

บทที่ 2 หลักการควบคุม

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมที่มีการปรับแรงดันและความถี่ ซึ่งจะต้องทราบข้อมูลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และข้อมูลความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่จะใช้ในแบบจำลองการควบคุม

2.1 แบบจำลองทางพลวัตของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เนื่องด้วยการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมเป็นการควบคุมทั้งแรงบิด และฟลักซ์ภายในมอเตอร์ทุกๆขณะ (Instantaneous) การอธิบายการทำงานของระบบควบคุมจึงต้องอาศัยความเข้าใจในพฤติกรรมมอเตอร์ทั้งในสถานะอยู่ตัวและในสถานะชั่วคราว ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเริ่มต้นด้วยการกล่าวถึงแบบจำลองทางพลวัตของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยแบบจำลองดังกล่าวยังเป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์

2.1.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในรูปสเปซเวกเตอร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นสามารถนำเสนอได้หลายรูปแบบ การนำเสนอในรูปสเปซเวกเตอร์เป็นวิธีที่ง่ายและมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์รองรับ นอกจากนี้ยังสามารถสื่อความหมายทางกายภาพได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งในการใช้วิธีสเปซเวกเตอร์นั้นเราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของมุมของเวกเตอร์ที่จะใช้ในการแปลงแกนอ้างอิงต่างๆ ในงานวิจัยนี้เราจะใช้วิธีการดังกล่าวในการแสดงแบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

สมการ (2.1) - (2.3) เป็นการแสดงแรงดันและกระแสต่างๆในรูปของสเปซเวกเตอร์

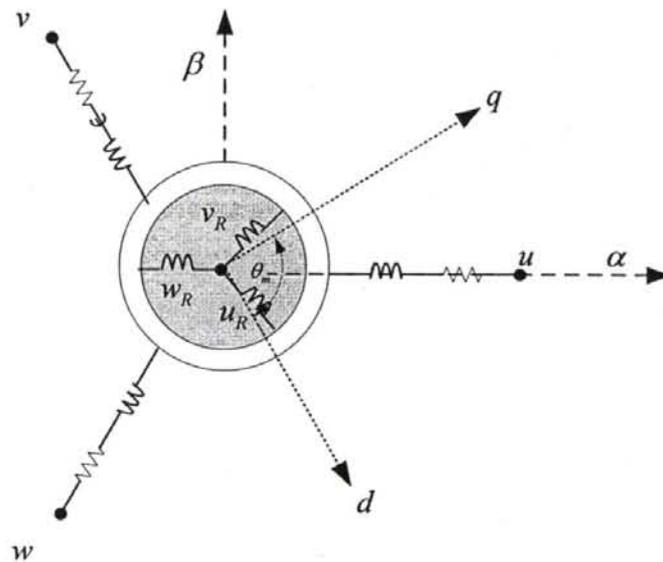
$$\begin{bmatrix} v_{s\alpha} \\ v_{s\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{su} \\ v_{sv} \\ v_{sw} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{su} \\ i_{sv} \\ i_{sw} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$\begin{bmatrix} i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ru} \\ i_{rv} \\ i_{rw} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

โดยที่ $\alpha - \beta$ คือแกนอ้างอิงสเตเตอร์

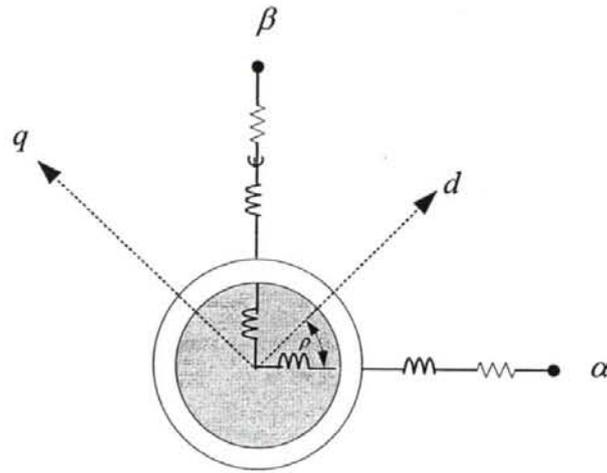
โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบกรงกระรอกสามารถเขียนแทนได้ดังรูปที่ 2.1 โดยมีสมการแรงดันและกระแสไฟฟ้า 3 เฟส แสดงดังสมการที่ (2.4)



