สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

HELICAL MOVING POSITIONAL CONTROLLER

นายอนุชิต แผนทอง
นายธีรพล สอนงาม
นายยิ่งยศ นพเกตุ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51070
วัน,เดือน,ปี 29 มิ.ย. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

Helical Moving Positional Controller

ชื่อนักศึกษา

1. นายอนุชิต	แผนทอง	รหัสประจำตัว	44035430
2. นายธีรพล	สอนงาม	รหัสประจำตัว	44035446
3. นายยิ่งยศ	นพเกตุ	รหัสประจำตัว	44035455

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วรวิทย์ สมหา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล	
2. อาจารย์วรวิทย์	สมหา	
3. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	
4. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพุธที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เวลา 17:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 31 เดือน ต.ค. พ.ศ. 47

<BT4610322>

ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

Helical Moving Positional Controller

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อออกแบบชุดควบคุมเครื่องกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างชุดควบคุมเครื่องกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติ
4. เพื่อทดลองการใช้งานชุดควบคุมเครื่องกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติ
5. เพื่อนำชุดควบคุมเครื่องกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติใช้งานจริงได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2. ได้วงจรชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติ
3. ได้ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งกึ่งอัตโนมัติ
4. สามารถแก้ไขปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพ
5. สามารถนำชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว	
นักศึกษา	นายอนุชิต	แผนทอง
	นายธีรพล	สอนงาม
	นายยิ่งยศ	นพเกตุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วรวิทย์	สมหา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การนำเอาอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์, ไฟฟ้า และเครื่องกล นำมาสร้างเป็นชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว การทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์หลักๆ อันได้แก่ เกลียวส่งกำลัง, มอเตอร์ไฟฟ้า,อินเวอร์เตอร์,ดิจิตอลเอนโคดเดอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์ฯลฯ จุดประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบเครื่องทางกล เพื่อนำมาสร้างเป็นชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว โดยขีดความสามารถของโครงงานมีดังนี้คือ สามารถกำหนดตำแหน่งได้ความละเอียดสูงสุด 0.1 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาด ± 0.1 มิลลิเมตร ป้อนค่าตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทางคีย์สวิตซ์ แสดงผลระยะทางการเคลื่อนที่ออกทางส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วนได้โดยหัวใจหลักของระบบนี้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Helical Moving Positional Controller	
Students	Mr. Anuchit	Pantong
	Mr. Teeraphol	Sorngam
	Mr. Yingyos	Nopphaket
Advisor	Mr. Worawit	Somha
Co-Advisor	Mr. Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Industrial Instrument Technology	
Academic Year	2003	

ABSTRACT

This project presents a design of Helical Moving Positional Controller as a Semi-automatic machine. Hardwares include Power drive, Electrical motor, Inverter, Digital encoder, Microcontroller. Microcontroller is studied and programmed to control mechanical system which is assigned for helical movement. This system is designed to lock drive positions up to 0.1 mm accuracy with ± 0.1 mm error (tolarence) by a keypad and displayed the displacement through LED′s 7 segment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะความร่วมมือ ร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มซึ่งทุ่มเททั้งกำลังกายกำลังใจ กำลังสมองและกำลังทรัพย์เป็นเวลานานกว่าจะถึงวันนี้ รวมทั้งได้รับความช่วยเหลือจากท่าน อาจารย์วรวิทย์ สมหา อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ และอาจารย์ในภาควิชาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้คำปรึกษา แนะนำอำนวยความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์อย่างเต็มที่ และที่สำคัญหาที่เปรียบมิได้คือ บุพการีที่ให้กำเนิดอบรมเลี้ยงดูให้โอกาสทางการศึกษารวมทั้งเพื่อนๆ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง	3
2.3 มอเตอร์เหนี่ยวนำ	8
2.3.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	8
2.3.2 หลักการทำงาน	9
2.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	11
2.4.1 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบกรงกระรอก	11
2.4.2 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น	18
2.4.3 การเริ่มเดินแบบอิเล็กทรอนิคส์	18
2.4.4 การปรับค่าความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	19
2.4.5 การหยุดเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำ	24
2.5 อินเวอร์เตอร์	25
2.5.1 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์	25
2.5.2 หลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์	26
2.5.3 หลักการทำงานของภาคคอนเวอร์เตอร์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์	37
2.6.1 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ชนิดแปรงสัมผัส	37
2.6.2 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ชนิดออฟติคัล	38
2.6.3 ดิจิตอลเอนเดอร์ชนิดแม่เหล็ก	39
2.7 ส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	40
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	42
3.1 กล่าวนำ	42
3.2 ขั้นตอนการทำงาน	42
3.2.1 ผังการทำงาน	42
3.2.2 ผังการควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงาน	43
3.3 การออกแบบเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว	44
3.3.1 ความละเอียดของเกลียวส่งกำลัง	44
3.3.2 โครงของเครื่องขับเคลื่อนเกลียวส่งกำลัง	44
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมและหลักการทำงาน	46
3.4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	46
3.4.2 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์	46
3.4.3 วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์	47
3.4.4 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	48
3.4.5 วงจรคีย์สวิตซ์	51
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	52
4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	52
4.1.1 การทดลอง	52
4.1.2 ผลการทดลอง	52
4.2 วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์	52
4.2.1 การทดลอง	52
4.2.2 ผลการทดลอง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์	55
4.3.1 การทดลอง	55
4.3.2 ผลการทดลอง	55
4.4 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	56
4.4.1 การทดลอง	56
4.4.2 ผลการทดลอง	57
4.5 วงจรคีย์สวิตซ์	58
4.5.1 การทดลอง	58
4.2.2 ผลการทดลอง	59
บทที่ 5 บทสรุป	63
5.1 สรุป	63
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	63
5.3 แนวทางการพัฒนา	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	66
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	69
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	76
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	79
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	112
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	119
ประวัติผู้แต่ง	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์	51
4.1 ผลการทดลองดิจิตอลเอนโคดเดอร์	54
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	77
ค.1 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	78
จ.1 ชื่อตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนต่างๆ ของเกลียวส่งกำลัง	3
2.2 แผนผังแรงที่กระทำกับเกลียว	4
2.3 ส่วนต่างๆ ของเกลียวส่งกำลังอยู่ภายใต้ทอล์ก	7
2.4 ส่วนประกอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ	9
2.5 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	10
2.6 สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส	11
2.7 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบต่อสายโดยตรง	12
2.8 การเริ่มเดินเครื่องแบบใช้ชุดขดลวดแยกส่วน	13
2.9 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบใช้ขดลวดแยกส่วน	14
2.10 การเริ่มเดินแบบสตาร์ – เดลตา	15
2.11 แรงบิดต่ออัตราความเร็วเมื่อเริ่มเดินแบบสตาร์ - เดลตา	15
2.12 การเริ่มเดินแบบความต้านทาน	16
2.13 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบความต้านทานปฐมภูมิ	17
2.14 การเดินเครื่องแบบนุ่มนวล	18
2.15 การปรับมุมจุดฉนวนไทริสเตอร์	19
2.16 วงจรแลนเดอร์แบบ Δ/YY ใช้สำหรับขับโหลดแรงบิดคงที่	20
2.17 วงจรแลนเดอร์แบบ Y/YY ใช้สำหรับขับโหลดแรงบิดคงที่	20
2.18 วงจรขดลวดสเตเตอร์แยกกันแบบ Y/Y	21
2.19 วงจรหลักของอินเวอร์เตอร์	22
2.20 ลักษณะคุณสมบัติแรงบิดและความเร็วของการเริ่มเดินเครื่องโดยใช้อินเวอร์เตอร์	23
2.21 ลักษณะคุณสมบัติแรงบิดและความเร็วของการเริ่มเดินเครื่องโดยใช้เครื่องควบคุมการเปลี่ยนแปลงแรงดัน	23
2.22 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์	26
2.23 หลักการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ	27
2.24 รูปคลื่นสลับความถี่ 1 เฮิรตซ์	27
2.25 วงจรพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 การสร้างไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	28
2.27 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์	29
2.28 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์	30
2.29 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PAM	30
2.30 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM	31
2.31 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM ที่ให้แรงดันเป็นรูปซายน์	31
2.32 วงจรภายในของคอนเวอร์เตอร์ 3 เฟส	32
2.33 หลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์	33
2.34 คลื่นกระแสไฟฟ้าขาเข้า กรณีที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	35
2.35 วงจรจำกัดขนาดของกระแสอินรัช	36
2.36 กระแสอินรัช	36
2.37 จานเอนโคดเดอร์ชนิดแปรงสัมผัส	38
2.38 เอนโคดเดอร์ชนิดออฟติคัล	39
2.39 วงจรเอนโคดเดอร์ชนิดแม่เหล็ก	40
2.40 โครงสร้างของส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	40
2.41 LED 7-เซ็กเมนท์ ชนิด คอมมอนคาโทด	41
2.42 LED 7-เซ็กเมนท์ ชนิด คอมมอนแอโนด	41
3.1 ผังการทำงาน	42
3.2 ผังการควบคุมลำดับขั้นการทำงาน	43
3.3 ความละเอียดของเกลียวส่งกำลัง	44
3.4 โครงสร้างเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว	45
3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	46
3.6 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์	47
3.7 วงจรเอนโคดเดอร์	48
3.8 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 วงจรคีย์สวิตซ์	50
3.10 ชื่อตำแหน่งคีย์สวิตซ์	50
4.1 การเชื่อมต่อใช้งานดิจิตอลเอนโคดเดอร์	53
4.2 การติดตั้งดิจิตอลเอนโคดเดอร์เข้ากับโครงสร้างเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว	53
4.3 การเชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า	55
4.4 สภาวะการทำงานของวงจร	56
4.5 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมเข้าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน	57
4.6 สภาวะการทำงานของ LED ในขณะที่มอเตอร์หมุน	58
4.7 ค่าที่แสดงผลเมื่อป้อนค่าตำแหน่งในขณะไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ	59
4.8 ค่าที่แสดงผลขณะที่มีการสั่งให้มีการทำงานกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ	59
4.9 ค่าตำแหน่งที่ป้อนให้มีการทำงาน	60
4.10 ค่าตำแหน่งที่แสดงผลเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งเริ่มต้น	61
4.11 ฐานรองเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งเริ่มต้น	61
4.12 ค่าตำแหน่งที่แสดงผลเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งสุดท้าย	62
4.13 ฐานรองเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งสุดท้าย	62
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว	67
ก.2 ภาพด้านข้างของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว	67
ก.3 ภาพตำแหน่งคีย์สวิตซ์ของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว	68
ข.1วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	70
ข.2 แผ่นพิมพ์ด้านหน้าของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	71
ข.3 แผ่นพิมพ์ด้านหลังของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	72
ข.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นพิมพ์ของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง	73
ข.5 แผ่นพิมพ์ด้านของวงจรคีย์สวิตซ์	74
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นพิมพ์ของวงจนคีย์สวิตซ์	74
ง.1 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการทำงาน	80
ง.2 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าล่วงหน้า	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.3 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าสูงสุดและต่ำสุด	82
ง.3 (ต่อ) ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าสูงสุดและต่ำสุด	83
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก จำเป็นต้องมีเครื่องจักรกลที่ใช้ในการพับและตัดเหล็ก การกำหนดตำแหน่งในการพับและตัดเหล็กนั้น ในบางส่วนยังต้องใช้ทรัพยากรมนุษย์ ช่วยในการวัดระยะเพื่อกำหนดตำแหน่งการการพับและตัดเหล็ก จึงทำให้มีขั้นตอนการทำงานที่มาก ทำให้ขาดความเที่ยงตรงในการวัดระยะเพื่อกำหนดตำแหน่ง และส่วนที่นำเครื่องจักรกลประเภท CNC (Computer Numerical Control) มาใช้ในการพับและตัดเหล็ก ยังมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อหน่วยมีราคาสูง และต้องเข้าจากต่างประเทศ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาด้านความเที่ยงตรงของการวัดระยะเพื่อกำหนดตำแหน่งในการพับและตัดเหล็ก และในด้านราคาของเครื่องจักรกลประเภท CNC ที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อหน่วยมีราคาสูง และต้องเข้าจากต่างประเทศ โดยการสร้างสร้างชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติที่มีต้นทุนในการสร้างต่อหน่วยที่ต่ำ และการกำหนดตำแหน่งมีความละเอียดสูง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน และเขียนโปรแกรมการทำงานให้มีความละเอียดสูง ทำให้มีความเที่ยงตรงในการกำหนดตำแหน่งในแต่ละครั้ง สามารถทำงานและแสดงผลการทำงานออกทางส่วนแสดงแบบเจ็ดส่วนได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวเชื่อมต่อ และสั่งการอุปกรณ์ทั้งหมดในการกำหนดตำแหน่งนี้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถกำหนดตำแหน่งได้ความละเอียดสูงสุด 0.1 มิลลิเมตร
2. สามารถกำหนดตำแหน่งในแต่ละจุด และตำแหน่งทั้งหมดได้
3. สามารถแสดงผลระยะทางการเคลื่อนที่ได้
4. สามารถป้อนค่าตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ทางคีย์สวิตซ์ได้
5. สามารถแสดงผลออกทางส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วนได้
6. สามารถกำหนดตำแหน่งได้ค่าความผิดพลาด ± 0.1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง มอเตอร์เหนี่ยวนำ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ และส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ การออกแบบ การสร้าง และการทำงานของวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน เช่น วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ วงจรควบคุมดิจิตอลเอนโคดเดอร์ วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง และวงจรคีย์สวิตช์

บทที่ 4 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการทดลองและผลการทดลองของวงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ วงจรควบคุมดิจิตอลเอนโคดเดอร์ วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง และการเชื่อมต่อวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งเข้ากับหน่วยแสดงผลและคีย์สวิตช์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะที่ใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้นมาเพื่อประกอบการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ เป็นคู่มือการใช้ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

ภาคผนวก ช แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

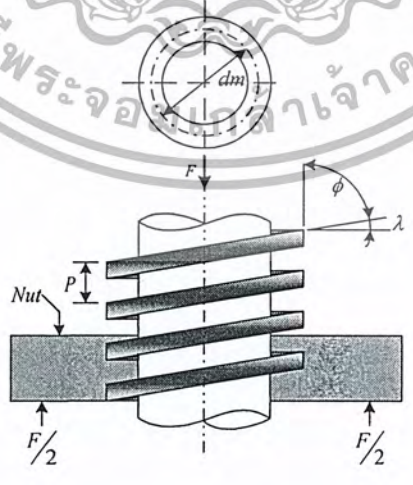
2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการ ที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานโดยประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการของ ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง มอเตอร์เหนี่ยวนำ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ และส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน ซึ่งทฤษฎีและหลักการเหล่านี้จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

2.2 ทฤษฎีเกลียวส่งกำลัง

ลักษณะของเกลียวส่งกำลัง เกลียวส่งกำลังเป็นกลไกอย่างหนึ่งที่ใช้ในเครื่องจักรกล เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นไปตามการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังในเครื่องจักรกลที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไปได้แก่ เกลียวนำของเครื่องกลึง เกลียวของปากกาเครื่องอัด และแม่แรง

ในรูปที่ 2.1 เกลียวส่งกำลัง ซึ่งเป็นเกลียวปากเดียวส่วนต่างๆ ได้เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้



รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆ ของเกลียวส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

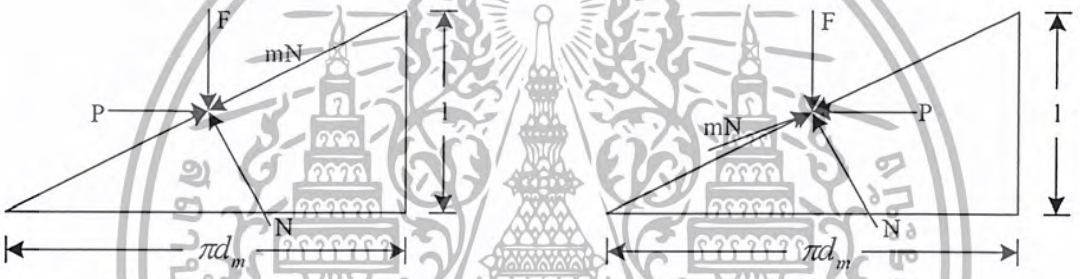
เมื่อ d_m = เส้นผ่าศูนย์กลาง

P = ระยะความสูงของเกลียว

λ = มุมความชันของเกลียว

F = แรงที่มากระทำรอบแกน

การหาค่าโมเมนต์บิดและค่าอื่นๆ เมื่อเกลียวอยู่ภายใต้แรง เมื่อพิจารณาจากเกลียวปากเดียวที่มีความเที่ยงตรงสูงใน 1 เกลียวหรือ 1 ระยะพิตช์ เมื่อคลี่ออกมาจะเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยด้านฐานจะเท่ากับความยาวเส้นรอบวงของขนาดของเกลียวและมีความสูงเท่ากับระยะนำเกลียว ดังรูปที่ 2.2



(ก) แรงยกภาระขึ้น (ข) แรงเลื่อนภาระลง

รูปที่ 2.2 แผนผังแรงที่กระทำกับเกลียว

เมื่อพิจารณาผลรวมของแรงตามแนวแกนเกลียวที่เกิดจากแรง (F) ในการยกภาระขึ้นจะมีแรง (P) กระทำไปทางขวามือ ดังรูป (ก) ในการเลื่อนภาระลง จะมีแรง (P) กระทำไปทางซ้ายมือ ดังรูป (ข) แรงเสียดทาน ซึ่งเกิดจากสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวเกลียว (μ) กับแรงปกติ (N) และมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรง (P) จากการสมดุลของแรงเราจะได้ว่า

แรงยกภาระขึ้น

$$\Sigma F_H = P - N\sin\lambda - \mu N\cos\lambda = 0 \qquad (2.1)$$

$$\Sigma F_V = F + \mu N\sin\lambda - N\cos\lambda = 0 \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเลื่อนภาระลง

$$\Sigma F_H = -P - N\sin\lambda + \mu N\cos\lambda = 0 \tag{2.3}$$

$$\Sigma F_V = F - \mu N\sin\lambda - N\cos\lambda = 0 \tag{2.4}$$

ขณะนี้จะไม่สนใจกับแรงปกติ (N) จากสมการ (2.1) – (2 .4) สามารถหาแรง (P) ได้คือ

แรงยกภาระขึ้น

$$P = \frac{F(\sin\lambda + \mu\cos\lambda)}{\cos\lambda - \mu\sin\lambda} \tag{2.5}$$

แรงเลื่อนภาระลง

$$P = \frac{F(\mu\cos\lambda - \sin\lambda)}{\cos\lambda + \mu\sin\lambda} \tag{2.6}$$

จากสมการ (2.5) และ (2.6) ทำ $\cos\lambda$ และ $\sin\lambda$ ให้หมดไป โดยใช้ความสัมพันธ์ของ $\tan\lambda = \frac{1}{\pi dm}$ จากรูปที่ 2.2 จะได้

เนื่องจาก $P.\frac{dm}{2}$ ก็คือ โมเมนต์บิด T ที่กระทำกับเกลียว ดังนั้นสมการ T จะมีค่าดังนี้

T สำหรับยกภาระขึ้น

$$T = F\frac{dm}{2}\left(\frac{1 + \pi\mu dm}{\pi dm - \mu 1}\right) \tag{2.7}$$

T สำหรับการเลื่อนภาระลง

$$T = F\frac{dm}{2}\left(\frac{\pi\mu dm - 1}{\pi dm + \mu 1}\right) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า T จากสมการ(2.8) เป็นค่าที่เอาชนะความฝืดที่ผิวสัมผัสของเกลียวในการทำให้เกลียวเลื่อนภาระลง เกลียวอาจจะคลายเลื่อนออกเองได้ ถ้าหากระยะ 1 ของเกลียวมีค่ามากขึ้น หรือค่าความฝืดน้อยหรืออาจจะเกิดจากเกลียวหมุนเองโดยไม่มีโมเมนต์จากภายนอกใดๆ มากระทำ ถ้าเป็นเช่นนี้ T จากสมการ (2.8) ต้องเป็นลบหรือมีค่าเป็น 0 แต่ในเมื่อ T จากสมการนี้มีค่าเป็นบวก ก็หมายถึงเกลียวสามารถแน่นด้วยตัวมันเอง ดังนั้นเงื่อนไขสำหรับการแน่นด้วยตัวมันเองของเกลียวคือ

ค่า $\pi\mu dm$ จะต้องมากกว่าค่า 1

$$\pi\mu dm > 1 \tag{2.9}$$

หารด้วย πdm ทั้งสองข้างจะได้

$$\mu > \frac{1}{\pi dm} \tag{2.10}$$

$$\mu > \tan\lambda \tag{2.11}$$

ความสัมพันธ์ของสภาวะการแน่นด้วยตัวเองของเกลียวนี้ จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อสัมประสิทธิ์ของเกลียว (μ) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า $\tan\lambda$

สำหรับค่าประสิทธิภาพของเกลียวมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมินค่าของเกลียวส่งกำลัง

จากสมการ (2.7) ถ้าให้ $\mu = 0$ เราจะได้ว่า

$$To = \frac{F1}{2\pi} \tag{2.12}$$

เมื่อไม่คิดค่าความฝืดแล้ว To ก็คือ โมเมนต์บิดที่ต้องการยกภาระขึ้นเท่านั้น ถ้าให้ e คือประสิทธิภาพ ดังนั้นประสิทธิภาพของเกลียวคือ

$$e = \frac{To}{T} = \frac{F1}{2\pi T} \tag{2.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

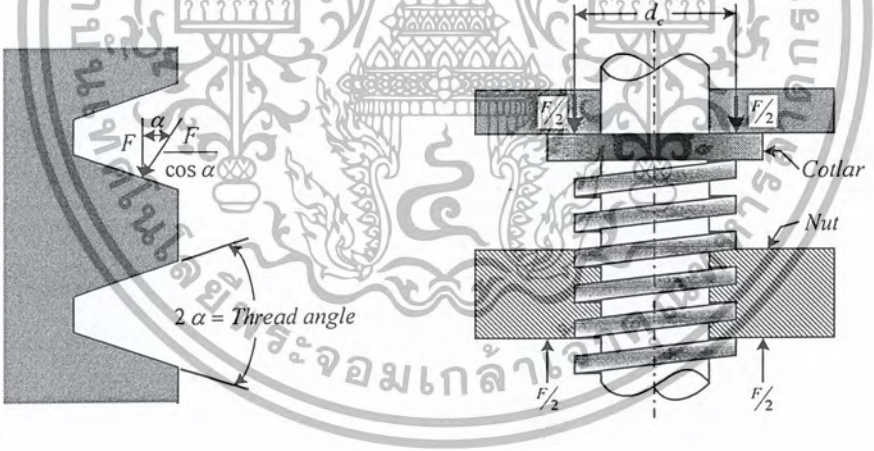
สมการที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะใช้สำหรับเกลียวสี่เหลี่ยมจัตุรัส สำหรับเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูหรือเกลียวอื่นๆ นั้นผิวของเกลียวจะเอียง แรงหรือภาระที่กระทำกับเกลียวจะเอียงทำมุมกับแกนเกลียวอันเนื่องจากเกลียวมีมุม λ และมุม 2α เมื่อเกลียวมีมุม α น้อย ก็จะไม่ต้องนำมาคิดจะคิดเฉพาะผลที่เกิดจาก 2α เท่านั้นดังรูปที่ 2.3 (ก) ผลที่เกิดจากมุม α จะทำให้แรงเสียดทานเพิ่มขึ้น

ดังนั้น จากสมการ (2.7) ค่า μ จะต้องหารด้วย $\cos\alpha$ จะได้ว่า

$$T = \frac{Fdm}{2}\left(\frac{1+\pi\mu dm/\cos\alpha}{\pi dm-\mu l/\cos\alpha}\right) \tag{2.14}$$

หรือ

$$T = \frac{Fdm}{2}\left(\frac{1+\pi\mu dm\sec\alpha}{\pi dm-\mu l\sec\alpha}\right) \tag{2.15}$$



(ก) แรงปกติในเกลียวเพิ่มขึ้นเนื่องจากมุม α (ข) ปลอกเกลียวขนาดความโตเท่ากับ d_c

รูปที่ 2.3 ส่วนต่างๆ ของเกลียวส่งกำลังอยู่ภายใต้ทอล์ก

ค่าที่ได้จากสมการ (2.15) นี้จะเป็นค่าประมาณเท่านั้นเพราะผลที่เกิดจากมุม λ ได้ตัดทิ้งไปแล้ว ในการออกแบบเกลียวส่งกำลังนั้น เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากับเกลียวสี่เหลี่ยมจัตุรัส เพราะว่าเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีความฝืดเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากมุม α แต่ก็นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบเช่นเดียวกันเพราะง่ายต่อการสร้าง และสามารถนำเอาเกลียวตัวเมียแบบแบ่งครึ่งมาใช้ได้ซึ่งก็สามารถเปลี่ยนเกลียวตัวเมียได้เมื่อมีการสึกหรอ

