



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา Electrical Engineering Application (162462). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทาลัย, 2536

ภาษาอังกฤษ

- A. Khambadkone. and J. Holtz. "Vector Contorlled Induction Motor whit a Self-Commision Schem". IEEE Transaction on Industrial Application, Vol. 38, pp. 322-327, 1991.
- F. Harashima, S. Kouhei, M. Kajita and M. Susono. "Multimicroprocessor-Based Control System for Quick Response Induction Motor Drive". IEEE Transaction on Industrial Application, Vol. IA-21, No. 4, pp. 602-609, 1985.
- H. Broeck, H. Skudelny and G. Stanke. "Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage Space Vectors". IEEE Transactionon Industrial Application, Vol. 24 No. 1, pp. 142-150, 1988.
- J. Holtz. "Pulsewidth Modulation for Electronic Power Conversion". Proceedings of IEEE, Vol. 82, No. 8, pp. 1194-1214, 1994.
- K. Ohinishi, H. Suzuki, K. Miyachi and M. Terashima. "Decoupling Control of Secondary Flux and Secondary Current in Induction Motor Drive with Controlled Voltage Source and Its Comparison with Volts/Hertz Control". IEEE Transaction on Industrial Application, Vol. IA-21, No. 1, pp. 241-247, 1985.
- Peter Vas. Vector control of ac machine. Oxford University Press Inc.,1990.
- T. Mizuno, J. Takayama, T. Ichioka and M. Terashima. "Decoupling Control Method of Induction Motors Taking Stator Core Loss Into Consideration". IPEC, Tokyo, pp. 69-74, 1990.

- T. Sukegawa, K. Kamiyama, K. Mizuno, T. Matsui and T. Okuyama. "Fully Digital, Vector-Controlled PWM VSI-Fed ac Drive with an Inverter Dead-time Compensation Strategy". IEEE Transaction on Industrial Application, Vol. 27, No. 3, pp. 552-559, 1991.
- W. Leonhard. Control of Electric Drives. Berlin, Heidelberg, Germany, 1985.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบควบคุมแบบเวกเตอร์

การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้ทำการทดสอบมีค่าพิกัดต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขนาด	2 Hp (1.5 kW)
แรงดัน	220/380 V (D/Y)
กระแส	6.2/3.7 A (D/Y)

ทำการวัดค่าความต้านทานของขดลวดแต่ละขดได้ 4.8 ohm/coil

ทำการทดลอง No-load test โดยมอเตอร์ต่อเป็นแบบ D ได้ผลดังต่อไปนี้

แรงดัน	220 V
กระแส	3.2 A
กำลังสูญเสีย	200 W

ทำการทดลอง Lock-rotor test ได้ผลดังต่อไปนี้

แรงดัน	44.3 V
กระแส	6.0 A
กำลังสูญเสีย	320 W

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

$$Z_n = \frac{V}{\sqrt{3}I} = 39.69 \text{ ohm}$$

$$R_n = \frac{P}{3I^2} = 6.5 \text{ ohm}$$

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} = 39.15 \text{ ohm}$$

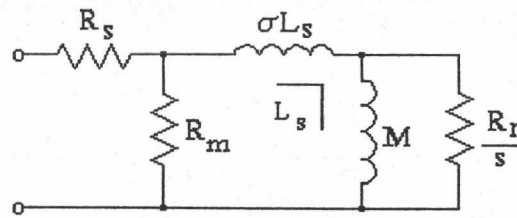
$$Z_l = \frac{V}{\sqrt{3}I} = 4.26 \text{ ohm}$$

$$R_l = \frac{P}{3I^2} = 2.96 \text{ ohm}$$

$$X_l = \sqrt{Z_l^2 - R_l^2} = 3.06 \text{ ohm}$$

จากวงจรสมมูลในรูปที่ ผ.1 ที่ No-load test จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$R_s + \frac{R_m \cdot jX_s}{R_m + jX_s} \approx R_n + jX_n$$



รูปที่ ผ.1 วงจรสมมูลที่ใช้ในการหาพารามิเตอร์ของมอเตอร์

เมื่อทำการแก้สมการจะได้ $R_m = 317.073 \text{ ohm}$ และ $X_s = 39.766 \text{ ohm}$

