บทที่ 9
สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อสรุป

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการสร้างระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองเพื่อนำมาใช้เป็นชุดทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การออกแบบจึงเน้นทฤษฎีเป็นหลักสำคัญ ระบบที่สร้างขึ้นนี้ ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยก 8.4 กิโลวัตต์ มีพิกัดอาร์เมเจอร์ 440 โวลท์ 24 แอมป์ และ พิกัดขดลวดสนาม 220 โวลต์ 2.05 แอมป์ สำหรับส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วยภาคกำลังและภาคควบคุม ในส่วนของวงจรอาร์เมเจอร์

ภาคกำลังประกอบด้วย เอสซีอาร์ 6 ตัว สำรองไดโอด 1 ตัว ต่อกันแบบวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟส ทำงานแบบควบคุมเต็มที่หรือเสมือนครึ่งเดียวได้ สามารถควบคุมแบบวงรอบเปิด วงรอบปิดธรรมดา และ วงรอบปิดแบบปรับตัวเอง ในส่วนของวงจรสำหรับขดลวดสนาม ภาคกำลังประกอบด้วย เอสซีอาร์จำนวน 4 ตัว ต่อกันแบบวงจรบริดจ์เรียงกระแส 1 เฟส ควบคุมแบบวงรอบเปิด วงจรจุดชนวนที่ใช้เป็นแบบใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปฟันเลื่อยซึ่งมีวงจรรวมเบอร์ TCA 785 เป็นส่วนประกอบสำคัญ และสามารถทำงานเหมือนวงจรจุดชนวนที่ใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปโคไซน์ได้

จากการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ พบว่า

1. การใช้วงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสควบคุมเต็มที่ ให้ผลที่ดีกว่าวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสควบคุมครึ่งเดียว

2. การควบคุมแบบวงรอบเปิด

การที่กระแสอาร์เมเจอร์ไหลอย่างไม่ต่อเนื่อง ภาระทางกลมีผลต่อความเร็วรอบมากกว่าไหลอย่างต่อเนื่อง โดยที่ภาระทางกลนี้วัดจากกระแสที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

	วงจรบริดจ์เรียงกระแส	
	เต็มที่	ครึ่งเดียว
<u>การควบคุมแบบวงรอบเปิด</u>		
- การสั่นของมอเตอร์		มากกว่า
- การคงค่าความเร็วรอบ	ดีกว่า	
- เมื่อโหลดเป็น R หรือ RL ประสิทธิภาพ	ดีกว่า	
<u>การควบคุมแบบวงรอบปิด</u>		
- การคงค่าความเร็วรอบ	ดีกว่า	
- เวลาตอบสนองต่อภาวะทางกระแสการตั้งค่าความเร็วรอบ	ดีกว่า	
ภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุดในการมีเสถียรภาพต่อการควบคุมตลอดย่านการใช้งาน		

ตารางที่ 9.1 เปรียบเทียบระหว่างวงจรบริดจ์เรียงกระแส ควบคุมเต็มที่กับ ครึ่งเดียว

3. การคุมค่าความเร็วแบบวงรอบปิด

วงจรคุมค่าที่ใช้ในการควบคุมแบบวงรอบปิดแบ่งเป็น วงจรคุมค่ากระแสอาร์เมเจอร์และวงจรคุมค่าความเร็วรอบ การออกแบบวงจรคุมค่าทั้งสองใช้เทคนิคการลบล้างขั้วและศูนย์ (pole-zero concellation) ซึ่งทำให้วงจรคุมค่าแบบ PI เป็นวงจรคุมค่าที่เหมาะสม ในการออกแบบนี้ใช้ได้เฉพาะขณะที่กระแสอาร์เมเจอร์ไหลอย่างต่อเนื่องเท่านั้น เพราะ เมื่อกระแสอาร์เมเจอร์ไหลผ่านไม่ต่อเนื่อง คุณสมบัติของวงจรเรียงกระแสจะเปลี่ยนไปทำให้อาจสูญเสียเสถียรภาพได้ ในการออกแบบสามารถชดเชยผลของการที่กระแสอาร์เมเจอร์ไหลอย่างไม่ต่อเนื่องนี้ได้ด้วยวงจรคุมค่ากระแสแบบปรับตัวเอง หรือ การออกแบบให้ T_{i1} มากขึ้น T_{n1} น้อยลง จนกว่าการควบคุมจะมี

เสถียรภาพตลอดย่านการใช้งาน โดยวิธีหลังนี้การคุมค่าความเร็ว เวลาตอบสนองต่อภาระทางกลหรือการตั้งเปลี่ยนค่าความเร็วจะดีสู้วิธีแรกไม่ได้

