หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเบื้องต้น

ในงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้มอเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังที่สามารถปรับความเร็วได้อย่างต่อเนื่อง มอเตอร์เหนี่ยวนำมี 2 ชนิดคือมอเตอร์กระแสตรง (direct current motors) และมอเตอร์กระแสสลับ(alternating current motors) เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า มอเตอร์กระแสสลับ โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่วนำชนิดกรงกระรอก(squirrel-cage induction motors) เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุด ด้วยเหตุผลที่ว่ามอเตอร์ชนิดนี้ไม่มีคอมมิวเตเตอร์(commutators) และไม่มีแปรงถ่านที่จะต้องบำรุงรักษา การเชื่อมโยงกับโรเตอร์หรือตัวหมุน(rotor)อาศัยสนามแม่เหล็กจากสเตเตอร์หรือตัวอยู่นิ่ง(stator)เท่านั้น การบำรุงรักษามีแต่การดูแลลูกปืนที่รับน้ำหนักโรเตอร์และการทำความสะอาดช่องระบายอากาศเท่านั้น มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดกรงกระรอกมีความเร็วค่อนข้างคงที่ และจะขึ้นอยู่กับความถี่ของไฟสลับด้านเข้า[1] การแปรความเร็วของมอเตอร์ในช่วงกว้างอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องใช้วิธีแปรความถี่ไฟสลับ[1]โดยการแปลงผันกำลังไฟสลับ 50 Hzเป็นไฟตรงก่อน แล้วใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับ 3 เฟส วงจรนี้มีชื่อเรียกว่า อินเวอร์เตอร์ และใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในการปรับความถี่ และแรงดันไฟสลับด้านเข้ามอเตอร์ ในปัจจุบันอินเวอร์เตอร์มีราคาแพงกว่ามอเตอร์หลายเท่า แต่เมื่อพิจารณาในด้านการประหยัดพลังงาน ในกระบวนการผลิตและสมรรถภาพในการควบคุมความเร็ว พอจะกล่าวได้ว่าอินเวอร์เตอร์เหมาะสมกับการนำมาควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นอย่างมาก[2]

2. วิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยแรงดันและความถี่ [2]

ความเร็ว (speed,N_s) ของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กับดวามถี่ของสนามแม่เหล็กหมุนบนสเตเตอร์(stator frequency,f_s) และขั้วแม่เหล็ก(pole,P)

ของสเตเตอร์ดังสมการ(1.1)

$$N_s = f_s/P \qquad (1.1)$$

เมื่อนำมอเตอร์ไปขับโหลด ความเร็วจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วของสนามแม่บนสเตเตอร์(N_s) จึงเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นบนตัวโรเตอร์ผลทำให้เกิดแรงบิดบนตัวโรเตอร์และทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วของตัวโรเตอร์(rotor speed, N_r) ความแตกต่างสัมพัทธ์ของความเร็วทั้งสอง เรียกว่า สลิปหรือการไถล(slip,S)

$$\begin{aligned} S &= (N_s - N_r)/N_s \\ &= (\omega_s - \omega_r)/\omega_s \\ &= \omega_{s1}/\omega_s \end{aligned} \qquad (1.2)$$

หรือ $$N_r = (1-S)N_s$$

โดยที่ ω_s คือ ความถี่เชิงมุมของสเตเตอร์(stator angular frequency)

ω_r คือ ความถี่เชิงมุมของโรเตอร์(rotor angular frequency)

ω_{s1} คือ ความถี่เชิงมุมไถล(slip angular frequency)

2.1 วงจรสมมูล(equivalent circuit)[2]

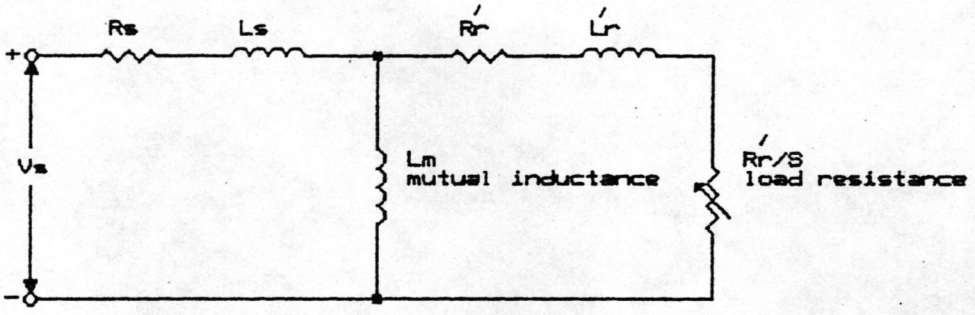
วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำในต่อเฟส ประกอบด้วยค่าดังต่อไปนี้(ดูภาพที่ 1.1)

