

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor)	5
2.2 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	6
2.2.1 สเตเตอร์หรือส่วนที่อยู่กับที่.....	6
2.2.2 โรเตอร์ หรือส่วนที่หมุน.....	6
2.3 สนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	8
2.4 สลิป (Slip, S)	11
2.5 มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1 เฟส.....	11
2.6 ทฤษฎีสนามแม่เหล็กขวางของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส.....	12
2.7 คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor Start and Run Motor)	14
2.8 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว.....	14
2.9 คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิด 2 ค่า.....	16
2.10 การควบคุมอินเวอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulate)	17
2.10.1 การเลือกเฉพาะที่.....	17
2.11 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส.....	19

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.11.1 วงจรและรูปคลื่นสัญญาณ.....	19
2.12 หลักการของการควบคุมทางเวกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับ 1.....	23
2.13 Space Vector Modulation (SVM)	24
2.14 FPGA (Field Programmable Gate Array).....	37
บทที่ 3 หลักการทำงาน และการออกแบบ.....	41
3.1 การออกแบบหา ตรรกะการมอดูเลต และ มุมสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า กระแสสลับ 1เฟส.....	42
3.2 การออกแบบวงจรภาคขับเคลื่อน IGBT.....	44
3.3 การออกแบบวงจรแปลงแรงดัน และป้องกันการลัดวงจรของสวิตช์.....	47
3.4 การออกแบบวงจรทรีแรงดัน.....	47
3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	49
3.6 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับค่าพารามิเตอร์.....	51
3.7 การออกแบบส่วน FPGA.....	51
บทที่ 4 การออกแบบโปรแกรม.....	54
4.1 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งค่าตัวแปรให้ FPGA.....	54
4.2 โปรแกรมส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	57
4.3 การออกแบบสัญญาณ SVM PWM ของ FPGA.....	58
4.3.1 การขับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับชนิด 1 เฟสโดยอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส.....	58
4.3.2 การขับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับชนิด 3 เฟสโดยอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส.....	58
4.3.3 หลักการควบคุมแบบ Vector Modulation.....	59
4.4 ออกแบบและพัฒนาส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์.....	62
4.4.1 Dead Time.....	62
4.4.2 ออกแบบและพัฒนาส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับ มอเตอร์ 1เฟส.....	62
4.4.3 ออกแบบและพัฒนาส่วนซอฟต์แวร์ควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับ มอเตอร์ 3เฟส	64

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การทดลอง.....	66
5.1 ผลการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับแบบ 3 เฟส.....	67
5.1.1 ผลการทดลองในส่วนของสัญญาณทางเวลา และสัญญาณความถี่ของ อินเวอร์เตอร์ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	67
5.1.1.1 สัญญาณ PWM จาก FPGA หลังผ่านวงจรแปลงระดับแรงดัน.....	67
5.1.1.2 สัญญาณ PWM วัดที่ขาเกตของ IGBT ที่จุดต่างๆ.....	75
5.1.1.3 แสดงรูปสัญญาณที่ขา C, E ของสวิตช์.....	79
5.1.1.4 สัญญาณ Out put PWM ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	82
5.1.1.5 การปรับค่าเวลา dead time ค่าต่างๆ.....	84
5.1.1.6 การปรับความถี่การสวิตช์ IGBT.....	86
5.1.1.7 การปรับความถี่หลักมูลแรงดัน ไฟสลับที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	88
5.1.1.8 การปรับ Modulation Index.....	91
5.1.2 ผลทดสอบอินเวอร์เตอร์กับภาระโหลดที่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้าที่มีการจ่ายภาระทางกล ด้วยชุดทดสอบยี่ห้อ SIEMENS.....	92
5.1.2.1 วงจรชุดขับสวิตช์ และวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟสที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟตรง.....	92
5.2 ผลการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1 เฟส.....	104
5.2.1 ผลการวัดค่าแรงดัน และกระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1 เฟสขณะ ต่อตรงกับแหล่งจ่ายไฟสลับโดยไม่ผ่านอินเวอร์เตอร์.....	104
5.2.2 ผลการวัดค่าแรงดัน และกระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1 เฟสขณะต่อ ผ่านอินเวอร์เตอร์.....	109
5.2.2.1 สัญญาณ PWM จาก FPGA หลังผ่านวงจรแปลงระดับแรงดันที่จุดต่างๆ.....	109
5.2.2.2 สัญญาณ PWM วัดที่ขาเกตของ IGBT ที่จุดต่างๆ.....	111
5.2.2.3 แสดง Dead time ของรูปสัญญาณที่ขาเกต ของ IGBT.....	114
5.2.2.4 แสดงเฟสต่างของสัญญาณที่ ขาเกตของ Q1U เทียบ ขาเกตของ Q3V.....	117
5.2.2.5 แสดงรูปสัญญาณที่ขา C, E ของสวิตช์.....	119
5.2.2.6 แสดงรูปสัญญาณ SVM PWM แรงดันที่ขด Start และขด Run ที่ความถี่ค่าต่างๆ.....	121

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2.2.7 แสดงรูปสัญญาณ SVM PWM แรงดันที่ขด Start และ ขด Run โดยวัดสัญญาณผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	124
5.2.2.8 แสดงรูปสัญญาณกระแสที่ขด Start และ ขด Run.....	126
5.2.2.9 ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับ 1 เฟส ที่ความถี่ต่างๆ.....	128
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	129
เอกสารอ้างอิง.....	132
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. วงจรสมบรูณ์ของระบบอินเวอร์เตอร์.....	133
ภาคผนวก ข. โปรแกรมควบคุมระบบ.....	136
ประวัติผู้เขียน.....	160