รูปที่ 2.1 แบบจำลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

$$\begin{aligned} v_{su} + v_{sv} + v_{sw} &= 0 \\ i_{su} + i_{sv} + i_{sw} &= 0 \\ i_{ru} + i_{rv} + i_{rw} &= 0 \end{aligned} \quad (2.4)$$

และจากความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสในรูปแบบของสเปซเวกเตอร์ในสมการ (2.1) - (2.3) เราสามารถเขียนโครงสร้างของมอเตอร์ใหม่เสมือนกับมีขดลวดเพียงสองขด ($\alpha - \beta$) ที่ตั้งฉากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แบบจำลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 2 เฟส

2.1.2 การย้ายแกนอ้างอิงของสเปซเวกเตอร์

เนื่องจากเวกเตอร์ของแรงดันและเวกเตอร์กระแสสเตเตอร์ในสมการที่ (2.1) และ (2.2) อ้างอิงอยู่บนแกนอ้างอิงสเตเตอร์ $(\alpha - \beta)$ ซึ่งเป็นแกนอ้างอิงที่ต่างไปจากแกนอ้างอิงของเวกเตอร์กระแสโรเตอร์ในสมการ (2.3) ที่อ้างอิงอยู่บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ $(d - q)$ ซึ่งหมุนไปตามตำแหน่งของโรเตอร์ (θ_m)

ดังนั้นในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ร่วมกันระหว่างสมการทางด้านสเตเตอร์และโรเตอร์เราจำเป็นต้องแสดงเวกเตอร์แรงดันและกระแสอ้างอิงอยู่บนแกนอ้างอิงเดียวกันเสียก่อน ในเบื้องต้นนี้เราเลือกแกนอ้างอิงสเตเตอร์เป็นแกนอ้างอิงร่วมกัน และเราสามารถแสดงการย้ายแกนอ้างอิงของเวกเตอร์กระแสโรเตอร์ไปยังแกนอ้างอิงสเตเตอร์ได้ดังสมการที่ (2.5)

$$\begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos p\theta_m & -\sin p\theta_m \\ \sin p\theta_m & \cos p\theta_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

2.1.3 แบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์ $(\alpha - \beta)$

เมื่อเราพิจารณากรณีที่สนามแม่เหล็กภายในตัวมอเตอร์มีการกระจาย เป็นฟังก์ชันไซน์ตามตำแหน่งเชิงมุมของมอเตอร์ ประกอบกับความสัมพันธ์ตามสมการ (2.1) - (2.5) เราสามารถเขียนแบบจำลองแสดงลักษณะทางพลวัตของมอเตอร์เหนี่ยวนำบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์ได้ดังนี้คือ

สมการสเตเตอร์:

$$\begin{bmatrix} v_{s\alpha} \\ v_{s\beta} \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \lambda_{s\alpha} \\ \lambda_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

โดยที่ฟลักซ์ค้ำของด้านสเตเตอร์นิยามโดยสมการ (2.7)

$$\begin{bmatrix} \lambda_{s\alpha} \\ \lambda_{s\beta} \end{bmatrix} = L_s \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} + M \begin{bmatrix} i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

สมการโรเตอร์:

$$\begin{bmatrix} v_{r\alpha} \\ v_{r\beta} \end{bmatrix} = R_r \begin{bmatrix} i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \lambda_{r\alpha} \\ \lambda_{r\beta} \end{bmatrix} + p\omega_m J \begin{bmatrix} \lambda_{r\alpha} \\ \lambda_{r\beta} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

โดยที่ฟลักซ์ค้ำด้าน โรเตอร์นิยามโดยสมการที่ (2.9)

$$\begin{bmatrix} \lambda_{r\alpha} \\ \lambda_{r\beta} \end{bmatrix} = L_r \begin{bmatrix} i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} + M \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

สมการแรงบิด:

$$T_m = p \frac{M^2}{L_r} [i_{s\beta} i_{mR\alpha} - i_{s\alpha} i_{mR\beta}] \quad (2.10)$$

