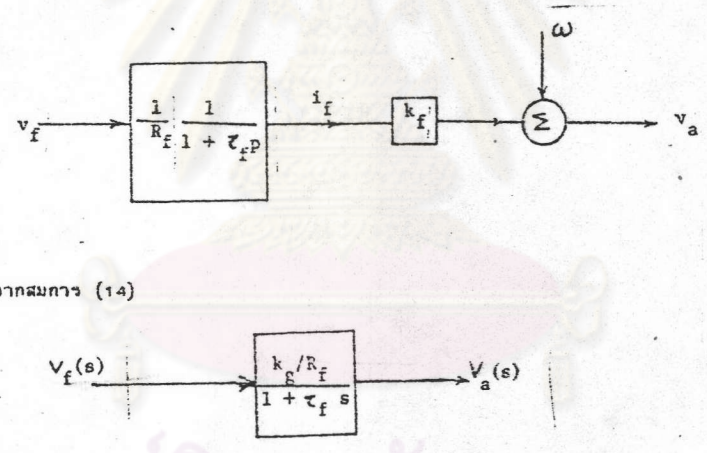
$$V_f = R_f(V_a/k_g)+(L_f/k_g)(dV_a/dt) = (R_f/k_g)(1+\tau_f p)V_a$$

$$V_a = V_f(k_g/R_f)[1/(1+\tau_f p)]$$

ฟังก์ชันโอนย้ายคือ

$$V_a(s)/V_f(s) = (k_g/R_f)[1/(1+\tau_f s)] \qquad (2.14)$$

เขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 (ก) แผนภาพจากสมการ (2.11) และ (2.12)
(ข) แผนภาพจากสมการ (2.14)

2.3 <u>การวัดค่าคงตัวต่าง ๆ ของมอเตอร์กระแสตรง</u> (สัณห์ ศิวารัตน์, 2533; Rajashekara, 1988)

ในการออกแบบระบบขับเคลื่อน ต้องรู้ค่าคงตัวต่าง ๆ ของมอเตอร์ที่ใช้

2.3.1 การวัดค่า R_a, R_f

ควรใช้งานมอเตอร์สักระยะหนึ่ง เพื่อให้อุณหภูมิของมอเตอร์เป็น

อุณหภูมิที่ใช้งานโดยทั่วไป การวัดค่า R_a, R_f มักใช้วีทโสตนบริดจ์ช่วยวัด หรือใช้วิธี โวลต์ - แอมป์ ใช้ค่ากระแสไม่เกินพิกัดสำหรับวัดหาค่า R_a และใช้ค่าแรงดันไม่เกินพิกัด เพื่อวัดหาค่า R_f อัตราส่วนระหว่างแรงดันและกระแสคือค่าความต้านทาน

2.3.2 การวัดค่า L_a, L_f

การวัดค่าความเหนี่ยวนำอาจใช้ impedance-bridge หรือวิธีป้อน สัญญาณไซน์ประมาณ 10 โวลต์ 50-100 Hz วัดคลื่นแรงดัน วัดคลื่นกระแส และมุมเฟส α ระหว่างกระแสและแรงดันจาก CRO และหาค่า L ได้ดังนี้

$$L = (1/2\pi f)(V_{peak}/I_{peak})\sin\alpha$$

2.3.3 หาค่า k_f จาก magnetizing curve ดังนี้ ทดสอบหาค่า megnetizing curve ของมอเตอร์กระแสตรงโดยหมุนมอเตอร์ให้ทำงานเสมือนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและให้ความเร็วรอบคงที่ (อาจเป็นที่พิกัด) ให้ e เป็นแรงดันที่วงจรอาร์เมเจอร์ เขียนกราฟ e/w_m กับ i_f จะได้ $k_f = (e/w_m)/i_f$ (ในช่วงเชิงเส้นยังไม่อิ่มตัว)