โดยปกติเมื่อเกลียวส่งกำลังอยู่ภายใต้ทอล์ก และทำให้เกิดภาระตามแนวแกนปลอกเกลียวจะต้องนำมาใช้คั่นระหว่างชิ้นส่วนที่หมุนกับชิ้นส่วนที่หยุดนิ่งเพื่อช่วยรับแรงตามแนวแกนดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 (ข) แสดงให้เห็นแบบของปลอกซึ่งรองรับภาระโดยให้กระทำที่แนวความโตผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของปลอก (d_c) ถ้าให้ μ_c เป็นสัมประสิทธิ์ของระหว่างผิวของปลอกโมเมนต์ปิดที่เกิดขึ้นคือ

$$T_C = \frac{F\mu_C d_C}{2} \tag{2.16}$$

2.3 มอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในงานที่ต้องทำการมอเตอร์สำหรับการขับเคลื่อน ปัจจุบันนิยมใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ ทั้งนี้เพราะว่ามอเตอร์ชนิดนี้มีความทนทาน ราคาถูก และไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก

2.3.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) สเตเตอร์ (Stator)

สเตเตอร์ คือ ส่วนประกอบที่ไม่มีการเคลื่อนที่ประกอบด้วยโครงสร้าง (Frame) ซึ่งภายในจะมีร่อง (Slots) อยู่โดยรอบ เพื่อใช้ฝังขดลวด จำนวนวงจรจะเท่ากับจำนวนเฟสของแหล่งจ่ายไฟหลัก (Main Supply)

2) โรเตอร์ (Rotor)

โรเตอร์ คือ ส่วนเคลื่อนที่ของมอเตอร์ซึ่งจะฉุดโหลด ประกอบด้วยเหล็กกล้าประกบเป็นแผ่นบางๆ (Steel Laminations) เป็นรูปทรงกระบอก โรเตอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.1) โรเตอร์แบบทรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

2.1.1) แบบกรงกระรอกเดี่ยว (Single Cage Rotor) ในร่องด้านนอกของทรงกระบอกจะมีตัวนำฝังอยู่โดยรอบ และมีทิศทางขนานกับแกน โดยที่แต่ละปลายจะต่ออยู่กับวงแหวนโลหะ (Metal Ring) มอเตอร์แบบนี้จะให้แรงบิดเริ่มต้น (Starting Current) จะมีค่าสูงกว่ากระแสพิกัดมาก

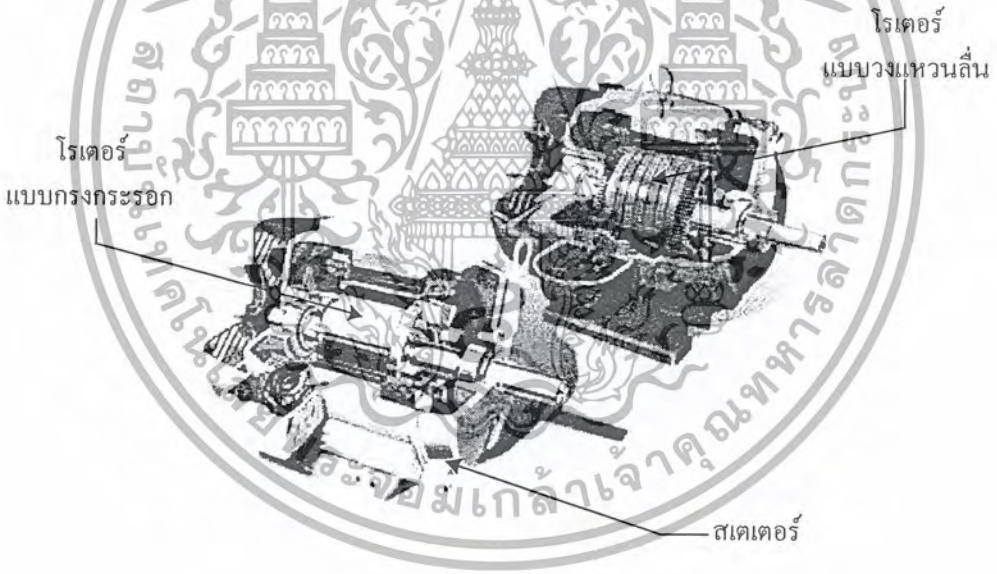
2.1.2) แบบกรงกระรอกคู่ (Double Cage Rotor) โรเตอร์ประกอบด้วยกรงร่วมศูนย์กลาง 2 กรง (Two Concentric Cage) ซึ่งจะเป็นลักษณะฝังด้วยตัวนำ 2 ชั้นรอบโรเตอร์โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านนอกมีตัวนำที่มีความต้านทานสูงกว่าตัวนำด้านใน ขณะเริ่มเดินเครื่องจะเกิดฟลักซ์ ที่มีความถี่สูงกระแสเหนี่ยวนำจะต้านฟลักซ์ไม่ให้ไปสู่กรงด้านใน เป็นผลให้เกิดแรงบิดค่าสูงที่กรงด้านนอก และกระแสก็จะมีค่าลดลงหลังจากนั้นความถี่ก็จะลดลงทำให้ฟลักซ์ผ่านเข้าสู่กรงด้านในได้ง่ายขึ้น ทำให้มอเตอร์มีโครงสร้างคล้ายกรงกระรอกเดี่ยว มอเตอร์แบบนี้จะให้แรงบิดเริ่มต้นมีค่าสูง และกระแสเริ่มต้นมีค่าต่ำมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกมีลักษณะดังรูปที่ 2.4

2.2) โรเตอร์แบบขดลวดพัน (Wound Rotor) หรือวงแหวนแบบลื่น (Slip Ring)

โรเตอร์แบบขดลวดพัน (วงแหวนลื่น) โรเตอร์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่ในร่องเช่นเดียวกับสเตเตอร์ โดยปกติเป็นแบบ 3 เฟส ปลายด้านหนึ่งของขดลวดจะต่อร่วมกันที่จุดร่วม และปลายอีกด้านหนึ่งของขดลวดทั้ง 3 เฟสจะต่อกับวงแหวนทองแดงซึ่งติดอยู่กับโรเตอร์ มอเตอร์แบบนี้จะให้แรงบิดเริ่มต้นสูงถึง 2.5 เท่า ของแรงบิดพิกัดและกระแสเริ่มต้นจะเป็นสัดส่วนเดียวกันกับกระแสที่ระบุ (Nominal Current) มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบขดลวดพันมีลักษณะดังรูปที่ 2.4



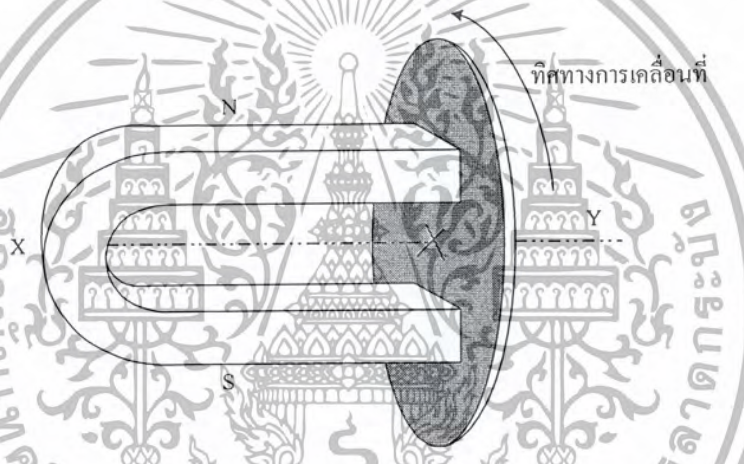
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ

2.3.2 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Field) ในสเตเตอร์ซึ่งทำให้โรเตอร์สามารถหมุนได้ หลักการทำงานสามารถพิจารณาจากตัวอย่างนี้คือ ใช้แม่เหล็กรูป U แทนสนามหมุนในสเตเตอร์ และจานทองแดง (Copper Disc) แทนตัวนำที่โรเตอร์ ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหมุนแม่เหล็ก XY จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบๆ จานทองแดงจะเกิดการเหนี่ยวนำผ่านช่องอากาศ (Air Gap) ก่อให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้น กระแสนี้ทำให้เกิดแรงบิด ทำให้จานทองแดงหมุนในทิศเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุน โดยมีอัตราเร็วน้อยกว่าสนามแม่เหล็กหมุนถ้าจานทองแดงหมุนด้วยอัตราเร็วเดียวกันกับอัตราเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน เรียกว่าอัตราเร็วซิงโคนัส (Synchronous Speed) ก็จะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำ เป็นผลให้ไม่เกิดแรงบิด แต่ในความเป็นจริงจานทองแดงจะหมุนด้วยอัตราเร็วที่น้อยกว่าอัตราเร็วของสนามแม่เหล็กเสมอ ที่เรียกว่า อัตราเร็วอะซิงโครนัส (Asynchronous Speed) เช่นดียวกันกับโรเตอร์ซึ่งมีอัตราเร็วน้อยกว่าสนามแม่เหล็กหมุนในสเตเตอร์จึงเรียกชื่อของมอเตอร์ชนิดนี้ว่ามอเตอร์อะซิงโครนัส



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เมื่อ X = แกนแนวตั้ง
Y = แกนแนวนอน
N = แม่เหล็กขั้วเหนือ
S = แม่เหล็กขั้วใต้

สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส จะเกิจากขดลวด 3 ขด วางห่างกัน120 องศาทางไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.6 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 3 เฟส เข้าไปยังขดลวดทั้งสามในสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทั้ง 3 เฟส เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนเข้าด้วยกัน โดยวิธีเวคเตอร์จะได้สนามแม่เหล็กหมุนที่มีขนาดคงที่หมุนไปรอบๆ มอเตอร์ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์จะสามารถกำหนดได้จากสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ns = \frac{120 \times f}{p} \quad (2.17)$$

Ns = ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนหรือความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) หน่วยรอบต่อนาที (rpm)

f = ความถี่ของแรงดันป้อนเข้า (Hz)

P = จำนวนขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เกิดจากรูปแบบการวางขดลวด

รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส

2.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4.1 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบกรงกระรอก

เมื่อเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ กระแสเสิร์จ (Surge Current) ที่เข้ามอเตอร์จะมีค่าสูงถ้าพื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้าที่ใช้ในระบบเกินไป จะทำให้เกิดแรงดันตกในขณะที่เริ่มเดินเครื่อง ซึ่งมีผลต่อการทำงานของโหลดอื่นๆในวงจร เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจะต้องไม่ใช้วิธีเริ่มเดินเครื่องโดย

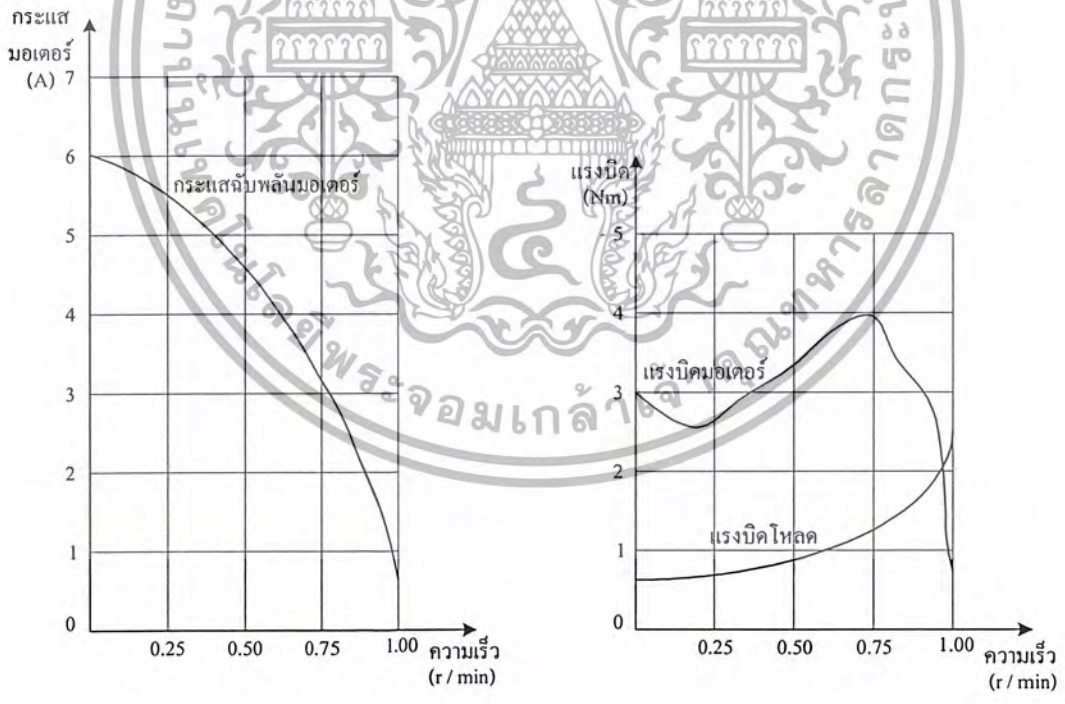
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรง (Direct Staring) กับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีกำลังสูง แต่ต้องใช้วิธีเริ่มเดินเครื่องแบบอื่นๆ ดังที่จะกล่าวต่อไปเพื่อลดค่ากระแสยอด (Peak Current)

1) การเริ่มเดินเครื่องแบบต่อกับสายโดยตรง (Direct on line Starting DOL)

การเริ่มเดินเครื่องแบบนี้นั้น จะต่อสเตเตอร์โดยตรงกับแรงดันแหล่งจ่ายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เป็นผลให้มอเตอร์ต้องใช้กระแสเริ่มต้นสูง และจะให้แรงบิดเริ่มประมาณ 1.5 เท่าแรงบิดพิกัดแรงบิดนี้จะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราเร็วของมอเตอร์มีค่าประมาณ 80% ของอัตราเร็วพิกัด กระแสเริ่มต้นจะมีค่าประมาณ 4-8 เท่าของกระแสพิกัด แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออัตราเร็วเพิ่มขึ้น

วิธีเริ่มเดินเครื่องแบบนี้จะเหมาะกับมอเตอร์ที่มีขนาดกลาง แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการมอเตอร์หมุนแบบเรียบ และไม่กระชาก (Smooth and Progressive) เช่น บันไดเลื่อน ปั้นจั่น เป็นต้น แต่ถ้าต้องการใช้วิธีเริ่มเดินเครื่องแบบนี้ จำเป็นต้องลดค่ากระแสยอด และแรงบิดเริ่มต้นลงโดยทำการลดแรงดันของแหล่งจ่ายลงในขณะเริ่มเดินเครื่องที่อัตราเร็วหนึ่งๆ กระแสเข้ามอเตอร์จะลดลงเป็นสัดส่วนกับแรงดัน แต่ค่าแรงบิดจะแปรเป็นสัดส่วนกับแรงดันกำลังสอง ดังรูปที่ 2.7



(ก) กระแส (ข) แรงบิด

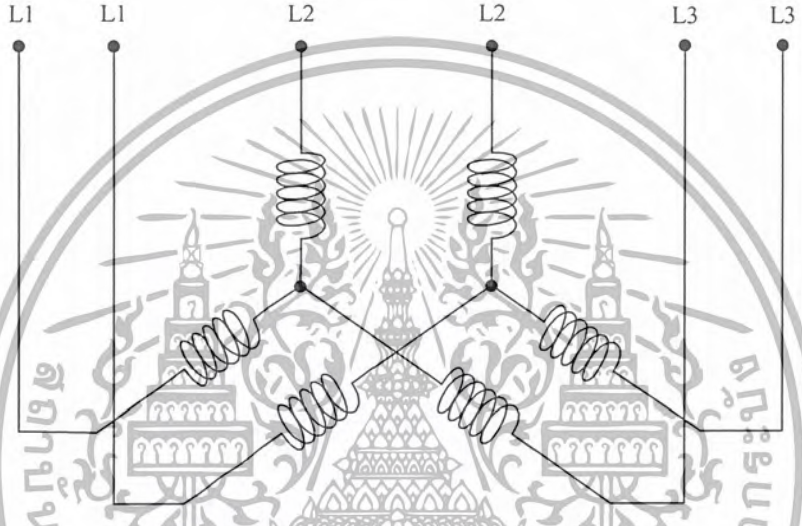
รูปที่ 2.7 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบต่อสายโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่ากระแสเริ่มเดินเครื่องจะมีค่าประมาณ 6 เท่าของกระแสพิกัด และแรงบิดเริ่มต้นจะได้ 1.5 เท่าของแรงบิดพิกัด

2) **การเริ่มเดินเครื่องแบบใช้ชุดขดลวดแยกส่วน (Starting of Part Winding Motors)**

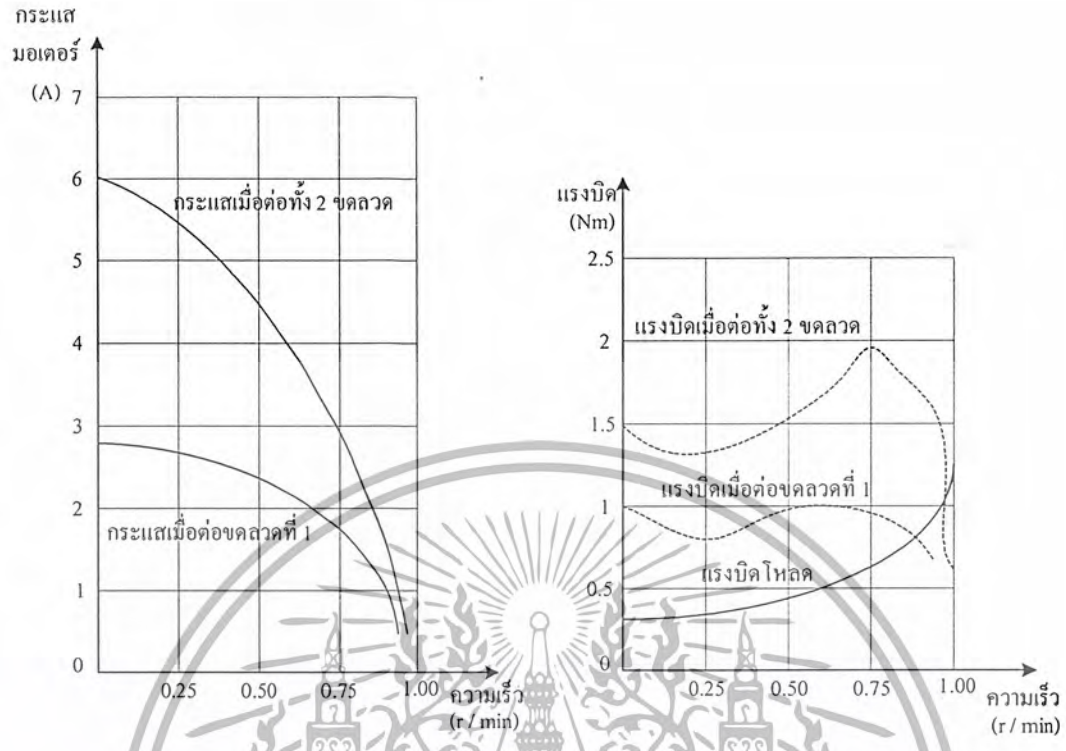
วิธีการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้ใช้กับมอเตอร์ที่มีขดลวดสเตเตอร์ 2 ชุดขนานกัน โดยมีปลายขั้วเป็น 6 หรือ 12 ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเริ่มเดินเครื่องแบบใช้ชุดขดลวดแยกส่วน

มอเตอร์ที่มีขดลวด 2 ชุด เปรียบเสมือนมอเตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน (Half-motors) ที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากันเมื่อขดลวดชุดแรกกับแหล่งจ่ายไฟ มอเตอร์จะเริ่มเดินเครื่องที่แรงดันเต็มที่กระแสเริ่มต้นและแรงบิดเริ่มต้นจะเป็นครึ่งหนึ่งอย่างไรก็ตามแรงบิดของมอเตอร์แบบนี้ จะมากกว่าแรงบิดของมอเตอร์แบบกรงกระรอกที่มีพิกัดเท่ากัน และเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา เมื่อสิ้นสุดการเดินเครื่องขดลวดชุดที่สองจะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ กระแสค่ายอดจะมีค่าลดลงในช่วงเวลาสั้นๆทั้งนี้เพราะมอเตอร์ในแยกจากแหล่งจ่ายไฟ และค่าสลิปต่ำ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) กระแส (ข) แรงบิด

รูปที่ 2.9 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบใช้ขดลวดแยกส่วน

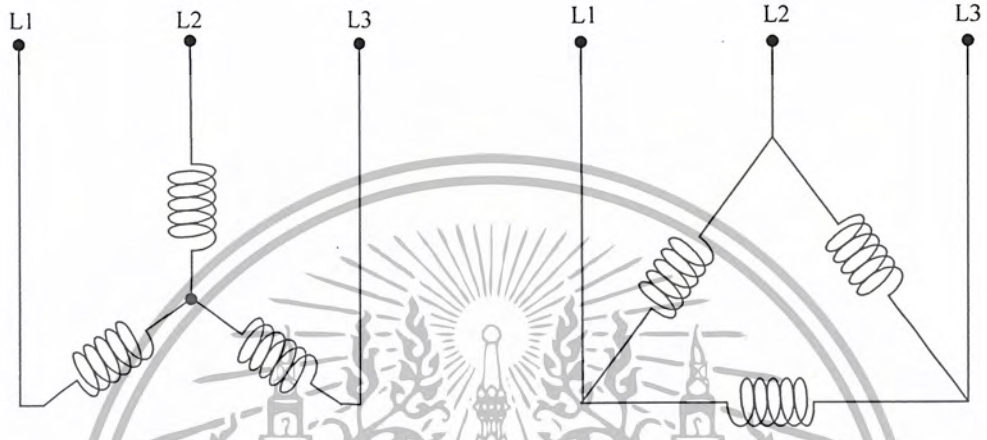
3) การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา (Star-Delta Starting,Y)

วิธีการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้ ทำได้โดยต่อปลายทั้งสองของขดลวดทั้ง 3 เฟส ออกมาที่ขั้วภายนอกขณะที่เป็นเดลตา จะใช้ได้กับแรงดันแหล่งจ่ายไฟพอดี เช่น แรงดันแหล่งจ่ายไฟเป็น 400 V จะต้องใช้กับมอเตอร์แบบ 400 V Delta /690 V Star หลักการของการเริ่มต้นเครื่องขดลวดจะต่อเป็นแบบสตาร์ ดังนั้นแรงดันที่เฟสของขดลวดจะมีค่าเท่ากับ 58% ของแรงดันพิกัด แรงบิดจะลดลงเป็นสัดส่วนกับแรงดันกำลังสอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ1/3 ของแรงบิดที่เกิดจากการเริ่มเดินเครื่องด้วยวิธี DOL และกระแสในแต่ละเฟสมีค่าลดลงเช่นเดียวกับแรงดัน คือ 58 % ดังรูปที่ 2.10

กระแสเริ่มต้นจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของกระแสพิกัด ส่วนแรงบิดเริ่มต้นจะมีค่าประมาณ 0.5 เท่า ของแรงบิดพิกัด วิธีนี้จะเหมาะกับมอเตอร์ที่เริ่มต้นเดินเครื่องแบบไม่มีโหลด (Starting on No Load) หรือมอเตอร์ที่ต้องการแรงบิดโหลดต่ำ (Low Load Torque) ดังรูปที่ 2.11

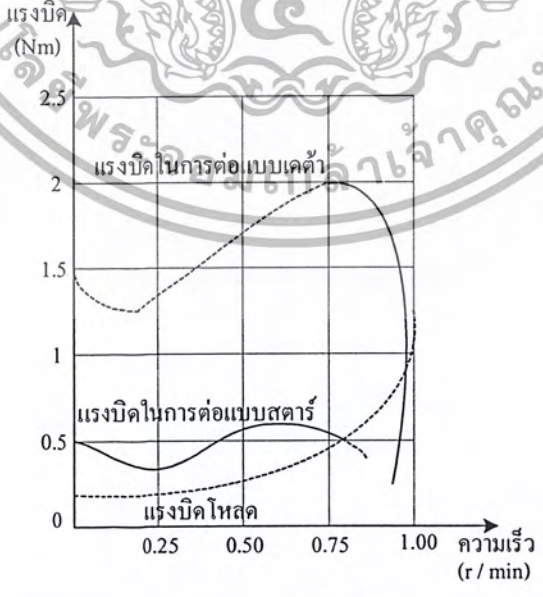
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 ขณะที่ขดลวดต่อแบบสตาร์ แรงบิดและอัตราเร็วของมอเตอร์จะมีค่าต่ำ ดังนั้นมอเตอร์จะมีเสถียรภาพต่ำถ้าแรงบิดโหลดมีค่าสูงหลังจากมอเตอร์หมุนไปชั่วขณะขดลวดจะเปลี่ยนจากสตาร์เป็นเดลตาทำให้ขดลวดแต่ละเฟสสามารถรับแรงดันได้เต็มที่



