บทที่ 1

บทนำ

ความเบื้องต้น

ในอดีตระบบขับเคลื่อนต่างๆ ในอุตสาหกรรมที่ต้องการปรับความเร็วรอบจะใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากฟลักซ์และแรงบิดสามารถควบคุมได้ง่าย โดยการควบคุมกระแสสนามและกระแสอาร์เมเจอร์ ซึ่งทำให้ระบบควบคุมไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงที่ต้องมีคอมมิวเทเตอร์และแปรงถ่าน ทำให้มีข้อเสียคือ

1. ทำให้ต้องมีการบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ
2. ไม่สามารถจะใช้ในภาวะที่อาจจะเกิดการระเบิด หรือในที่ที่มีการกัดกร่อนจากสารเคมีได้
3. มอเตอร์มีราคาสูง

ปัญหาทางด้านโครงสร้างเหล่านี้สามารถทำให้ลดลงได้ถ้าใช้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำแทน โดยมีวิธีการควบคุมดังจะได้กล่าวต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การควบคุมมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ (สมบูรณ์ แสงวงค์วาณิชย์, 2536)

1. การควบคุมแบบวงรอบเปิด

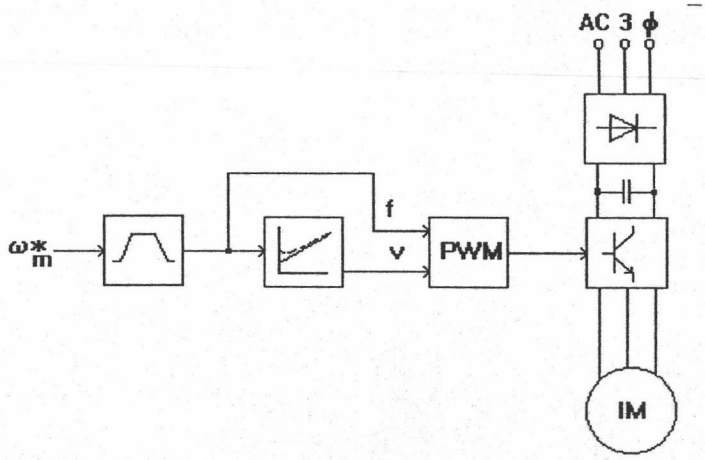
เนื่องจากวิธีการควบคุมในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะเป็นแบบ V/F ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งจะประสบปัญหาดังต่อไปนี้คือ

1.1 คุณสมบัติการควบคุมแรงบิดทำได้ไม่ดีพอ

1.2 ขาดเสถียรภาพที่บางความถี่

1.3 มีขีดจำกัดในด้านการตอบสนองของความเร็ว

1.4 ในการควบคุมความเร็วยังไม่เที่ยงตรงเพียงพอ



รูปที่ 1.1 การควบคุมแบบ V/F

แม้ว่าจะมีข้อดี คือง่ายต่อการออกแบบสร้าง ไม่จำเป็นต้องมีตัวตรวจจับความเร็วและไม่ต้องการข้อมูลพารามิเตอร์ของมอเตอร์

จากปัญหาของระบบควบคุมแบบ V/F ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาการควบคุมแบบเวกเตอร์ซึ่งเป็นการควบคุมแบบวงรอบปิด

