การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสด้วยเทคนิค PWM

นาย ชยายส ขันโชค
นาย นิรุธ ลงอ่อน

โครงการวิศวกรรมศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2543
ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสด้วยเทคนิค PWM

ปีการศึกษา 2543

โดย
นายชยายส ขันโชค
นายนิรุธ ลงอ่อน

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์เวคิน ปิยรัตน์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ด้วยเทคนิค PWM โดยใช้วิธีการควบคุมทั้งแรงดัน และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับมอเตอร์ โดยเป็นไปตามอัตราส่วน V/F การควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C196MC ที่สามารถกำเนินสัญญาณพัลส์สวิตซ์สามเฟสได้ สัญญาณที่ได้จะนำไปขับไอจีบีที เพื่อควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งสามารถปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 1-100 H_Z

PWM TECHNIQUE CONTROL INDUCTION MOTOR DRIVE

Academic Year 2000

By
Mr. Chayayot Khanchok
Mr. Nirut Longon

Project Report Advisor
Mr. Wakhin Piyarat

ABSTRACT

This project present the pwm technique control of three phase motor drive and controlled by using the principle of variable a.c. voltage and frequency supply to motor. This is ratio V/F. This controlled by using microcontroller 80C196MC itcan three phase complementary wave form generator : Which it can drive IGBT for control the inverter circuit and it can variable frequency change 1-100 H_Z

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณ อาจารย์เวคิน ปิยรัตน์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำโครงการ และอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำตลอดจนตรวจสอบแก้ไข ทำให้โครงการวิศวกรรมศาสตร์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น คำแนะนำตลอดจนตรวจสอบแก้ไข ทำให้โครงการวิศวกรรมฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณ พี่เจริญ เพื่อนอาจารย์ที่พระรามหกเทคโนโลยีที่คอยให้คำแนะนำ ในเรื่องของไมโคร 80C196MC และคอยช่วยเหลือในเรื่องข้อมูล, ห้องทดลอง ตลอดจนอุปกรณ์ทดลอง และให้ความช่วยเหลือทุกด้าน เพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมเลี้ยงดูมาอย่างดี จนทำให้ประสบความสำเร็จในวันนี้ได้

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส	3
2.2 อินเวอร์เตอร์	15
2.3 ไอจีบีที	25
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-96	40
3. การออกแบบและวิธีการทดลอง	58
3.1 รายละเอียดโครงงาน	58
3.2 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	58
3.3 วงจรขับนำเกท	61
3.4 วงจรสนับเบอร์	62
3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM	62
3.6 ภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	63
3.7 ภาคแสดงผลและคีย์บอร์ด	65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการทดลอง 73
4.1 การทดสอบภาคกำเนิดสัญญาณ PWM 73
4.2 การทดสอบเครื่องอินเวอร์เตอร์ 76
5. บทสรุป 84
บรรณานุกรม
ภาคผนวก
ประวัติผู้เขียน