(ก) การต่อแบบสตาร์ (ข) การต่อแบบเดลตา

รูปที่ 2.10 การเริ่มเดินแบบสตาร์ – เดลตา



รูปที่ 2.11 แรงบิดต่ออัตราความเร็วเมื่อเริ่มเดินแบบสตาร์ - เดลตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากขดลวดของสเตเตอร์มีค่าอินดักแตนซ์สูง ถ้ามอเตอร์จ่ายโหลดมาก ระหว่างเปลี่ยนจากสตาร์เป็นเดลตา จะเกิดกระแสยอด (Peak Current) มีค่าสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีเริ่มเดินเครื่องที่ดีขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวดังนี้

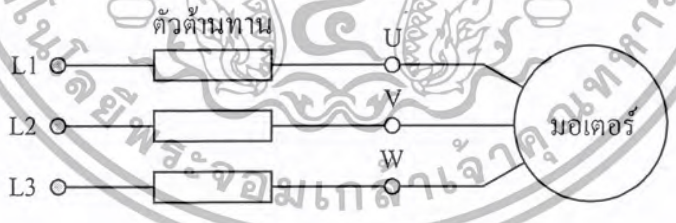
3.1) สตาร์-เดลตา ที่มีการหน่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงจากสตาร์เป็นเดลตา (Star Delta with Time Delay Durring Star Delta Transition) วิธีนี้จะใช้กับมอเตอร์ที่มีแรงบิดโหลดต่ำและต้องมีความเฉื่อย (Inertia) เพียงพอที่จะไม่ให้อัตราเร็วลดลงในขณะที่ช่วงหน่วงเวลา (โดยปกติ 1 หรือ 2 วินาที)

3.2) การเริ่มเดินเครื่อง 3 ชั้น สตาร์-เดลตา+ความต้านทานเดลตา (Three Step Staring Star Delta + Delta Resistance) วิธีนี้จะมีความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดแบบเดลตาเป็นเวลา 3 วินาที

3.3) การเริ่มเดินเครื่องแบบสตาร์-เดลตา โดยที่การขัดจังหวะ (Star Delta Starting Without Interruption) วิธีนี้จะออกแบบให้ความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับขดลวดแบบเดลตาต่อเพียงชั่วขณะก่อนที่จะเปิดคอนแทกเตอร์สตาร์ (Star contractor) เพื่อไม่ให้เกิดการขัดจังหวะของวงจร

4) การเริ่มเดินเครื่องแบบความต้านทานแบบปฐมภูมิ (Primary Resistance Starting)

การเริ่มเดินเครื่องแบบนี้ช่วงแรกแรงดันจะมีค่าลดลงเนื่องจากการต่อความต้านทานอนุกรมกับขดลวดสเตเตอร์ และมีการลัดวงจรความต้านทานตัวนี้ในเวลาต่อมาดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การเริ่มเดินแบบความต้านทาน

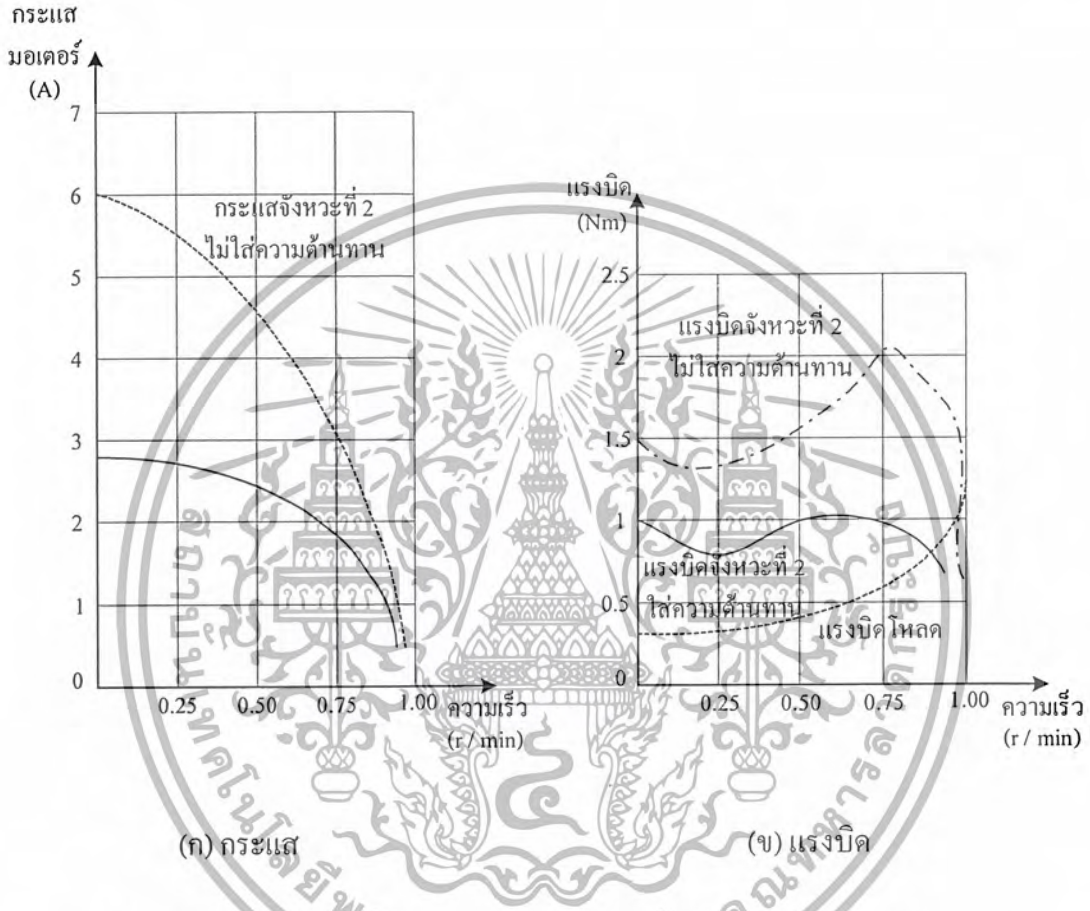
แรงบิดเริ่มต้นมีค่าต่ำเท่ากับ 0.75 เท่าของแรงบิดพิกัด แต่กระแสเริ่มต้นมีค่าสูงเท่ากับ 4.5 เท่าของกระแสพิกัดดังแสดงในรูปที่ 2.13

ขณะที่มอเตอร์มีอัตราเร่งหลังจากเริ่มเดินเครื่องแรงดันที่ปลายขั้วจะมีค่าไม่คงที่กระแสค่าสูงจะค่อยๆลดลง เป็นผลให้แรงดันคร่อมความต้านทานมีค่าลดลง และแรงดันที่ขั้วมอเตอร์มีค่าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วิธีการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้เหมาะกับการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ที่มีการเพิ่มแรงบิดโหลด หรือแรงบิดที่มีขนาดครึ่งหนึ่งของแรงบิดพิกัดในมอเตอร์ที่มีความถี่สูง (High Inertia Motors) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 กระแสและแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ เมื่อเริ่มเดินแบบความต้านทานปฐมภูมิ

5) การเริ่มเดินเครื่องแบบใช้หม้อแปลงออโต้ (Auto Transformer Starting)

วิธีนี้จะใช้หม้อแปลงออโต้เป็นเครื่องลดแรงดันเมื่อสิ้นสุดการเริ่มเดินเครื่องจะปลดหม้อแปลงนี้ออกจากวงจร การเริ่มเดินเครื่องโดยใช้หม้อแปลงออโต้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

5.1) ต่อหม้อแปลงออโต้เป็นแบบสตาร์แล้วปิดคอนแทกเตอร์มอเตอร์จะเริ่มเดินเครื่องด้วยค่าแรงดันต่ำ

5.2) เปิดวงจรที่จุดนิวทรัลเป็นผลให้ส่วนของขดลวดหม้อแปลงออโต้ซึ่งต่ออนุกรมกับแต่ละเฟสของสเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นความเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
51070

5.3) คอนแทกเตอร์จะต่อวงจรมอเตอร์กับแรงดันเมนทำให้มอเตอร์ได้รับแรงดันเต็มที่ วิธีการเริ่มเดินเครื่องแบบนี้นั้นมอเตอร์จะไม่แยกจากแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นจึงทำให้ไม่เกิดสภาวะทรานเซียนต์ (Transient) นิยมใช้วิธีการเดินเครื่องแบบนี้กับมอเตอร์กำลังสูงทั้งนี้เพราะการเดินเครื่องแบบนี้ จะให้แรงบิดเริ่มต้นค่าสูงแต่กระแสยอดมีค่าต่ำนอกจากนี้สามารถปรับแรงดันได้ โดยปรับที่ขั้วต่อของหม้อแปลงออโต้ โดยทั่วไปนิยมปรับค่าเป็น 50% 65% และ 80%

2.4.2 การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น

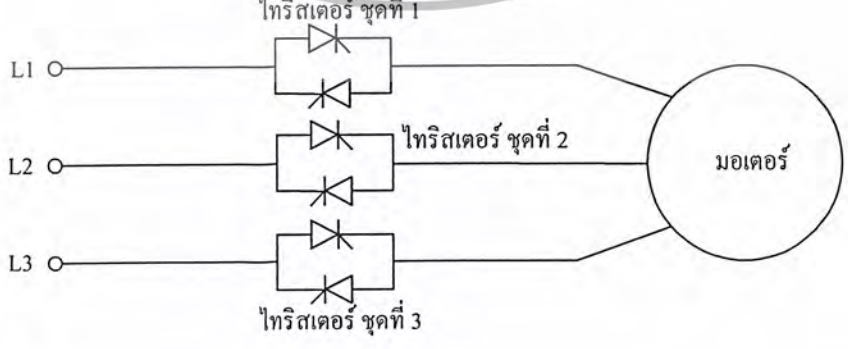
การเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น จะใช้วิธีการเดินเครื่องแบบต่อความต้านทานเข้าที่โรเตอร์ มอเตอร์แบบวงแหวนลื่นจะไม่สามารถเดินเครื่องภายในขั้นตอนเดียวได้ เนื่องจากไม่สามารถทนแรงบิดและกระแสค่าสูง จึงจำเป็นต้องต่อชุดความต้านทานกับวงจรโรเตอร์เมื่อเริ่มเดินเครื่องแล้วจึงค่อยๆลัดวงจรความต้านทานออก

2.4.3 การเริ่มเดินเครื่องแบบอิเล็กทรอนิกส์

ความก้าวหน้าทางอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics) ทำให้สามารถนำอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลัง ที่ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กับมอเตอร์มากขึ้น แม้จะมีคาราแพงและจุดอ่อนหลายอย่างแต่มีการควบคุมทำได้อย่างรวดเร็ว และละเอียดกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังชนิดอื่นๆ ตัวควบคุมมอเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันมากสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีตัวควบคุมการเริ่มแบบนุ่มนวล (Soft Start) และตัวควบคุมเปลี่ยนความเร็ว (Variable Speed Controller) ในหัวข้อขอกล่าวถึงเพียงตัวควบคุมการเริ่มแบบนุ่มนวล (Soft Start)

1) ตัวควบคุมการเริ่มแบบนุ่มนวล (Soft Start)

การเริ่มเดินเครื่องแบบอิเล็กทรอนิกส์ แบบนี้ใช้การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันและการจัดกระแส ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การเดินเครื่องแบบนุ่มนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 แรงดัน 3 เฟสของแหล่งจ่ายไฟจะมีการปรับเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอโดยใช้ไทริสเตอร์ บริดจ์ วงจรบริดจ์นี้จะประกอบด้วยไทริสเตอร์ 2 ชุดต่อกลับกันในแต่ละเฟส โดยการปรับมุมชนวนของไทริสเตอร์ แรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์จะค่อยๆเพิ่มขึ้นโดยมีความถี่เท่าเดิมดังรูปที่ 2.15 แรงดันขาออกสามารถควบคุมได้โดย

1.1) อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร่ง (Acceleration Ramp)

1.2) การจำกัดกระแส (Current Limit)

1.3) การใช้ร่วมกัน

รูปที่ 2.15 การปรับมุมจุดชนวนไทริสเตอร์

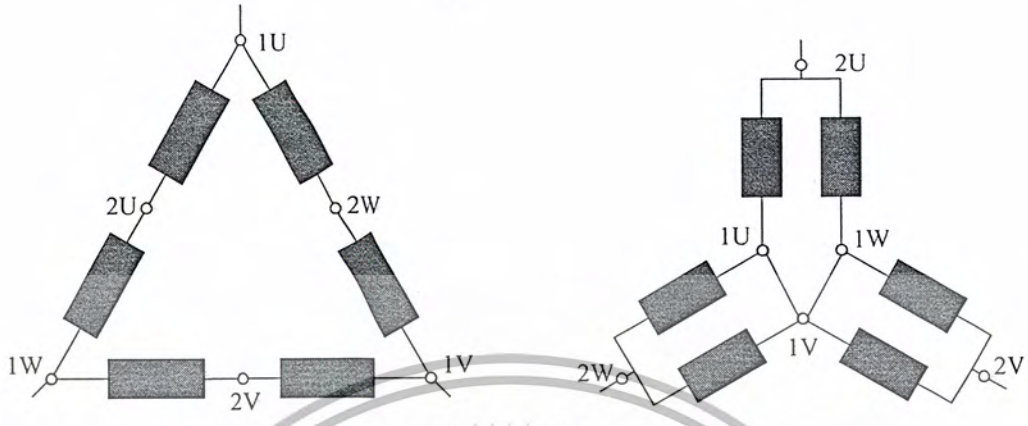
2.4.4 การปรับค่าความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1) ความเร็วของมอเตอร์แบบกรงกระรอก

ความเร็วของมอเตอร์แบบกรงกระรอกจะเป็นฟังก์ชันของความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ และจำนวนของขั้วดังนั้นจึงสามารถทำให้มอเตอร์มีหลายความเร็วได้โดยการเปลี่ยนจำนวนขั้วหรือใช้ขดลวดสเตเตอร์แยกกัน และใช้อินเวอร์เตอร์เปลี่ยนความถี่

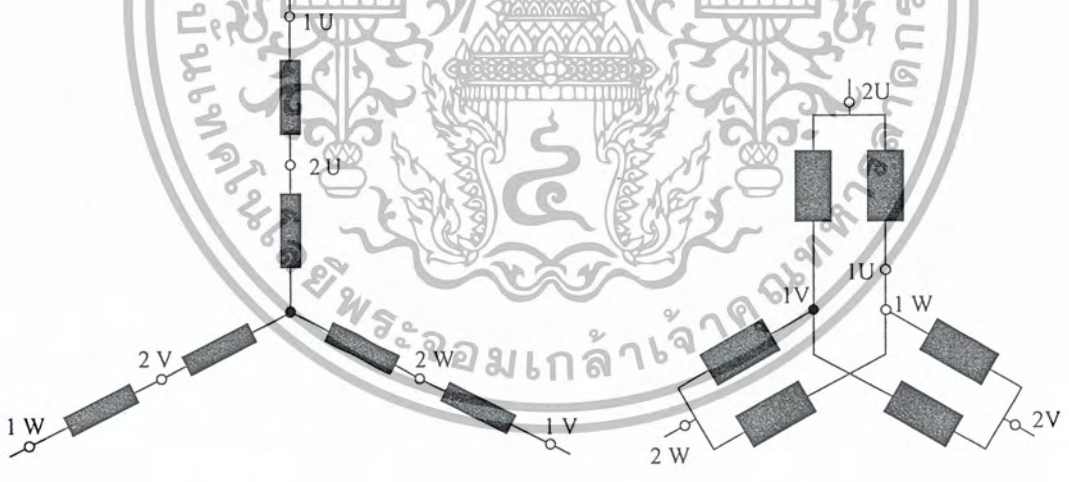
1.1) การเปลี่ยนจำนวนขั้วในการเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการเปลี่ยนจำนวนขั้วนั้น วิธีที่ประหยัด คือ ใช้ขดลวดเดียวต่อเฟสซึ่งทำให้สามารถปรับความเร็วได้ในจำนวนอัตรา 1:2 วงจรนี้เรียกว่า วงจรดาแลนเดอร์ (Dahlander Circuit) วงจรดาแลนเดอร์สามารถต่อได้ 2 แบบ คือ Δ/YY และ Y/YY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ความเร็วต่ำต่อแบบ Δ (ข) ความเร็วสูงต่อแบบ YY

รูปที่ 2.16 วงจรแลนเดอร์แบบ Δ/YY ใช้สำหรับขับโหลดแรงบิดคงที่



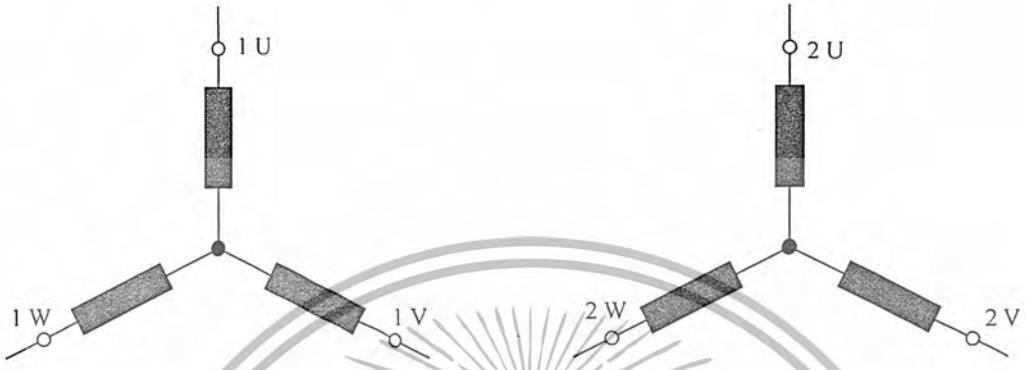
(ก) ความเร็วต่ำต่อแบบ Y (ข) ความเร็วสูงต่อแบบ YY

รูปที่ 2.17 วงจรแลนเดอร์แบบ Y/YY ใช้สำหรับขับโหลดแรงบิดคงที่

1.2) ขดลวดสเตเตอร์แยกกัน มีการพันมอเตอร์ให้มีขดลวดแยก 2 ชุดอิสระต่อกันทางไฟฟ้าแต่ละชุดพันให้มีจำนวนขั้วไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าใช้มอเตอร์จ่ายไฟให้ขดลวดชุดหนึ่งมอเตอร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิ่งที่ความเร็วหนึ่ง และถ้าจ่ายไฟให้อีกขดลวดหนึ่งมอเตอร์ก็จะวิ่งอีกความเร็วหนึ่ง ดังนั้นอัตราส่วนความเร็วจึงไม่ต้องเป็น 1:2ขดลวดแยกนี้ โดยทั่วไปจะต่อเป็น Y/Y



(ก) ความเร็วต่ำ (ข) ความเร็วสูง

รูปที่ 2.18 วงจรขดลวดสเตเตอร์แยกกันแบบ Y/Y

ถ้าต้องการมอเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนความเร็ว 3 หรือ 4 ค่านั้นสามารถทำได้โดยนำมอเตอร์ให้มีทั้งวงจรคาแสนเดอร์และขดลวดวงจรแยกผสมกัน เรียกว่า พัลส์แอมป์พลิจูดมอดูเลตชั่น (PAM)

2) ความเร็วมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น

การเพิ่มความต้านทานถาวร เข้าไปในวงจรมอเตอร์ของมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลงโดยที่ความต้านทานยิ่งมีค่ามากความเร็วก็ยิ่งต่ำลงสามารถปรับค่าความต้านทานได้หลายค่าเพื่อควบคุมความเร็วที่ต้องการ วิธีการนี้เป็นที่นิยมใช้ แม้จะมีข้อเสียคือ

1) ในระหว่างการลดความเร็ว จะมีการเกิดกำลังสูญเสียในตัวต้านทานทำให้การทำงานประสิทธิภาพไม่ดี

2) ความเร็วของมอเตอร์จะขึ้นกับโหลดสำหรับความต้านทานค่าหนึ่ง ค่าสลิปจะเป็นสัดส่วนกับแรงบิดสามารถลดลงได้ถึง 50 % ที่โหลดเต็มที่ และที่ 25% ที่โหลดครึ่งหนึ่ง

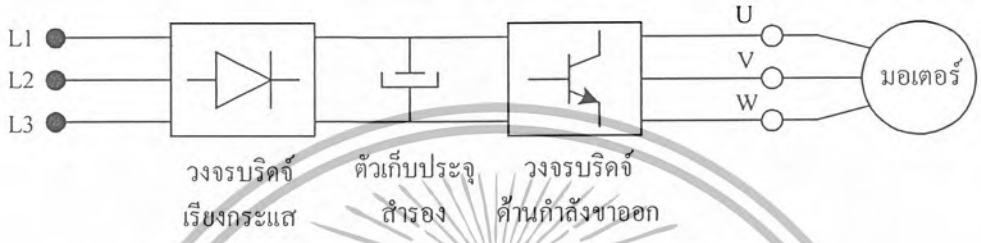
3) ระบบควบคุมความเร็วแบบอื่นๆ

3.1) อินเวอร์เตอร์

หลักการระบบขับเคลื่อนนี้ส่วนใหญ่ใช้ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก 3 เฟส หลักการทำงานใช้หลักการ พัลส์วิดท์มอดูเลตชั่น (PWM) มีข้อดีที่สามารถเดินเครื่อง และเปลี่ยนความเร็วได้เรียบโดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นขั้นแม้ที่ความเร็วต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 1 เฟส หรือ 3 เฟส จะถูกเรียงกระแสโดยวงจรไดโอดบริดจ์เต็มคลื่นแล้วอัดประจุตัวเก็บประจุสำรอง ตัวเก็บประจุนี้จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันสูง ซึ่งจะถูกสวิตซ์โดยวงจรบริดจ์ด้านกำลังขาออก ออกไปเป็นขบวนพัลส์ที่ยาวและสั้นจะจ่ายให้มอเตอร์ และโดยค่าฟลักซ์ของมอเตอร์นำไปควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้



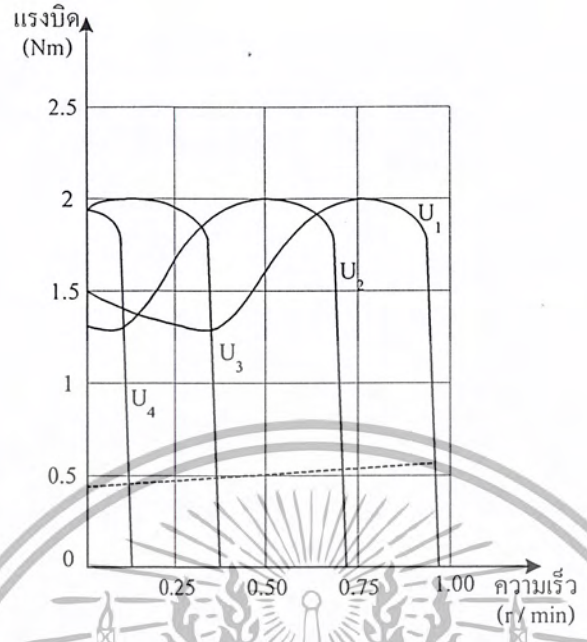
รูปที่ 2.19 วงจรหลักของอินเวอร์เตอร์

ความถี่ขาออกของมอเตอร์สามารถทำให้สูงกว่าความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ เช่น ความถี่ที่ขาออก 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งจ่ายไฟ 50 เฮิรตซ์ ระบบขับเคลื่อนนี้มักใช้สำหรับการเดินแบบนุ่มนวลหรือหยุดเดินเครื่องแบบนิ่มนวล และสามารถเร่งและหน่วงได้ตามต้องการ

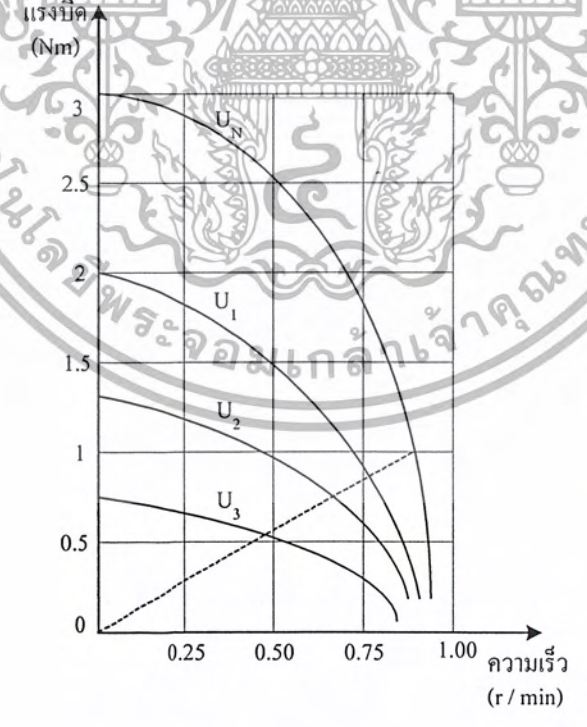
3.2) เครื่องควบคุมการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