เนื่องจากการควบคุมแบบเวกเตอร์เป็นการควบคุมโรเตอร์ฟลักซ์โดยตรง เราจึงนิยามแสดงลักษณะสมบัติทางพลวัตของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยมีกระแสสเตเตอร์ $(i_{s\alpha}, i_{s\beta})$ และกระแสกระตุ้นของโรเตอร์ฟลักซ์ $(i_{mR\alpha}, i_{mR\beta})$ เป็นตัวแปรสถานะจากนิยามสมการที่ (2.11)

$$\begin{bmatrix} i_{mR\alpha} \\ i_{mR\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} + \frac{L_r}{M} \begin{bmatrix} i_{r\alpha} \\ i_{r\beta} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

เราสามารถเขียนสมการ (2.6)-(2.10) ได้ใหม่ดังนี้

แบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำบนแกนอ้างอิงสเตเตอร์

สมการสเตเตอร์:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sigma L_s} \left\{ - \left(R_s + R_r \frac{M^2}{L_r^2} \right) \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} + \frac{M^2}{L_r} \left(\frac{R_r}{L_r} I - p\omega_m J \right) \begin{bmatrix} i_{mR\alpha} \\ i_{mR\beta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{s\alpha} \\ v_{s\beta} \end{bmatrix} \right\} \quad (2.12)$$

สมการโรเตอร์:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{mR\alpha} \\ i_{mR\beta} \end{bmatrix} = \frac{R_r}{L_r} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} + \left(-\frac{R_r}{L_r} I + p\omega_m J \right) \begin{bmatrix} i_{mR\alpha} \\ i_{mR\beta} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

สมการแรงบิด:

$$T_m = p \frac{M^2}{L_r} [i_{s\beta} i_{mR\alpha} - i_{s\alpha} i_{mR\beta}] \quad (2.14)$$

2.1.4 แบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำบนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์ ($d-q$)

เนื่องจากการควบคุมแบบเวกเตอร์จะทำการควบคุมกระแสสร้างฟลักซ์ และกระแสสร้างแรงบิดบนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์ ดังนั้นเราจึงต้องทำการแปลงแบบจำลองของมอเตอร์ในสมการที่ (2.12) – (2.14) ไปอ้างอิงบนแกนโรเตอร์ฟลักซ์ โดยการแปลงแรงดันและกระแสไปอ้างอิงบนแกนอ้างอิงของโรเตอร์ฟลักซ์สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกันกับความสัมพันธ์ในสมการ (2.5) เราจะได้

กระแสสเตเตอร์บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์:

$$\begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

กระแสกระตุ้นโรเตอร์ฟลักซ์บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์:

$$\begin{bmatrix} i_{mR} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{mR\alpha} \\ i_{mR\beta} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

แรงดันสเตเตอร์บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์:

$$\begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{s\alpha} \\ v_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

สำหรับเทอมอนุพันธ์ของกระแสเราใช้ความสัมพันธ์ที่ว่า

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{sd}}{dt} \\ \frac{di_{sq}}{dt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{mR} \\ \omega_{mR} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{di_{s\alpha}}{dt} \\ \frac{di_{s\beta}}{dt} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{mR}}{dt} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{mR} \\ \omega_{mR} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{mR} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \rho & \sin \rho \\ -\sin \rho & \cos \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{di_{mR\alpha}}{dt} \\ \frac{di_{mR\beta}}{dt} \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

โดยที่ ω_{mR} คือค่าความถี่ของโรเตอร์ฟลักซ์

$$\omega_{mR} = \frac{d\rho}{dt} \quad (2.20)$$

จากความสัมพันธ์ในสมการ (2.15) – (2.20) เราสามารถเขียนแบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ((2.12) – (2.14)) บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์ดังสมการ (2.21) – (2.25)

แบบจำลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำบนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์

สมการสเตเตอร์บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์:

$$\frac{di_{sd}}{dt} = \frac{1}{\sigma L_s} \left\{ - \left(R_s + R_r \frac{M^2}{L_r^2} \right) i_{sd} + \omega_{mR} \sigma L_s i_{sq} + R_r \frac{M^2}{L_r^2} i_{mR} + v_{sd} \right\} \quad (2.21)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = \frac{1}{\sigma L_s} \left\{ - \left(R_s + R_r \frac{M^2}{L_r^2} \right) i_{sq} - \omega_{mR} \sigma L_s i_{sd} - p \omega_m \frac{M^2}{L_r} i_{mR} + v_{sd} \right\} \quad (2.22)$$