2.3.4 การวัดค่า B และ J

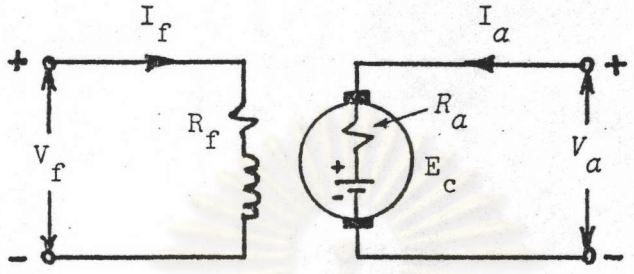
1. ต่อมอเตอร์แบบกระตุ้นแยก ปรับค่า i_f ให้ได้ e ประมาณ 100 โวลต์ที่ความเร็วพิกัด (ดูจาก magnetization curve) ป้อนไฟฟ้าให้อาร์เมเจอร์จนมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วพิกัด บันทึกค่า i_f, i_a, w_m หาค่า k_f จากกราฟ ในข้อ 2.3.3 คำนวณหาค่า B จาก $B = k_f i_f i_a / w$

2. ขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วพิกัด ให้ตัดวงจรอาร์เมเจอร์ออก (ห้ามตัด I_f) ปล่อยให้มอเตอร์ลดความเร็วลงจนหยุดหมุน ใช้สโตเรจออสซิโลสโคปบันทึกแรงดันของอาร์เมเจอร์หรือแรงดันจากอุปกรณ์วัดความเร็วรอบบันทึกภาพ (แรงดันที่วัดเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วรอบ) หาตัวคงค่าเวลา (time constant) ทางกล τ_m ได้จากกราฟที่บันทึกนี้ โดยที่ τ_m เท่ากับช่วงเวลาที่แรงดันอาร์เมเจอร์ หรือความเร็วรอบลดลงจากพิกัดถึง 0.368 เท่าของพิกัด เมื่อรู้ค่า τ_m และ B จะคำนวณค่าคงตัวเนื่องจากความเฉื่อย J ได้จากสมการ

$$J = \tau_m / B$$

2.4 <u>หลักการควบคุมความเร็วรอบ</u> (มงคล เดชนครินทร์ และคณะ, 2528)

จากการศึกษาคุณลักษณะของมอเตอร์กระแสตรงที่ผ่านมานั้น เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง จะละปริมาณบางตัวออกก่อน และใช้แผนภาพวงจรตามรูป 2.8 ซึ่งแสดงถึงปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ 2.8 แผนภาพมอเตอร์กระแสตรง

โดยการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's voltage law) กับวงจรอาร์เมเจอร์ได้

$$V_a = e + I_a R_a \qquad (2.17)$$

ถ้ามอเตอร์มีขนาดใหญ่กว่า 5 แรงม้า (3.73 kW) สามารถละเลย R_a หรือให้ $R_a = 0$ และจะได้

$$V_a = e \qquad (2.18)$$

เนื่องจาก e มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วของการหมุน ω (ในหน่วยเรเดียน/วินาที) ของอาร์เมเจอร์ และฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ (ในหน่วยเวเบอร์) ที่ขั้วแม่เหล็กขั้วใดขั้วหนึ่ง ดังนั้น

$$e = K\omega\phi \qquad (2.19)$$

โดยที่ K เป็นค่าคงตัว

จากสมการ (2.17), (2.18) และ (2.19) ได้

$$\omega = e/K\phi = (V_a - I_a R_a)/K\phi \qquad (2.20)$$

$$\simeq V_a/K\phi \text{ (สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่)} \qquad (2.21)$$

สมการ (2.20) แสดงให้เห็นว่า ความเร็วของมอเตอร์เป็นสัดส่วน โดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ และเป็นสัดส่วนโดยตรงโดยประมาณกับแรงดันที่ป้อนเข้าสู่อาร์เมเจอร์ (สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่) แต่เป็นสัดส่วนกลับกับฟลักซ์แม่เหล็ก ในวงจร