4. การใช้วงจรจุดชนวนแบบใช้สัญญาณอ้างอิงรูปฟันเลื่อย

วงจรนี้ จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันควบคุมกับมุมจุดชนวนเป็นสมการเส้นตรง แต่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันควบคุมกับแรงดันขาออกของวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสเป็นสมการของโคไซน์ในภาวะที่กระแสไหลอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การใช้งานบนตำแหน่งต่าง ๆ ของโคไซน์มีผลต่างกัน กล่าวคือเวลาตอบสนอง และการพุ่งขึ้น (over shoot) ต่างกัน ย่อมไม่เหมาะกับการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งมีเวลาจำกัด เพราะ ค่าต่าง ๆ ที่วัดในเงื่อนไขที่ใกล้เคียงกันจะต่างกันมาก แต่หากใช้งานทั่ว ๆ ไปก็ยังมีความเหมาะสมอยู่มาก

5. การใช้วงจรจุดชนวนที่เสมือนใช้สัญญาณอ้างอิงรูปโคไซน์

วงจรนี้ จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันควบคุมกับมุมจุดชนวนเป็นสมการของ arccos แต่จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันควบคุมกับแรงดันขาออกของวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสในภาวะที่กระแสไหลอย่างต่อเนื่องเป็นสมการเส้นตรง ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพราะ ค่าต่าง ๆ ที่วัดในเงื่อนไขที่ใกล้เคียงกันจะต่างกันไม่มาก

6. วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองนี้ ในส่วนของวงจรคุมค่าความเร็วยังเป็นแบบ PI ธรรดา แต่ส่วนของวงจรคุมค่ากระแสจะคุมค่าแบบปรับตัวเองให้เป็นแบบ PI และ I ได้ตามความเหมาะสม เพื่อชดเชยผลของการที่กระแสอาร์เมเจอร์ไหลอย่างไม่ต่อเนื่องนั่นเอง

7. การใช้วงจรคุมค่าในการควบคุมความเร็วมอเตอร์นี้ ถ้าพิจารณาเฉพาะช่วงใช้งานที่แคบ ๆ ก็สามารถปรับแต่งให้วงจรทำงานในเฉพาะย่านนั้นอย่างเหมาะสมได้ เพื่อที่จะได้เวลาในการตอบสนองที่เร็วและคงค่าความเร็วได้ดีที่สุด แต่หากใช้นอกย่านระบบอาจขาดเสถียรภาพหรือตอบสนองช้าได้

8. ระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง ที่ใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองนี้จะใช้งานให้ได้ผลดีที่สุด เมื่อใช้วงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสควบคุมเต็มที่ ณ จุดทำงานที่เหมาะสม ระบบที่สร้างขึ้นนี้สามารถเริ่มเดิมเครื่องได้อย่างนุ่มนวล (soft start) จำกัดกระแสอาร์เมเจอร์ไม่เกินค่าพิกัดได้ มีผลเวลาตอบสนองต่อภาระทางกลดีกว่า 2 วินาที สามารถคุมค่าความเร็วรอบ 10-100% ของค่าพิกัดได้ และการ

คุมค่าความเร็วดีกว่า 1% ของค่าพิกัด

9.2 ข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้

ในการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบที่ได้สร้างขึ้นมานี้ ยังไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือวัด แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ใช้มีกำลังต่ำกว่ากำลังของมอเตอร์ และการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นโหลดซึ่งผิดไปจากการใช้ภาวะทางกลจริง ๆ

9.3 ข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้ได้สร้างโครงงานขึ้นมาชิ้นหนึ่งเป็นโครงงานง่าย ๆ เพื่อศึกษาผลของระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเอง และใช้เป็นชุดทดลองในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลา และ ทุน ทำให้ระบบนี้ยังขาดส่วนประกอบที่สำคัญหลายส่วน เช่น ระบบป้องกันอันตรายจากการทดลอง ระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดเนื่องจากสัญญาณรบกวน เป็นต้น

ในการวิจัยขั้นต่อไปควรปรับปรุงระบบให้เชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น เพื่อรองรับการพัฒนาไปสู่วงจรบริดจ์เรียงกระแสแบบ 2 ทิศทาง (bidirectional converter) ซึ่งใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงให้หมุนใน 2 ทิศทาง หรือ พัฒนาเป็นวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงที่มีความเร็วสูงกว่าพิกัด โดยวิธีปรับความเข้มสนาม (field weakening) ในโอกาสต่อไป

9.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับนี้มีส่วนช่วยในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าพื้นฐาน และ เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการออกแบบและระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงต่อไป