หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ

การขับนำมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการปรับค่าแรงดันและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ นับว่าเป็นงานที่ใหม่ที่สุดของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำและการควบคุมความเร็วโดยการปรับแรงดันและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ พร้อมทั้งชนิดของเครื่องควบคุมความเร็วแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ออกแบบเครื่องขับนำสำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนอยู่นิ่ง (stator) และส่วนหมุน (rotor) ส่วนหมุนจะทำหน้าที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับผ่านส่วนอยู่นิ่งโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำ ซึ่งขดลวดของส่วนอยู่นิ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ขึ้นในช่องอากาศ (air-gap) ระหว่างส่วนอยู่นิ่งกับส่วนหมุน และหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส (synchronous)

$$\omega_s = 2\pi\left(\frac{2f}{p}\right) \quad \text{เรเดียนต่อวินาที} \tag{2.1}$$

เมื่อ ω_s เป็นความเร็วซิงโครนัสของสนามแม่เหล็ก

f เป็นความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

p เป็นจำนวนขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการพันขดลวดบนส่วนอยู่นิ่ง

เมื่อมอเตอร์หมุนกระแสในส่วนหมุน I_2 จะมีเฟสตามหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าในส่วนหมุนด้วยมุมเฟส θ_2 ซึ่งมอเตอร์นี้มีแรงหมุนเป็นสัดส่วนกับกระแสองค์ประกอบของส่วนที่มีเฟสทับกันในส่วนหมุน คือ $I_2\cos\theta_2$ และแรงหมุนนี้ยังมีค่าเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ในช่องอากาศ ดังนั้นโดยทั่ว ๆ ไป เราจะเขียนสมการของแรงบิดได้ว่า

$$T = K_T \phi I_2 \cos\theta_2 \tag{2.2}$$

เมื่อ K_T เป็นค่าคงที่

ϕ เป็นค่าฟลักซ์สูงสุดต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็กจองมอเตอร์

I_2 เป็นกระแสในส่วนหมุน

θ_2 เป็นมุมระหว่างแรงดันและกระแสในส่วนหมุน

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับรูปไซน์ที่มีขนาดเท่ากับ $V\sin 2\pi ft$ เข้าที่ขดลวดของส่วนอยู่นิ่ง จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กหมุนมีขนาด (ไม่คิดความต้านทานของขดลวด) ตามสมการ

$$V\sin 2\pi ft = -\frac{Kd\phi}{dt} \qquad (2.3)$$

จะได้

$$d\phi = -\frac{V}{K}\sin 2\pi ftdt \qquad (2.4)$$

$$\int d\phi = -\frac{V}{K}\int \sin 2\pi ftdt \qquad (2.5)$$

$$\phi = K_1 \frac{V}{f}\cos 2\pi ft \qquad (2.6)$$

นั่นคือ ขนาดของฟลักซ์แม่เหล็กหมุนในช่องอากาศจะเท่ากับ

$$\phi = K_2 \frac{V}{f} \qquad (2.7)$$

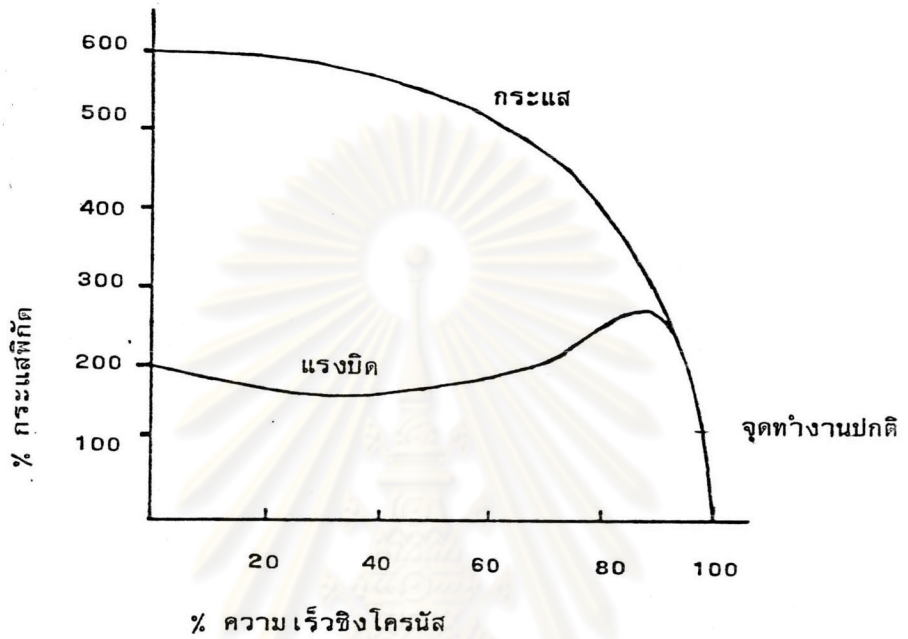
สมการนี้แสดงว่าฟลักซ์แม่เหล็กจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันต่อความถี่ และเพื่อรักษาให้ฟลักซ์มีค่าคงที่ เราต้องปรับค่าแรงดันให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่หรือรักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ให้คงที่ วิธีการแบบนี้เรียกว่า "วิธีโวลต์ต่อเฮิรตซ์คงที่" จะทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถทำงานที่แรงบิดที่เหมาะสมที่สุด

ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดของมอเตอร์มีค่าน้อยมากสามารถละเลยได้ ศักย์ตกคร่อมความต้านทานของขดลวดจะมีค่าเท่ากับศูนย์โดยประมาณ แรงดันกระแสสลับที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในมอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำ แต่ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดมีค่าใหญ่ก็จะไม่สามารถละเลยศักย์ตกคร่อมความต้านทานนี้ได้ และถ้าความถี่มีค่าลดต่ำลงด้วย ศักย์ตกคร่อมความต้านทานจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เปรียบเทียบกับขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุไปทำให้ฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าลดลงและเป็นผลทำให้มอเตอร์มีแรงบิดลดลงด้วย ดังนั้นในการปฏิบัติสำหรับความถี่ที่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ โดยประมาณแล้ว เราต้องรักษาแรงบิดที่ความเร็วต่ำไว้ให้ดีด้วยการเพิ่มค่า "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ให้มีค่าสูงขึ้นที่ความถี่ต่ำ (ดูข้อ 2.3 รูป 2.6)

2.2 ลักษณะสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ถ้าเริ่มสตาร์ตมอเตอร์โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าตามอัตราปกติเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกขณะอยู่นิ่ง โดยทั่วๆ ไป จะมีกระแสไหลเข้ามอเตอร์ประมาณ 5 หรือ 6 เท่า

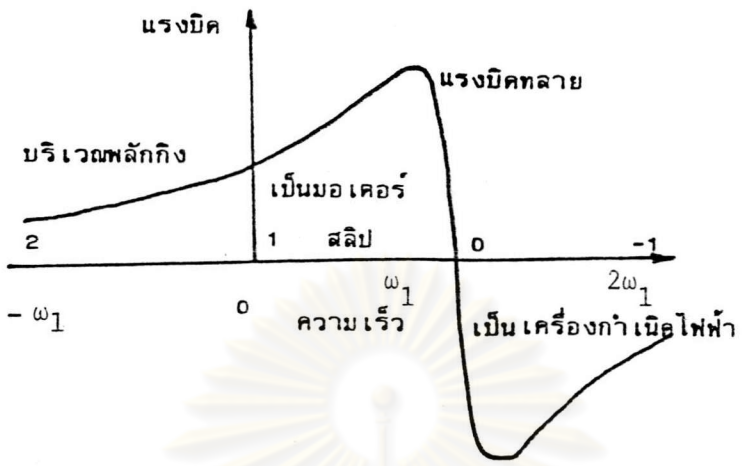
ของกระแสพิกัด [4] และจะทำให้เกิดแรงบิดขณะเริ่มตามปกติประมาณ 1.5 ถึง 2 เท่า ของแรงบิดที่พิกัดรูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสมบัติระหว่างความเร็ว แรงบิดและกระแสโดยปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งทำงานที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่คงที่



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสมบัติของความเร็ว แรงบิดและกระแสของมอเตอร์

รูปที่ 2.2 แสดงเส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะกำลังทำงานด้วยแรงดันคงที่จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่คงที่ ตรงจุดที่ให้แรงบิดสูงสุด เรียกว่า "แรงบิดทลาย" (breakdown torque) และค่าความถี่ของส่วนหมุนตรงจุดทลาย เรียกว่า "ความถี่ทลายของการหมุน" ถ้าแรงบิดมีค่าใหญ่เกินกว่าค่าแรงบิดสูงสุดจะทำให้มอเตอร์มีความเร็วลดค่าต่ำลงจนกระทั่งหยุดนิ่ง

ถ้ามอเตอร์หมุนกลับในทิศที่สวนทางกับการหมุนในทิศฟอร์เวิร์ดของสนามแม่เหล็กสลิปจะมีค่าใหญ่เกินกว่า 1 และแรงหมุนโต้กลับจะเกิดขึ้นต่อต้านกับการหมุนของมอเตอร์ ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อเรากลับลำดับของเฟส (phase sequence) ของสายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส เป็นเหตุให้สนามแม่เหล็กในช่องอากาศหมุนกลับทิศทาง เป็นผลให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว และถ้ายังคงปล่อยสายไฟฟ้าไว้ในสภาวะเช่นนี้ในไม่ช้ามอเตอร์จะเริ่มหมุนกลับทางต่อไปด้วยความเร็วเพิ่มสูงขึ้น วิธีการนี้เป็นวิธีการเบรกหรือวิธีหมุนมอเตอร์กลับทางอย่างรวดเร็วซึ่งเรียกว่า "พลักกิง" (plugging) และบริเวณที่เส้นโค้งลักษณะสมบัติมีคุณสมบัตินี้เรียกว่า "อาณาบริเวณพลักกิง"