เครื่องนี้ปัจจุบันความนิยมน้อยลงเนื่องจากความก้าวหน้าทางอิเล็กทรอนิกส์สามารถสร้างเป็นอินเวอร์เตอร์ได้ หลักการทำงานจะเปลี่ยนแปลงแรงดันเพื่อปรับแรงบิดของมอเตอร์ให้สมดุลกับแรงบิดโหลด และมีความเร็วคงที่ที่ระดับที่ต้องการ แรงนำไฟฟ้าจะถูกควบคุมโดยการปรับมุมจุดฉนวนของคู่ไทริสเตอร์ต่อกลับกัน ควบคุมแต่ละเฟสของแหล่งจ่ายไฟ มักใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กเครื่องควบคุมชนิดนี้เป็นแบบนิ่มนวลซึ่งมีแรงบิดโหลดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ลักษณะคุณสมบัติแรงบิดและความเร็วของการเริ่มเดินเครื่อง โดยใช้อินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.21 ลักษณะคุณสมบัติแรงบิดและความเร็วของการเริ่มเดินเครื่อง โดยใช้เครื่องควบคุมการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การหยุดเดินเครื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1) การหยุดเดินเครื่องด้วยกระแสกลับทาง (Reverse Current Braking or Plugging)

การยุดเดินเครื่องด้วยกระแสกลับทาง ใช้หลักการแยกมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟในขณะที่มอเตอร์ยังหมุนอยู่ และต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟอีกครั้งโดยให้มีทิศกลับทาง วิธีการหมุนเดินเครื่องแบบนี้จะมีประสิทธิภาพมาก แต่จะต้องตัดแหล่งจ่ายไฟออกก่อนที่มอเตอร์จะหมุนกลับทาง โดยจะใช้อุปกรณ์อัตโนมัติแบบต่างๆ เพื่อควบคุมการหยุดของมอเตอร์เมื่อความเร็วของมอเตอร์มีค่าใกล้ศูนย์

1.1) กรณีมอเตอร์แบบกรงกระรอก ก่อนที่จะใช้วิธีนี้นั้น จะต้องแนใจก่อนว่ามอเตอร์จะสามารถทนต่อการหยุดเดินเครื่องด้วยกระแสกลับทาง เพราะว่าจะเกิดความเค้นทางกล ทางความร้อนขึ้นและการสูญเสียพลังงานสลิป และพลังงานจลน์ในตัวกรงกระรอก ขณะที่หยุดเดินเครื่องกระแสและแรงบิดจะมีค่าสูงกว่าตอนเริ่มเดินเครื่อง ดังนั้นเพื่อให้การหยุดเดินเครื่องเป็นไปอย่างราบเรียบ ควรจะต่อความต้านทานอนุกรมเข้ากับขั้วของแต่ละเฟสของสเตเตอร์ ข้อเสียของการหยุดเดินเครื่องด้วยกระแสสลับสำหรับมอเตอร์แบบกรงกระรอก คือ มีใช้น้อยโดยมากใช้กับงานที่ต้องการกำลังงานต่ำ

1.2) กรณีมอเตอร์แบบวงแหวนลื่น ก่อนที่จะตอสเตเตอร์ของมอเตอร์เพื่อให้กระแสกลับทางจะต้องใส่ความต้านทานที่ใช้ในตอนเริ่มเดินเครื่อง และความต้านทานพิเศษเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อจำกัดกระแสและแรงบิดโดยการเลือกความต้านทานที่เหมาะสม ในขณะที่กระแสกลับทางแรงดันที่โรเตอร์จะเป็นสองเท่าของปกติ จึงต้องการฉนวนขดลวดเป็นพิเศษ การต่อแบบนี้จะมีพลังงานสูญเสียในวงจรมอเตอร์ซึ่งพลังงานจะสูญเสียในตัวต้านทาน

2) การหยุดเดินเครื่องโดยการฉีดกระแสตรง (Braking by Injection of Direct Current)

วิธีการหยุดเดินเครื่องแบบนี้ นิยมใช้แบบวงแหวนลื่น เมื่อเปรียบเทียบกับการหยุดเดินเครื่องด้วยกระแสกลับทาง จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนแหล่งจ่ายไฟตรงเพิ่มขึ้น แต่จะลดค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวต้านทานซึ่งจะใช้น้อยลง

การหยุดเดินเครื่องด้วยวิธีนี้ กระทำได้โดยการจ่ายไฟกระแสตรงให้แก่สเตเตอร์หลังจากที่ได้ปลดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายแล้ว เพื่อให้การหยุดเหมาะสมควรใช้กระแสประมาณ 1.3 เท่าของกระแสพิกัด โดยที่ค่าจริงจะถูกกำหนดโดยค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ดังนั้นแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงจะต่ำ แหล่งจ่ายไฟมักมีตัวเรียงกระแส ซึ่งจะต้องสามารถทนต่อแรงดันเกินทรานเซียนต์ ที่เกิดจากขดลวดเมื่อปลดออกจากแหล่งจ่ายกระแสสลับ

การเดินเครื่องโดยการฉีดกระแสตรงจะมีข้อแตกต่างจากการหยุดเดินเครื่องด้วยกระแสกลับทางดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1) พลังงานที่สูญเสียในตัวต้านทานโรเตอร์หรือกรงกระรอกต่ำกว่า

2.2) มอเตอร์จะไม่หมุนในทิศกลับกัน

2.3) ให้เสถียรภาพที่ดีกว่า

3) การหยุดเดินเครื่องด้วยวิธีซุปเปอร์ซิงโคนัส (Braking by Supersynchronous Operation)

การหยุดเดินเครื่องโดยวิธีนี้ กระทำได้โดยการขับมอเตอร์ด้วยโหลดที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วซิงโคนัส มีลักษณะการทำงานเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และจะให้แรงบิดของการหยุดเดินเครื่องทำให้มอเตอร์หยุดหมุน และจ่ายพลังงานไฟฟ้ากลับไปที่แหล่งจ่าย

ในกรณีมอเตอร์วงแหวนลื่น จะต้องลัดวงจรที่ความต้านทานโรเตอร์ทั้งหมด มิฉะนั้นมอเตอร์จะหมุนเร็วกว่าพิกัดมาก อาจทำให้เกิดความเสียหายทางกลได้

2.5 อินเวอร์เตอร์

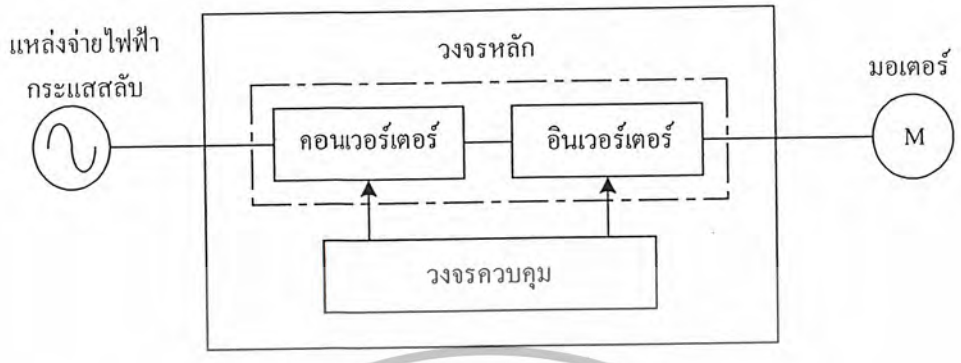
อินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่งที่แปลงไฟสลับที่มีความถี่และแรงดันคงที่ไปเป็นไฟสลับที่มีความถี่และแรงดันขนาดต่างๆ แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนอินพุตของอินเวอร์จะเป็นแหล่งจ่ายไฟสลับทั่วไปที่มีรูปคลื่นซายน์ แต่เอาท์พุตของเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์

จากหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะผลิตรูปที่ผิดปกตินี้ จะเกี่ยวพันไปถึงการเลือกมอเตอร์และอุปกรณ์รอบข้าง ดังนั้นการทำความเข้าใจต่อการทำงานของวงจรต่างๆ ในอินเวอร์จึงเป็นเรื่องสำคัญ

2.5.1 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์นั้น ส่วนอินพุตของอินเวอร์เตอร์เป็นไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ (50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์) ไฟสลับนี้จะถูกแปลงเป็นไฟตรง โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter) จากนั้นไฟตรงจะถูกแปลงเป็นไฟสลับที่สามารถแปรขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) วงจรทั้งสองส่วนนี้เป็นวงจรหลักที่ทำหน้าทีแปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรทั้งสองส่วนนั้น ดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไป (General Purpose Inverter) จะประกอบด้วยส่วนคอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ รวมอยู่ในเครื่องเดียวกันเสมอ

คอนเวอร์เตอร์มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่ง ส่วนอินเวอร์เตอร์ก็เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งสองส่วนนี้จะใช้องค์ประกอบวงจรที่แตกต่างกัน และมีการทำงานที่ต่างกันซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

2.5.2 หลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์

1) วิธีการสร้างไฟสลับจากไฟตรง

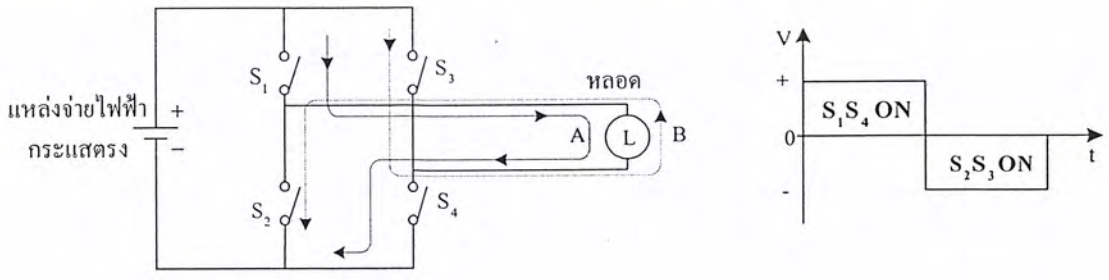
อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตไฟไฟฟ้ากระแสสลับได้จากแหล่งจ่ายไฟไฟฟ้ากระแสตรง การทำความเข้าใจกับหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ก็ควรเริ่มจากวงจรสร้างไฟไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวกันก่อน โดยเปลี่ยนโหลดจากมอเตอร์เป็นหลอดไฟเพื่อให้เข้าใจง่ายดังรูปที่ 2.23

จากรูปที่ 2.23 สามารถอธิบายได้ดังนี้

สวิตซ์ 4 ตัว S_1 และ S_4 ซึ่งต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรง และโหลดจะเปิด-ปิด สลับกันเป็นจังหวะเพื่อสร้างไฟสลับจ่ายให้กับหลอดไฟ

เมื่อสวิตซ์ S_2 และ S_3 ปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตซ์และหลอดไฟตามที่ทิศทาง A และเมื่อสวิตซ์ S_1 และ S_4 เปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตซ์และหลอดไฟตามทิศทาง B ซึ่งย้อนทางกับทิศทาง A ดังนั้นถ้าให้สวิตซ์ S_2 และ S_3 เปิดปิดสลับกับสวิตซ์ และจะทำให้กระแสที่ไหลไปที่หลอดกลับทิศทางกันสลับไปมาเป็นไฟสลับนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

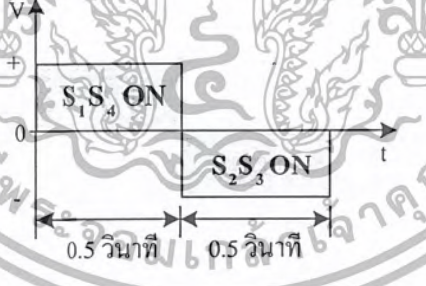


(ก) วงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (ข) รูปคลื่นสลับด้านเอาต์พุต

รูปที่ 2.23 หลักการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

2) วิธีการแปรความถี่

ถ้าควบคุมเวลาที่เปิดปิดสวิตซ์ S_1 - S_4 ได้ ก็สามารถแปรความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ ตัวอย่างเช่น ให้สวิตซ์ S_1 และ S_4 ปิด 0.5 วินาที ต่อมาสวิตซ์ S_2 และ S_3 0.5 วินาที และทำการเปิดปิดสลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ดังนั้นใน 1 วินาที ไฟฟ้ากระแสสลับจะวิ่งไปกลับครบ 1 รอบ หรือไซเคิล ไฟฟ้ากระแสสลับนี้จึงมีความถี่ 1 เฮิรตซ์นั่นเอง



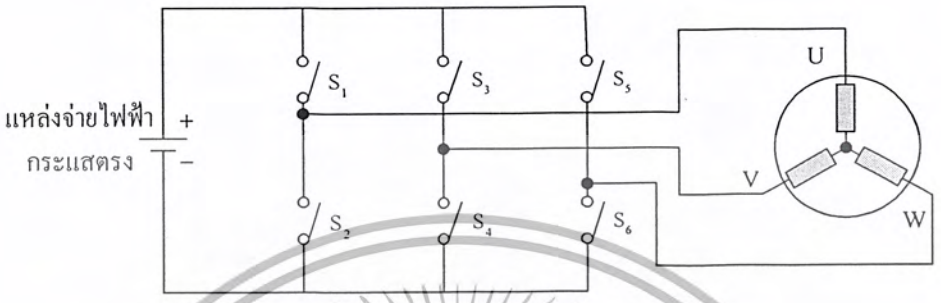
รูปที่ 2.24 รูปคลื่นสลับความถี่ 1 เฮิรตซ์

3) กรณีของไฟสามเฟส

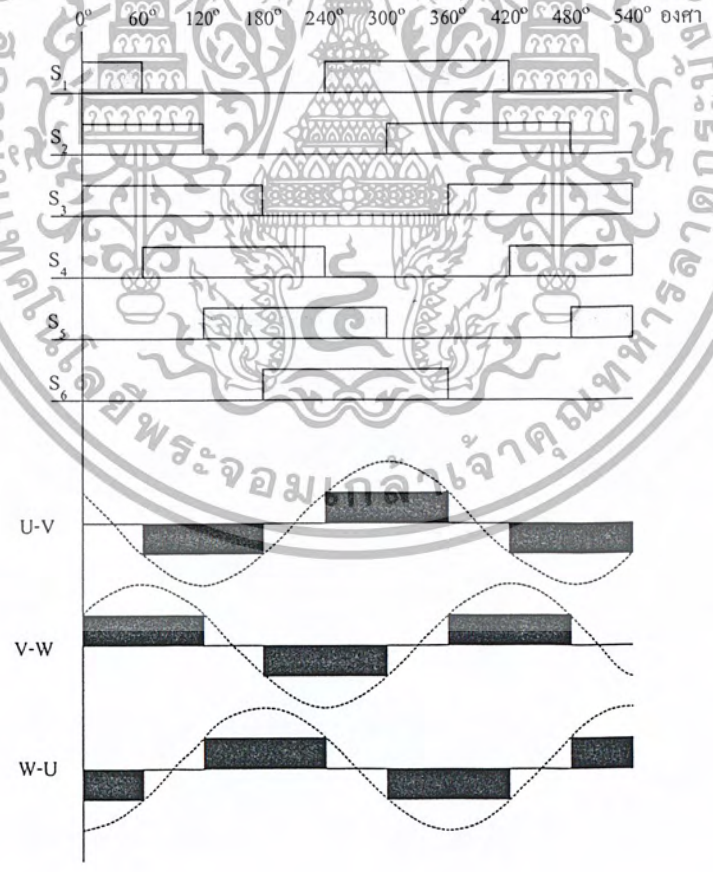
ถ้าสวิตซ์ S_1 ถึง S_6 ในวงจรเปิดปิด ตามจังหวะที่แสดง ในรูปที่ 2.26 ก็จะมีกระแสไหลผ่านขั้ว U-V V-W และ W-U ของมอเตอร์ ตามรูปคลื่นที่แสดงในรูปที่ 2.26 รูปคลื่นของกระแสนี้จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีช่วงกว้าง และช่วงห่างระหว่างคลื่นเท่ากัน ถ้าเปลี่ยนช่วงเวลาของการเปิดปิดสวิตซ์เหล่านี้ ก็จะทำให้ความถี่ของไฟสลับเปลี่ยนไปได้ และถ้าเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ก็จะทำให้ขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเปลี่ยนไปได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.25 วงจรพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส

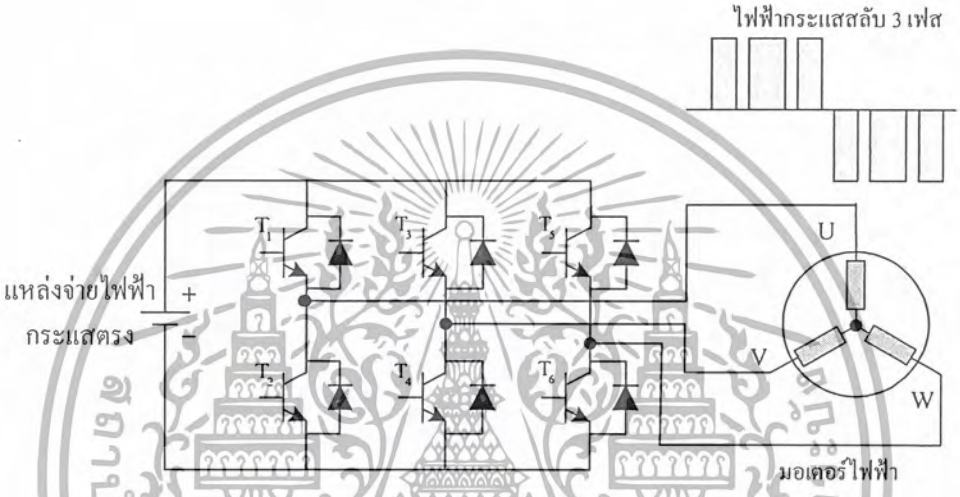


รูปที่ 2.26 การสร้างไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) โครงสร้างส่วนที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์จะใช้ทรานซิสเตอร์แทนสวิตซ์ทั้ง 6 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.27 เมื่อต่อเอาต์พุตเข้ากับมอเตอร์ 3 เฟส และควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ ON-OFF ตามจังหวะในรูปที่ 2.26 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ และถ้าเปลี่ยนลำดับการ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์ก็สามารถบังคับให้มอเตอร์หมุนกลับทางได้



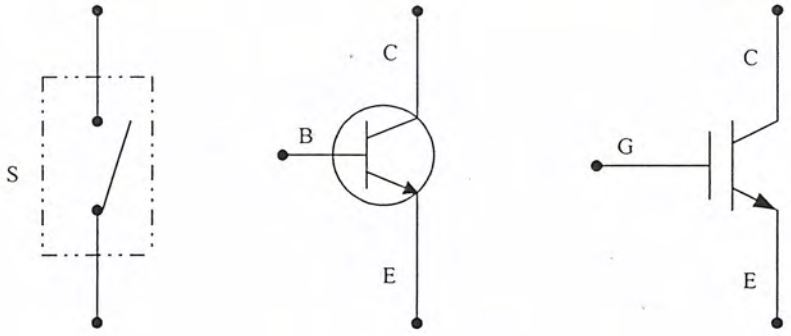
รูปที่ 2.27 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

5) การทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์มี 3 ขา คือ คอนเลคเตอร์ (C) อิมิตเตอร์ (E) และเบส (B) ทรานซิสเตอร์ที่เป็น IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) จะมีขาเกต (G) เมื่อไม่จ่ายกระแสให้ขาเบสระหว่างขั้ว C และ E จะไม่นำกระแส มีสถานะเหมือนกับ สวิตซ์เปิด (OFF) แต่ถ้าจ่ายกระแสให้ที่ขาเบส กระแสจะไหลระหว่างขั้ว C และ E ซึ่งเหมือนกับสวิตซ์ปิด (ON) นั้นเอง การ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์สามารถทำได้เร็วกว่าสวิตซ์มาก

ในคู่มือของอินเวอร์เตอร์มักจะกล่าวถึง "การปิดกั้นกระแสเบส" (Base Shut Off) หมายถึง การปิดกั้น ไม่ส่งสัญญาณจากวงจรควบคุมไปที่ขาเบส ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้ง 6 ตัวหยุดทำงาน (OFF) ไม่มีกระแสจ่ายให้มอเตอร์มีสภาพเหมือนอินเวอร์เตอร์ขาดจากการต่อกับมอเตอร์ จะทำให้มอเตอร์หมุนฟรีแล้วหยุดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



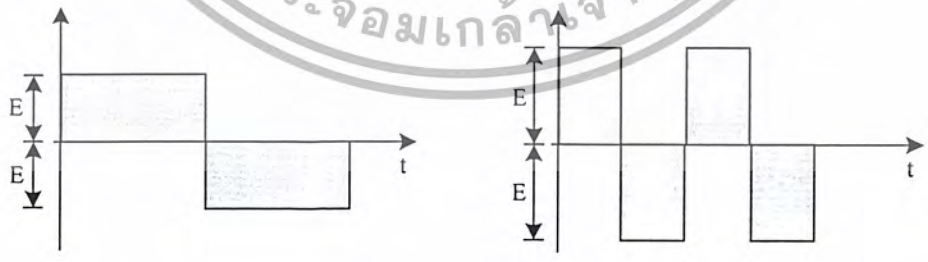
(ก) สวิตซ์ (ข) ทรานซิสเตอร์ (ค) IGBT

รูปที่ 2.28 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์

6) วิธีการเปลี่ยนขนาดแรงดัน

เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ขับมอเตอร์ นอกจากการแปรความถี่เพื่อปรับความเร็วมอเตอร์แล้วยังต้องแปรขนาดแรงดันตามความถี่ที่เปลี่ยนไป เพื่อรักษาอัตราส่วน V/f ให้คงที่ การแปรขนาดแรงดันของอินเวอร์เตอร์มีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากในอินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปคือ วิธีการแปรรูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ป้อนให้มอเตอร์ การแปรรูปคลื่นแรงดันนี้ก็ยังมีหลายวิธีดังนี้

6.1) วิธี PAM (Pulse Amplitude Modulation) แปรขนาดแรงดันของไฟตรง จุดเด่นของวิธีนี้ คือ เสียงมอเตอร์เบา มีประสิทธิภาพดี ควบคุมขนาดแรงดันที่คอนเวอร์เตอร์ได้ และมีผลตอบสนองช้า

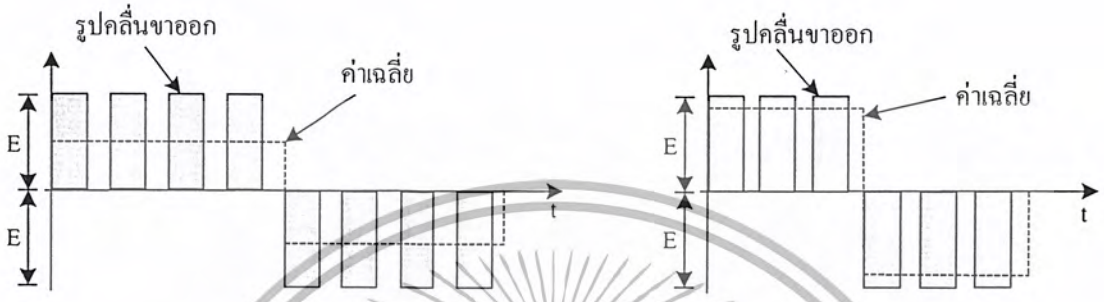


(ก) ความถี่ต่ำ (ข) ความถี่สูง

รูปที่ 2.29 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

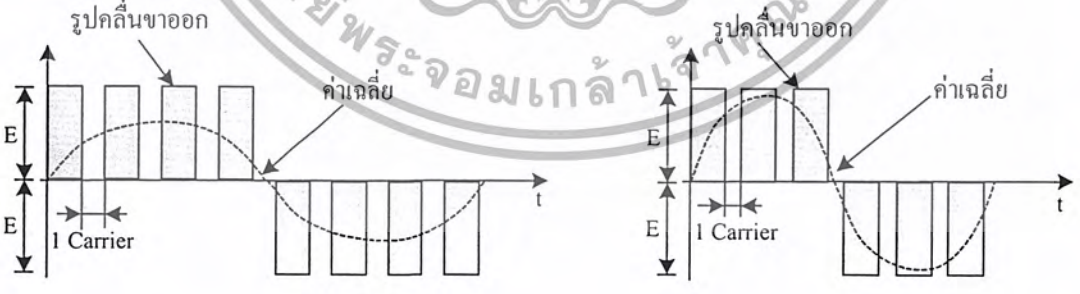
6.2) วิธี PWM (Pulse Width Modulation) แปรความกว้างของพัลส์ที่ เปิด-ปิด ทรานซิสเตอร์ จุดเด่นของวิธีนี้ คือ ส่วนของอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมความถี่และแรงดันได้ทั้งหมด