สมการโรเตอร์บนแกนอ้างอิงโรเตอร์ฟลักซ์:

$$\frac{di_{mR}}{dt} = \frac{R_r}{L_r} i_{sd} - \frac{R_r}{L_r} i_{mR} \quad (2.23)$$

$$\frac{d\rho}{dt} = \omega_{mR} = p\omega_m + \frac{R_r}{L_r} \frac{i_{sq}}{i_{mR}} \quad (2.24)$$

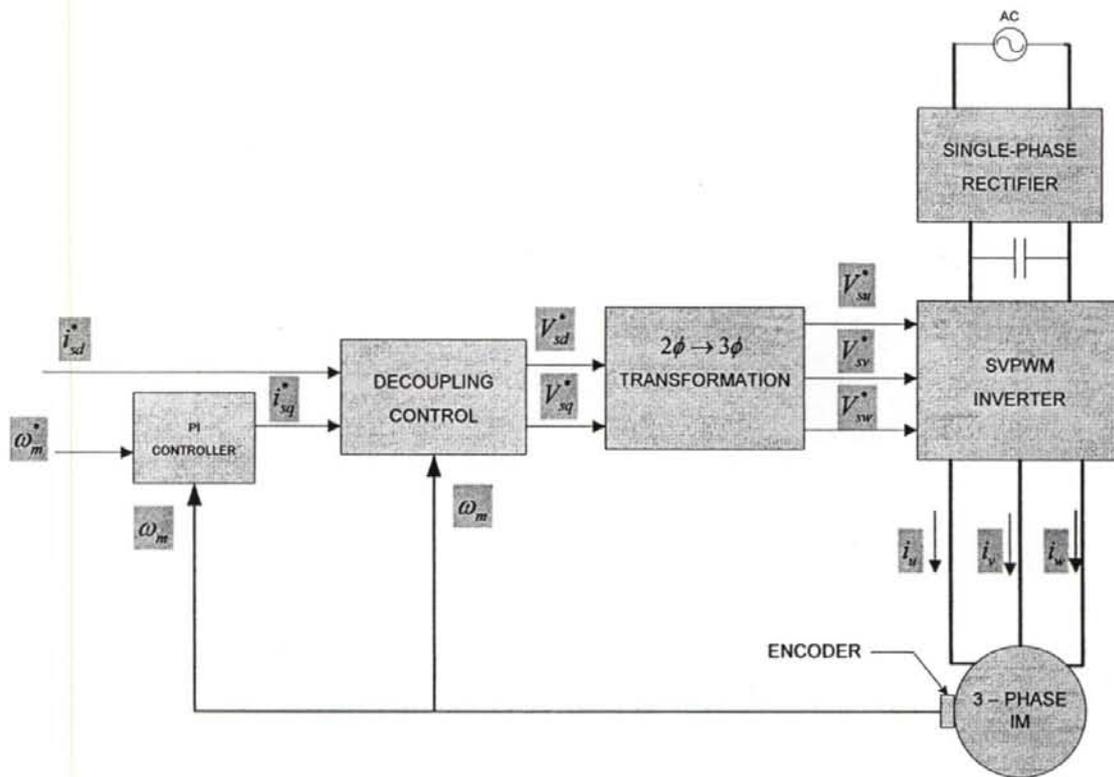
สมการแรงบิด:

$$T_m = p \frac{M^2}{L_r} i_{mR} i_{sq} \quad (2.25)$$

สมการ (2.25) แสดงให้เห็นว่าเราสามารถควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ได้โดยผ่านการควบคุมกระแสสเตเตอร์ในแกน $q(i_{sq})$ และควบคุม โรเตอร์ฟลักซ์หรือกระแสกระตุ้นผ่านทางกระแสในแกน $d(i_{sd})$ ในที่นี้เราจะเรียกกระแส i_{sd} และ i_{sq} ว่าเป็นกระแสสร้างฟลักซ์และกระแสสร้างแรงบิดตามลำดับ