สนาม

แรงบิดที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ และฟลักซ์แม่เหล็กในวงจรสนาม ตามสมการ

$$T = KI_a\phi \text{ (นิวตันxเมตร)} \qquad (2.22)$$

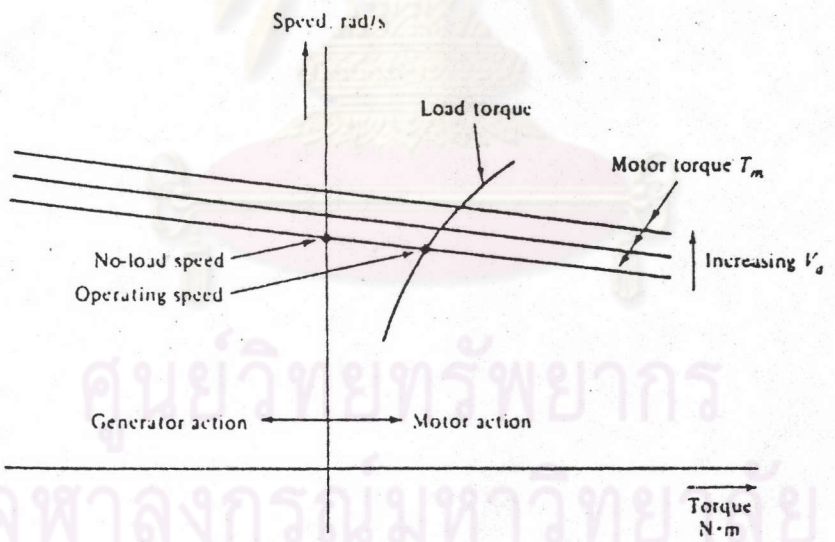
ส่วนกำลังงานกลของมอเตอร์ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างแรงบิด กับความเร็วจะมีสมการเป็น

$$P_m = T\omega = eI_a \text{ (วัตต์)} \qquad (2.23)$$

ในกรณีของมอเตอร์แบบกระตุ้นแยก ซึ่งให้กระแสในขดลวดสนาม I_f มีค่าคงตัวนั้น ฟลักซ์ ϕ จะคงตัวด้วย สำหรับกรณีนี้สมการ (2.2Ø) และ (2.22) ร่วมกันให้สมการใหม่เป็น

$$\omega = V_a/(K\phi) - [R_a/(K\phi)^2]T \qquad (2.24)$$

เมื่อนำไปลงจุด (plot) ในระนาบ T-ω จะให้เส้นลักษณะของมอเตอร์เป็นเส้นตรงดังรูป 2.9



รูปที่ 2.9

ลักษณะ T - ω ของมอเตอร์กระแสตรง

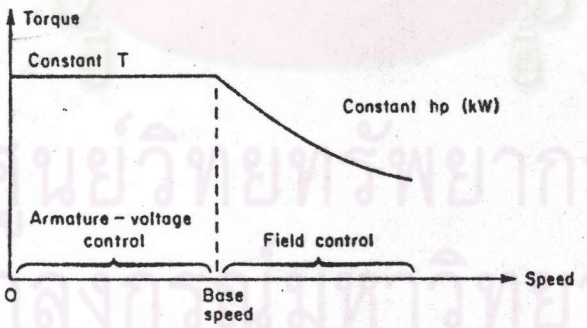
จากสมการ 2.2Ø แสดงให้เห็นว่าสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็ว ω ของมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 วิธีคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. โดยการแปรค่าแรงดัน V_a ไปในขณะที่ทำให้ฟลักซ์ ϕ มีค่าคงตัว วิธีนี้เรียกว่า การควบคุมแรงดันอาร์เมเจอร์ (armature - voltage control) ถ้าหากว่ากระแสอาร์เมเจอร์ I_a มีค่าคงตัว แรงบิดของมอเตอร์ก็คงตัวด้วย (โดยผลจากสมการ 2.22) ส่วนกำลังงานกลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็ว (สมการ 2.23) ในกรณีนี้เรียกว่า การควบคุมความเร็วเป็นไปตามแบบแผนแรงบิดคงตัว (constant torque mode) ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ ความเร็วของมอเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงอย่างประมาณกับแรงดันอาร์เมเจอร์ (สมการ 2.21)