(ก) ความถี่ต่ำ (ข) ความถี่สูง

รูปที่ 2.30 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM

6.3) วิธี PWM (Pulse Width Modulation) ที่ให้แรงดันเป็นรูปซายน์ ควบคุมความกว้างของพัลส์ให้แรงดันค่าเฉลี่ยมีรูปคลื่นเป็นรูปซายน์ จุดเด่นของวิธีนี้ คือ เดินมอเตอร์ได้เรียบที่มีความเร็วต่ำ ฮาร์โมนิคความถี่ต่ำมีขนาดเล็ก



(ก) ความถี่ต่ำ (ข) ความถี่สูง

รูปที่ 2.31 การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM ที่ให้แรงดันเป็นรูปซายน์

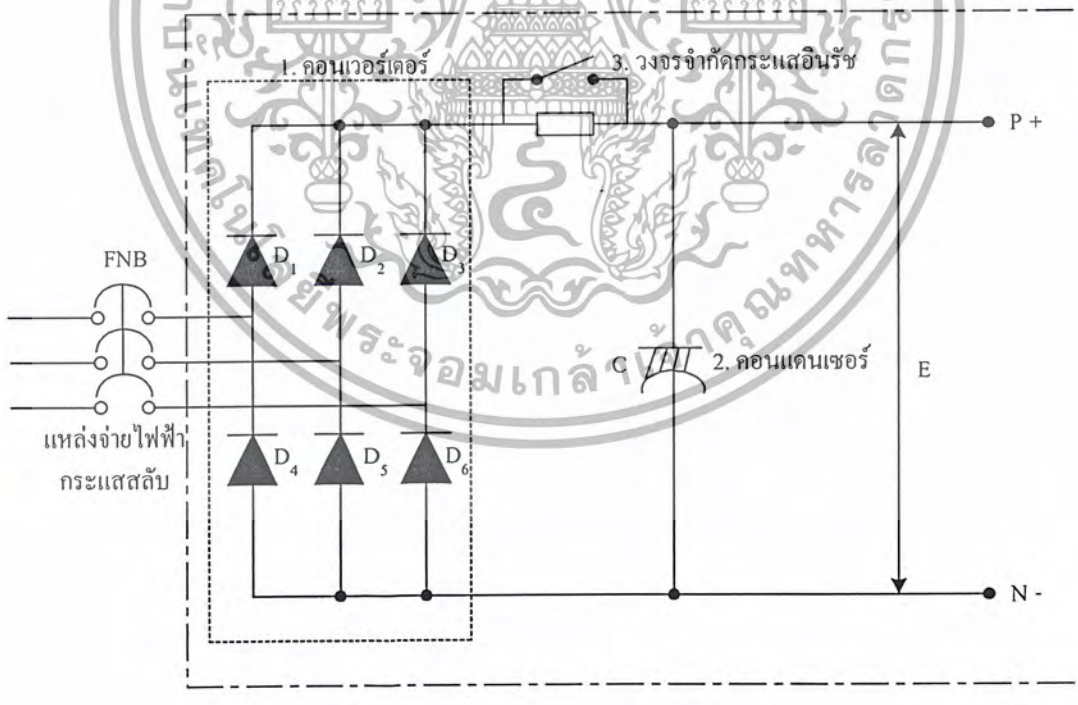
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงแรงดันด้วยวิธีการต่างๆ นี้ จะมีต่อลักษณะคุณสมบัติการควบคุม เช่น การสั่นสะเทือนสัญญาณรบกวน การกระเพิ่มหรือริบเปิล (Ripple) ของแรงบิดและกระแส และผลตอบของแรงบิดเป็นต้น วิธี PWM นั้นต้องกำเนิดพัลส์ที่ ON-OFF หลายครั้งในหนึ่งไซเคิล ความกว้างของแต่ละพัลส์จะไม่เท่ากัน เพื่อให้แรงดันเฉลี่ยมีรูปคลื่นซายน์ จำนวนพัลส์ที่กำเนิดใน 1 วินาที จะเรียกว่าความถี่แคเรียร์ (Carrier Frequency) การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM นี้ จะทำให้เกิดการสั่นที่มอเตอร์ และเสียงรบกวนซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความถี่แคเรียร์นี้

2.5.3 หลักการทำงานของภาคคอนเวอร์เตอร์

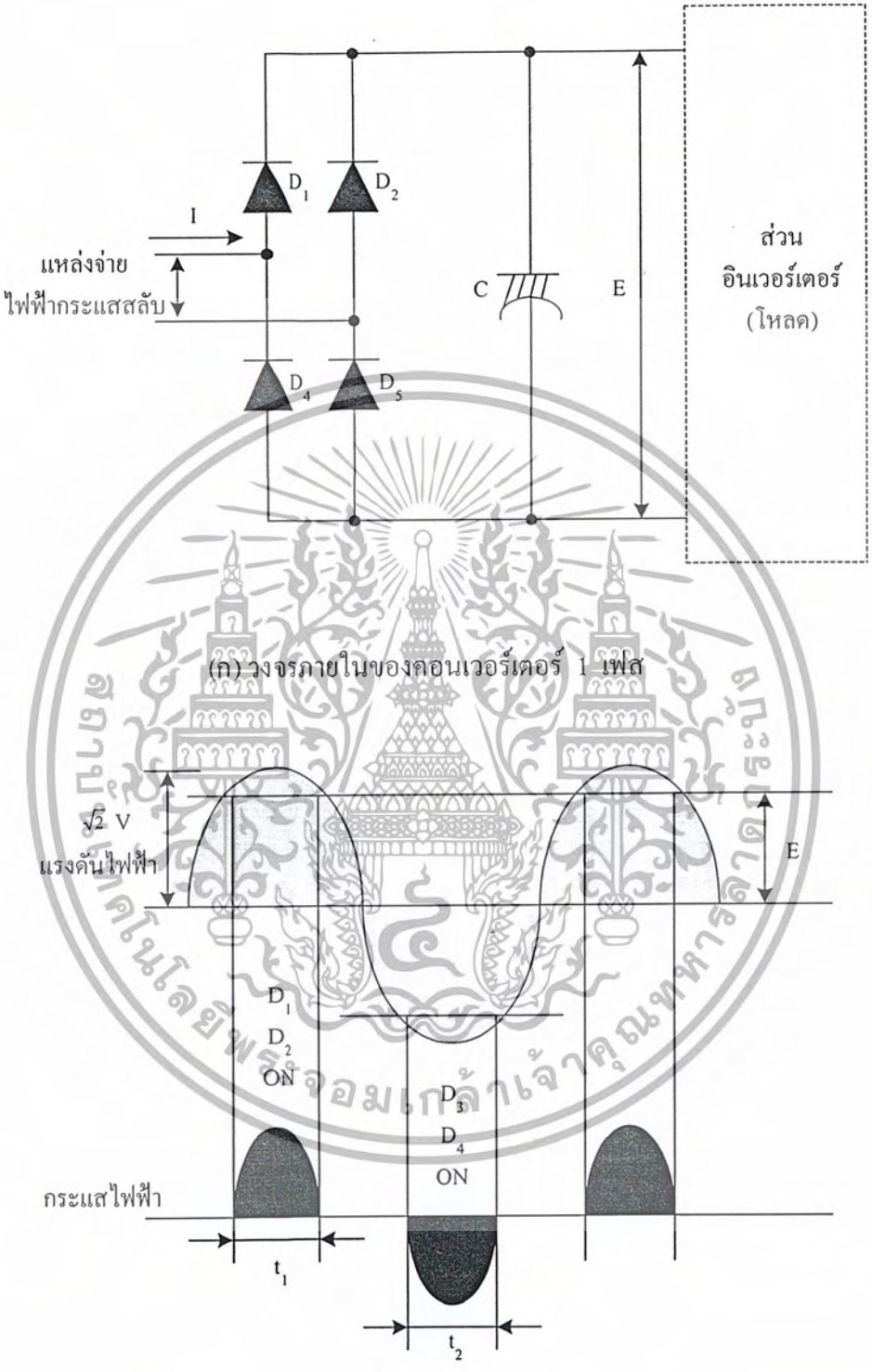
ดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่แล้วว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนเป็นอินพุตของอินเวอร์เตอร์นั้นผลิตมาจากส่วนที่เรียกว่า คอนเวอร์เตอร์ วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงวงจรประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังรูปที่ 2.31 คือ

1) ส่วนคอนเวอร์เตอร์
2) คอนเดนเซอร์
3) วงจรกำจัดกระแสอินรัช (In rush Current Suppression)



รูปที่ 2.32 วงจรภายในของคอนเวอร์เตอร์ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรภายในของคอนเวอร์เตอร์ 1 เฟส

(ข) รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า

รูปที่ 2.33 หลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) หลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.33 แสดงหลักการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสามารถอธิบายรูปคลื่นของกระแสไฟสลับขาเข้าดังนี้

อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ไฟสลับรูปซายน์ ซึ่งมีค่า RMS = V ถ้าให้แรงดันขาออกของคอนเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากัน E จากรูปที่ 2.33 (ข) จะเห็นว่าจะมีส่วนแรงดัน ไฟสลับที่มีแรงดันสูงกว่าระดับ E ส่วนนี้มีช่วงเวลาเท่ากับ เป็นช่วงเวลาที่กระแสผ่านไดโอด D_1 และไหลกลับทาง D_4

แรงดันไฟสลับส่วนที่เป็นลบ ช่วงเวลาที่แรงดันต่ำกว่าระดับ E คือ ช่วงเวลา ช่วงเวลานี้กระแสจะไหลเข้าทางไดโอด D_2 และไหลกลับทาง D_3 ดังในรูปที่ 2.33 (ข)

จะเห็นว่ารูปคลื่นกระแสขาเข้าของคอนเวอร์เตอร์นั้นจะไม่เป็นรูปซายน์ แต่จะเพี้ยนจากรูปซายน์ และมีองค์ประกอบของฮาร์โมนิค

2) กระแสขาเข้าในขณะมอเตอร์หมุนต่อเนื่อง

กรณีที่เป็นไฟสลับ 3 เฟส คราวนี้จะต้องใช้ไดโอดในการเร็คติไฟย์ ทั้งหมด 6 ตัว คือ ไดโอด D_1 ถึง D_6 รูปที่ 2.34 แสดงจังหวะเวลาที่กระแสไหลผ่านไดโอดแต่ละตัว จะเห็นว่ารูปคลื่นของกระแสขาเข้า ก็จะเพี้ยนจากรูปคลื่นซายน์ เหมือนกับกรณีของคอนเวอร์เตอร์เฟสเดียว คอนเดนเซอร์ (C) จะมีหน้าที่กรองกระแสเพื่อให้แรงดันขาออกของคอนเวอร์เตอร์ มีค่าริบเปิลน้อยและเรียบ ขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาออกในสภาพไม่มีโหลด จะมีค่าเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า เมื่อมีโหลด คือ อินเวอร์เตอร์ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะเปลี่ยนค่าลดลงตามขนาดของเอาต์พุต คือ แรงบิดและความเร็วรอบ

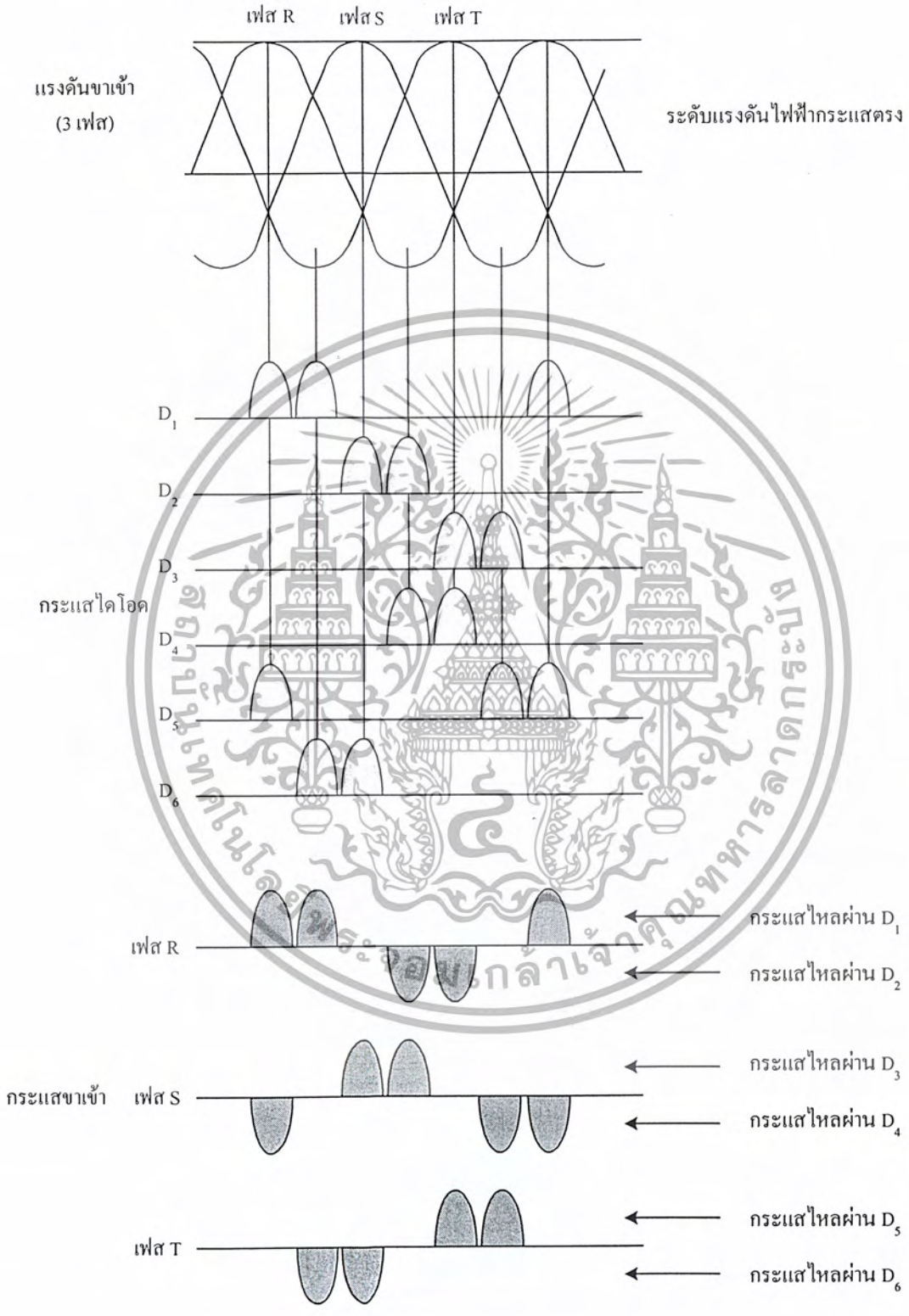
3) กระแสขาเข้าเมื่อเปิดสวิตซ์

เมื่อเปิดสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์ครั้งแรก จะต้องมีการชาร์ประจุให้คอนเวอร์เตอร์จึงมีกระแสขาเข้าขนาดใหญ่ไหลเข้ามาในวงจร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจำกัดขนาดของกระแสอินรัชนี้ โดยใช้วงจรตามที่แสดงในรูปที่ 2.35

เมื่อกระแสประจุของคอนเดนเซอร์จนเต็มแล้ว จึงใช้หน้าสัมผัสของรีเลย์ลัดวงจนตัวต้านทานจำกัดกระแส ถ้าต่อคอนแทคเตอร์เปิด-ปิดไฟเข้าอินเวอร์เตอร์ ทุกครั้งที่ปิดจะมีกระแสอินรัชไหลเข้าคอนเวอร์เตอร์ ถ้าเปิด-ปิด บ่อยจะทำให้อายุการใช้งานของไดโอดสั้นลง และอายุการใช้ประสิทธิภาพการใช้งานของวงจรจำกัดกระแสจะต่ำลงไปด้วย ดังนั้นไม่ควรเปิด-ปิดบ่อย ๆ วันหนึ่งไม่ควรเกิน 10 ครั้ง

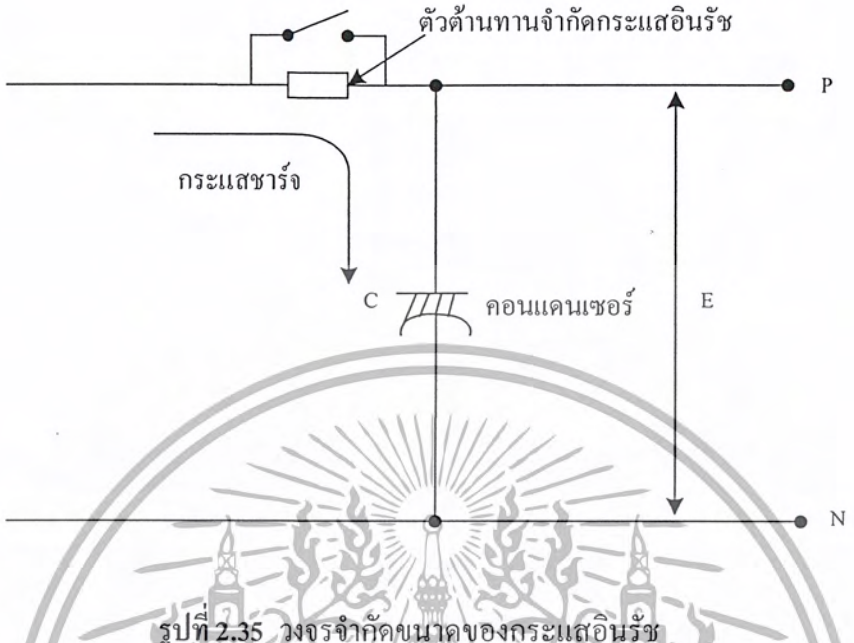
คอนเวอร์เตอร์จะมีหน้าที่สร้างแรงดันไฟตรงเท่านั้น การสตาร์ทมอเตอร์เป็นหน้าที่ของส่วนอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะต้องป้อนกระแสเข้าที่เบสของทรานซิสเตอร์เพื่อให้เริ่ม ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

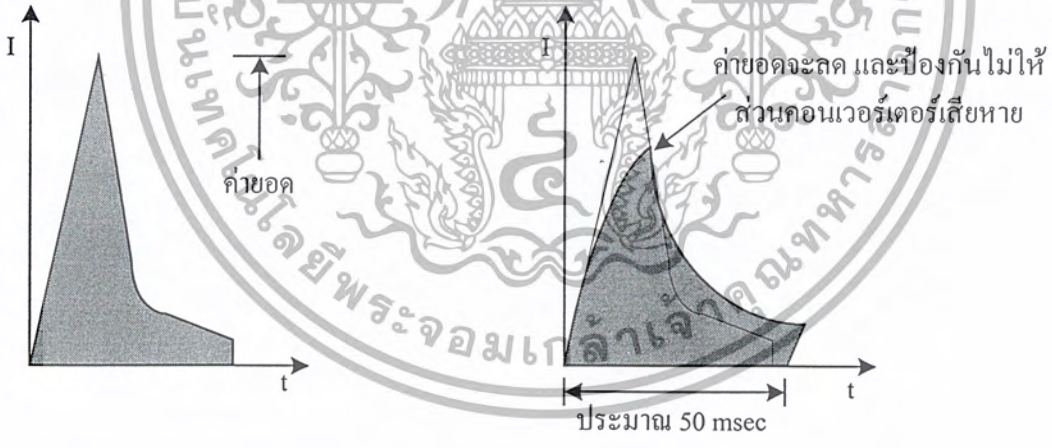


รูปที่ 2.34 คลื่นกระแสไฟฟ้าขาเข้า กรณีที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 วงจรจำกัดขนาดของกระแสอินรัช



(ก) กรณีไม่มีตัวต้านทาน (ข) กรณีมีตัวต้านทาน

รูปที่ 2.36 กระแสอินรัช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์

อุปกรณ์เหล่านี้จะเปลี่ยนการเคลื่อนที่ทางแอนะลอก (แบบหมุนหรือเชิงเส้น) ไปอยู่ในรูปของดิจิตอลเอาต์พุต ซึ่งสามารถเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนทางอนาล็อกไปเป็นไบนารีเอาต์พุต

2.6.1 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ชนิดแปรงสัมผัส

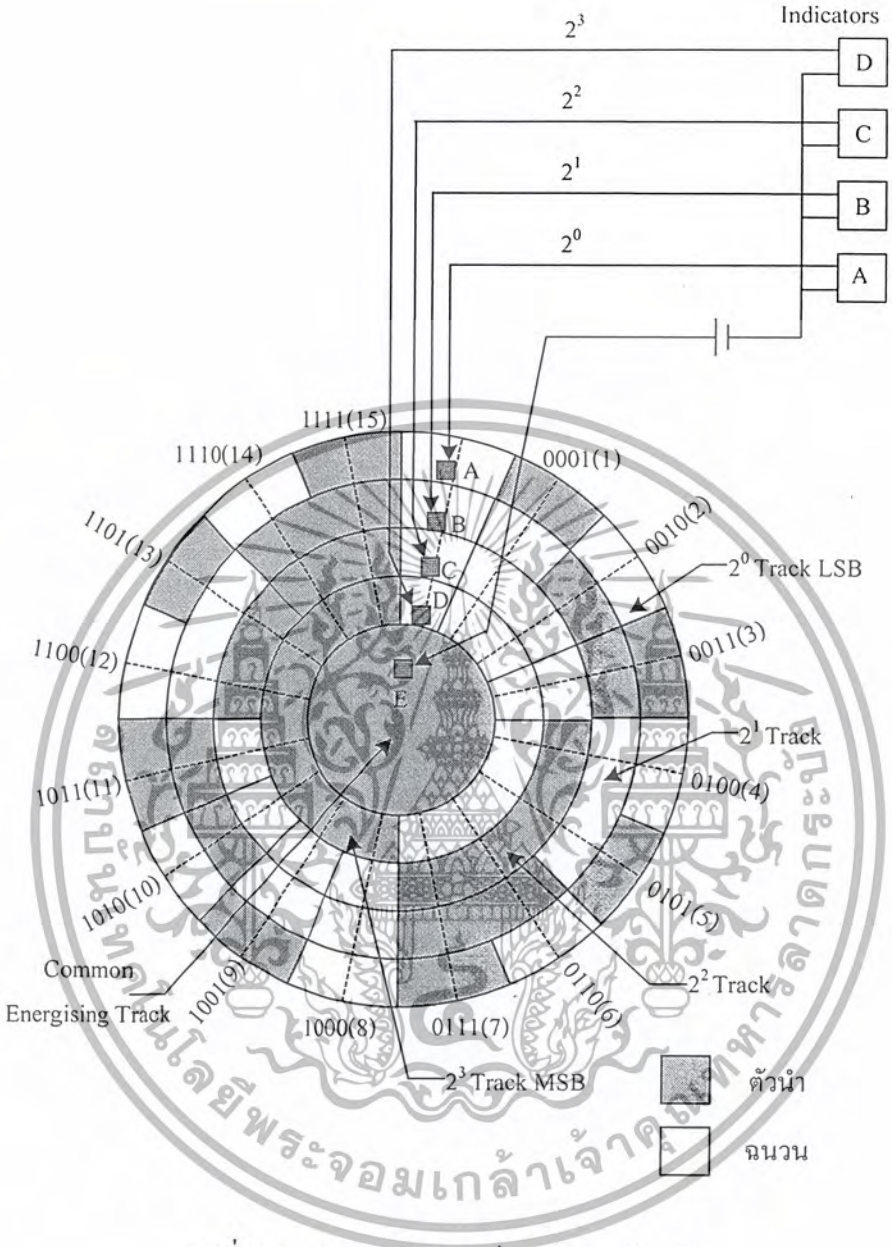
ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ชนิดแปรงสัมผัส จะประกอบด้วยจานเอนโคดเดอร์มี 4 บิต หรือ 4 แทรค (Track) และถูกแบ่งออกเป็นส่วนตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า แปรง A B C และ D อยู่กับที่ แปรง E อยู่บนแทรคที่ใช้กำลังงานร่วมกัน (Ground) ซึ่งเป็นตัวนำ เมื่อแปรง A B C และ D อยู่บนส่วนตัวนำระหว่างที่จานหมุนทำให้เกิดการครบวงจร และตัวแสดงผลที่ตรงตรงกับแปรงนั้น ๆ อยู่ในสภาวะ “ON” หรือ “1” ในทางกลับกันมันจะเป็นสภาวะ “OFF” หรือ “0” แทรคที่อยู่รอบนอกสุดจะเป็น LBS แทรค และในสุดจะเป็น MSB แทรค แสดงดังรูปที่ 2.37

