บทที่ 5

สรุปผลโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นกำลังการขับเคลื่อนทางกลของแบบจำลองรถไฟฟ้าขนาดเล็กความเร็วต่ำ พร้อมทั้งออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ดังกล่าว ซึ่งกระบวนการทั้งหมดของโครงการ สามารถจำแนกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น ซึ่งส่วนนี้เป็นแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กด้านเดียว(Single Side Linear Induction Motor) และเป็นโครงสร้างทางกล-แม่เหล็กไฟฟ้า ที่สำคัญที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าในโครงการวิจัยนี้
2. การออกแบบ และการสร้างระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น ซึ่งส่วนนี้จะเริ่มจากเขียนสมการฟังชั่นถ่ายโอนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ และเขียนเป็นแผนภาพไดอะแกรม ทั้งของมอเตอร์และส่วนควบคุมความเร็วด้วย MATLAB/SIMULINK Software เพื่อจำลองระบบและทดสอบระบบว่าอยู่ในสภาวะเสถียรและได้สภาวะพลวัตของระบบตรงตามต้องการหรือไม่ ทั้งนี้ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นของโครงการนี้เป็นแบบ SVPWM V/F Open Loop Control
3. การออกแบบและสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสด้วยโมดูล DIPIPM #PS21A7A ซึ่งเป็นโมดูล IGBT ของบริษัท POWEREX พร้อมวงจรขับสัญญาณ วงจรตรวจวัดสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบระบบและควบคุม ตลอดจนสร้างระบบควบคุมด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลรุ่น dsPIC30F2010 ของบริษัท MICROCHIP INC. และเมื่อประกอบวงจรส่วนต่างๆเข้าด้วยกันจนเป็นระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นเรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการทดสอบระบบทั้งหมดขณะเปลี่ยนแปลงความเร็ว และเปลี่ยนแปลงโหลด พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองที่ได้ทดสอบมาแล้วด้วย
4. การทดสอบในโครงการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การทดสอบระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น และ การทดสอบชุดประมวลผลสัญญาณของระบบควบคุม

5.1 สรุปผลโครงการวิจัย

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นสำหรับแบบจำลองรถไฟฟ้าขนาดเล็กความเร็วต่ำ โดยใช้การควบคุมแบบ (SVPWM V/F Open Loop Control) ด้วยวิธีการควบคุม อัตราแรงดัน/ความถี่ ตัวควบคุมที่ใช้ในการหน่วงเวลาขณะสั่งเปลี่ยนความเร็วเป็นแบบ PI Controller (อยู่ในส่วน Ramp Control) ซึ่งระบบทั้งหมดจะต้องถูกนำไปจำลอง เพื่อหาสภาวะการทำงานของระบบเสียก่อน ด้วย MATLAB/SIMULINK Software ก่อนที่จะทำการสร้างระบบจริง

การออกแบบฮาร์ดแวร์ของโครงการ นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบ Embedded System ด้วยบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลรุ่น dsPIC30F2010 ของบริษัท Microchip Inc. เป็นส่วนประมวลผลของระบบควบคุม และการสั่งงานทั้งระบบ ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส เป็นแบบโมดูล IGBT สำเร็จรูป รุ่น DIPIPM #PS21A7A ของบริษัท POWEREX จำกัด เมื่อทำการประกอบวงจรทั้งหมดเสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงนำไปทดสอบการทำงานกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นแบบเส้นแรงแม่เหล็กด้านเดียว(Single Side Linear Induction Motor) ที่ได้สร้างขึ้น

โดยสรุป จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นที่สร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้ สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรถไฟฟ้าขับเคลื่อนเชิงเส้นได้ ตามต้องการ โดยสามารถเข้าสู่ความเร็วที่จัดตั้งได้ภายในเวลาอันสั้น ทั้งขณะไม่มีโหลดและมีโหลดอยู่ในระบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นในโครงการวิจัยนี้โดยละเอียด คณะผู้วิจัยพบว่า ยังมีข้อบกพร่องและที่ปัญหาบางประการที่ยังเกิดขึ้นอยู่บ้าง และสมควรได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องนี้ในโครงการวิจัยในอนาคต ดังนี้

5.2.1 เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ให้ความสนใจต่อระบบต้นแบบของการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวเชิงเส้นในแบบจำลองของรถไฟฟ้าความเร็วต่ำเท่านั้น จะเห็นว่าสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นได้ตามที่ต้องการ ซึ่งบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล dsPIC30F2010 ที่ใช้ในโครงการเป็นบอร์ดแบบพื้นฐานที่สามารถหาซื้อได้ในตลาดสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ได้ทั่วไป แต่ถ้าหากต้องการประยุกต์ใช้กับรถไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีความเร็วสูง ควรเลือกใช้บอร์ดประมวลผลที่

ได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะ หรือเลือกใช้บอร์ดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ในการทำงานแบบวงปิด

5.2.2 เนื่องจากระยะทางของรางวิ่งของรถไฟในโครงการมีระยะทางที่จำกัด จึงทำให้การทดลองจึงมีข้อจำกัดตามไปด้วย และการวัดสัญญาณบางส่วนกระทำได้ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะในการทดลองเรื่องผลการตอบสนองของความเร็ว เมื่อปลดโหลดออกออกจากระบบโดยกะทันหัน จึงทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้สมบูรณ์ได้ตามที่วางแผนไว้

5.2.3 การวัดความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้ เป็นการประยุกต์ใช้ Speed Encoder เป็นเซนเซอร์ในการวัด ซึ่งเมื่อเซนเซอร์ติดตั้งอยู่บนส่วนเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ทำให้ต้องเคลื่อนที่ขณะทำงาน จึงอาจทำให้การวัดสัญญาณขาดความแม่นยำเนื่องจากต้องมีการส่งสัญญาณในระยะไกลตามความยาวของสายสัญญาณ ในขณะที่ระดับแรงดันที่ใช้ในวงจรวัดสัญญาณอยู่ในระดับลอจิกคือขนาด 5 โวลต์ ซึ่งในการพัฒนาขั้นต่อไป ควรมีการทดลองใช้การวัดสัญญาณความเร็วแบบไม่ใช้เซนเซอร์ (Sensorless)

5.2.4 ระบบการจ่ายพลังงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นที่สร้างขึ้นยังมีการออกแบบในรูปแบบอื่นๆ ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ก็จะทำให้ระบบการจ่ายพลังงานนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.5 ระบบควบคุมความเร็วที่นำเสนอในโครงการเป็นแบบ Scalar Control ที่เป็นระบบวงเปิด (Open Loop Control) ซึ่งการควบคุมแบบ Scalar Control มีข้อเสียคือไม่มีการป้อนกลับของสัญญาณในวงปิด ดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จะมีค่าไม่คงที่สม่ำเสมอในขณะทำงาน และเมื่อเกิดการ Overload อาจทำให้ระบบควบคุมและมอเตอร์เกิดความเสียหายได้ ทั้งนี้ระบบที่ใช้ในการควบคุมนั้นยังมีรูปแบบอื่นอีกที่น่าจะศึกษาเพิ่มเติม เพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้นเช่น การควบคุมความเร็วแบบป้อนกลับค่าความเร็วสลิป เป็นต้น