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	5
2.2	เฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจรสมมูลย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	6
2.3	วงจรสมมูลย์โดยประมาณของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	8
2.4	กราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วรอบ เมื่อแรงดันและความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์มีค่าคงที่	10
2.5	กราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วรอบ เมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่ายให้สเตเตอร์	11
2.6	กราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วรอบ เมื่อปรับความถี่ที่ป้อนให้สเตเตอร์	13
2.7	กราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วรอบ เมื่ออัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่มีค่าคงที่	13
2.8	ย่านการทำงานของมอเตอร์ เมื่อปรับแรงดันและความถี่ ที่ป้อนให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ	14
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน และความถี่ที่ป้อนให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ	15
2.10	อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส แบบครึ่งบริดจ์	16
2.11	อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส แบบบริดจ์	17
2.12	การนำอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส จำนวน 3 ชุดมาต่อเป็นอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส	18
2.13	อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส แบบบริดจ์	19
2.14	การต่อโหลดแบบสตาร์และเดลต้า	20
2.15	วงจรสมมูลย์เมื่อต่อโหลดตัวต้านทานแบบสตาร์	21
2.16	รูปคลื่นเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส เมื่อโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ	23
2.17	การควบคุมแรงดันแบบพัลส์วิดธ์ดูเลชั่นชนิดซายน์ของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส	24
2.18	แบบพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นชนิดซายน์	25
2.19	สัญลักษณ์ของไอจีบีที	26
2.20	ภาพตัดขวางโครงสร้างพื้นฐานของไอจีบีที	27
2.21	(ก) กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติระหว่างกระแสและแรงดันของไอจีบีที	28
	(ข) กราฟแสดงลักษณะสมบัติการถ่ายโอนของไอจีบีที	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.22	ทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนและโฮลในขณะนำกระแส	29
2.23	(ก) โครงสร้างที่มีทรานซิสเตอร์และมอสเฟตแฝงอยู่ภายใน	31
	(ข) วงจรสมมูลย์สำหรับการทำงานสภาพปกติของไอจีบีที	31
	(ค) วงจรสมมูลย์ที่แสดงส่วนของไทริสเตอร์ที่แฝงอยู่ในไอจีบีที	31
2.24	ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะนำกระแส	33
2.25	ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะหยุดนำกระแส	34
2.26	(ก) พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบแอสตรง	35
	(ข) พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบแอสกลับ	35
2.27	แรงดันและกระแสที่เกตของไอจีบีที	36
2.28	ความต้านทานที่มีผลต่อค่าเวลาในการเป็นสวิตช์	37
2.29	(ก) วงจรการทำงานของทรานซิสเตอร์แบบ พุช-พูล	37
	(ข) วงจรที่ใช้ไอซี	38
	(ค) วงจรการทำงานของทรานซิสเตอร์แบบคอมพลีเมนตารี	38
2.30	บล๊อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างของ 8096	43
2.31	บล๊อกไดอะแกรมของ RALU	44
2.32	การต่อคริสตอลเพื่อสร้างความถี่ให้กับ 8096	46
2.33	สัญญาณนาฬิกาเมื่อเทียบกับ XTAL1	46
2.34	พื้นที่หน่วยความจำของ 8096	46
2.35	สัญญาณเวลาที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก	48
2.36	บล๊อกไดอะแกรมของ 8096	51
2.37	การจัดขาของ 8096	51
2.38	รีจิสเตอร์คำสั่ง/สถานะของพอร์ตอนุกรม	52
3.1	Block Diagram ของการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสด้วย	59
3.2	Flowchart โปรแกรม Analog to Digital ของโครงงาน	60
3.3	วงจรขับนำขาเกทของไอจีบีที (Gate Drive IGBT)	61
3.4	แสดงวงจร RCD สนับเบอร์	62
3.5	แสดงวงจรใช้งานของภาควงจรกำเนิดสัญญาณ PWM	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		**หน้า**
3.6	แสดงวงจรใช้งานของภาคแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	64
3.7	แสดงวงจรใช้งานของภาคแสดงผลและคีย์บอร์ด	65
4.1	รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ความถี่เอาท์พุท 5 H_Z	73
4.2	รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ความถี่เอาท์พุท 10 H_Z	74
4.3	รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ความถี่เอาท์พุท 20 H_Z	74
4.4	รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ความถี่เอาท์พุท 50 H_Z	75
4.5	รูปคลื่นของสัญญาณ PWM ที่ความถี่เอาท์พุท 100 H_Z	75
4.6	แสดงรูปคลื่นกระแส ขณะขับโหลดที่กระแส A	81
4.7	แสดงรูปคลื่นกระแส ขณะขับโหลดที่กระแส A	82
4.8	ภาพด้านหน้าของโครงงาน	82
4.9	ภาพด้านหลังของโครงงาน	..83
4.10	ภาพด้านในของโครงงาน	83

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 การกำหนดฟังก์ชันใช้งานของพอร์ต 2 53

2.2 54

2.3 56

2.4 57

ตารางข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ 76

ตารางผลการทดลองที่ 4.1 ผลการทดลองแบบ Open Loop – No Load 77

ตารางผลการทดลองที่ 4.2 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 20 H_Z 78

ตารางผลการทดลองที่ 4.3 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 30 H_Z 78