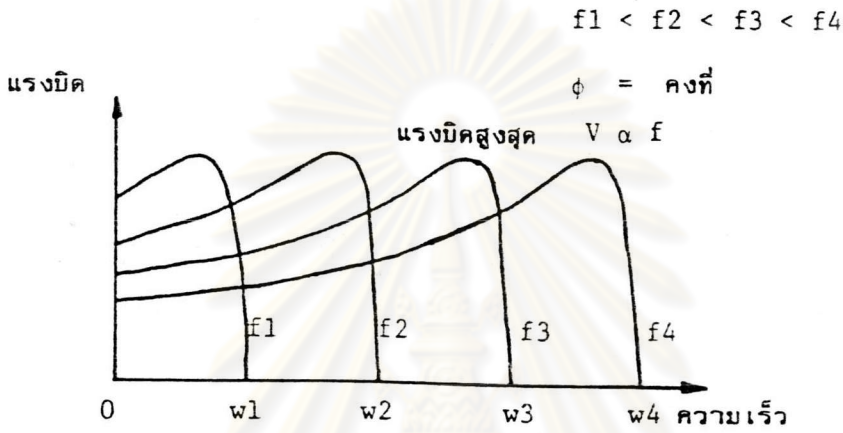


รูปที่ 2.2 เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงบิด กับความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนในทิศฟอร์เวิร์ดตามปกติ ถ้าเราใช้วิธีทางกลเข้าช่วยขับเคลื่อนให้ส่วนหมุนของมอเตอร์หมุนเร็วขึ้นกว่า อัตรา เร็วปกติเข้าสู่ความเร็วซูเปอร์ซิงโครนัส (super synchronous speed) สลิปมีค่าเป็บลบแล้วมอเตอร์นี้จะเปลี่ยนหน้าที่กลับเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเปลี่ยนพลังงานม้อนเข้าที่เพลาให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งกลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นเราอาจต่อเส้นโค้งออกไปในทิศทางที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วซิงโครนัสเข้าสู่อานาบริเวณแห่งการปฏิบัติการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าหากสามารถเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ เราอาจปรับมอเตอร์ให้เข้าสู่อาณาบริเวณแบ่งการปฏิบัติการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกวิธีหนึ่ง ด้วยการลดความถี่ลงอย่างรวดเร็ว โดยมอเตอร์จะถูกฉุดให้หมุนต่อไปด้วยความเฉื่อย พลังงานจลน์ของมวลที่อยู่ในส่วนหมุน (รวมโหลดด้วย) จะเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าม้อนกลับเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นแรงหมุนโต้กลับขึ้นในมอเตอร์แล้วมอเตอร์จะหมุนช้าลงหรือหยุด ซึ่งเป็นการหยุดแบบรีเจนเนอเรตีฟเบรกกิง (regenerative breaking) แต่ถ้าทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ม้อนกลับมาสูญเสียไปในความต้านทานแทนที่จะม้อนกลับเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ก็จะเรียกว่า การหยุดแบบพลวัต (dynamic breaking)

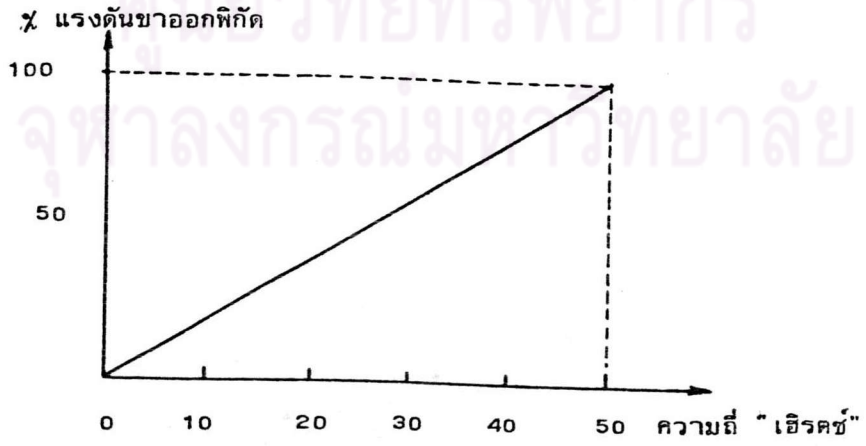
2.3 <u>ลักษณะสมบัติของเครื่องควบคุมความเร็วโดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ</u>

เพื่อให้กำเนิดแรงบิดที่คงที่ เครื่องควบคุมความเร็วจะต้องทำให้ค่าของฟลักซ์ในช่องอากาศคงที่ ตามรูปที่ 2.3 แสดงลักษณะสมบัติของแรงบิดของมอเตอร์ที่ความถี่ต่าง ๆ โดยรักษาแรงบิดทลายให้คงที่ด้วยการปรับค่า "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ให้คงที่ ลักษณะสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเหมาะสมกับงานขับเคลื่อนโหลดที่มีแรงบิดคงที่ให้มีอัตราเร็วต่าง ๆ

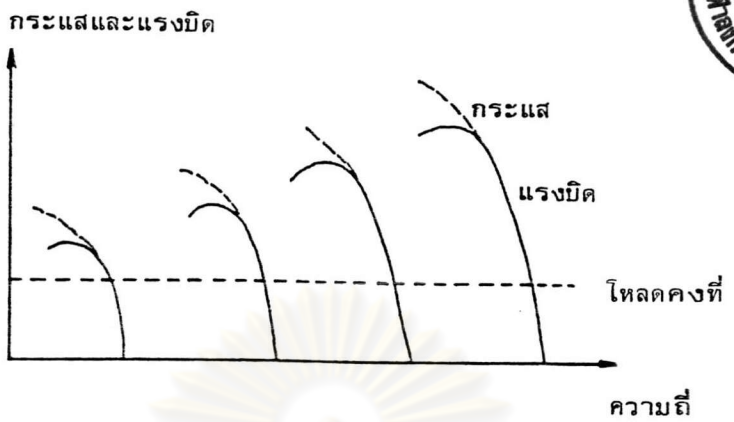


รูปที่ 2.3 ลักษณะสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ความถี่ต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าคงที่