2. โดยการแปรค่าฟลักซ์ ϕ ไปในขณะที่ทำให้แรงดัน V_a มีค่าคงตัว เรียกว่า การควบคุมสนาม (field control) ถ้ากระแส i_a มีค่าคงตัว กำลังงานกลของมอเตอร์จะคงตัวด้วยในขณะที่แรงบิดมีค่าลดลง ในกรณีนี้เรียกว่า การควบคุมความเร็วเป็นไปตามแบบแผนกำลังงานคงตัว (constant power mode) ความเร็วของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าฟลักซ์ (สมการ 2.20)

มอเตอร์แบบกระตุ้นแยกนั้น สามารถควบคุมความเร็วได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงค่าที่สูงกว่าความเร็วพิกัด (base speed คือความเร็วของมอเตอร์ขณะที่ได้รับแรงดันอาร์เมเจอร์เต็มพิกัด และมีฟลักซ์เป็นค่าพิกัดพร้อมกัน) ทั้งนี้โดยใช้วิธีควบคุมแรงดันอาร์เมเจอร์แล้วต่อด้วยวิธีควบคุมสนาม ดังที่แสดงไว้ด้วยเส้นโค้ง ความเร็ว-แรงบิดในรูปที่ 2.10



Torque vs. speed characteristics of a separately excited motor with variable armature voltage and field control.

รูปที่ 2.10

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก

งานที่ต้องการแรงบิดคงตัวจากมอเตอร์ ได้แก่ เครื่องมือกล สายพานลำเลียงและเครื่องยกของขนาดเบา ๆ เป็นต้น ส่วนงานที่ต้องการกำลังคงตัวจากมอเตอร์

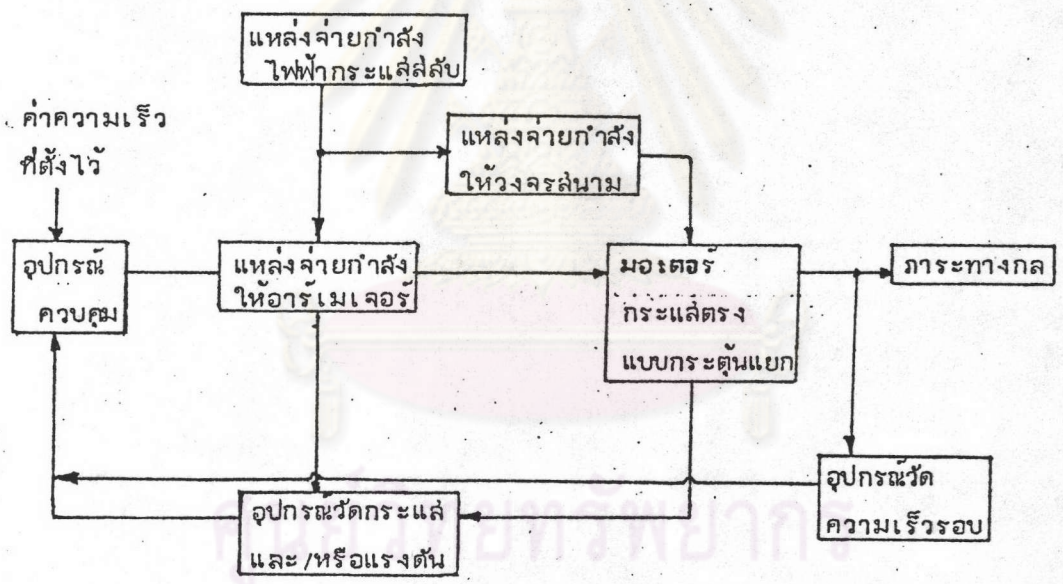
016937

ได้แก่ เครื่องพันขดลวด หัวรถลาก และปั้นจั่นขนาดใหญ่ เป็นต้น

2.5 โครงสร้างทั่วไปของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

(ยุทธนา กุลวิทิต และ คณะ,2530)