จากรูปที่ 2.37 แสดงจำนวนไบนารีด้วยจำนวนที่เท่ากันของเลขฐานสิบไว้ในวงเล็บ ซึ่งจะสอดคล้องกับตำแหน่งของแปรงระหว่างการหมุนของจาน จานที่แสดง Resution 1/15 ด้วยการเพิ่มจำนวนของแทรค และแปรง Resution สามารถลดลงได้ ข้อมูลสามารถจ่ายโดยตรงไปยังอินพุตสวิตซ์ของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของไบนารี ในทำนองเดียวกันเอนโคดเดอร์สามารถนำมาใช้กับการเคลื่อนที่เชิงเส้นได้อีกด้วย

เอนโคดเดอร์ที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้นใช้ในไบนารีโคด เราพบว่าการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่ง ต้องการการเปลี่ยนแปลงในจำนวนของแปรงจากพื้นผิวเป็นตัวนำไปเป็นพื้นผิวที่ไม่เป็นตัวนำหรือในทางกลับกัน ถ้าการวางแปลงผิดพลาดระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่งหรือแปรงทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปพร้อม ๆ กัน ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นที่ตัวแสดงผล

การจัดวางที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้นเป็นชนิดสัมผัส เมื่อมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างแปรงและจานเอนโคดเดอร์ ข้อเสียของระบบนี้คือการสึกหรอของแปรงและจาน และมีความเสียดทานระหว่างจานกับแปรงกับจาน การจัดวางแบบอื่นที่อาศัยหลักการที่แตกต่างกันก็ คือ การจัดวางชนิดออฟติคัลและชนิดแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

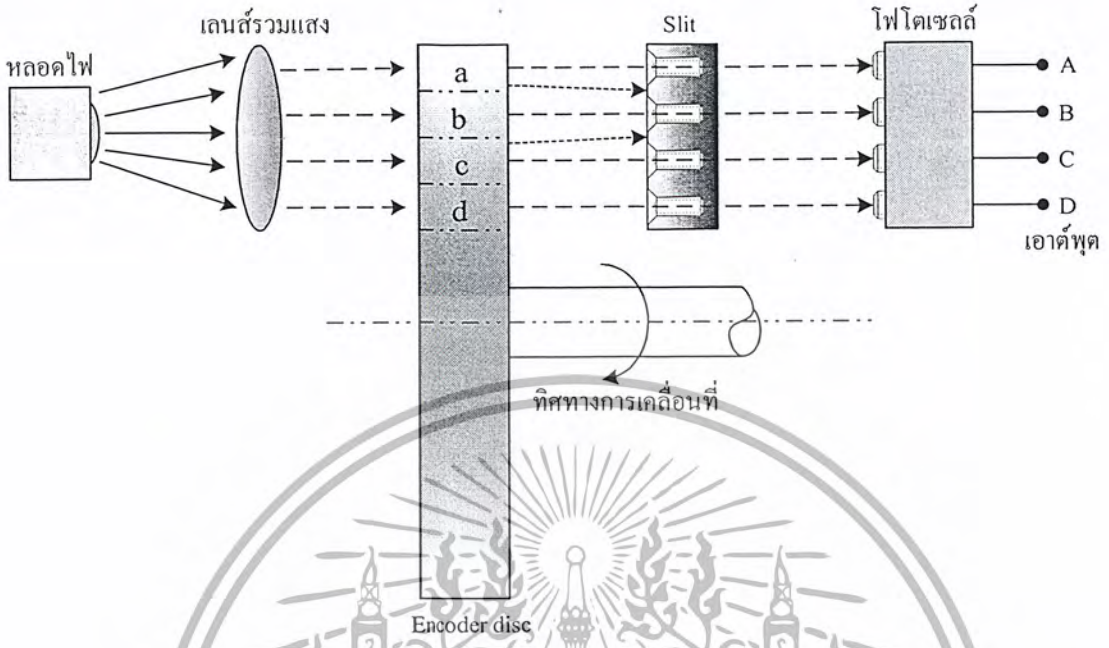


รูปที่ 2.37 จานเอนโคดเดอร์ชนิดแปรงสัมผัส

2.6.2 ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ชนิดออฟติคัพ

เอนโคดเดอร์ชนิดออฟติคัพ แสดงดังรูปที่ 2.38 จานมีพื้นที่โปร่งแสงและทึบแสงซึ่งตรงกับการเป็นตัวนำของจานเอนโคดเดอร์ชนิดสัมผัส แหล่งจ่ายแสงถูกนำมาใช้พร้อมด้วยช่องให้แสงผ่านและโฟโตเซลล์ โฟโตเซลล์ที่ตรงกับแต่ละแทรคจะผลิตเอาต์พุตทางไฟฟ้า ถ้าส่วนโปร่งแสงอยู่ด้านหน้าของช่องให้แสงผ่านและแหล่งจ่ายแสงซึ่งจะให้สภาวะ "ON". (หรือ 1) ขณะไม่มีเอาต์พุตทางไฟฟ้าจากเซลล์จะตรงกับสภาวะ "OFF" (หรือ 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

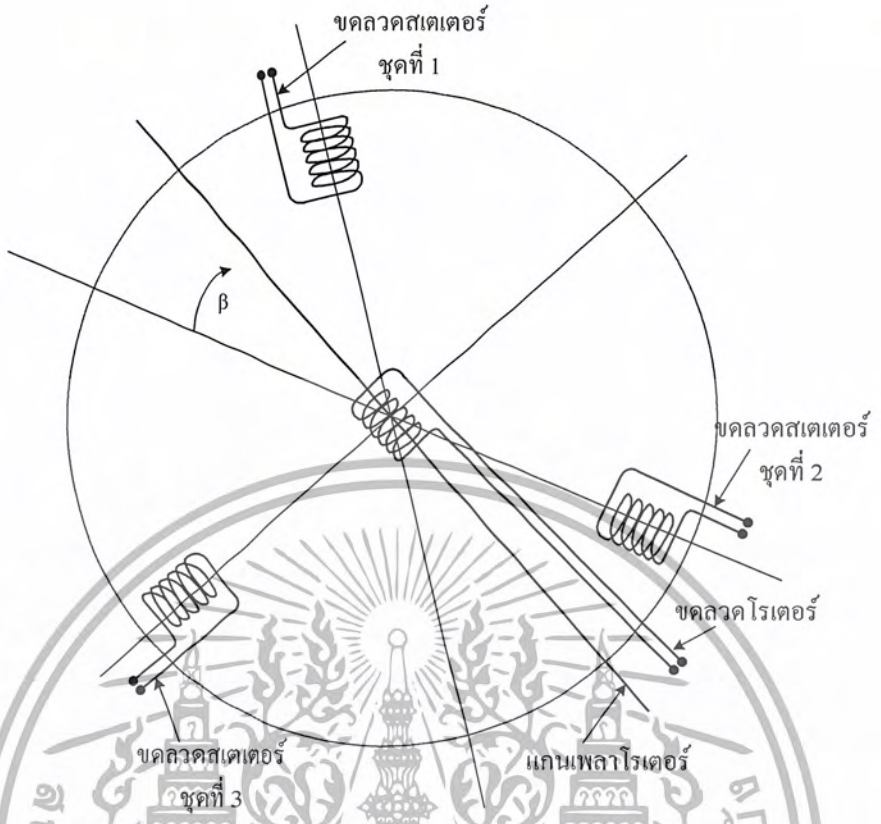


รูปที่ 2.38 เอนโคดเดอร์ชนิดออฟติคัล

2.6.3 เอนโคดเดอร์ชนิดแม่เหล็ก

เอนโคดเดอร์ชนิดแม่เหล็ก จะใช้แม่เหล็กเทอรอยด์ (toroidal magnets) เล็กๆ ที่มีขดลวดพันรอบๆ ตัวแม่เหล็ก พื้นที่ที่ตรงกับการเป็นตัวนำในจานเอนโคดเดอร์ชนิดเส้นสัมผัส ก็จะเปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่เป็นแม่เหล็ก และไม่เป็นแม่เหล็กบนจานแทนการมีอยู่หรือขาดหายไปของพื้นที่ดังกล่าวจะถูกตรวจสอบโดยขดลวดซึ่งอยู่ใกล้ชิดติดกับแต่ละแทรคบนจาน ขดลวดอันหนึ่งในแต่ละตัวของแม่เหล็กเทอรอยด์ ถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณพาหะ AC ความถี่สูง ถ้าเทอรอยด์อยู่บนพื้นที่ที่ไม่เป็นแม่เหล็กบนจานเอดโคดเดอร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเนื่องจากการพฤติกรรมแม่เหล็กจะถูกเหนี่ยวนำในขดลวดเอาต์พุต (ให้สภาวะ 1) ขณะที่พื้นที่เป็นแม่เหล็กจะมีการอิ่มตัวของวงจรแม่เหล็กและเอาต์พุตนะต่ำมาก (ให้สภาวะ 0) สัญญาณบนขดลวดของเอาต์พุตโดยปกติแล้วจะถูกดีมอดูเลทเพื่อเอาสัญญาณพาหะความถี่สูงออก

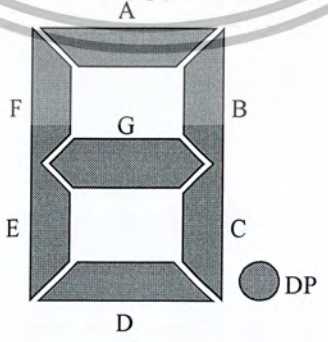
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 วงจรเอนโคดเดอร์ชนิดแม่เหล็ก

2.7 ส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

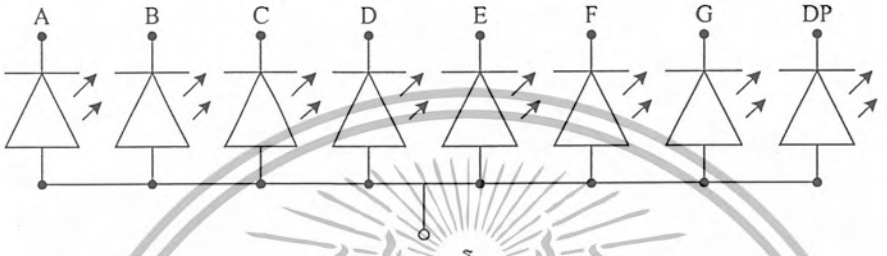
ส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วนเป็น LED 8 ตัวแยกกัน (7 -เซ็กเมนท์ และเลขฐานสิบ 1 ตัว) 7-เซ็กเมนท์ถูกใช้เป็นดิสเพลย์หลายๆ ชนิด และสามารถดิสเพลย์เลข 0-9 ดังรูปที่ 2.40



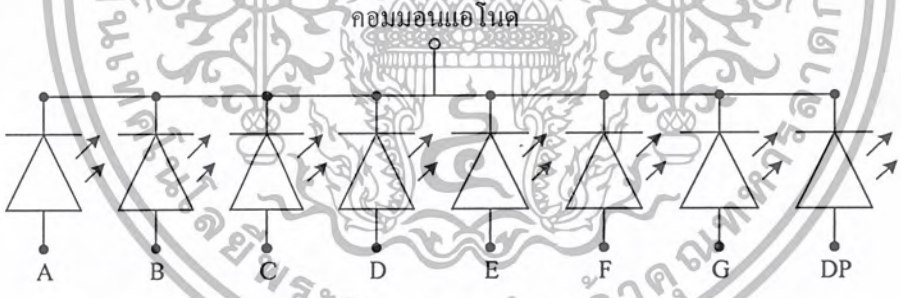
รูปที่ 2.40 โครงสร้างของส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED 7-เซ็กเมนท์มีสองชนิด คือ คอมมอนคาโทด (Common Cathod) และคอมมอนแอโนด (Common Anode) ดังรูปที่ 2.42 คอมมอนแคโทดจะมี 7-เซ็กเมนท์แคโทดต่อร่วมกันและคอมมอนแอโนดก็เหมือนกัน ยกเว้นแต่ว่าจะเป็นแอโนดต่อร่วมกัน ซึ่งเป็นมาตรฐาน De Facto ของ 7-เซ็กเมนท์ และไอซี MSI ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับ 7-เซ็กเมนท์



รูปที่ 2.41 LED 7-เซ็กเมนท์ ชนิด คอมมอนคาโทด



รูปที่ 2.42 LED 7-เซ็กเมนท์ ชนิด คอมมอนแอโนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

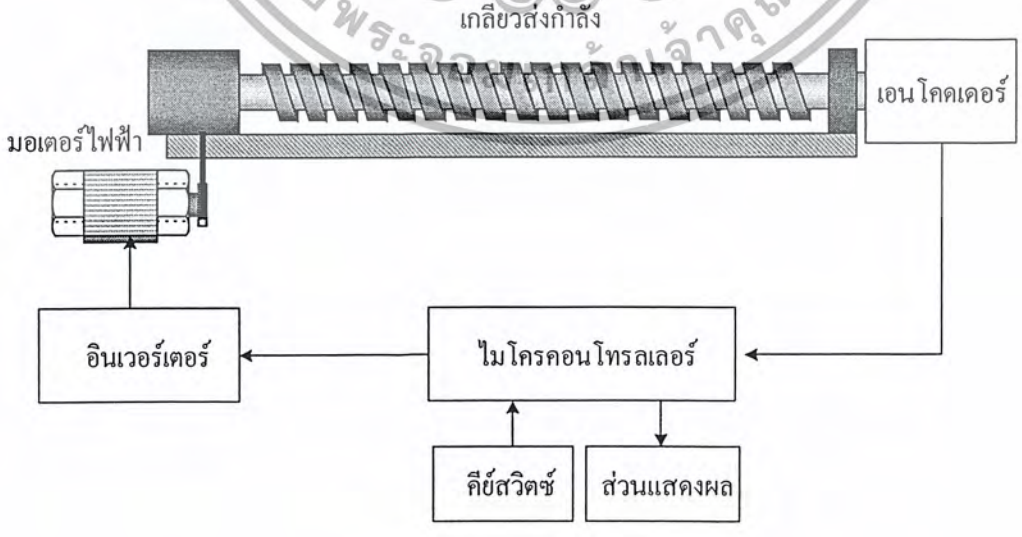
3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว จะประกอบด้วยโครงสร้างวงจรต่างๆ ได้แก่ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ วงจรควบคุมดิจิตอลเอนโคดเดอร์ และวงจรสวิตช์เมตริกซ์ ซึ่งวงจรทั้งหมดนี้มีส่วนช่วยในการแสดงการทำงาน

3.2 ขั้นตอนการทำงาน

3.2.1 ผังการทำงาน

การทำงานของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว เริ่มต้นจากการป้อนค่าตำแหน่งที่ต้องการทางคีย์สวิตช์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลตำแหน่งที่ป้อนเข้าว่าอยู่ในระยะที่สามารถเคลื่อนที่ได้หรือไม่ โดยที่จะใช้อินเวอร์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเกลียวส่งกำลังและใช้ดิจิตอลเอนโคดเดอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการกำหนดตำแหน่ง



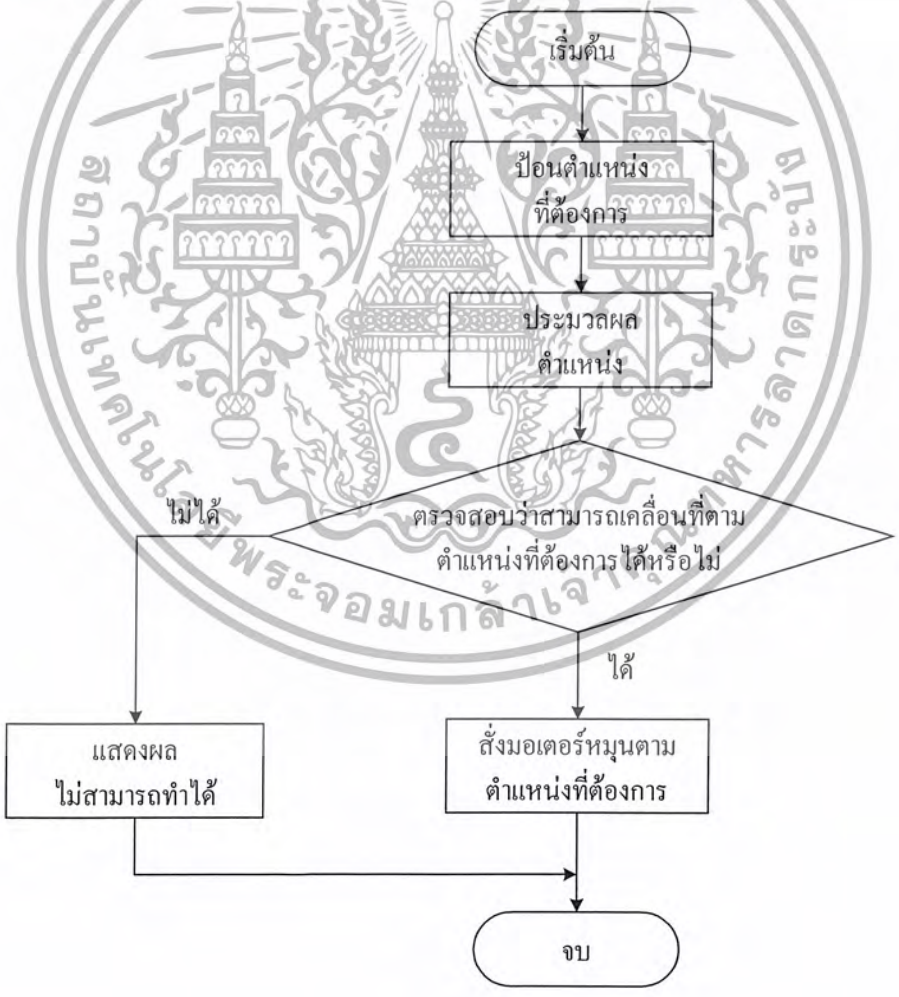
รูปที่ 3.1 ผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ผังการควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงาน

กรณีที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ทำงาน โดยที่อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนเพื่อขับเคลื่อนเกลียวให้มีการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่ต้องการ การระบุตำแหน่งของการเคลื่อนที่นี้ จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณพัลส์ของดิจิตอลเอนโคดเดอร์ ที่ติดอยู่ที่ปลายเกลียว หลังจากที่ได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้ววงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์จะส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรเลอร์สั่งงานให้ส่วนแสดงผล แสดงตำแหน่งที่ต้องและสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน

กรณีที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ไมโครคอนโทรเลอร์สั่งงานให้ส่วนแสดงผล แสดงผลว่าไม่สามารถทำงานได้



รูปที่ 3.2 ผังการควบคุมลำดับขั้นการทำงาน

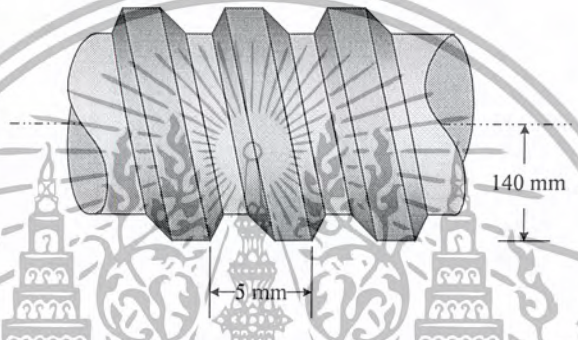
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว

มี 2 ส่วนสำคัญ คือ ความละเอียดหรือระยะพิตช์ของเกลียวส่งกำลัง และโครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว

3.3.1 ความละเอียดของเกลียวส่งกำลัง

เกลียวส่งกำลังที่เลือกใช้ในการออกแบบเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว มีความละเอียดของเกลียว 5 มิลลิเมตร ความยาวเกลียว 100 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียว 145 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 ความละเอียดของเกลียวส่งกำลัง

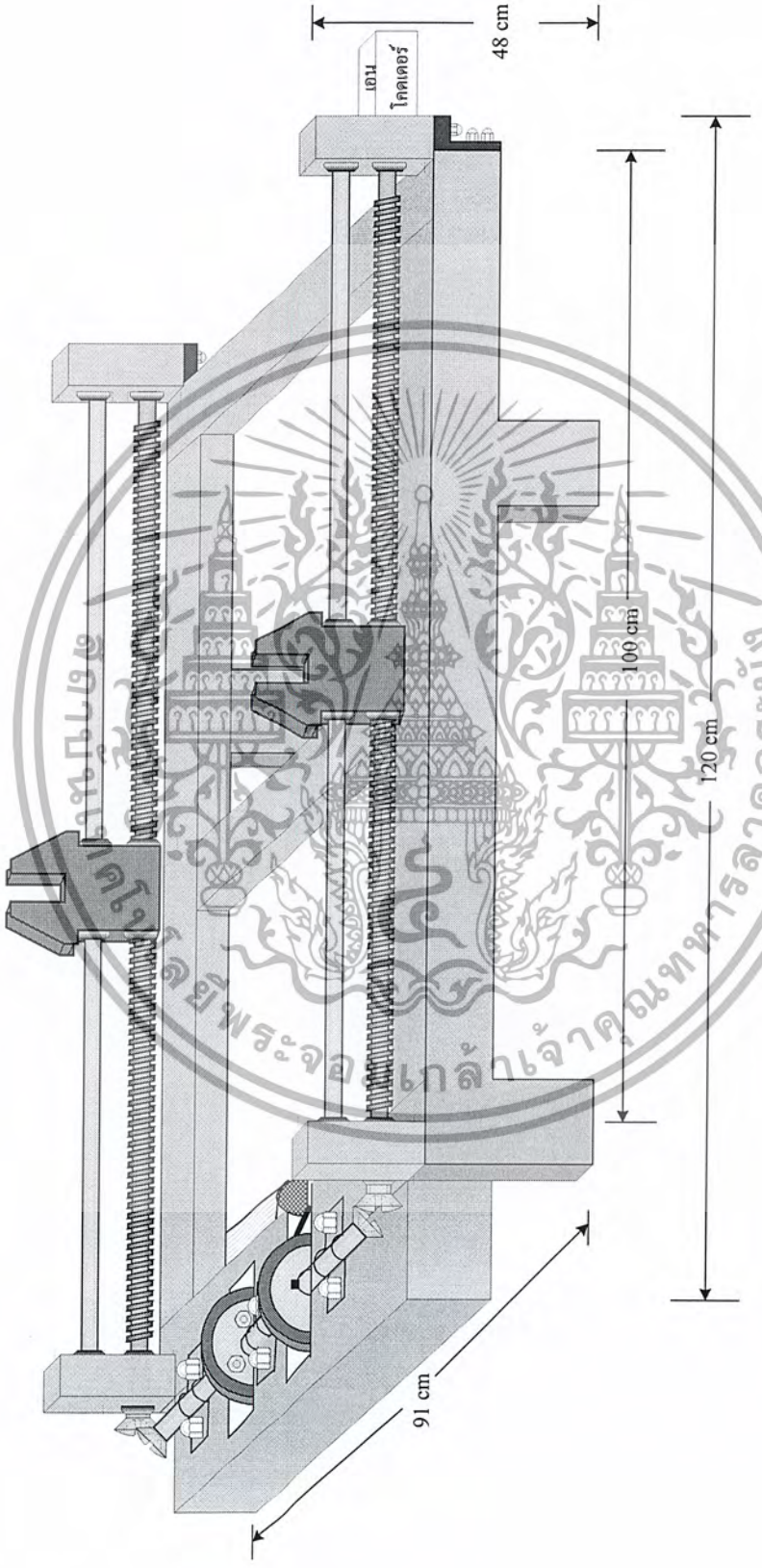
3.3.2 โครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว

โครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว การเคลื่อนที่ของเกลียวสามารถเคลื่อนแนวนอนได้เท่านั้น และมีความยาว 120 เซนติเมตร ความกว้าง 91 เซนติเมตร ความสูง 48 เซนติเมตร ระยะทางที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 100 เซนติเมตร โครงสร้างทำมาจากเหล็ก โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เคลื่อนที่ได้ดังนี้

1) มอเตอร์ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1 แรงม้า 380 โวลต์
2) อินเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส อินพุทต์ 220 โวลต์ เอาพุตต์ 380 โวลต์
3) ดิจิตอลเอนโคดเดอร์ ขนาด 100 พัลส์ ต่อ 1 รอบ
4) ความละเอียดของเกลียว 5 มิลลิเมตร

การทำงานของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว อาศัยแรงบิดที่เกิดจากมอเตอร์ไฟฟ้ามาขับเกลียวส่งกำลังให้หมุนตามทิศทางที่มอเตอร์หมุนและฐานรองรับเกิดการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว

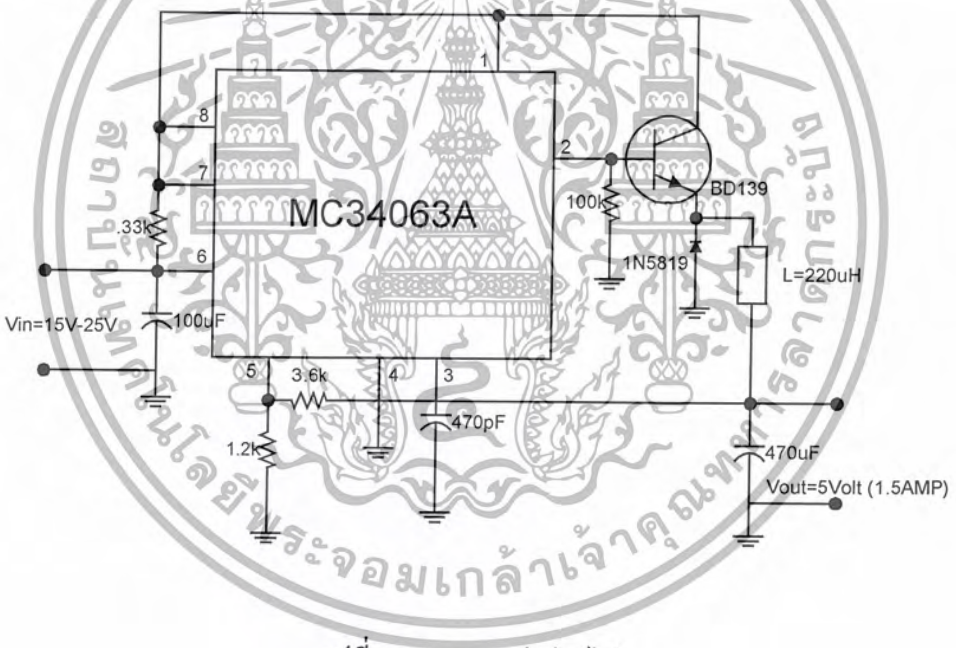
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรควบคุมและหลักการทำงาน

3.4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

วงจรแหล่งจ่ายไฟ จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับทุกวงจร ซึ่งจะมีแหล่งจ่ายไฟ 0โวลต์, +5โวลต์, และ +24โวลต์

รายละเอียดของแหล่งจ่ายไฟประกอบไปด้วยหม้อแปลงจะทำหน้าที่แปลงไฟสลับจาก 220 โวลต์ เป็น 24 โวลต์ ผ่านวงจรบริดจ์เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟสลับจากหม้อแปลงเป็นแรงดันไฟตรง โดยที่ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบก่อนเข้าไอซีเรกกูเรเตอร์ เบอร์ MC34063A ไอซีเรกูเรเตอร์ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันและเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้เป็น 1.5 แอมป์ ให้มีค่าคงที่ตามที่ต้องการตัวเก็บประจุทางด้านขาเอาต์พุตของไอซี ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนก่อนนำไปใช้งาน

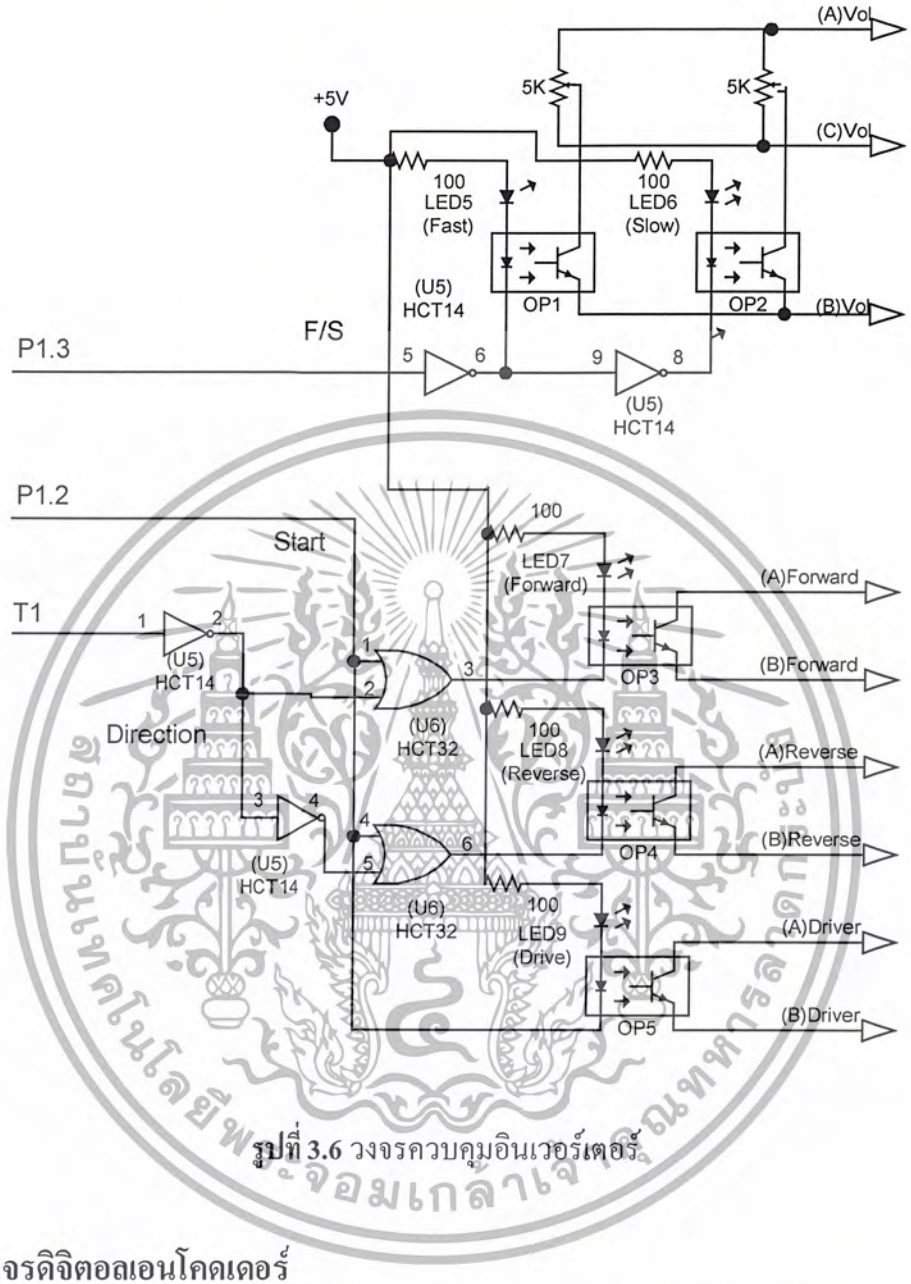


รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

3.4.2 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์โดยอาศัยการความควบคุมแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่จ่ายกับมอเตอร์ไฟฟ้า ในวงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์จะประกอบด้วย ส่วนควบคุมเฟสแรงดันไฟฟ้า และวงจรควบคุมการที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ขับมอเตอร์ไฟฟ้า ในวงจรควบคุมจะประกอบด้วย การขับมอเตอร์ให้เดินหน้า การขับมอเตอร์ให้ถอยและการควบคุมความเร็วในการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

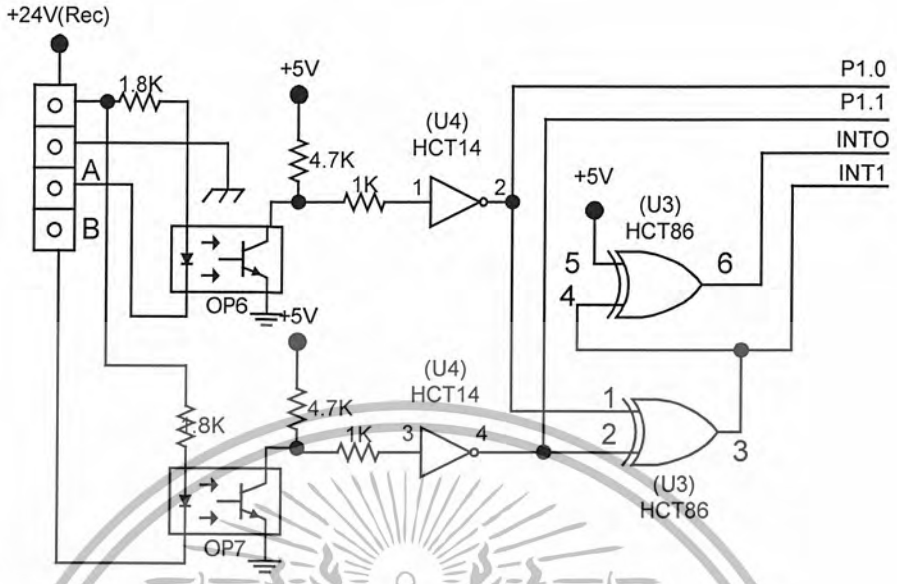


รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์

3.4.3 วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์

วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณที่มาจากเอนโคดเดอร์เพื่อส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีระดับสัญญาณที่เหมาะสมกับการประมวลผล วงจรนี้ใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ส่วนไฟที่จ่ายให้ตัวเอนโคดเดอร์ +24 โวลต์ ขารับสัญญาณนั้น กำหนดให้เป็นสัญญาณ A และสัญญาณ B โดยที่สัญญาณที่เข้ามาเป็นแบบสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรเอนโคดเดอร์

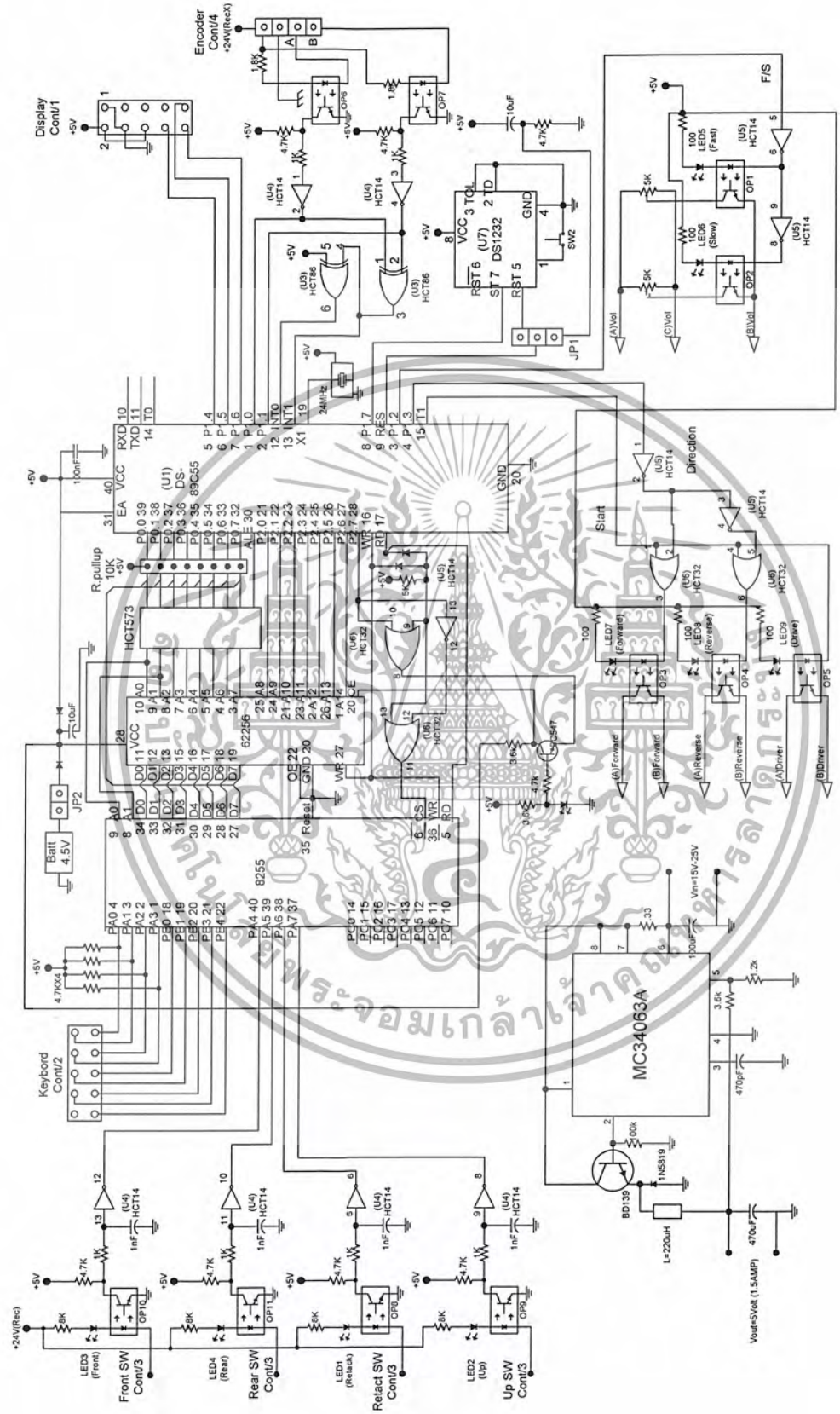
3.4.4 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ วงจรเอนโคดเดอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานวงจรที่กล่าวมานั้นได้อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นไว้แล้ว ดังที่กล่าวข้างต้น

การออกแบบวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 เบอร์ 89C55 เนื่องจากมีหน่วยความจำภายในที่มาก แต่ยังเพียงพอที่จัดเก็บข้อมูลในขณะทำงานได้ จึงได้เพิ่มหน่วยความจำความภายนอกขนาด 32 กิโลไบต์ เบอร์ 62256 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีการใช้พอร์ตในการเชื่อมต่อกับวงจรต่างมาก ทำให้ต้องขยายพอร์ตที่ใช้รับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ และการแสดงผลของหลอด LED

การทำงานของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง เมื่อได้รับข้อมูลตำแหน่งที่ต้องการจากคีย์สวิตซ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลว่าอยู่ในช่วงที่สามารถทำงานได้หรือไม่ หากทำได้จะสั่งการให้วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ทำงาน อินเวอร์เตอร์จะควบคุมการมอเตอร์หมุนเพื่อขับเกลียวส่งกำลัง ในขณะที่เกลียวส่งเกิดการหมุนนั้นดิจิตอลเอนโคดเดอร์ก็ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และมีการแสดงผลระยะทางที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง เมื่อใกล้ถึงตำแหน่งที่ต้องการมอเตอร์หมุนช้าลงเพื่อให้สามารถหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการ ในกรณีที่ไม่สามรถทำงานได้นั้นจะมีการแสดงผลที่ส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วนว่าเกิดการผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

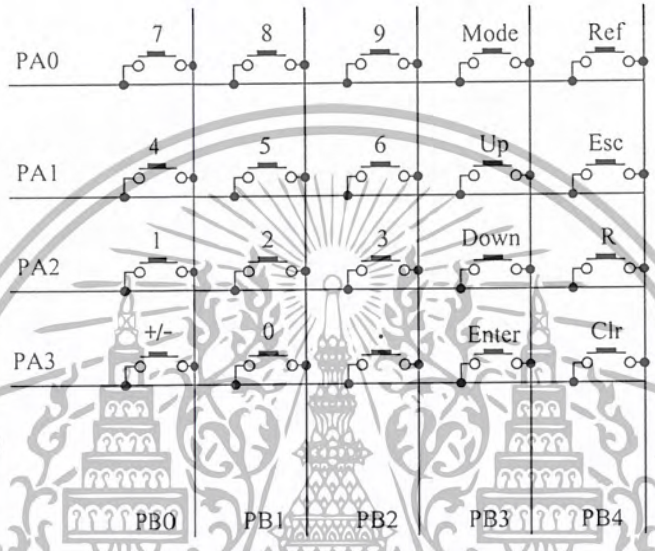


รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

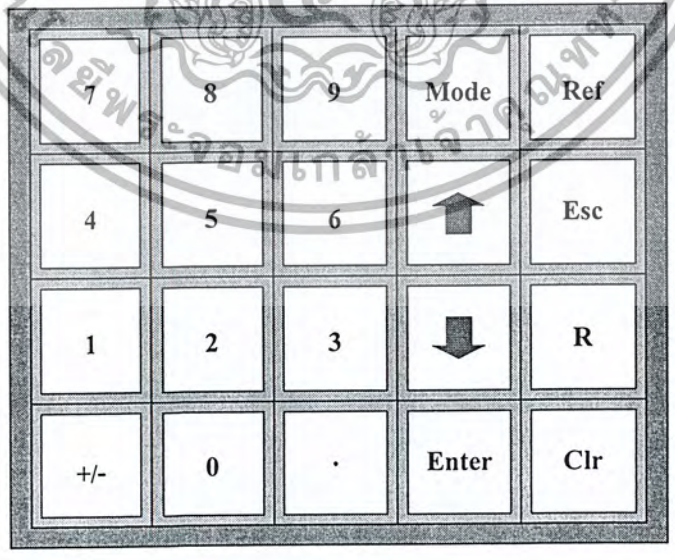
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วงจรคีย์สวิตซ์

การออกแบบวงจรคีย์สวิตซ์ มีขนาด 5×4 ตำแหน่ง จำนวนคีย์สวิตซ์ 20 ตัว การเชื่อมต่อคีย์สวิตซ์เข้ากับวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง ใช้พอร์ตของ 8255 ที่ขา PA0 ถึง PA3 และ PB0 ถึง PB4 ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรคีย์สวิตซ์



รูปที่ 3.10 ชื่อคีย์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดชื่อแต่ละตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์นั้นแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์

ตำแหน่ง	ชื่อคีย์สวิตซ์	หน้าที่
PA0-PB0	เจ็ด	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 7
PA0-PB1	แปด	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 8
PA0-PB2	เก้า	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 9
PA0-PB3	Mode	เลือกโหมดการทำงาน
PA0 -PB4	Reference	ตั้งค่าอ้างอิงตำแหน่งการทำงาน
PA1-PB0	สี่	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 4
PA1-PB1	ห้า	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 5
PA1-PB2	หก	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 6
PA1-PB3	Up	เลื่อนข้อมูลลง 1 ตำแหน่ง
PA1-PB4	Esc	ยกเลิกการทำงาน
PA2-PB0	หนึ่ง	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 1
PA2-PB1	สอง	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 2
PA2-PB2	สาม	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 3
PA2-PB3	Down	เลื่อนข้อมูลขึ้น 1 ตำแหน่ง
PA2-PB4	Retact	กลับไปที่ตำแหน่งเดิม
PA3-PB0	ยังไม่ใช้งาน	ยังไม่ใช้งาน
PA3-PB1	ศูนย์	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 0
PA3-PB2	จุด	จุดทศนิยม
PA3-PB3	Enter	ตกลงให้มีการทำงาน
PA3-PB4	Clear	ลบข้อมูลที่ป้อนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์ วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์ วงจรควบคุมการกำหนดการกำหนดตำแหน่ง วงจรจรคีย์สวิตซ์ และการเชื่อมต่อชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งเข้าส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่

4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และ +24 โวลต์ สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับดิจิตอลเอนโคดเดอร์

4.1.1 การทดลอง

การทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ให้หม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากหม้อแปลงขนาด 24 โวลต์ 2 แอมป์ ผ่านวงจรบริดจ์เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าให้เรียบ และปรับแรงดันให้มีระดับแรงดันที่ 5 โวลต์ โดยไอซี เบอร์ 7805 จากนั้นผ่านไอซีเบอร์ MC34063A และทรานซิสเตอร์ DB139 เพื่อขยายกระแสไฟฟ้าให้เป็น 1.5 แอมป์

4.1.2 ผลการทดลอง

สามารถจ่ายแรงไฟฟ้าได้ดังนี้

1) แรงดันไฟฟ้า +24 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมป์
2) แรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมป์

4.2 วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์

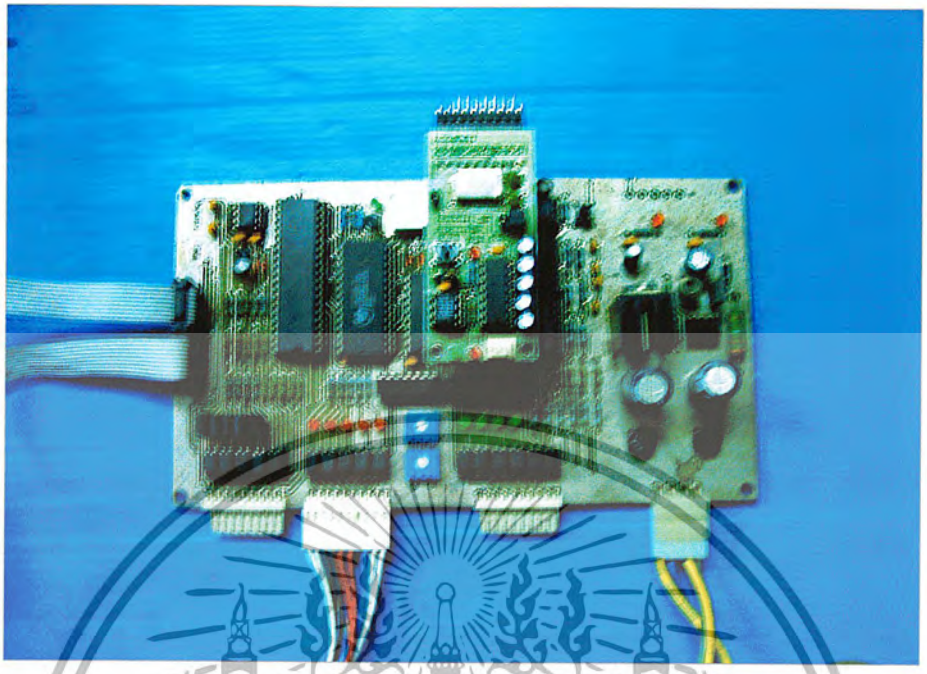
4.2.1 การทดลอง

จ่ายไฟเลี้ยงขนาด +24 โวลต์ และต่อสายสัญญาณเข้าที่ ขั้ว A ขั้ว B ของวงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์แล้วหมุนเอนโคดเดอร์ด้วยมือ ต่อจากนั้นทดลองต่อเข้ากับวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

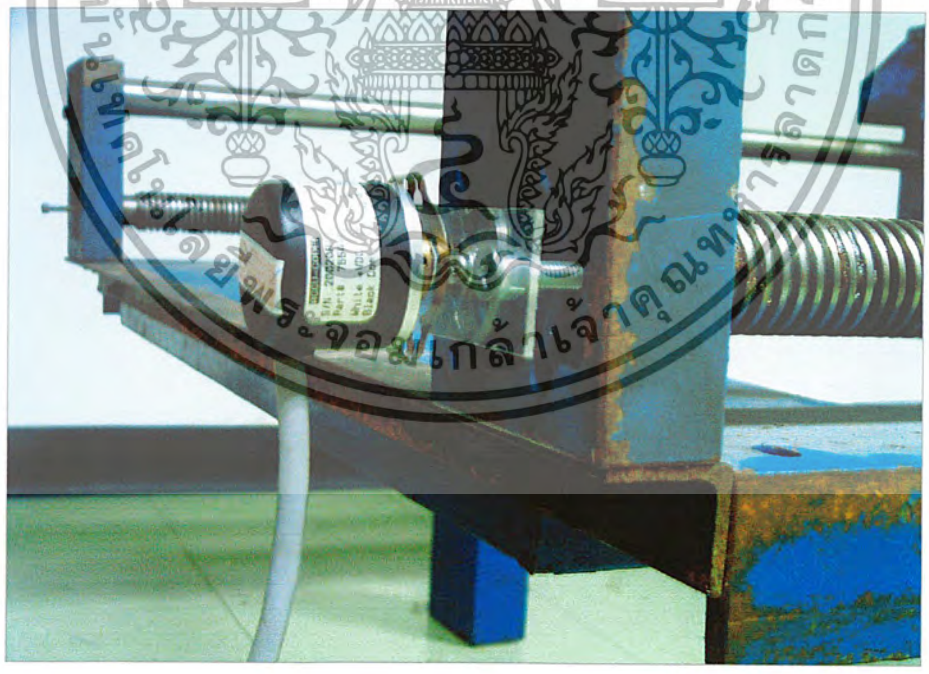
4.2.2 ผลการทดลอง

วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์ รับสัญญาณที่มาจากดิจิตอลเอนโคดเดอร์มาในรูปสัญญาณความถี่ 100 พัสล์ ต่อการหมุนหนึ่งรอบ การหมุนหนึ่งรอบจะได้ระยะทางการเคลื่อน 5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อใช้งานดิจิตอลเอนโคดเดอร์