ตารางผลการทดลองที่ 4.4 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 50 H_Z 78

ตารางผลการทดลองที่ 4.5 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 70 H_Z 79

ตารางผลการทดลองที่ 4.6 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 1 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ 79

ตารางผลการทดลองที่ 4.7 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 2 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ 79

ตารางผลการทดลองที่ 4.8 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 3 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ 79

ตารางผลการทดลองที่ 4.9 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 4 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ 79

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Tacho Meter	เครื่องวัดความเร็วรอบ	รอบ/นาที
PWM	สัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชั่น	H_Z
RPM	เป็นความเร็วรอบต่อนาที	รอบ/นาที
S	สลิบ	เปอร์เซ็นต์
Rs	ความต้านทานที่สเตเตอร์	โอห์ม
Wm	ความเร็วทางกลของโรเตอร์	รอบ/นาที
Nr	ความเร็วของโรเตอร์	รอบ/นาที
Fs*	ความถี่ที่จ่ายให้สเตเตอร์	H_Z

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้งานอุตสาหกรรมการผลิตหลาย ๆ อย่างใช้มอเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังในการขับเคลื่อน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (squirrel cage induction motor) เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุดด้วยเหตุผลที่ว่ามอเตอร์ชนิดนี้ไม่มีแปรงถ่านและคอมพิวเตอร์ทำให้ขนาดกำลังและความเร็วรอบพิกัดไม่ถูกจำกัดจากแปรงถ่าน และคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ในบริเวณที่อาจเกิดการระเบิด หากเกิดประกายไฟ (ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอาจเกิดประกายไฟ) ขนาดของน้ำหนักก็น้อยกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่กำลังเท่ากัน มีความทนทานต้องการการบำรุงรักษาน้อย เนื่องจากมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน นอกจากนี้ราคายังถูกกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับงานที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบนั้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำได้ง่ายและสะดวกกว่า แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากความก้าวหน้า ในการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านไมโครอิเลคทรอนิคส์ และ เพาเวอร์อิเลคทรอนิคส์ทำให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น ทนกระแสได้สูงขึ้นและมีราคาถูกลง จึงเป็นจุดสำคัญที่ทำให้อินเวอร์-เตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ได้เข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น

อินเวอร์เตอร์ที่มีใช้กันโดยทั่วๆไปจะใช้การควบคุมด้วยระบบนาลอก (Analog) เป็นส่วนใหญ่ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ในการทำงานได้ยาก ส่วนอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมด้วยระบบดิจิตอล (Digital) โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นตัวควบคุมแล้ว จะทำให้สามารถปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ในการทำงานได้ง่ายกว่า ทำให้การทำงานอ่อนตัวมากขึ้น ตัวอย่างเช่นสามารถเปลี่ยน v/f, สามารถกำหนดค่าทอร์กบูสเตอร์ และมีระบบการตั้งค่าการทำงานของเครื่องอินเวอร์เตอร์ด้วยระบบดิจิตอลผ่านค่าทางคีย์ที่สมบูรณ์ด้วยเหตุนี้เองผู้จัดทำจึงเห็นสมควรที่จะศึกษาทดลองและสร้างเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการควบคุมด้วยระบบดิจิตอล โดยมีไมโครคอลโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน และเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอินเวอร์เตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.) เพื่อศึกษารายละเอียดและสร้างสัญญาณพัลซ์วิดมอดูเลชั่นเพื่อขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.) เพื่อทดสอบหาแรงบิดขณะขับมอเตอร์ที่ค่าต่างๆ

3.) เพื่อปรับปรุง และพัฒนาการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวเป็น3เฟส โดยการปรับปรุง และพัฒนาให้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการออกแบบสร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยวิธีการ PWM ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

1.) สามารถใช้ได้กับไฟฟ้า 1 ϕ 220 V 50 Hz เป็นอินพุทของเครื่องได้

2.) สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 380 V และ 5.2 A, 2.2 KW, 3HP