ในการปฏิบัติ เมื่อเราทำให้เครื่องควบคุมมีอัตราส่วนของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" คงที่ ดังในรูปที่ 2.4 เมื่อความถี่เปลี่ยนไป มอเตอร์จะมีลักษณะของความเร็ว แรงบิด และกระแสไฟฟ้าสำหรับแต่ละความถี่แสดงในรูปที่ 2.5

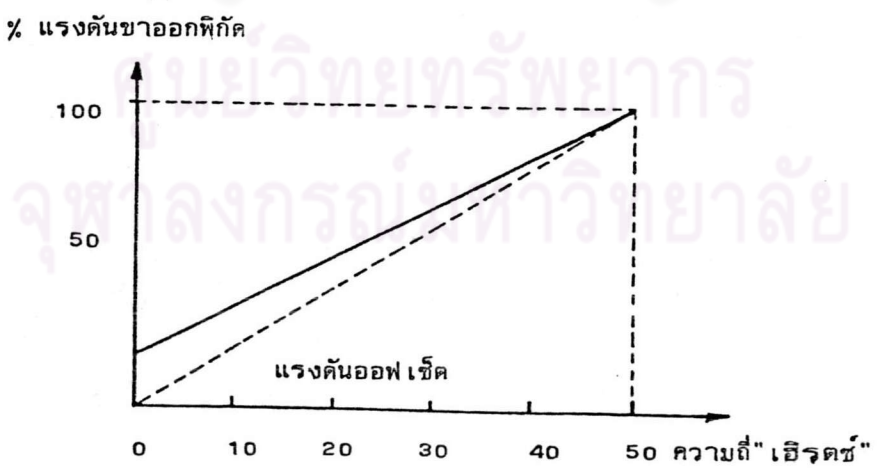


รูปที่ 2.4 ลักษณะของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์"



รูปที่ 2.5 แรงบิดและกระแสกับความถี่ที่โหลดคงที่และไม่มีแรงดันออฟเซ็ต

เมื่อความถี่ลดลงค่าแรงบิดสูงสุดจะลดลง สาเหตุเกิดจากแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานของขดลวดบนตัวอยู่นิ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับแรงดันขาออกที่ความถี่ต่ำ มีผลไปทำให้ฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าลดลงและแรงบิดจะลดลงด้วย การลดลงของแรงบิดสูงสุดนี้เราสามารถเอาชนะได้โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำขึ้นเรียกว่า "แรงดันออฟเซ็ต" (offset voltage) ค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะไปชดเชยแรงดันตกคร่อมในขดลวดของส่วนอยู่นิ่งได้ จะได้ลักษณะของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ดังรูปที่ 2.6 เมื่อปรับค่าของแรงดันออฟเซ็ตแล้วมอเตอร์จะกำเนิดแรงบิดคงที่ตลอดช่วงความเร็ว



รูปที่ 2.6 "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" เมื่อมีการชดเชยแรงดันไฟฟ้า

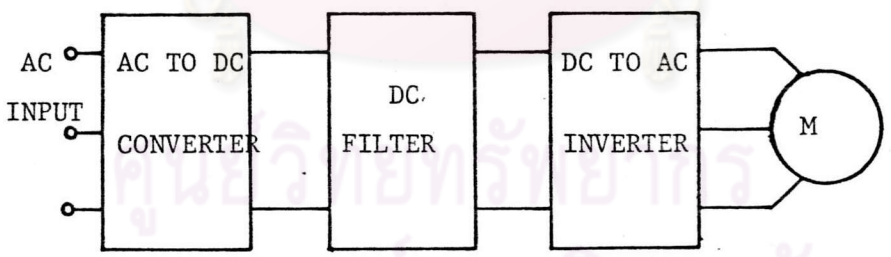
2.4 ชนิดของเครื่องควบคุมความเร็วแบบปรับความถี่

เครื่องควบคุมความเร็วแบบปรับความถี่ [4], [5] จะประกอบไปด้วย คอนเวอร์เตอร์ วงจรกรอง และอินเวอร์เตอร์ ตามรูปที่ 2.7 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาคจ่ายกำลังของเครื่องควบคุมความเร็ว

2.4.1 คอนเวอร์เตอร์ (converter) เป็นวงจรเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าให้เป็นรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งในที่นี้คอนเวอร์เตอร์จะหมายถึง เครื่องเรียงกระแส (rectifier) ซึ่งเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.2 วงจรกรอง (DC.filter) ทำหน้าที่กรองกระแสและแรงดันที่ออกจากวงจรเรียงกระแสก่อนที่จะนำไปใช้ เนื่องจากกระแสและแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจะยังมีส่วนประกอบกระแสสลับหรือระลอกคลื่นปนอยู่เป็นปริมาณสูงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ เราจะนำมาผ่านวงจรกรองเพื่อให้เหลือแต่ส่วนประกอบของไฟตรง