และจาก Lock-rotor test จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$R_s + \frac{R_m \cdot jZ_3}{R_m + jZ_3} \approx R_l + jX_l$$

$$Z_3 = j(X_s - X_m) + \frac{R_r \cdot jX_m}{R_r + jX_m}$$

เมื่อทำการแก้สมการจะได้ $R_r = 1.34 \text{ ohm}$ และ $X_m = 36.76 \text{ ohm}$

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของมอเตอร์ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} R_s &= 1.60 \text{ ohm} \\ R_r &= 1.34 \text{ ohm} \\ R_m &= 317.07 \text{ ohm} \\ \sigma L_s &= 0.01 \text{ H} \\ L_m = M = L_r &= 0.12 \text{ H} \end{aligned}$$

การหาค่าพารามิเตอร์ของ PI

จากสมการที่ 2.20 จะได้
$$m_d = P \frac{M^2}{L_r} i_{s\alpha} i_{s\beta}$$

และสมการ

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = m_d - m_l$$

โดยที่ $P =$ คู่ขั้ว (poles pair) = 2

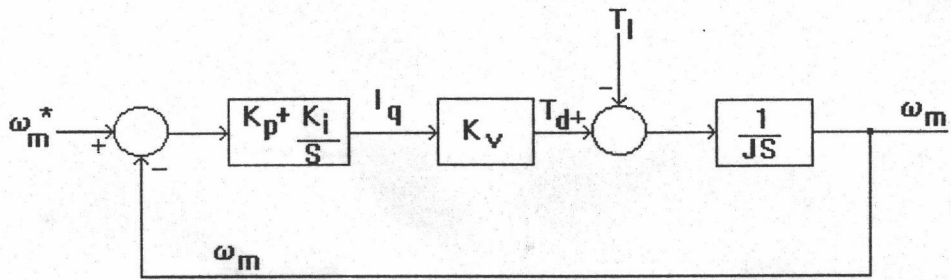
$m_l =$ แรงบิดของโหลด = 0

$J =$ โมเมนต์ความเฉื่อย (moment of inertia)

จากกระแสพิคัดของมอเตอร์ = 6.2 A และกระแสขณะไม่มีโหลด = 3.2 A และ $M=L_r=0.12 \text{ H}$ ดังนั้น เวกเตอร์ของกระแสพิคัดจะมีขนาด (i_s) = 10.74 A และเวกเตอร์ของกระแสขณะไม่มีโหลด $i_{s\alpha} = 5.54 \text{ A}$ เพราะฉะนั้น เวกเตอร์ของกระแสที่สร้างแรงบิด

$i_{s\beta} = \sqrt{i_s^2 - i_{s\alpha}^2} = 9.2 \text{ A}$ และจากผลการทดสอบการเร่งความเร็วโดยให้แรงบิดคงที่ 100 % จะได้ $\frac{d\omega_m}{dt} = 612.68 \text{ rad/s}$ เพราะฉะนั้น $J = 0.02 \text{ kg-m}^2$

ในการหาเกณฑ์ K_p และ K_i ของ PI เราจะสมมติว่ามอเตอร์มีแต่เพียงค่าโมเมนต์ความเฉื่อยก็เพียงพอ ซึ่งจะได้บล็อกไดอะแกรมของระบบอย่างง่ายดังในรูปที่ ผ.2



รูปที่ ผ.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำอย่างง่าย โดยที่ระบบจะมีฟังก์ชันโอนย้ายวงรอบเปิดดังสมการต่อไปนี้

$$G_o(s) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} \right) \times K_v \times \frac{1}{Js}$$

จากนั้นเราจะเลือกความถี่ตัดข้าม (cross over frequency) $\omega_o = 50 \text{ rad/s}$ (เป็นค่าที่ทำให้ได้ผลตอบชั่วขณะที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป) และ $K_v = 1.33$ ดังนั้นเราจะได้