3.) สามารถควบคุมความถี่อินพุทได้ตั้งแต่ 1-100 Hz

4.) สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตามเทคนิคของ PWM ได้

5.) สามารถปรับระดับของทอร์กบูส (Torque Boost) ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1.) สามารถนำไปพัฒนาเพื่อสร้างเครื่องควบคุมที่ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดได้

2.) เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบสร้างอุปกรณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่องานทางด้านวิศวกรรมต่อไป

บทที่ 4
ผลการทดสอบและผลการทดลอง

บทนี้จะเป็นการทดสอบและผลการทดลองของการควบคุมมอเตอร์ เหนี่ยวนำสามเฟส ด้วยเทคนิค PWM เมื่อประกอบเป็นเครื่องจะได้เป็นเครื่องอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส โดยจะควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์

4.1 การทดสอบภาคกำเนิดสัญญาณ PWM

โดยเป็นการทดสอบวัดรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุท ซึ่งจะนำไปป้อนให้แก่วงจรขับนำเกท

รูปที่ 4.1 รูปคลื่นของสัญญาณ PWMและกระแสขณะไม่มีโหลด ที่ความถี่เอาท์พุท 3 H_Z

รูปที่ 4.2 รูปคลื่นของสัญญาณ PWMและกระแสขณะไม่มีโหลด ที่ความถี่เอาท์พุท 30 Hz

รูปที่ 4.3 รูปคลื่นของสัญญาณ PWMและกระแสขณะไม่มีโหลด ที่ความถี่เอาท์พุท 90Hz

รูปที่ 4.4 รูปคลื่นของสัญญาณ PWMและกระแสขณะไม่มีโหลด ที่ความถี่เอาท์พุท 100Hz

4.2 การทดสอบเครื่องอินเวอร์เตอร์

วัตถุประสงค์ของการทดสอบส่วนนี้ เพื่อบันทึกรูปสัญญาณของกระแสเอาท์พุท และทดสอบเครื่องอินเวอร์เตอร์

4.2.1 การทดสอบแบบ Open Loop – No Load

ข้อมูลของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

TECO 3-PHASE INDUCTION MOTOR				
TYPE	AEEF		FRAME	100L
POLES	4	OUTPUT	**3 HP**	**2.2 KW**
VOLTS	220	380	Hz	50/INS/E
AMP'S	9.0	5.2	RATING	CONT
RPM	1430	DESIGN	CNS-C4088	
DATE	1997	BEARINGS	6305	6206
WEIGHT	31 KG	SER.NO	P970321113	

TECO ELEC & MACH CO.,LTD.

การทดสอบแบบ Open Loop – No Load

f (Hz)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	N (rpm)
1	2	0.21	20	0.99	4.2	50
2	2	0.61	30	0.99	18.3	80
3	2	0.73	42	0.99	30.66	105
4	2	0.81	40	0.99	32.4	145
5	2	0.88	45	0.99	39.6	155
6	2	0.91	50	0.99	45.5	200
7	2	0.94	53	0.99	49.82	210
8	2	0.97	55	0.99	53.35	250
9	2	0.96	60	0.99	57.6	270
10	3	0.96	65	0.99	62.4	310
20	3	0.95	107	0.99	101.65	590
30	3	0.91	150	0.98	136.5	895
40	4	0.90	190	0.93	171	1210
45	4	0.89	210	0.9	186.9	1410
60	5	0.72	225	0.92	162	1850
70	5	0.63	225	0.95	141.75	2150
80	6	0.58	225	0.98	130.5	2450
90	7	0.56	225	0.98	126	2750
100	10	0.56	225	0.98	126	3050

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองแบบ Open Loop – No Load

4.2.2 การทดสอบแบบ Open Loop – Take Load

4.2.2.1 การทดสอบแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ แต่ความถี่คงที่

T (N.m.)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
1	8	1.18	126.8	0.98	140.748	7.87	590
2	14	1.40	123.8	0.99	168.368	13.3	570
3	19	1.69	122.2	0.99	206.518	17.73	560
4	25	2.12	121.2	0.99	256.944	22.92	550
5	30	2.60	120.3	0.99	312.78	27	540
6	38	3.14	119.4	0.99	374.916	13.3	510