2.4.3 อินเวอร์เตอร์ (inverter) เป็นเครื่องเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

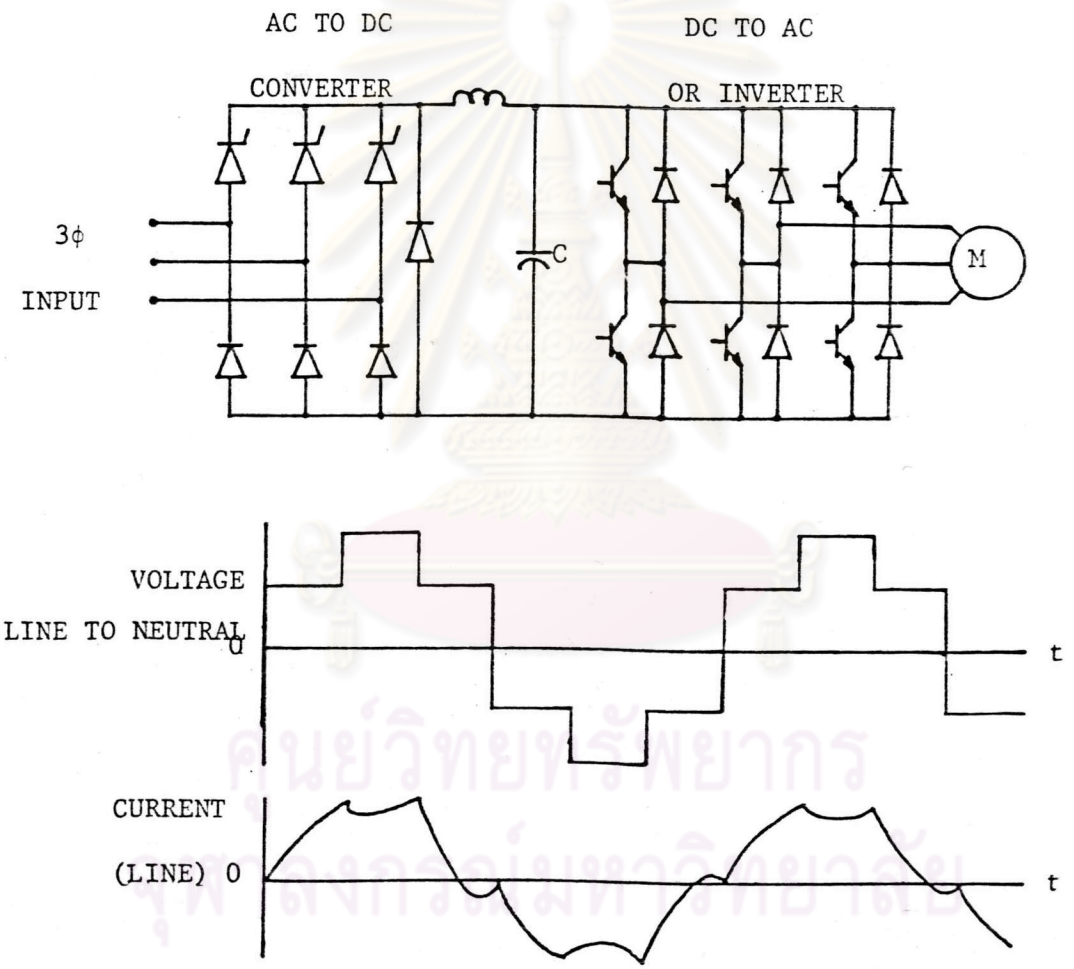


รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมภาคจ่ายกำลังของเครื่องควบคุมแบบปรับความถี่

เครื่องควบคุมความเร็วแบบปรับความถี่โดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 แบบ ดังนี้

1. เครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งแรงดันปรับค่าได้ (variable-voltage input controller) เครื่องควบคุมความเร็วแบบนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์ที่ใช้แหล่งพลังงานเป็นแหล่งแรงดัน โดยใช้วงจรเรียงกระแสที่มีการควบคุมเป็นคอนเวอร์เตอร์ วิธีการนี้จะใช้ไทริสเตอร์เป็นคอนเวอร์เตอร์ ที่ทำหน้าที่เรียงกระแสซึ่งมีการ

ควบคุมการจุดชนวนด้วยวิธีควบคุมเฟส เป็นผลให้ได้แรงดันกระแสตรงที่เปลี่ยนค่าได้เพื่อให้ได้อัตราส่วนของโวลต์เฮิรตซ์ตามต้องการ แรงดันกระแสตรงนี้จะถูกกรองโดยวงจรกรองซึ่งประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำซึ่งมีขนาดใหญ่เพื่อทำให้แรงดันกระแสตรงที่ได้มีค่าราบเรียบก่อนป้อนเข้าอินเวอร์เตอร์ ความถี่ของแรงดันขาออกจะถูกกำหนดโดยการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์หรือไทริสเตอร์ในส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ ในรูปที่ 2.8 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมชนิดนี้พร้อมทั้งรูปคลื่น ของแรงดันและกระแสขาออกซึ่งเป็นรูปขั้นบันไดหกขั้น