2.2 ทฤษฎีการควบคุมเวกเตอร์แบบแยกการเชื่อมร่วม

หลักการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมที่มุ่งมองเป็นแบบแรงดันภาพรวมของระบบการควบคุม แสดงดังรูปที่ 2.3 ข้อมูลที่จำเป็นคือจะต้องทราบค่าความเร็วขณะที่มีมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสทำงาน ข้อดีอีกอย่างของระบบการควบคุมแบบนี้คือ ไม่ต้องการข้อมูลของกระแส โดยที่กระแสสร้างฟลักซ์สามารถหาได้จากกรคำนวณ และกระแสสร้างแรงบิดหาได้จากข้อมูลความผิดพลาดของความเร็วคำสั่งกับความเร็วจริงของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส



รูปที่ 2.3 ภาพรวมระบบการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วม

ลักษณะของการควบคุมฟลักซ์และแรงบิดแบบการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมสามารถแสดงดังรูปแบบรูปที่ 2.4

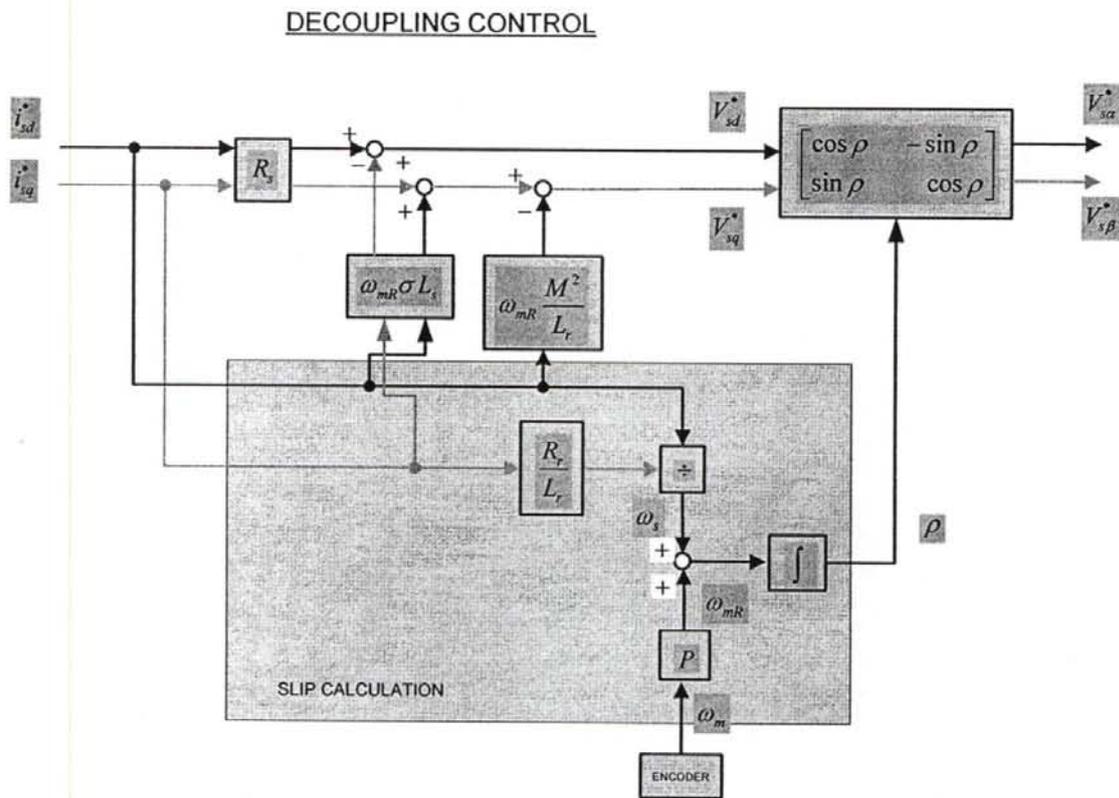
เมื่อทำการพิจารณาเฉพาะในส่วนของ DECOUPLING CONTROL สามารถแสดงสมการภายในเพื่อหาค่าแรงดันคำสั่งในแกนดีและแกนควดดังสมการ 2.26