จากการที่ นำเอาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง ทำให้การประยุกต์ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นไปได้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบขับเคลื่อนที่ปรับความเร็วได้ และควบคุมความเร็วให้ได้ตามที่ต้องการ โดยทั่วไปเป็นระบบที่มีการป้อนกลับด้วย โดยการนำสัญญาณทางด้านขาออกป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณคำสั่ง เพื่อที่จะนำความคลาดเคลื่อนไปใช้ในการคุมค่าความเร็วให้ได้ตามต้องการ โครงสร้างทั่วไปของระบบควบคุมความเร็วเป็นดังรูปที่ 2.11 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้

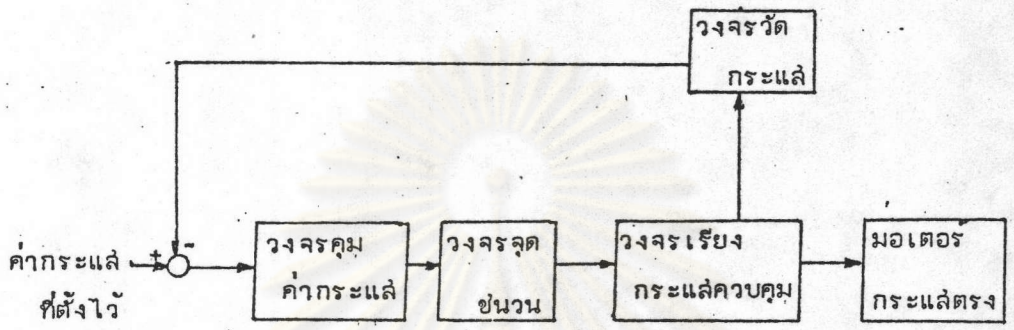


รูปที่ 2.11

โครงสร้างทั่วไปของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

ในการปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงที่แสดงในรูป 2.11 นี้ เรานิยมใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก ซึ่งทำให้ต้องการแหล่งจ่ายกำลัง 2 ชุด คือ สำหรับวงจรอาร์เมเจอร์ 1 ชุด และวงจรสนามอีก 1 ชุด แหล่งจ่ายไฟฟ้าให้วงจรเรียง

กระแสมักใช้ระบบ 3 เฟส 380 โวลต์ 50 เฮริตซ์ หรือ ระบบ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮริตซ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพิกัดแรงดันของมอเตอร์ อุปกรณ์ควบคุมทำหน้าที่ควบคุมและรักษาความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่ตามค่าที่ตั้งไว้ โดยมีการป้อนกลับของสัญญาณ ซึ่งได้แก่ กระแส แรงดัน ความเร็วรอบ หรือ สัญญาณอื่น ที่จำเป็นเราต้องมีวงจรคุมค่า (regulator) เพื่อวงจรมีเสถียรภาพและตอบสนองที่เร็ว

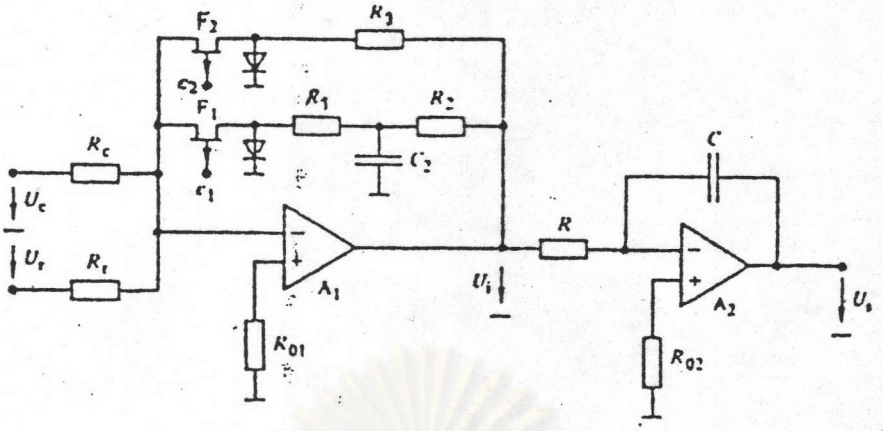


รูปที่ 2.12

แสดงแผนภาพเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับวงจรคุมค่ากระแสของแหล่งจ่ายกำลังให้อาร์เมเจอร์