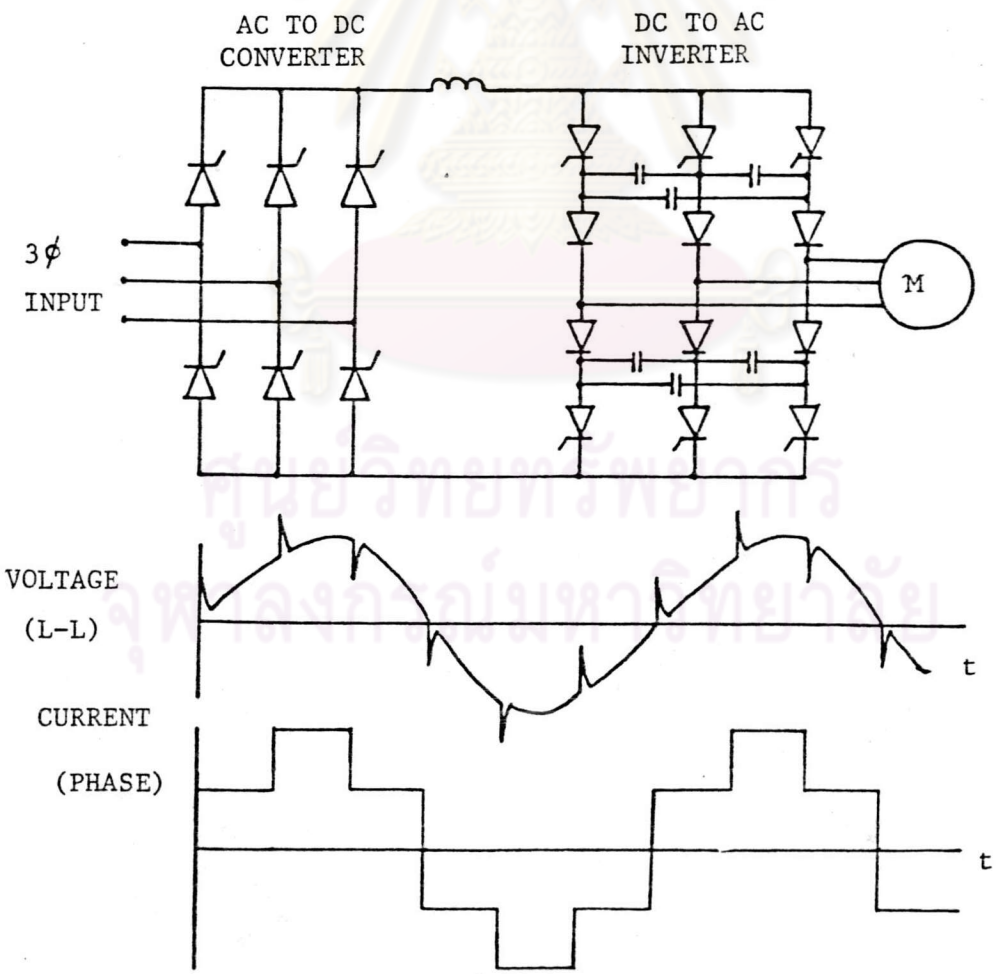


รูปที่ 2.8 เครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งแรงดันปรับค่าได้

เครื่องควบคุมแบบนี้จะมีแรงดันฮาร์มอนิกส์เกิดขึ้น และผลลัพธ์ของกระแสฮาร์มอนิกส์จะขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของโหลดที่ความถี่ของฮาร์มอนิกส์ กระแสของฮาร์มอนิกส์นี้จะถูกจำกัดโดยค่ารีแอกแตนซ์รั่ว (leakage reactance)ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ชนิดที่มีค่ารีแอกแตนซ์รั่วสูงจะมีกระแสฮาร์มอนิกส์ต่ำทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากฮาร์มอนิกส์น้อย