L_m คือ ค่าความเหนี่ยวนำร่วม(mutual inductance)

R_s , R'_r คือ ค่าความต้านทานขดลวดทั้งตัวอยู่นิ่งและตัวหมุน ตามลำดับ

L_s , L'_r คือ ค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหล(leakage inductance) ของตัวอยู่นิ่งและตัวหมุน ตามลำดับ

R'_r/S คือ ค่าความต้านทานเทียบเท่าของโหลด



ภาพที่ 1.1 วงจรสมมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

จากวงจรสมมูลโดยประมาณเขียนเป็นสมการของค่าโดยประมาณของแรงบิดที่เกิดขึ้น(developed torque, T_e) ได้ดังสมการ(1.3)[2]

$$T_e = 3\left[\frac{P}{2}\right]\left[\frac{V_s}{\omega_s}\right]^2 x \left[\frac{\omega_{sl} R_r}{R_r^2 + \omega_{sl}^2 L_{lr}^2}\right] \qquad (1.3)$$

จากสมการ (1.3) ค่าของ (V_s / ω_s) แทน air gap flux, ψ_m ดังนั้นถ้าพิจารณาการทำงานที่มีสลิปต่ำ(low-slip) ถ้า $R_r^2 >> \omega_{sl}^2 L_{lr}^2$ สมการ(1.3) สามารถประมาณได้เป็นสมการ(1.4)[2]

$$T_e = 3\left[\frac{P}{2 \quad R_r}\right] \psi_m^2 \omega_{sl} \qquad (1.4)$$

จากสมการ(1.4) สังเกตได้ว่า

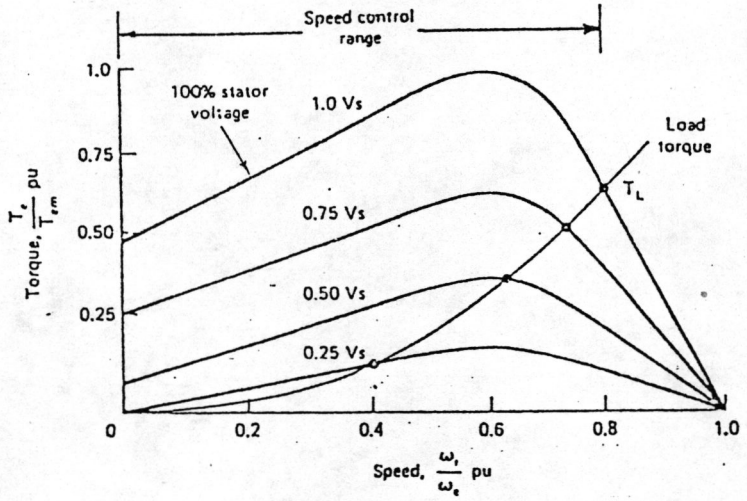
$$T_e \propto \psi_m^2 \omega_{sl} \qquad (1.5)$$

ถ้าเราให้ ψ_m หรือ v_s / ω_s มีค่าคงที่ ก็จะได้ว่า แรงบิดเป็นปฏิภาคกับสลิป

$$T_e \propto \omega_{sl} \qquad (1.6)$$

2.2 ผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแรงดัน[2]

การปรับความเร็วมอเตอร์ ทำได้ด้วยการเปลี่ยนขนาดแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์โดยให้ความถี่คงที่ ซึ่งทำได้ด้วยการควบคุมเฟส (phase control)ดังแสดงในภาพที่ 1.2 ที่เขียนจากสมการ(1.7)[2]



ภาพที่ 1.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(T_e)เทียบกับ แรงบิดสูงสุด(T_{em}) กับ ความเร็วของตัวหมุน (ω_r)เทียบกับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนบนตัวอยู่นิ่ง(ω_s) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์(V_s)