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 20 H_Z

T (N.m.)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
1	12	1.09	162.1	0.98	176.689	11.87	890
2	20	1.43	158.8	0.99	227.084	19.33	870
3	28	1.85	157	0.99	290.45	26.75	860
4	36	2.36	155.4	0.99	366.744	33.99	850
5	45	2.88	154.5	0.99	444.96	41	820
6	55	3.54	153.7	0.99	544.098	48.88	800

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 30 H_Z

T (N.m.)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
1	15	1.14	227.6	0.94	259.464	14.94	1345
2	30	1.59	222.6	0.98	353.934	29.84	1343
3	42	2.12	220.4	0.99	467.248	41.69	1340
4	55	2.57	219.6	0.99	564.372	53.98	1325
5	69	3.28	218.8	0.99	717.664	66.44	1300
6	84	4.01	214.7	0.99	860.947	79.3	1275

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 45 H_Z

T (N.m.)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
1	25	1.20	215	0.97	258	24.4	2050
2	45	2.05	215	0.98	440.75	43.07	2010
3	68	3.12	210	0.98	655.2	63.143	1950
4	100	5.05	210	0.97	1060.5	91.67	1925

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองแบบ Open Loop – Take Load ค่าต่างๆ ที่ความถี่ 70 H_Z

4.2.2.2 ทดสอบแบบ Open Loop – Take Load ค่าคงที่แต่เปลี่ยนแปลงค่าความถี่ต่างๆ

f (Hz)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
10	5	1.36	80	0.99	108.8	4.835	290
20	9	1.25	125	0.99	156.25	8.85	590
30	11	1.14	150	0.98	171	10.88	890
40	15	1.14	185	0.96	210.9	14.875	1190
45	17	1.14	205	0.95	233.7	16.4963	1310
60	22	1.15	220	0.95	253	21.043	1760

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 1 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ

f (Hz)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
10	7	1.41	75	0.99	105.75	6.3	270
20	13	1.45	110	0.99	153.5	12.13	560
30	20	1.51	150	0.99	226.5	19.55	880
40	26	1.56	185	0.98	288.6	24.05	1110
45	30	1.57	200	0.98	314	29.55	1330
60	39	1.78	215	0.98	382.7	38.56	1780

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 2 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ

f (Hz)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
10	14	1.57	75	0.99	117.75	12.13	260
20	19	1.82	110	0.99	200.2	17.42	550
30	27	1.95	145	0.99	282.75	25.79	860
40	37	2.06	180	0.99	370.8	36.075	1170
50	42	2.08	195	0.99	405.6	41.689	1340
60	55	2.47	215	0.985	531.05	54.69	1790

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 3 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ

f (Hz)	Pi (W)	Ii (A)	Vi (V)	PF	Si (VA)	Po (W)	N (rpm)
10	10	1.83	75	0.99	137.25	8.5	255
20	25	2.34	110	0.99	257.44	18	540
30	36	2.49	145	0.99	361.05	33.37	845
40	49	2.63	180	0.99	473.4	47.37	1160
50	55	2.68	195	0.99	522.6	53.78	1320
60	75	3.42	210	0.985	718.2	73.33	1760

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบ Open Loop – Take Load = 4 N.m. ที่ค่าความถี่ต่างๆ

รูปที่ 4.8 ภาพด้านหน้าของโครงงาน

รูปที่ 4.9 ภาพด้านหลังของโครงงาน

รูปที่ 4.10 ภาพด้านในของโครงงาน

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 คำนำ

การทำโครงนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการศึกษา และพัฒนาการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ไปเป็น การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ด้วยวิธีทางเทคนิค PWM ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการสรุปผลการทดลอง และปัญหาระหว่างการทดลอง เพื่อให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับโครงการนี้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการควบคุมด้วยวิธีนี้ได้พัฒนาขึ้นต่อไป