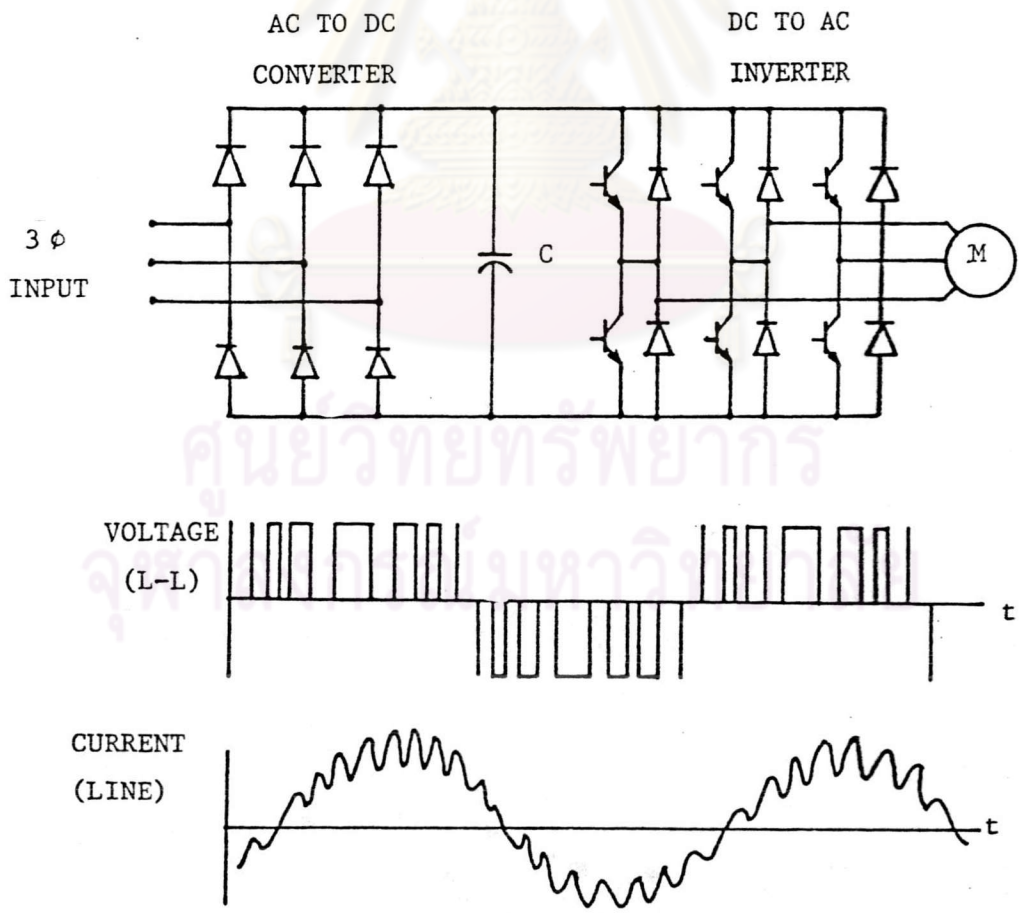
2. เครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งกระแส (current source input controller) เครื่องควบคุมความเร็วแบบนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดที่ใช้แหล่งพลังงานเป็นแหล่งกระแส และใช้วงจรเรียงกระแสที่มีการควบคุมเป็นคอนเวอร์เตอร์โดยการใช้ไทริสเตอร์จำนวน 6 ตัว เป็นคอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เรียงกระแสซึ่งมีการควบคุมการจุดชนวนด้วยวิธีควบคุมเฟส ทำให้ได้แรงดันกระแสตรงที่ต้องการหลังจากนั้นจะผ่านวงจรกรองซึ่งมีตัวเหนี่ยวนำขนาดใหญ่ เพื่อให้ได้กระแสคงที่และทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกระแส วงจรอินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่สวิตช์ทำให้เกิดกระแสไฟสลับที่แปรความถี่ได้ และแรงดันของมอเตอร์จะเป็นไปตามกระแสในรูปที่ 2.1 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมชนิดนี้ พร้อมทั้งรูปคลื่นของแรงดันและกระแสขาออก ซึ่งเป็นขั้นบันไดหกขั้น



รูปที่ 2.9 เครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งกระแส

เครื่องควบคุมแบบนี้จะทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกส์ ซึ่งทำให้มีแรงดันฮาร์มอนิกส์เกิดขึ้น และแรงดันฮาร์มอนิกส์จะถูกจำกัดโดยค่า รีแอกแตนซ์รั่วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่มีค่ารีแอกแตนซ์รั่วต่ำจะทำให้ค่าแรงดันฮาร์มอนิกส์ต่ำ และการสูญเสียเนื่องจากฮาร์มอนิกส์จะน้อย

3. เครื่องควบคุมความเร็วแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ (pulse width modulation controller) เครื่องควบคุมความเร็วแบบนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมการสวิตช์โดยวิธีการมอดูเลตความกว้างพัลส์ วงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดจำนวน 6 ตัว และใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรองเพื่อกำเนิดแรงดันกระแสตรงที่คงที่ ในภาคของอินเวอร์เตอร์จะถูกควบคุมการสวิตช์เพื่อให้ได้แรงดันและความถี่ที่แปรค่าได้ตามต้องการ ในรูปที่ 2.10 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมความเร็วแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ พร้อมทั้งรูปคลื่นของแรงดันและกระแสขาออก

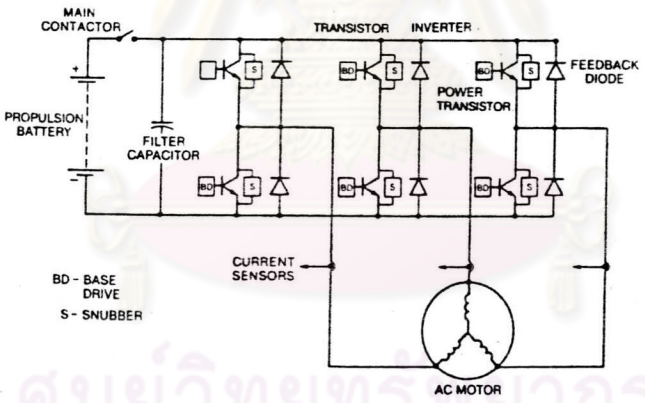


รูปที่ 2.10 เครื่องควบคุมความเร็วแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

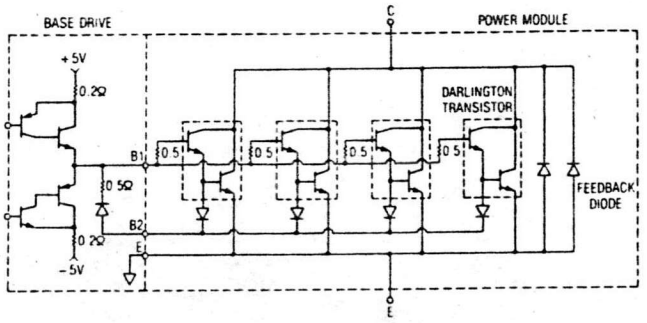
เครื่องควบคุมชนิดนี้จะทำให้เกิดแรงดันฮาร์มอนิกส์เช่นเดียวกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งแรงดัน ฮาร์มอนิกส์ที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับความถี่ของการสวิตช์ซึ่งเราสามารถกำหนดได้ทำให้สามารถกำจัดฮาร์มอนิกส์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นออกไปได้ โดยทั่ว ๆ ไป ฮาร์มอนิกส์ของเครื่องควบคุมแบบนี้จะต้อยกว่าฮาร์มอนิกส์ของเครื่องควบคุมความเร็วแบบแหล่งพลังงานเป็นแหล่งแรงดันแปรค่าได้มาก และถ้านำไปใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีค่ารีแอกแตนซ์รั่วสูง จะทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกส์น้อยมาก ทำให้การสูญเสียน้อย

2.5 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

วงจรอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยทั่ว ๆ ไปมักจะนิยมใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นสวิตช์ ตามเอกสารอ้างอิง [1] ได้ทำการพัฒนาวงจรอินเวอร์เตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเพื่อใช้ในการขับนำมอเตอร์เหนี่ยวนำ ดังแสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 2.11



ก. ภาคกำลังของอินเวอร์เตอร์

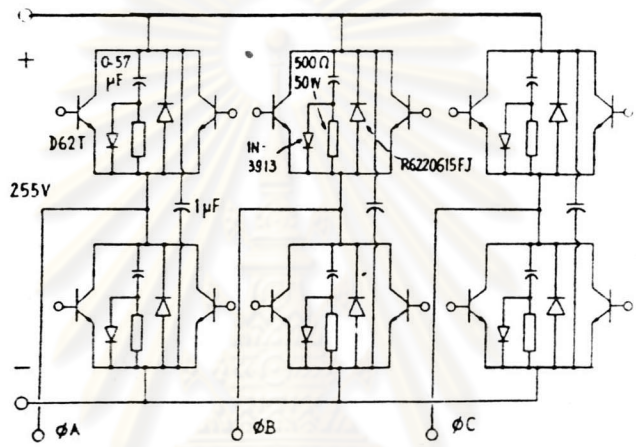


ข. วงจรขับนำเบสและไมดูลกำลัง

รูปที่ 2.11 วงจรอินเวอร์เตอร์ตามเอกสารอ้างอิง [1]

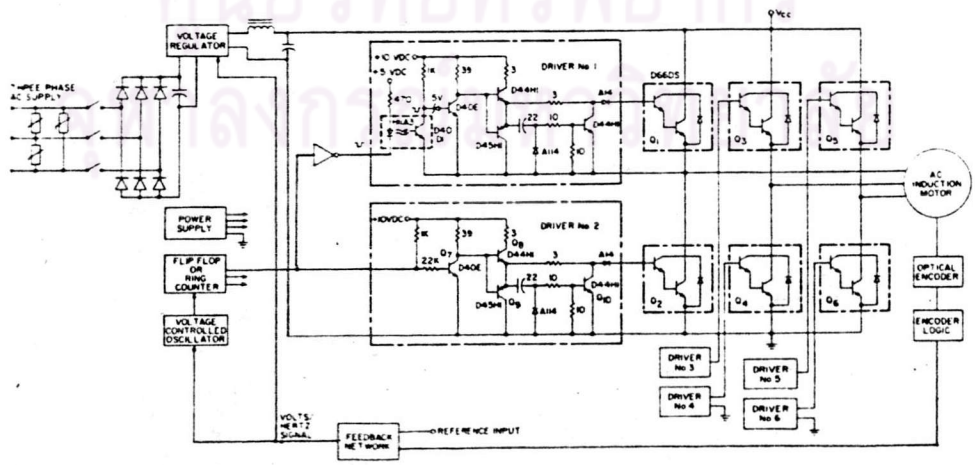
012627

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์สามารถจ่ายกำลังขาออกสูงถึงหลายร้อย kVA เทคนิคการมอดูเลตมีทั้งแบบขั้นบันได 6 ขั้น (six-step) แบบมอดูเลตแอมพลิจูดของพัลส์ (PAM) และแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) ในเอกสารอ้างอิง [29] ได้ทำการออกแบบและสร้างอินเวร์เตอร์ขนาด 30 -kVA ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ โดยมีสัญญาณขาออกเป็นแบบขั้นบันได 6 ขั้น (six-step) และใช้ขับมอเตอร์ที่ความถี่ 400 Hz



รูปที่ 2.12 วงจรอินเวอร์เตอร์ตามเอกสารอ้างอิง [29]

ในเอกสารอ้างอิง [30] ได้เสนอวิธีการคำนวณและออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์โดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ วงจรตามรูปที่ 2.13 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ พร้อมทั้งวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 2.13 วงจรอินเวอร์เตอร์ตามเอกสารอ้างอิง [30]