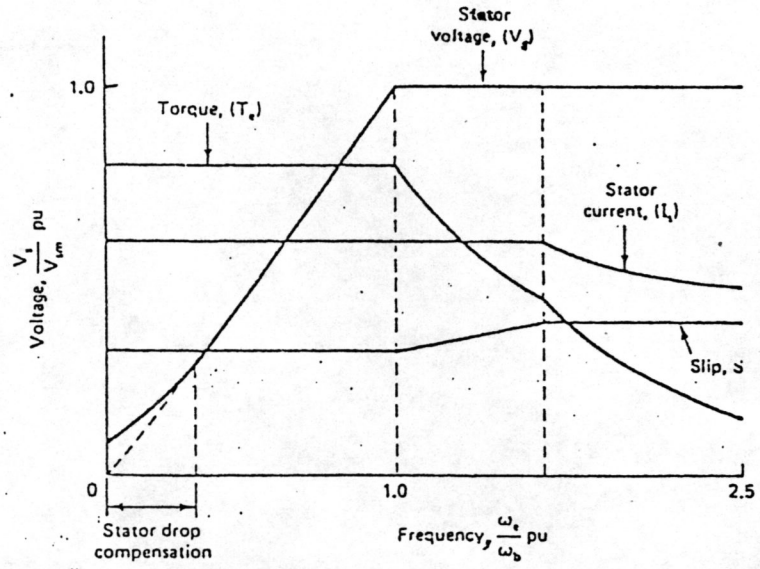
$$T_e = 3\left[\frac{p}{2\omega_s}\right]\frac{R_r V_s^2}{S\left[(R_s + R_r/S)^2 + \omega_s^2 (L_{ls} + L_{lr})^2\right]} \qquad (1.7)$$

จากภาพที่ 1.2 เราเขียนเส้นกราฟของโหลดที่มีลักษณะเป็นพาราบอลา โหลดที่มีลักษณะเช่นนี้ได้แก่ พัดลม หรือ เครื่องอัด ซึ่งความเร็วเชิงมุม(angular velocity)จะเป็นปฏิภาคกำลังสองกับแรงบิด(torque) คือ $T_l \propto \omega_r^2$

จะเห็นได้ว่าความเร็วของมอเตอร์หาได้จากตำแหน่งที่เส้นกราฟทั้งสองตัดกัน การเปลี่ยนแปลงแรงดันสเตเตอร์(V_s)จะทำให้ความเร็วเปลี่ยนไป การควบคุมโดยแรงดันนี้ใช้กับมอเตอร์แบบ high-slip (ความต้านทานของโรเตอร์มีค่ามากได้แก่ มอเตอร์ class D ตามการจำแนกของ NEMA [2]) ช่วงของการควบคุมความเร็วจะแคบลงหากใช้มอเตอร์แบบ low-slip motor ในการควบคุมแบบนี้อัตราส่วนของ T_s/I_s มีค่าลดลงเมื่อแรงดัน V_s ลดลง(air gap flux ลดลงด้วย) ดังนั้นสำหรับโหลดที่ต้องการแรงบิดที่คงที่จะต้องเพิ่มกระแสในมอเตอร์(I_s)เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของมอเตอร์ลดลง ส่งผลให้เกิดความร้อนในขดลวดสเตเตอร์

2.3 ผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความถี่ [2]

ย่านของการเปลี่ยนแปลงความถี่จะต้องสูงกว่าความถี่ตามพิกัด เมื่อแรงดันคงที่เท่ากับค่าพิกัด เพื่อไม่ให้ air gap flux เกิดการอิ่มตัวซึ่งจะมีผลทำให้กระแสในสเตเตอร์ไหลเกินพิกัด ดังนั้นในย่านนี้ความถี่ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ air gap flux ลดลงและถ้าความถี่สูงกว่า 1.6เท่าของค่าพิกัด กระแสในสเตเตอร์จะลดลงดังแสดงในภาพที่ 1.3 ผลของการเพิ่มความถี่จะทำให้แรงบิด มีค่าลดลงเป็นปฏิภาคผกผันกำลังกับสองของความถี่ เมื่อนำสมการ(1.7)นำมาเขียนใหม่โดยให้แรงบิดสูงสุด (maximum torque,T_{max}) แปลผกผันโดยตรงกับ $(V_s/\omega_s)^2$ จะได้ดังสมการ(1.8) ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็น Torque - speed curves ดังภาพที่1.4