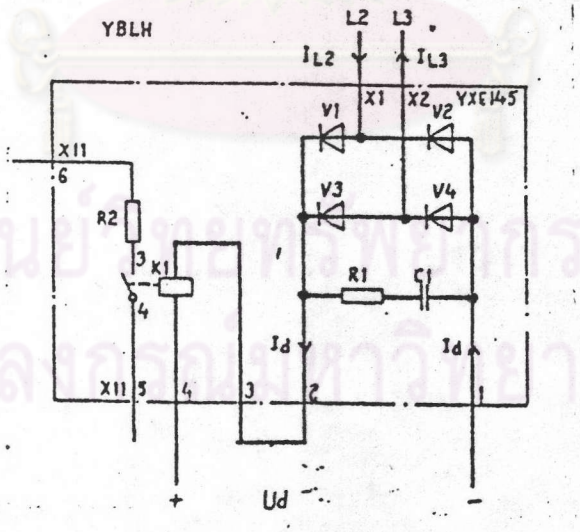
รูปที่ 2.12 แสดงการวัดกระแสที่ไหลผ่านวงจรเรียงกระแสควบคุมไปยังอาร์เมเจอร์ ค่าที่วัดได้นี้จะไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ผ่านวงจรคุมค่ากระแส ผ่านวงจรจุดชนวนเพื่อควบคุมให้วงจรเรียงกระแสทำงานตามที่ต้องการได้

โดยปกติแล้ว กระแสที่ได้จากวงจรเรียงกระแสควบคุมนี้ มักจะมีการกระเพื่อม (ripple) เสมอ ขนาดของการกระเพื่อมขึ้นกับค่าคงตัวในวงจรอาร์เมเจอร์ ตลอดจนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (back emf) ในภาวะการทำงานที่แรงบิดมีค่าต่ำกว่าพิกัดมาก กระแสอาร์เมเจอร์จะไหลไม่ต่อเนื่อง (โคทม อารียา, 2531;Joo and Goodman, 1985;) การไม่ต่อเนื่องของกระแสนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ กล่าวคือ ต้องออกแบบให้ระบบควบคุมมีการตอบสนองของระบบช้าเพื่อให้เกิดเสถียรภาพ มีหลายวิธีที่จะแก้ปัญหานี้ เช่น การเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำให้วงจรอาร์เมเจอร์ หรือ การนำวงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองมาใช้ ซึ่งมีคุณสมบัติทำงานแบบ PI เมื่อมีกระแสไหลอย่างต่อเนื่องและทำงานแบบ I เมื่อไม่มีกระแสไหลในอาร์เมเจอร์ (ดูรูปที่ 2.13) ทั้งนี้เพื่อให้การป้อนกลับที่เหมาะสมโดยมีการตอบสนองที่เร็วและมีเสถียรภาพ (โคทม อารียา 2531; Buhler,1979;Joo and Goodman,1985)



รูปที่ 2.13
วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติแบบ PI และ I อยู่ในวงจรเดียวกัน

สำหรับแหล่งจ่ายกำลังให้วงจรสนาม โดยทั่วไปมักใช้วงจรเรียงกระแสธรรมดา (ดูรูปที่ 2.14) ในกรณีที่ไม่ต้องการให้มอเตอร์หมุนเร็วกว่าพิกัด และหากต้องการให้มอเตอร์หมุนเร็วกว่าพิกัดมักใช้เทคนิค field weakening คือการลดกระแสสนามลงในย่านที่ความเร็วเกินพิกัด



รูปที่ 2.14 แหล่งจ่ายกำลังคงที่ให้วงจรสนาม (ASEA, 1981)

ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ จะได้กล่าวถึงในบทต่อไป