2. <u>การควบคุมแบบเวกเตอร์</u>

การควบคุมแรงบิดในมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นทำได้โดยการควบคุมกระแสของมอเตอร์ โดยอาศัยหลักการควบคุมแบบเวกเตอร์หรือการควบคุมอิงสนามแม่เหล็ก (Vector Control or Field-Oriented control) (Perter Vas, 1990) ซึ่งจะทำให้คุณลักษณะการควบคุมของมอเตอร์เหนี่ยวนำในกรณีนี้คล้ายคลึงกับการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก อย่างไรก็ตามยังมีข้อแตกต่าง คือในมอเตอร์กระแสตรงตำแหน่งเชิงมุมของกระแสสนามและกระแสอาร์เมเจอร์จะอยู่กับที่ด้วยการทำงานของคอมมิวเทเตอร์และแปรงถ่าน ในขณะที่ในมอเตอร์กระแสสลับตำแหน่งเชิงมุมของฟลักซ์และกระแสสเตเตอร์ต้องการการควบคุมจากภายนอก ซึ่งการควบคุมแบบเวกเตอร์จะทำให้แรงบิดและฟลักซ์ในโรเตอร์ถูกควบคุมอย่างมีอิสระต่อกัน โดยจะควบคุมขนาดและมุมเฟสของกระแสทั้ง 3 เฟส หรืออีกนัยหนึ่งเวกเตอร์รวมของกระแสจะถูกควบคุม ซึ่งเป็นที่มาของคำว่าการควบคุมแบบเวกเตอร์

การควบคุมแบบเวกเตอร์แบ่งตามลักษณะการควบคุมได้ 2 แบบคือ

2.1 แบบควบคุมกระแส (Current Control)

2.2 แบบควบคุมแรงดันหรือการแยกการควบคุมให้มีอิสระต่อกัน (Voltage Control or Decoupling Control)

การควบคุมแบบเวกเตอร์โดยการควบคุมกระแส ไม่จำเป็นต้องใช้พารามิเตอร์ทางด้านสเตเตอร์ทำให้การควบคุมนั้นลดความยุ่งยากลง การควบคุมแบบนี้โดยทั่วๆ ไปจะเป็นการควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันโดยมีการป้อนกลับของกระแสเพื่อควบคุมให้ได้กระแสตามที่ต้องการ ถ้าความเร็วในการตอบสนองของวงรอบควบคุมกระแสไม่สูงพอจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างกระแสที่สร้างฟลักซ์และกระแสที่ทำให้เกิดแรงบิด (K. Ohnishi, 1985) อีกทั้งยังอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของโรเตอร์เนื่องจากความร้อน (F. Harashima, 1985) ซึ่งจะทำให้โรเตอร์ฟลักซ์ไม่คงที่ แนวทางแก้ไขทำได้ 2 วิธีคือ การเพิ่มอัตราขยายของวงรอบป้อนกลับของกระแสให้มีค่ามากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ตัวแปลงผันพลังงาน (Power converter) จ่ายกระแสได้แบบอุดมคติ ดังนั้นตัวแปลงผันพลังงานจะต้องมีความถี่สวิตช์ที่สูงมากซึ่งเป็นขีดจำกัดในการใช้งานในระบบขนาดใหญ่ อีกวิธีหนึ่งคือใช้การควบคุมแบบแรงดัน (การควบคุมแบบแยกการควบคุมให้มีอิสระต่อกัน) แทน

ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การควบคุมแบบเวกเตอร์ โดยการควบคุมแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ ด้วยหลักการแยกการควบคุมให้มีอิสระต่อกันของกระแสที่สร้างฟลักซ์ และกระแสที่ทำให้เกิดแรงบิด ทำให้ได้ขนาดของกระแสทั้งสองที่ตั้งฉากกันตามที่ต้องการ ข้อดีประการอื่นๆ ของระบบควบคุมแรงดันคือ

- สามารถสร้างสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ PWM (Pulse-Width Modulation) ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง
- ไม่ต้องมีการป้อนกลับของกระแสเพื่อการควบคุม
- เป็นการง่ายที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ ที่มีสมรรถนะสูงต่อไป เช่นการควบคุมแบบเวกเตอร์ที่ปราศจากตัวตรวจจับความเร็ว (Speed sensor-less vector control)

อย่างไรก็ตามการนำหลักการควบคุมแบบเวกเตอร์มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ต้องอาศัยการพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เพื่อให้อุปกรณ์แปลงผันพลังงานมีราคาถูกลงและมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น รวมทั้งการพัฒนาทางการควบคุมแบบเชิงเลขด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีสมรรถภาพสูงก็เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ในการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา ค้นคว้า ออกแบบ และสร้าง ระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ทำให้ได้ลักษณะการควบคุมที่คล้ายคลึงกับมอเตอร์กระแสตรง เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ

ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีสมรรถภาพสูง ซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งแรงบิดและความเร็ว และเป็นการปรับปรุงการควบคุมแบบวงรอบเปิดV/F ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองของความเร็วต่อคำสั่งและโหลดได้ไม่ดี โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญเพื่อใช้ในการควบคุมและการสร้างสัญญาณ PWM รวมทั้งทดสอบหาข้อดี-ข้อเสียของการควบคุมแบบควบคุมแรงดันและแนวทางแก้ไข เพื่อเป็นต้นแบบที่จะนำไปพัฒนาระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้สามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีระดับสูงของตัวเอง และจะเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาออกแบบวิศวกรรมในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

<u>ขอบเขตการวิจัย</u>

พัฒนาระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเวกเตอร์ โดยใช้ไมโครคอน-โทรลเลอร์ ขนาด 16 บิต สำหรับมอเตอร์ขนาด 1.5 kW

ระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย

1. <u>ภาคควบคุม</u> ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ INTEL 80C196 ทำงานที่ความถี่ 12 MHz ซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมจะมีส่วนประกอบดังนี้คือ

- ส่วนควบคุมแบบเวกเตอร์
- ส่วนกำเนิดสัญญาณ PWM โดยวิธีควบคุมสเปซเวกเตอร์ของแรงดัน (Voltage space vector)

2. <u>ภาคกำลัง</u>

ภาคกำลังด้านเข้าประกอบด้วย

- ชุดเรียงกระแส (Rectifier) ใช้ไดโอดแบบบริดจ์ 3 เฟส
- ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงชนิดสวิตชิงแบบแกว่งด้วยตัวเอง(Self-oscillate switching power supply)

ภาคกำลังด้านออก ประกอบด้วย

- ชุดอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ใช้ IGBT Module
- ชุดขับเกตของ IGBT 6 ชุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ภาคแสดงผล และตรวจจับสัญญาณต่างๆ
   - ชุดตรวจจับความเร็ว
   - ชุดตรวจจับแรงดันไฟตรง (DC Link Voltage)
   - ชุดตรวจจับกระแสเพื่อการป้องกันกระแสเกิน
   - ชุดแสดงความเร็วแบบตัวเลขดิจิตอลและแอนะล็อก
   - ชุดแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ค้นคว้า ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบควบคุมแบบเวกเตอร์
2. ศึกษาสถาปัตยกรรม และภาษาเอสแซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C196
3. จำลองผลการทำงานของระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์
4. ประกอบส่วนของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมทดสอบการทำงาน
5. ประกอบส่วนของชุดกำลัง และชุดแสดงผล พร้อมทดสอบการทำงาน
6. แก้ไขปรับปรุงลักษณะสมบัติของระบบควบคุม
7. เก็บข้อมูล ประเมินผล และสรุปผลรายงาน
8. เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ทำให้เกิดการพัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีสมรรถภาพสูง ซึ่งสามารถควบคุมทั้งแรงบิดและความเร็วได้ และทำให้ทราบคุณลักษณะและผลของการควบคุมแบบเวกเตอร์ เทียบกับแบบวงรอบเปิดและแบบที่ใช้มอเตอร์กระแสตรง

2. ผลการศึกษา วิจัย พัฒนา สามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีระดับสูงของตัวเอง เพื่อนำไปผลิตเป็นสินค้าอุตสาหกรรมเป็นการประหยัดเงินตราในการสั่งซื้อสินค้าจากต่างประเทศ

3. เป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาออกแบบวิศวกรรมในเชิงอุตสาหกรรม

4. เป็นต้นแบบเพื่อการศึกษาระบบควบคุมแบบเวกเตอร์ เพื่อให้เห็นคุณลักษณะทางกายภาพประกอบการเรียนการสอน