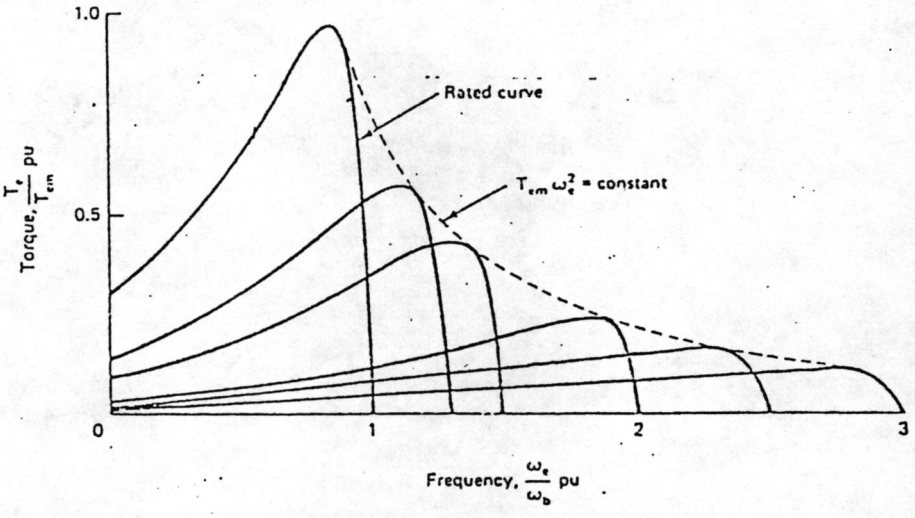
ภาพที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน(V_s),แรงบิด(T_e),กระแสสเตเตอร์(I_s), และสลิป(S) กับ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน(ω_e)

$$T_{em} = 3\left[\frac{p}{2}\right]\left[\frac{V_s}{\omega_e}\right]^2\left[\frac{\omega_{slm} R_r}{R_r^2 + \omega_{slm}^2 L_{lr}^2}\right] \qquad (1.8)$$

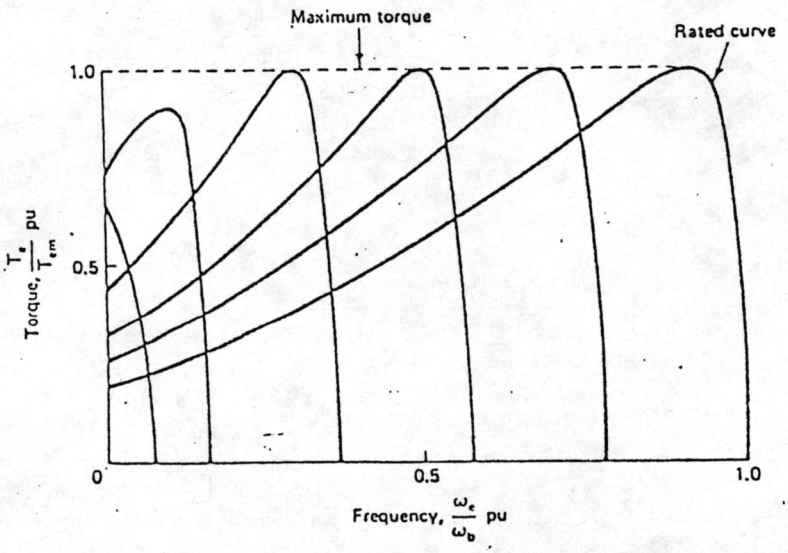
โดยที่ $\omega_{slm} = R_r / L_{lr}$ คือ slip frequency ที่แรงบิดสูงสุด ดังนั้นจะได้ว่า

$$T_{em} \times \omega_e^2 = \text{ค่าคงที่}$$

ถ้าต้องการให้มอเตอร์ทำงานที่ความถี่ต่ำ และคงคุณสมบัติเดิมไว้ จะต้องปรับอัตราส่วนของความถี่และแรงดันให้มีอัตราส่วนคงเดิม เพื่อให้ air gap flux มีค่าคงที่ซึ่งจะมีผลทำให้กราฟของแรงบิดกับความเร็วยังคงรูปร่างเดิมโดยที่ T_{em} มีค่าคงเดิมตลอดย่านความถี่ ดังแสดงในภาพที่ 1.5 แต่ที่ความถี่ต่ำค่าของแรงดันตกคร่อมอิมพิแดนซ์ของชุดขดสเตเตอร์จะทำให้ air gap flux ลดลง จึงต้องชดเชยด้วยการเพิ่มแรงดัน Vs ให้ได้ค่าของ Tem เกือบเท่ากับค่าที่ความถี่สูง(ดูภาพที่ 1.3 ในย่านความถี่ต่ำ)



ภาพที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์แรงบิด(Te)เทียบกับแรงบิดสูงสุด(T_{em}) กับ ความเร็ว(ω_e)เทียบกับความเร็วพิกัดของมอเตอร์(ω_b) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