$$|G_o(j\omega_o)| = 1 \approx \frac{K_p * K_v}{J\omega_o}$$

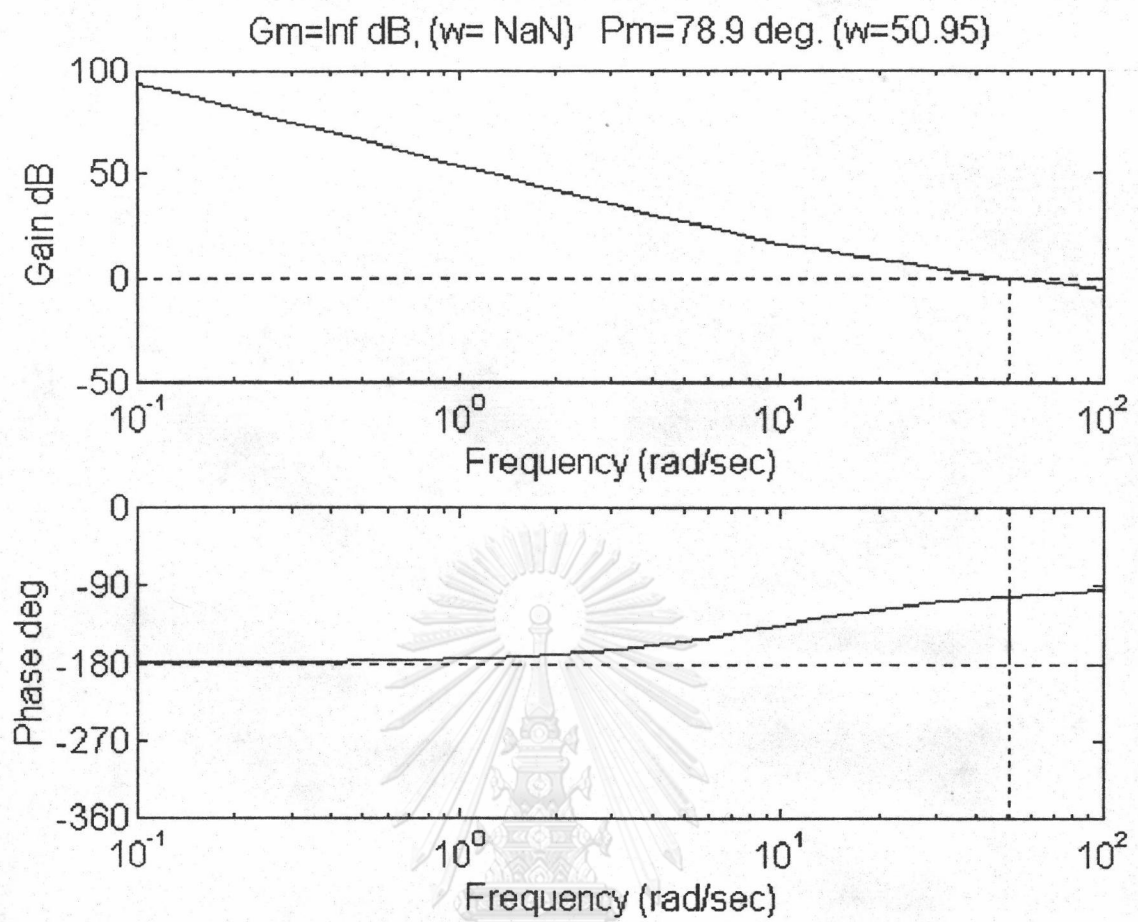
$$K_p = \frac{J\omega_o}{K_v} = 0.752$$

และเลือกค่าความถี่หักมุม (cut-off frequency) ของ PI (K_i/K_p) $\omega_c = \omega_o/5 = 10 \text{ rad/s}$ ซึ่งเป็นค่าที่ให้ช่วงปลอดภัยเชิงเฟส (phase margin) ที่เพียงพอสำหรับเสถียรภาพในการควบคุม จะได้

$$K_i = 10K_p = 7.52$$

$$T_i = 1/K_i = 0.133$$

จากค่า K_p และ K_i ที่ได้ เมื่อทำการหาช่วงปลอดภัยเชิงอัตราขยาย (Gain margin) และช่วงปลอดภัยเชิงเฟสจะได้ดังรูปที่ ผ.3



รูปที่ ผ.3 ช่วงปลอดภัยเชิงอัตราขยายและช่วงปลอดภัยเชิงเฟสของระบบ



ประวัติผู้เขียน

นาย โสภณ สมัยรัฐ เกิดเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2511 ที่เขตบางกอกใหญ่ กทม. สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า (อิเล็กทรอนิกส์กำลัง) ณ ภาควิชาวิศวกรรม ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 (ภาคปลาย)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY