# บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

## 5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการประมาณค่าตำแหน่งขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์เพื่อช่วยลดการกระชากของกระแสในช่วงเริ่มต้นทำงาน ซึ่งการประมาณค่าตำแหน่งจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความเหนี่ยวนำของแต่ละเฟสที่มากน้อยต่างกันในแต่ละตำแหน่งของโรเตอร์ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าระดับความเหนี่ยวนำที่ต่างกันนี้ก็จะสามารถระบุตำแหน่งของโรเตอร์ได้ การที่จะได้ผลของค่าความเหนี่ยวนำนี้จะต้องทำการกระตุ้นด้วยสัญญาณแรงดันพัลส์เข้าสู่ขดลวดสเตเตอร์แล้วตรวจวัดผลตอบสนองในรูปของแรงดันเฟสและกระแส DC-link เมื่อค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามระดับแรงดันเฟสของมอเตอร์ ดังนั้นการเปรียบเทียบระดับค่าแรงดันเฟสก็คือการเปรียบระดับค่าความเหนี่ยวนำ และเมื่อนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าระดับแรงดันเฟสก็จะสามารถประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์ได้ แต่เนื่องจากค่าระดับความเหนี่ยวนำหรือระดับแรงดันที่ได้จะซ้ำกันทุกๆ 180 องศา ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ได้

ผลจากการกระตุ้นด้วยสัญญาณแรงดันพัลส์เข้าสู่ขดลวดสเตเตอร์นี้จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระตุ้นที่ขดลวดสเตเตอร์จะกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ในลักษณะที่เสริมกันหรือหักล้างกัน การเสริมกันหรือหักล้างกันจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ผลจากการที่เส้นแรงแม่เหล็กเสริมกันหรือหักล้างกันนี้จะทำให้เกิดการอิ่มตัวขึ้นที่แกนเหล็กสเตเตอร์มากน้อยต่างกัน และผลจากการอิ่มตัวนี้จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อแกนเหล็กสเตเตอร์เกิดการอิ่มตัวมากขึ้นค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์จะยิ่งน้อยลง กระแสที่ไหลในขดลวดจะไหลได้มากขึ้นกว่าปกติ ในทางกลับกันเมื่อแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวน้อยลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์จะมากขึ้น กระแสที่ไหลในขดลวดก็จะไหลได้น้อยลงด้วย การเปลี่ยนแปลงของระดับกระแสที่เกิดขึ้นจากผลของขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์นี้สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ระหว่างช่วง 180 องศาแรก และ 180 องศาหลัง ได้ ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถใช้การเปรียบเทียบระดับกระแสและการเปรียบเทียบระดับแรงดันในการประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์ได้ที่ความละเอียดเท่ากับ 30 องศาทางไฟฟ้า

เมื่อประมาณค่าตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ได้แล้วจากนั้นจะทำการกำหนดตำแหน่งสวิตช์ในการเริ่มต้นทำงานตามวิธีการขับเคลื่อนแบบ Six steps 120° โดยจะใช้วิธีการบังคับเริ่มหมุนแบบที่ไม่มีการตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ตามวิธีการเดิม ซึ่งจะใช้การกำหนดความกว้างพัลส์ให้มีขนาดจากมากไปหาน้อย ความกว้างพัลส์ที่มากในช่วงแรกเพื่อให้มอเตอร์สามารถเร่งให้เริ่มต้นหมุนได้ และจะค่อยๆลดขนาดลงตามลำดับ อัตราเร่งดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของมอเตอร์และค่าภาระของมอเตอร์ในขณะนั้นๆ

จากผลการทดลองการเริ่มต้นทำงานที่ได้พบว่า ระดับกระแสในช่วงเริ่มต้นลดลงมาต่ำกว่า 10 แอมป์ ดังนั้นจึงสามารถลดค่าพิกัดกระแสของตัวอุปกรณ์สวิตช์กำลังหรือไอจีบีทีโมดูลลงได้จากเดิมที่ต้องใช้พิกัดกระแสถึง 30 แอมป์ให้เหลือเพียง 10 แอมป์เท่านั้น

ในกรณีของความเร็วในการเริ่มต้นทำงานนั้น จะเห็นได้ว่าสามารถเริ่มต้นทำงานได้เร็วกว่าเดิมถึง 0.5 วินาที ซึ่งในระบบเครื่องปรับอากาศอาจจะไม่มีผลอะไรเพราะไม่ต้องการเริ่มต้นทำงานที่รวดเร็ว แต่ถ้านำไปประยุกต์กับงานประเภทควบคุมตำแหน่งประเภทเครื่อง CNC จะสำคัญอย่างยิ่ง เพราะต้องการการตอบสนองการเริ่มต้นทำงานที่เร็ว และโรเตอร์ต้องไม่มีการเคลื่อนตัวไปมาในขณะเริ่มต้นทำงาน ถ้าโรเตอร์เคลื่อนตัวไปมาอาจจะทำให้ชิ้นงานหรือใบมีดกลึงเสียหายได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถนำวิธีการประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์ด้วยวิธีการที่นำเสนอนี้ไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการความรวดเร็วในการเริ่มต้นทำงานได้ เช่น เครื่อง CNC เป็นต้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

การแก้ปัญหาเรื่องกระแสกระชากในช่วงเริ่มต้นทำงานอาจจะยังไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากไม่มีการควบคุมตำแหน่งของโรเตอร์ในช่วงบังคับเริ่มหมุน จึงไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อภาระในช่วงเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงจะไม่เกิดกระแสกระชากขึ้นอีก ในทางปฏิบัติของวิธีการเดิมนอกจากจะต้องปรับความกว้างพัลส์ให้เหมาะสมกับความต้องการของภาระแล้วยังจะต้องทำการปรับจูนค่าการชดเชยตำแหน่งมุมการสวิตช์ ให้เหมาะสมด้วย (BEMF rising, falling-edge) ในงานวิจัยต่อจากนี้จะนำเสนอวิธีเริ่มต้นทำงาน ที่สามารถประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์และเริ่มต้นทำงานด้วยวิธีการควบคุมแบบลูปปิด (closed-loop control) จนกระทั่งความเร็วจนถึงจุดที่สามารถตรวจจับแรงดัน BEMF แล้วใช้ Z-event เป็นจุดอ้างอิงในการควบคุมการทำงานแบบ sensorless ตามวิธีการเดิม

## 5.3 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรค ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ระบบปรับอากาศ ปริมาตรของน้ำยาแอร์จะมีผลต่อภาระของมอเตอร์โดยตรง ปริมาตรของน้ำยาแอร์มีค่ามากหรือน้อยจะทำให้ภาระมีค่ามากน้อยต่างกันด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ไม่มีการชั่งน้ำหนักให้เท่ากันทุกครั้งหรือในกรณีที่ความยาวของท่อส่งน้ำยาไม่เท่ากัน ซึ่งการเริ่มทำงานของคอมเพรสเซอร์จะต้องมีการปรับจูนค่าการชดเชยการสวิตช์ และความกว้างพัลส์ในช่วงเริ่มต้นให้เหมาะสมทุกครั้งที่ทำการติดตั้งใหม่ มิฉะนั้นจะไม่สามารถเริ่มต้นทำงานได้ อีกปัญหาหนึ่ง คือ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ ซึ่งคอมเพรสเซอร์เป็นระบบปิด จึงไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งใดๆ เข้าไปในตัวของคอมเพรสเซอร์ได้ ดังนั้นในขั้นตอนการทดสอบจึงจำเป็นต้องตัดส่วนฝาบนของคอมเพรสเซอร์ออกเพื่อติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลตำแหน่งของโรเตอร์ ที่เรียกว่า เอ็นโค๊ดเดอร์ (encoder) เพื่อใช้ในขั้นตอนเก็บผลการทดลองในการประมาณค่าตำแหน่งของโรเตอร์เท่านั้น