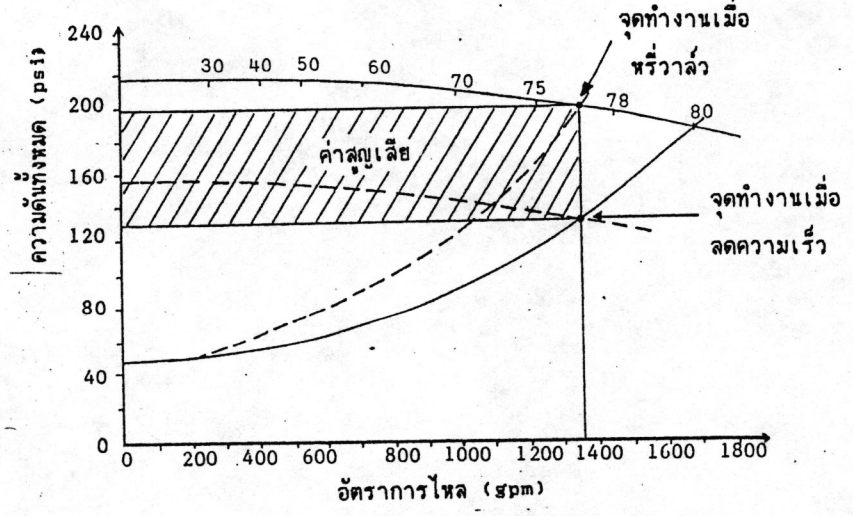


ภาพที่ 1.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิด(Te) กับ ความเร็ว(ωr) เมื่อมีการปรับอัตราส่วนของ แรงดัน(Vs) กับ ความถี่(ω_e) ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำให้มีค่าคงที่

กล่าวโดยสรุปสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ในย่านความถี่สูงกว่าพิกัดเราจะให้แรงดันสเตเตอร์ V_s คงที่เท่ากับค่าพิกัดซึ่งทำให้แรงบิดสูงสุดที่พิกัดลดลงตามภาพที่ 1.4 สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ในย่านที่ต่ำกว่าความถี่พิกัดเราจะให้อัตราส่วนของ V_s / ω_s มีค่าคงตัว ซึ่งจะทำให้แรงบิดสูงสุดคงตัวตามภาพที่ 1.5

3. ประโยชน์จากการใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์

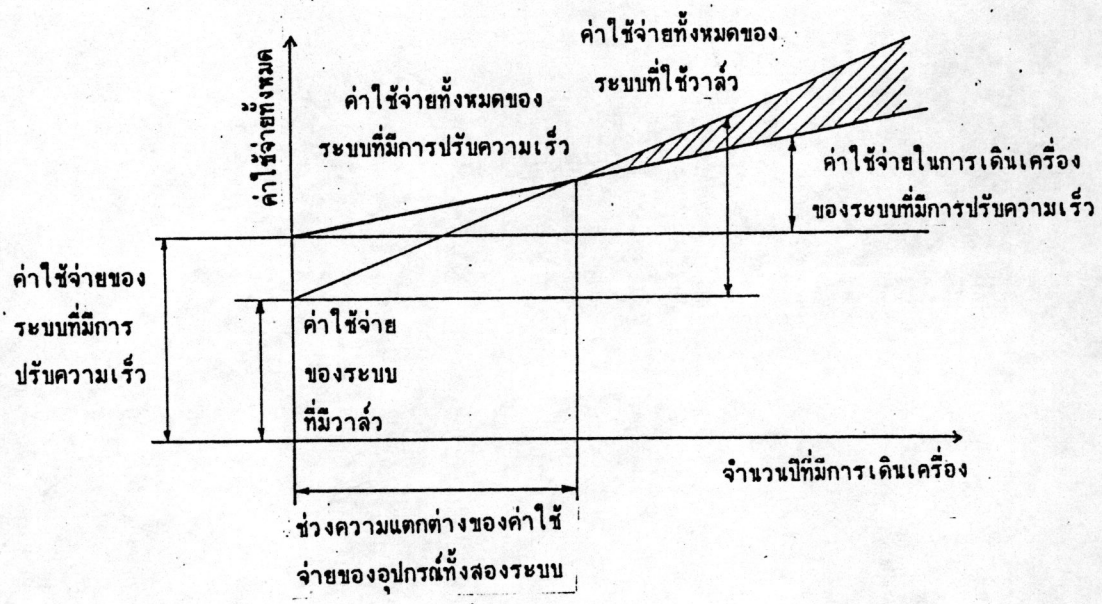
3.1 สามารถประหยัดพลังงาน วิธีการควบคุมอัตราการไหล(flow rate) ของของเหลว หรืออากาศ ที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ การหรี่วาล์ว กับการปรับความเร็วของตัวต้นกำลังหรือมอเตอร์[3] แต่การหรี่วาล์วจะทำให้เกิดการสูญเสียในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 1.6 [4] จากภาพที่ 1.6 จะเห็นได้ว่าเส้นประหมายถึงระบบที่ใช้การหรี่วาล์วเพื่อต้องการลด อัตราการไหล ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของของเหลวกับวาล์ว



ภาพที่ 1.6 กราฟแสดงให้เห็นพลังงานสูญเสียที่เกิดจากการลดอัตราไหลโดยการใช้วาล์ว เปรียบเทียบกับการลดความเร็วของตัวต้นกำลังโดยใช้ใช้อินเวอร์เตอร์

แต่เมื่อเราใช้วิธีการลดความเร็วของเครื่องสูบ จะทำให้ประหยัดพลังงาน เมื่อเทียบ กับการหรี่วาล์วดังแสดงในภาพที่ 1.7 [5] ผลการลดความเร็วของเครื่องสูบจะทำให้อัตราการไหลลง ถ้าลดอัตราการไหลลงครึ่งหนึ่งของค่าพิกัดทำให้กำลังงานลดลงถึง 8 เท่า เนื่องจากความสัมพันธ์ของ อัตราการไหล(flow rate,Q) กับกำลังงาน(power,P) เป็นดังแสดงในสมการ(1.9)

$$P \alpha Q^3 \qquad (1.9)$$



ภาพที่ 1.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดระหว่างระบบที่ใช้วาล์ว กับ ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับความเร็วของตัวต้นกำลัง

เมื่อพิจารณาในแง่ของความประหยัด จะต้องทราบว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่โดยการเปรียบเทียบ ระบบที่ใช้กับระบบที่ไม่ได้ใช้อินเวอร์เตอร์ ในการปรับอัตราของของเหลวจากภาพที่ 1.7 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายจะลดลงในระยะยาว เมื่อใช้วิธีการปรับความเร็วมอเตอร์

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต[5]

จุดเด่นประการสำคัญของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟสลับด้วยอินเวอร์เตอร์ก็คือ สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยการปรับความถี่ และแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ข้อได้เปรียบของการใช้อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ

3.2.1 ปราศจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นขั้นๆ(stepless speed change) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความถี่และแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3.2.2 เริ่มเดินและหยุดอย่างนิ่มนวล (soft start and soft stop)อินเวอร์เตอร์สามารถเพิ่มและลด ทั้งแรงดันและความถี่ด้านออกได้อย่างช้าๆจากความถี่ต่ำจนถึงความถี่สูง หรือจากความถี่สูงมายังความถี่ต่ำ ดังนั้นจึงไม่เกิดการกระชากของความเร็วซึ่งเหมาะสำหรับใช้ลำเลียงวัตถุ ที่ต้องระวังมิให้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วทันที เช่น ขวด ฯลฯ

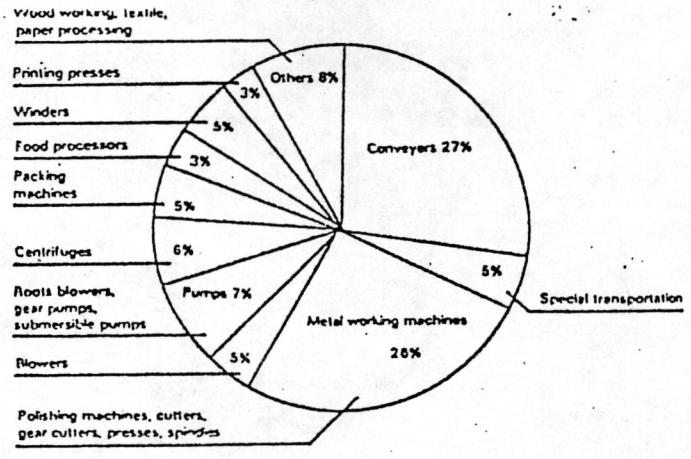
3.2.3 ความเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงได้ โดยการควบคุมของอินเวอร์เตอร์โดยการใช้วิธีการเบรคแบบพลวัต (dynamic brake)

3.2.4 เริ่มเดินด้วยค่าของแรงบิดสูงสุด (started at maximium torque) ดังนั้นสามารถเริ่มเดินเครื่องที่โหลดต้องการแรงบิดสูงๆได้โดยไม่ทำให้เกิดการกระชากของกระแสขณะเริ่มเดิน ดังแสดงในภาพที่ 1.5

3.2.5 ทำให้แหล่งจ่ายมีตัวประกอบกำลังสูง เนื่องมาจากส่วนประกอบของอินเวอร์เตอร์เป็นวงจรเรียงกระแสจากไฟสลับเป็นไฟตรง ฉะนั้นตัวประกอบกำลังด้านเข้าของอินเวอร์เตอร์เกือบคงที่ โดยไม่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ อีกประการหนึ่งก็คือตัวประกอบกำลังเนื่องจากขณะเริ่มเดินเครื่องโดยตรง(direct on line

มีค่าต่ำ ซึ่งอินเวอร์เตอร์สามารถแก้ปัญหานี้ได้

3.2.6 ทำให้ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์มีขนาดเล็กกว่าระบบที่เริ่มเดินโดยตรง (direct on line start) มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำขณะเริ่มเดินเครื่องโดยตรงจะกินกระแส 5 ถึง 6 เท่าของกระแสพิกัด ดังนั้นระบบจ่ายต้องมีขนาดใหญ่ แต่เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์จะสามารถลดกระแสขณะเริ่มเดินได้โดยจะเริ่มเดินเครื่องจากความถี่ต่ำ ทำให้ลดขนาดของระบบจ่ายลงมาได้[4]



ภาพที่1.8 แสดงตัวอย่างการใช้อินเวอร์เตอร์ในงานอุตสาหกรรม

4. <u>ชนิดของอินเวอร์เตอร์</u>

อินเวอร์เตอร์สามารถแบ่งตามชนิดของแหล่งจ่ายกำลังได้เป็น 2 ชนิดคือ

- อินเวอร์เตอร์ที่ใช้แหล่งแรงดัน (voltage fed inverters)
- อินเวอร์เตอร์ที่ใช้แหล่งกระแส (current fed inverters)

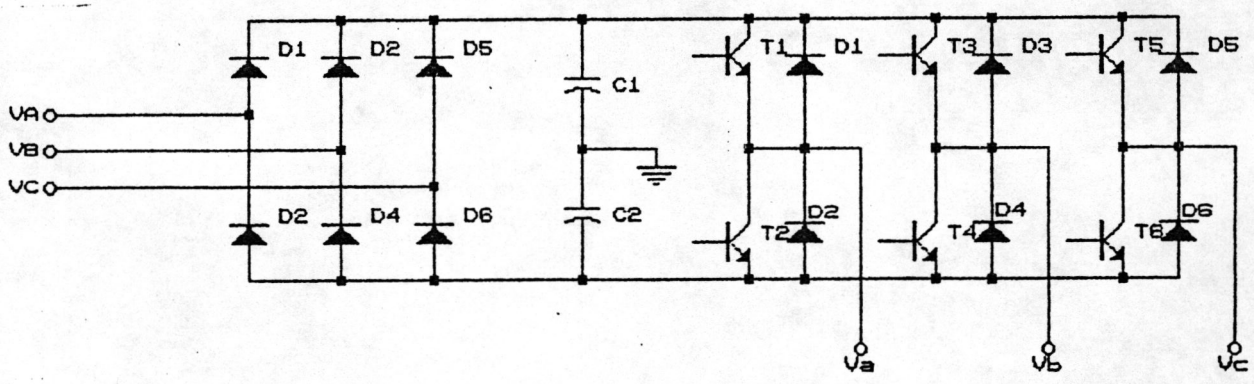
สำหรับวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่ใช้แหล่งแรงดันซึ่งเหมาะสำหรับการควบคุมความเร็วแบบวงรอบปิด การควบคุมแรงดันและความถี่ที่นิยมใช้กันมีด้วยกัน 2 วิธี คือ

1 ควบคุมแรงดันด้านเข้าของอินเวอร์เตอร์ pulse amplitude modulation,PAM

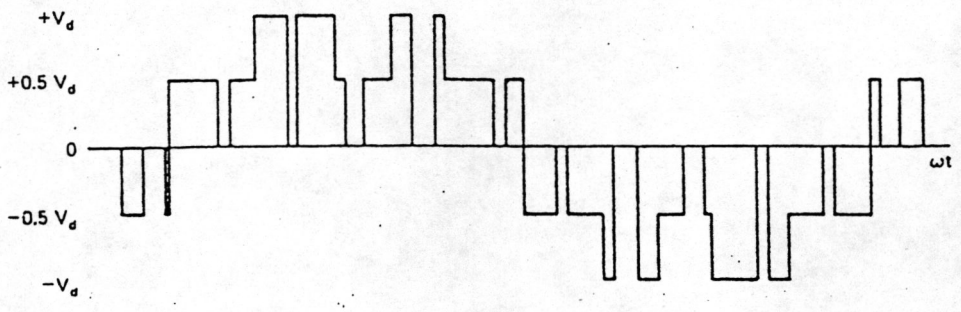
2 ควบคุมแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ โดยการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (pulse width modulation,PWM)