$$i_{mR} \rightarrow i_{sd} \rightarrow \bar{U}_s \rightarrow \begin{Bmatrix} U_{s1} \\ U_{s2} \\ U_{s3} \end{Bmatrix} \quad (2.26)$$

$$\omega_m \rightarrow i_{sq}$$

จากสมการที่ 2.26 เมื่อเราต้องการควบคุมฟลักซ์ และ แรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส คือเราจะต้องทำการควบคุมกระแส i_{mR} และ ω_m โดยที่สามารถทำการจ่ายกระแสในแกนดี (i_{sd}) และกระแสในแกนคว (i_{sq}) จากนั้นจะพิจารณาว่าต้องป้อนแรงดันทั้งแกนดี (V_{sd}^*) และแกนคว (V_{sq}^*) ขนาดเท่าใดเพื่อให้

ได้กระแสตามต้องการหลักจากนั้นจึงจะทราบว่าต้องแรงดัน 3 เฟสจากอินเวอร์เตอร์ให้กับมอเตอร์
เหนี่ยวนำ 3 เฟส



รูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของส่วนการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วม

จากรูปที่ 2.4 เราสามารถเขียนสมการในส่วนของ การควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วม (Decoupling Control) และสมการในส่วนของ โรเตอร์ฟลักซ์ (Rotor Flux Dynamic) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.27, 2.28 และสมการที่ 2.29 ตามลำดับ

Decoupling Control

$$V_{sd}^* = R_s i_{sd}^* + \omega_{mR} \sigma L_s \tag{2.27}$$

$$V_{sq}^* = R_s i_{sq}^* + \left(\sigma L_s + \frac{M^2}{L_r} \right) \omega_{mR} i_{sd}^* \tag{2.28}$$

Rotor Flux Dynamic

$$\frac{d\rho}{dt} = \omega_{mR} = p\omega_m + \frac{R_r}{L_r} \frac{i_{sq}^*}{i_{sd}^*} \tag{2.29}$$

หรืออินทิเกรตหามุม โรเตอร์ฟลักซ์ดังสมการที่ 2.30

$$\rho = \int \omega_{mR} dt \tag{2.30}$$

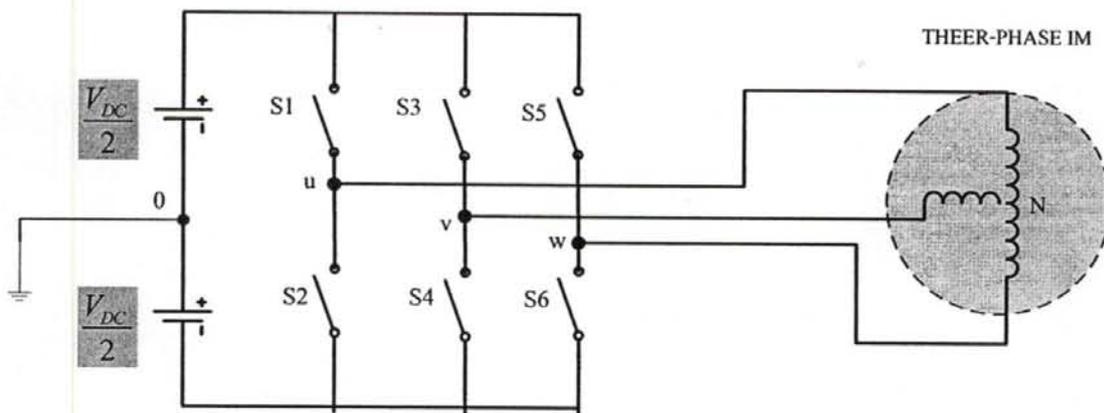
2.3 สเปซเวกเตอร์พีดับเบิลยูเอ็ม (Voltage Source Space Vector PWM)

ในการสร้างสัญญาณขับนำสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังจากดีเอสพีโดยใช้หลักการปรับแรงดันและความถี่ใช้วิธีการแบบแยกการเชื่อมร่วม โดยมุมมองของอินเวอร์เตอร์เป็นแบบแรงดัน โดยมีภาพมุมมองแนวคิดดังรูปที่ 2.5

$$\left. \begin{matrix} i_{sd}^* \Rightarrow \\ T_m \Rightarrow i_{sq}^* \end{matrix} \right\} \Rightarrow \bar{V}_s \Rightarrow \begin{Bmatrix} V_{su} \\ V_{sv} \\ V_{sw} \end{Bmatrix}$$

รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการหาแรงดันที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์

และพิจารณารูปสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดัน (Voltage Source Inverter) ดังรูปที่ 2.6



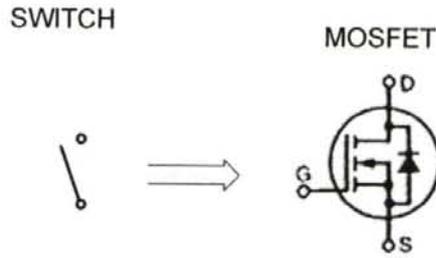
รูปที่ 2.6 แสดงอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดัน

สวิตซ์แต่ละตัวที่นำมาสร้างเป็นอุปกรณ์กำลังในงานวิจัยนี้ใช้มอสเฟต (Mosfets) โดยสัญลักษณ์ของมอสเฟตแสดงดังรูปที่ 2.7 ลักษณะการทำงานและเงื่อนไขของการสวิตซ์เป็นดังนี้

S1,S2 : จะทำงานพร้อมกันไม่ได้

S3,S4 : จะทำงานพร้อมกันไม่ได้

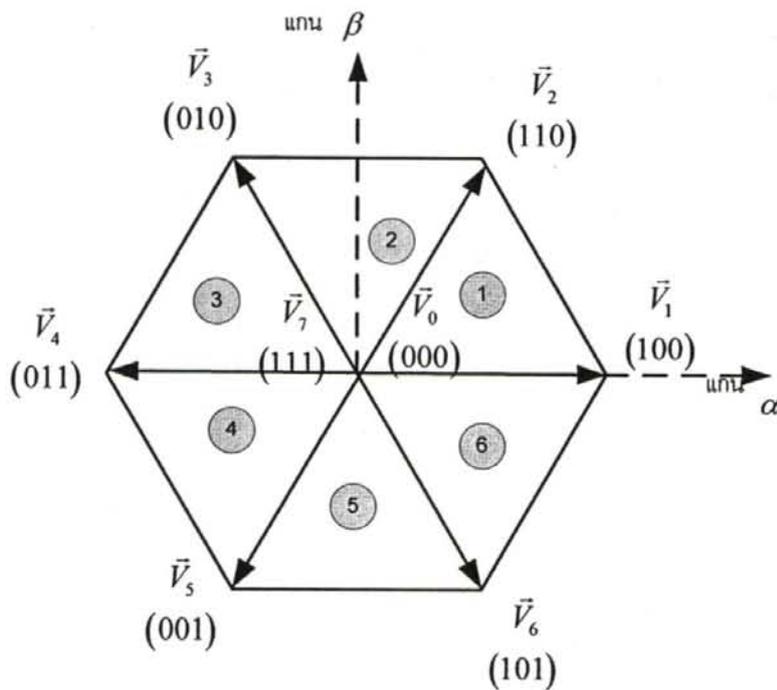
S5,S6 : จะทำงานพร้อมกันไม่ได้



รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์สวิตช์และสัญลักษณ์มอสเฟต

2.3.1 วิธีการสร้างสัญญาณขับนำแบบ Space Vector Pulse-Width-Modulation Inverters

การทำ PWM ในมุมมองของสเปสเวกเตอร์คือทำให้ค่าเฉลี่ยแต่ละสเปสเวกเตอร์เท่ากับแรงดันที่สร้างได้โดยวิธีการนี้จะสร้างได้ 8 รูปแบบคือ 100, 010, 001, 011, 101, 110, 111 และ 000 โดยที่รูปแบบของ 000 และ 111 เรียกว่า ซีโรเวกเตอร์ ส่วนรูปแบบที่เหลืออีก 6 รูปแบบเรียกว่าเอกทีฟเวกเตอร์ โดยสามารถนำแต่ละรูปแบบมาเขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งของเวกเตอร์แรงดัน

จากรูปที่ 2.8 ขนาดของเอกทีฟเวกเตอร์แรงดันแต่ละเวกเตอร์จะมีขนาดเท่ากับแรงดันบัสไฟตรง (DC Bus) และขนาดของซีโรเวกเตอร์ที่มีค่าแรงดันบัสไฟตรงเท่ากับศูนย์โวลต์ ขั้นตอนการสร้างแรงดันแบบสเปสเวกเตอร์เป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าแรงดัน $[V_{UN}^* V_{VN}^* V_{WN}^*]^T \Rightarrow \vec{V}^*$

ขั้นตอนที่ 2 เลือกรูปแบบการใช้เวกเตอร์ $\{\vec{V}_0 \Rightarrow \vec{V}_7\}$ ภายในคาบเวลาการสวิตช์ (Carrier/Switch Period)

และจะได้ค่าแรงดัน $\{[\vec{V}_{UN} \vec{V}_{VN} \vec{V}_{WN}]^T = [V_{UN}^* V_{VN}^* V_{WN}^*]^T\}$

2.3.2 รูปแบบทั่วไปของการสวิตช์

1) เลือกเวกเตอร์ที่ใช้ในการสวิตช์ โดยดูว่า $\{\vec{V}^*\}$ ตกอยู่ในเซกเตอร์ใดแล้วทำการเลือกเวกเตอร์ที่ประกอบเป็นเซกเตอร์นั้น โดยทำการรวมเวกเตอร์ $\{\vec{V}_0, \vec{V}_7\}$ ด้วย เช่น

Sector 1 : $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_0, \vec{V}_7$ เป็นต้น

2) ทำการแตกเวกเตอร์แรงดัน \vec{V}^* เป็นองค์ประกอบในแนวเวกเตอร์ที่เลือก เช่น ที่ sector 1

$$\vec{V}^* = \vec{V}_a + \vec{V}_b$$

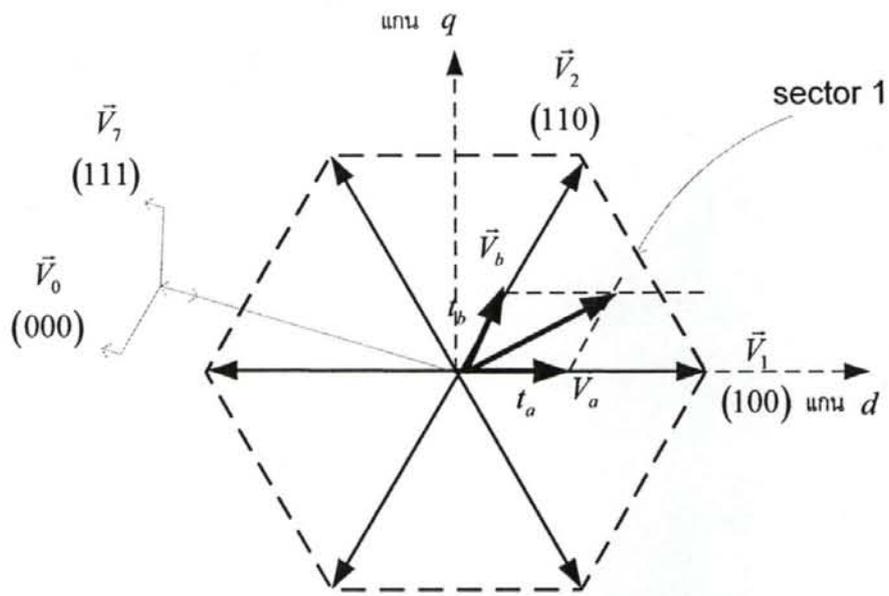
จากรูปที่ 2.9 สามารถหาคาบเวลาในการสร้างแรงดัน \vec{V}_a, \vec{V}_b ได้ดังสมการที่ 2.31 และสมการที่ 2.32

$$t_a = \frac{|\vec{V}_a|}{|\vec{V}_1|} T \leq T \quad (2.30)$$

$$t_b = \frac{|\vec{V}_b|}{|\vec{V}_2|} T \leq T \quad (2.31)$$

$$t_0 = T - t_a - t_b \geq 0$$

$$T = \text{Switching period} \quad (2.32)$$



รูปที่ 2.9 รูปประกอบการศึกษาหาแรงดันที่ vector 1