5.2 สรุป

จากผลการทดลองทำการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบกรงกระรอกด้วยวิธีการควบคุมแรงดันและความถี่ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยให้เป็นไปตามอัตราส่วนของแรงดัน (V) ต่อความถี่ (f) โดยทำการเพิ่มความถี่ทีละ 1 H_Z ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 1 –100 H_Z โดยสัญญาณ PWM จะกำเนิดจาก ไอซีเบอร์ $80C196MC$ ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-96 สัญญาณจะกำเนิดจากการเขียนโปรแกรมบอกเข้าไป โดยการกำเนิดสัญญาณนั้นเมื่อได้แล้วจะถูกนำไปเทียบเคียงกับสัญญาณไซน์เวฟ ที่เกิดจากการเขียนโปรแกรมกำเนิด Sine ซึ่งก็จะได้เป็น PWM ไปขับนำเกท เพื่อไปขับนำมอเตอร์อีกทีหนึ่ง โดยจากผลการทดลองแล้วจึงสรุปได้ว่าโครงการนี้สำเร็จได้ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่กำหนดไว้

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในขณะที่ทำการทดลองคณะผู้จัดทำได้พบปัญหา ระหว่างทำการทดลอง ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ทำการสรุปปัญหา และข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

5.3.1 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องเสียเวลานานมากในการศึกษาหาข้อมูล รวมทั้งการเขียนโปรแกรม เนื่องจากยังเป็นของใหม่ เนื่องจากยังเป็นของใหม่ ดังนั้นจึงเสนอแก่ผู้ที่จะนำไปศึกษาต่อ ควรที่จะศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับ MCS-96 ให้ได้ดีก่อนหรือ ควรจะมีพื้นฐานที่ค่อนข้างดี จึงจะช่วยลดระยะยาวการทำมากขึ้น

5.3.2 ชุดวงจรขับนำเกต เนื่องจากตอนศึกษาทำการทดลองนี้ได้ใช้เบอร์ TLP 250 ปรากฏว่าเมื่อทำการทดลองแล้วทำให้มีสัญญาณรบกวน (Noise) มาก จึงไม่เหมาะแก่การทำ ทางผู้จัดทำจึงได้ใช้วงจรใหม่ซึ่งมาจากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากที่อื่น มาทำการทดแนซึ่งใช้ได้ดีกว่า TLP 250 ดังนั้น จึงเสนอแก่ผู้ที่นำไปศึกษาต่อ ควรจะหาอุปกรณ์ขับนำเกทอื่นมาทอแทนจะดีกว่า เพื่อประหยัดเนื้อที่ของ PCB

5.3.3 ควรใช้แรงดันอินพุทเป็นแบบ 3 เฟส เพื่อช่วยทำให้ค่าริบเบิลมีค่าต่ำลง และใช้ คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ขนาดเล็กลงด้วย

บรรณานุกรม

ชัยรัตน์ ชมพูน. เทพฤทธิ์ มอทอง. มนต์ชัย เอี่ยมอาจ. “การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วย PWM อินเวอร์เตอร์” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์บันฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. องครักษ์, 2539.

ศิริชัย ดิลลรัตนพิจิตร. ณรงค์ศักดิ์ ตั้งกาญจนศรี. “เข้าใจ/สร้าง/เล่น ไมโครโปรเซส-เซอร์” เล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ. “เทคโนโลยีไอจีบีที” เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ เล่มที่ : 123 – 129

ไชยชาญ ขันเกิด. “เครื่องกลไฟฟ้า 2” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)

วิชัย ศังขจันทรานนท์. “ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส. เอเซียเพรส จำกัด, 2540

วิชัย ศังขจันทรานนท์. “ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2” พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส. เอเซียเพรส จำกัด, 2540

ยืน ภู่สุวรรณ “ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 3” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร, คงสวัสดิ์ ลอรัตนเรืองกิต “ไมโครโปรเซสเซอร์-ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน” กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด ”เข้าใจ/สร้าง/เล่น ไมโครโปรเซสเซอร์ 2” กรุงเทพฯ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ศูนย์ภาษาคอมพิวเตอร์ “การใช้งาน Z-80” กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์

กลุ่ม CNS “ออป แอมป์” กรุงเทพฯ : หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

ER (THAILAND) CO…LTD.. “intel Embedded Microcontrollers” ,1995

HUHAMAD H., RASHID “POWER ELECTRONICS CIRCUIT, DEVICES AND APPLICATIONS”, SECOND EDITION