การควบคุมขนาดของแรงดันไฟตรงด้านเข้าของอินเวอร์เตอร์โดยวิธี PAM นี้ง่ายต่อการออกแบบ และการสูญเสียของพลังงานเนื่องจากการสวิตช์ (switching loss)มีน้อย เนื่องจากความถี่ในการสวิตช์ในหนึ่งคาบมีค่าต่ำ (6 หรือ 12 ครั้ง)

ปัญหาของการควบคุมแรงดันแบบนี้ก็คือ ในกรณีที่ต้องการควบคุมความเร็วให้ต่ำกว่าค่าปรกติถึง 10 เท่า จะเกิดกระแสฮาร์มอนิกส์ (harmonic current) มากซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดความร้อนในตัวมอเตอร์ การกระตุกเนื่องจากแรงบิด (torque pulsation)[6] รวมกับปัญหาของตัวประกอบกำลังที่ไม่ดีเนื่องจาก การใช้วงจรเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส และ เกิดปัญหาเสถียรภาพของระบบที่ความเร็วต่ำๆเนื่องจากวงจรกรองแรงดันเป็น วงจรกรองผ่านต่ำแบบ LC (LC low-pass filter)[2]



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1.9 ก) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM ที่ใช้แหล่งแรงดัน (voltage source)

ข) แรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์แบบ PWM (Vab)

ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแก้ไขได้โดยใช้อินเวอร์เตอร์แบบ PWM เนื่องมาจากอินเวอร์เตอร์แบบ PWM มีหลักการปรับแรงดันและความถี่ โดยการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ การตัดต่อสัญญาณหลายครั้งในหนึ่งคาบสามารถขจัดฮาร์มอนิกส์ต่ำได้ ดังนั้นจึงสามารถลดความร้อนในตัวมอเตอร์ และลดการกระตุกของมอเตอร์อันเนื่องมาจากฮาร์มอนิกส์ค่าต่ำ[2]

5. <u>วัตถุประสงค์ของวิจัย</u>

เพื่อคิดค้นสร้างและทดสอบอินเวอร์เตอร์ สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สามารถควบคุมแรงดันขาออกอินเวอร์เตอร์ ด้วยวิธีการป้อนกลับแรงดัน และสามารถแปรความถี่โดยให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่มีค่าคงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แรงบิดสูงสุด(maximum torque, T_m) เกือบคงที่

6. ขอบเขตของการวิจัย

6.1 สร้างอินเวอร์เตอร์ ที่สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีขนาด 5 กิโลวัตต์ และสามารถปรับความถี่ขาออกได้ตั้งแต่ 5 Hz ถึง 50 Hz โดยที่ยังคงค่าของแรงบิดสูงสุดไว้เกือบเท่าเดิม

6.2 อินเวอร์เตอร์ที่ถูกสร้างขึ้น สามารถคงค่าแรงดันหลักมูลที่ขั้วมอเตอร์ได้โดยขึ้นอยู่กับแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้อินเวอร์เตอร์ และกระแสที่ไหลในมอเตอร์น้อยมาก

7. ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินการ

7.1 ศึกษาหาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ โดยการศึกษาวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำว่าสามารถทำได้อย่างไร และมีด้วยกันกี่วิธี แล้วคัดเลือกวิธีการที่สามารถทำได้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์

7.2 ทดสอบความเป็นไปได้ ของทฤษฎีการป้อนกลับโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า LEC[6] จำลองแบบวงจร ซึ่งผลที่ได้พอสรุปได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎี

7.3 ออกแบบสร้าง วงจรกำลังและวงจรควบคุมแต่ละส่วน

7.4 นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน และทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง

7.5 ทดสอบวงจรทั้งหมดที่พิกัดของแรงดันและกระแส

7.6 ประเมินผลและสรุปผลรายงานเพื่อเขียนวิทยานิพนธ์

8. <u>ประโยชน์ที่จะได้จากการทำวิทยานิพนธ์</u>

8.1 เป็นการนำทฤษฎีการป้อนกลับแรงดันมาสร้างสัญญาณ PWM ที่สามารถคงค่าแรงดันหลักมูลได้

8.2 ได้อินเวอร์เตอร์ที่สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีขนาด 5 กิโลวัตต์

8.3 เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ

017009