รูปที่ 4.2 การติดตั้งดิจิตอลเอนโคดเดอร์เข้ากับโครงสร้างเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว

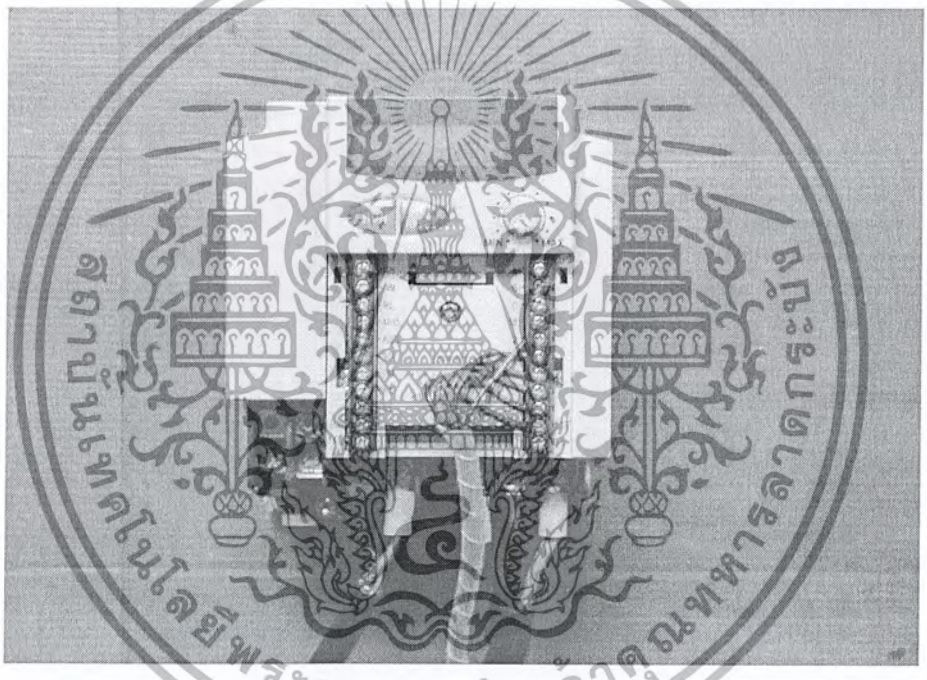
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์

การทำงานของวงจรนี้ ทำหน้าที่ควบคุมอินเวอร์เตอร์ให้ทำงานอย่างที่ต้องการ การทำงานมี 2 ส่วน คือ การความควบคุมเฟสแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์ไฟฟ้า

4.3.1 การทดลอง

การทดลองโดยต่อพอร์ตวงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์เข้ากับขั้วควบคุมของอินเวอร์เตอร์ ต่อมอเตอร์ไฟฟ้าเข้าที่ขั้วภาคจ่ายกำลังไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ ที่เฟส A B และ C การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าต่อแบบเดลต้า 380 โวลต์ จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อินเวอร์เตอร์ขนาด 220 โวลต์ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า

4.3.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ในขณะที่ไม่ได้ต่อวงจรควบคุมเข้ากับอินเวอร์เตอร์ จ่ายไฟฟ้าเข้าที่อินเวอร์ 220 โวลต์ มอเตอร์เกิดการหมุนไปข้างหน้า ในอัตราความเร็วคงที่ เมื่อมีการปรับหมุนความถี่ไฟฟ้าที่บังคับด้วยมือเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์หมุนเร็วขึ้น หากปรับค่าความถี่ลงมอเตอร์ไฟฟ้าจะหมุนช้าลงเช่นกัน

ผลการทดลองที่มีการต่อวงจรควบคุมเข้ากับอินเวอร์เตอร์ ที่ขั้ว SDF, SD, 4, 5 และ 2 เมื่อได้รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการทำงานดังนี้

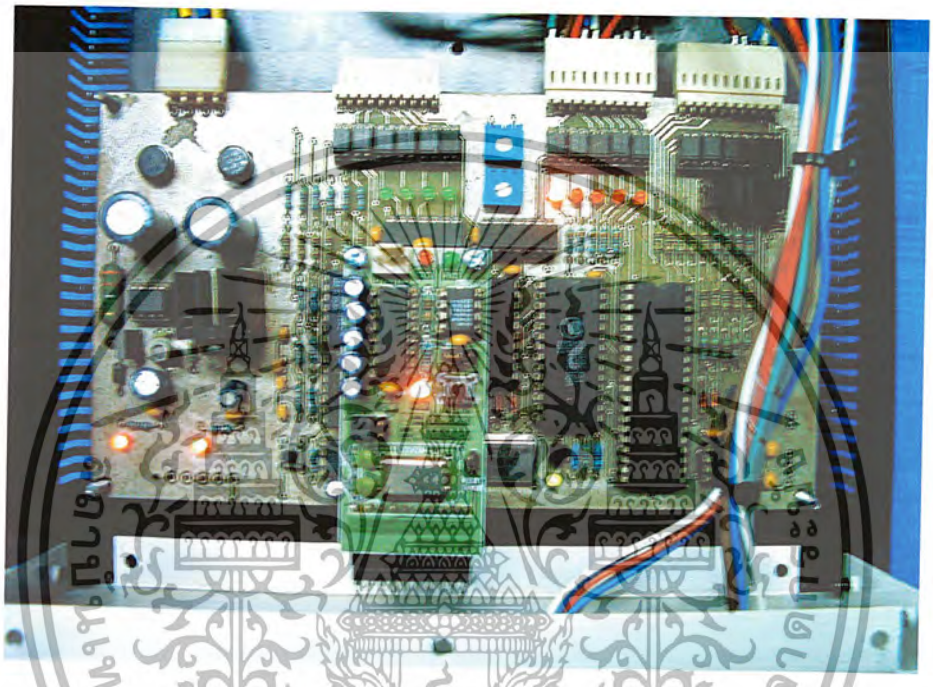
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) คำสั่งให้มอเตอร์เริ่มหมุน LED ดวงที่ 9 ติด

2) คำสั่งให้มอเตอร์หมุนข้างหน้า LED ดวงที่ 7 ติด

3) คำสั่งให้มอเตอร์กลับทางหมุน LED ดวงที่ 8 ติด

4) คำสั่งให้มอเตอร์สลับเฟสการทำงาน LED ดวงที่ 5 และ 6 ติด



รูปที่ 4.4 สภาวะการทำงานของวงจร

4.4 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

วงจรควบคุมการกำหนดการกำหนดตำแหน่ง ประกอบด้วยวงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรดิจิตอลเอนโคดเดอร์ และวงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์

4.4.1 การทดลอง

การทดลองวงจรควบคุมการกำหนดการกำหนดตำแหน่ง เป็นการรวมการทำงานของวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยที่จ่ายไฟให้วงจรขนาด + 5 โวลต์และ + 24 โวลต์ ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมเข้าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

4.4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองสามารถทำงานได้ตามผลทดลองที่แยกทดลองในข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว การทดสอบเพิ่ม คือ

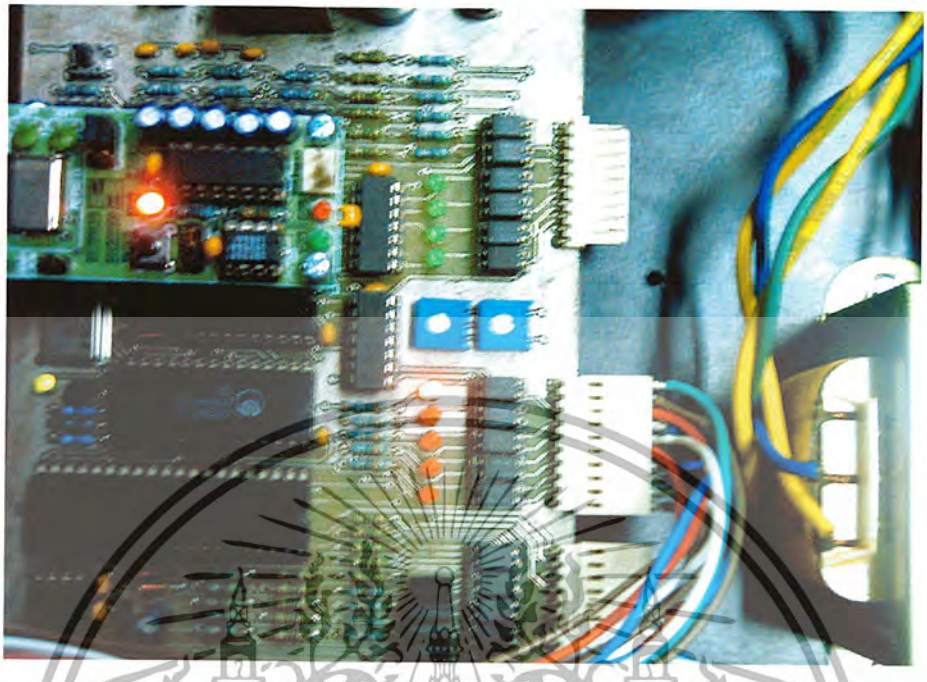
1) การเริ่มหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยต่อแบบเดลต้า และควบคุมการเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรม ผลที่ได้ คือ ในขณะที่เริ่มการหมุนนั้น LED ดวงที่ 9 และดวงที่ 7 ติด แสดงว่าในขณะนั้นมอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

2) การหยุดมอเตอร์ด้วยการปรับถี่ไฟฟ้าที่อินเวอร์เตอร์จ่ายให้มอเตอร์ ด้วยโปรแกรม ผลที่ได้ คือ ในขณะที่เริ่มการหมุนนั้น LED ดวงที่ 9 และดวงที่ 7 ดับลง แสดงว่าในขณะนั้นมอเตอร์หยุดหมุน และอยู่ในสภาวะที่พร้อมเริ่มต้นอีกครั้ง

3) การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยการควบคุมอินเวอร์เตอร์ให้กลับเฟสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ระหว่างเฟส A และเฟส C ส่วนในเฟส B ให้อยู่ในสภาวะเดิม ด้วยโปรมแกรม ผลที่ได้ คือ ในขณะมีกลับเฟสไฟฟ้านั้น LED ดวงที่ 5 และดวงที่ 6 ติด เมื่อกลับเฟสเรียบร้อยแล้ว LED ดวงที่ 5 และดวงที่ 6 จะดับลง แล้วเกิดเริ่มการหมุนขึ้น LED ดวงที่ 9 และดวงที่ 8 ติด แสดงว่าในขณะนั้นมอเตอร์หมุนในทิศทางทวนนาฬิกา

4) การแสดงผลตำแหน่งการเคลื่อนที่ทางส่วนแสดงผลแบบเจ็ดส่วน การแสดงผลเป็นไปอย่างเนื่องตั้งแต่ค่าเริ่มต้นหมุนและค่าสุดท้ายที่มอเตอร์หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สภาวะการทำงานของ LED ในขณะที่มอเตอร์หมุน

4.5 วงจรจรคีย์สวิตซ์

วงจรคีย์สวิตซ์ทำหน้าที่ป้อนค่าตำแหน่งที่ต้องการ และข้อมูลวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งเพื่อสั่งการให้มอเตอร์หมุนและขับเกลียวส่งกำลังให้เกิดการเคลื่อนที่

4.5.1 การทดลอง

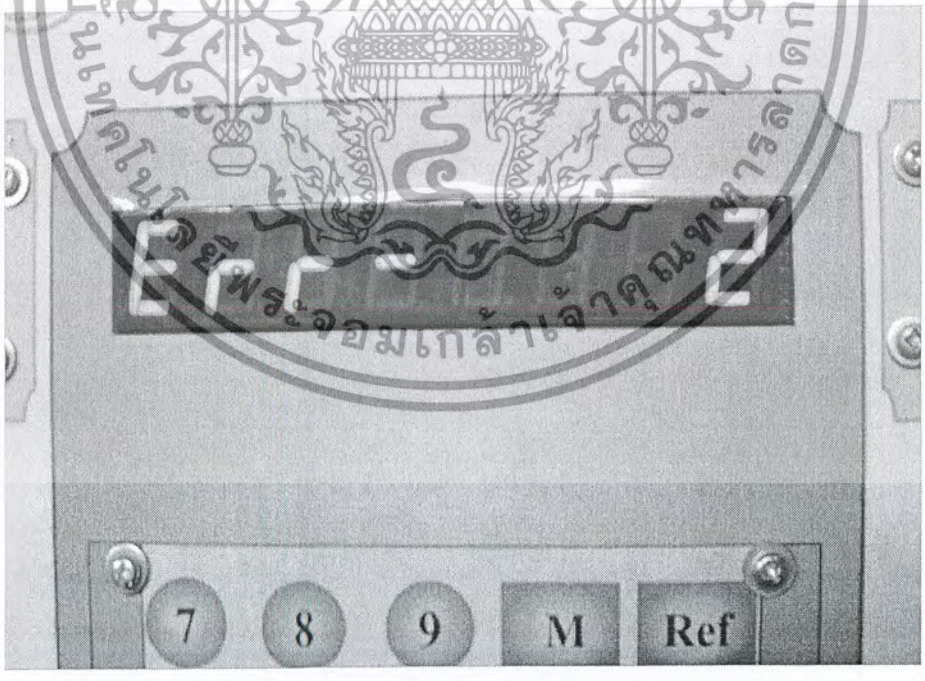
การทดลอง โดยการเชื่อมต่อวงจรคีย์สวิตซ์เข้ากับ วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งแล้วมีการทดลองใน 2 กรณีคือ การทดลอง โดยไม่เชื่อมต่อกับเอนโคดเดอร์และอินเวอร์เตอร์เข้ากับวงจรควบคุม และการทดลอง โดยเชื่อมต่อกับดิจตอลเอนโคดเดอร์ อินเวอร์เตอร์เข้ากับวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งและส่วนแสดงผล

4.5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองในขณะที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับเอนโคดเดอร์และอินเวอร์เตอร์เข้ากับวงจรควบคุม เมื่อป้อนค่าที่คีย์สวิตซ์ โดยป้อนค่าที่ 10.02 มิลลิเมตร ค่าแสดงที่หน่วยแสดงผลแบบเจ็ดส่วนแสดงค่า 10.02 และเมื่อกดคีย์สวิตซ์ Enter ค่าแสดงออกมาคือ ERR 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ค่าที่แสดงผลเมื่อป้อนค่าตำแหน่งในขณะไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ



รูปที่ 4.8 ค่าที่แสดงผลขณะที่มีการสั่งให้มีการทำงานกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

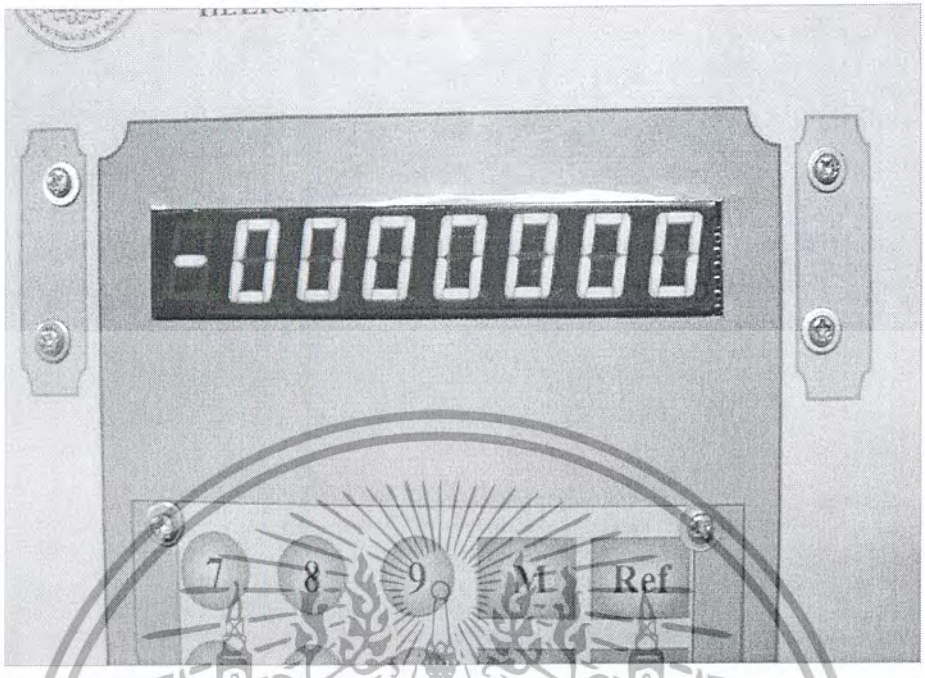
กรณีที่มีการเชื่อมต่อวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งเข้ากับเอนโคดเดอร์และอินเวอร์เตอร์ การทำงานของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่งสามารถทำงานตามที่ออกแบบไว้โดยมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.8

การทดลองโดยการป้อนค่าตำแหน่งที่ 20.5 มิลลิเมตรเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่ต้อง หน่วยแสดงผลที่ค่า 0000 มอเตอร์เกิดการหมุนและขับเกลียวส่งกำเกิดการหมุนทำให้ฐานรองเกิดการเคลื่อนที่ หน่วยแสดงผลจะแสดงผลตามตำแหน่งที่เคลื่อนที่ผ่านและเมื่อการเคลื่อนใกล้ถึงตำแหน่งที่ต้องการมอเตอร์จะหมุนช้าลงเพื่อให้สามารถหยุดได้ทันที เมื่อมอเตอร์หยุดหน่วยแสดงผลจะแสดงค่าที่ 20.5

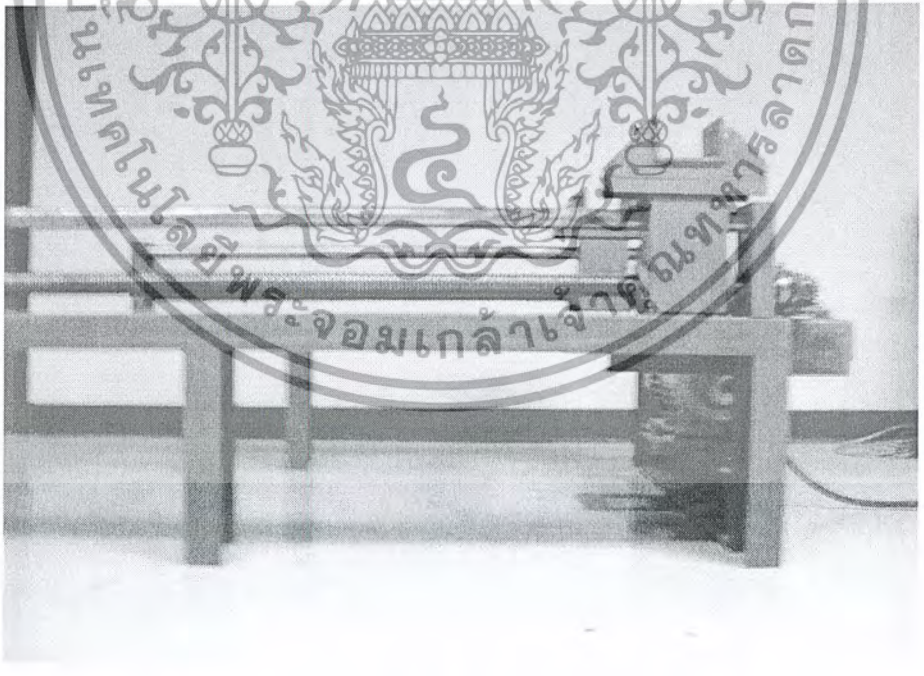
รูปที่ 4.9 ค่าตำแหน่งที่ป้อนให้มีการทำงาน

ระยะการเคลื่อนที่ของฐานรองมีข้อจำกัด คือ มีการเคลื่อนต่ำที่ค่า 10 มิลลิเมตร ระยะช่วงการเคลื่อนที่ 96 เซนติเมตร และการทดลองต้องการปรับความถี่ไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ของอินเวอร์เตอร์ให้มีความเหมาะสมกับความเร็วของการเคลื่อที่และระยะทางของตำแหน่งที่ต้องให้เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

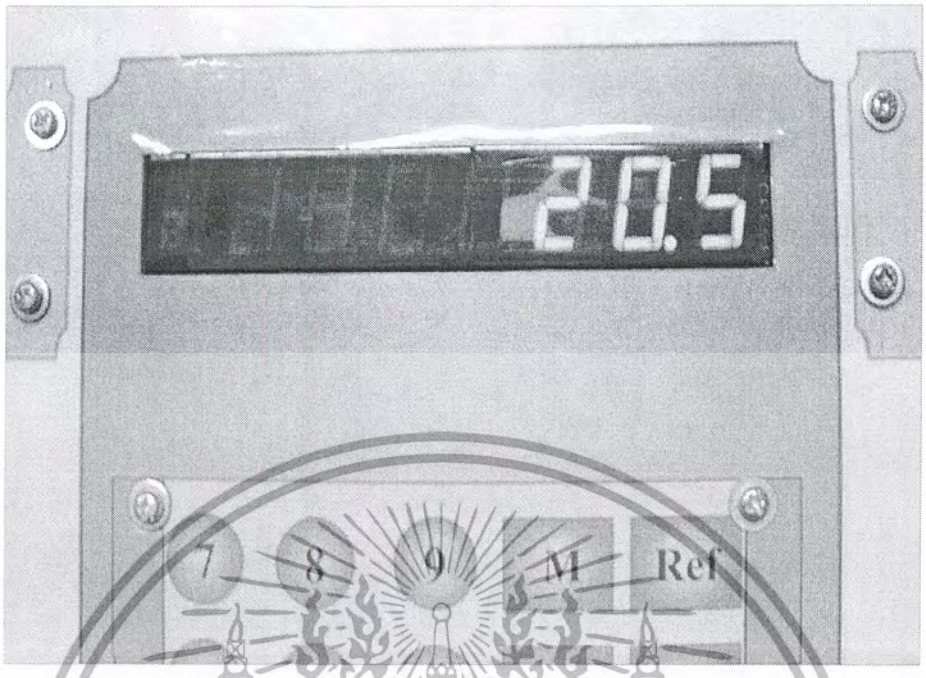


รูปที่ 4.10 ค่าตำแหน่งที่แสดงผลเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งเริ่มต้น

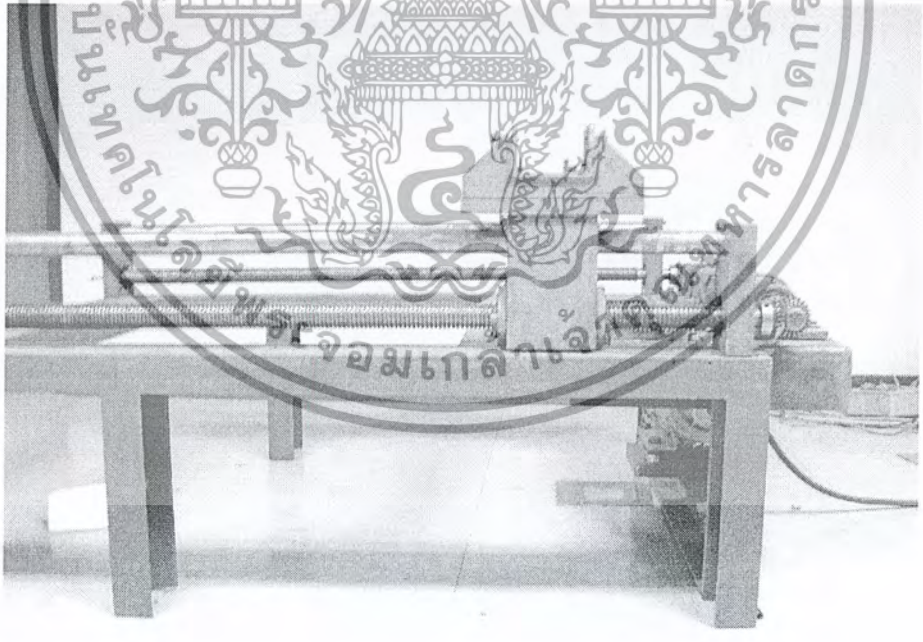


รูปที่ 4.11 ฐานรองเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าตำแหน่งที่แสดงผลเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งสุดท้าย



รูปที่ 4.13 ฐานรองเมื่อมีการทำงานที่ตำแหน่งสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญที่ทำให้สามรถทำงานได้ คือ ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งและโครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว ซึ่งต้องเชื่อมต่อชุดควบคุมชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งนี้เข้ากับโครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียว โดยที่ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อขับเกลียวส่งกำลัง และประมวลผลระยะทางของตำแหน่งที่เคลื่อนที่จากสัญญาณที่ได้จากดิจิตอลเอนโคดเดอร์ การป้อนค่าตำแหน่งที่ต้องผ่านทางดีย์สวิตซ์ และสามารถเลือกโหมดการทำงานได้หลายโหมดการทำงาน การศึกษาวิธีออกแบบและสร้างชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียวกึ่งอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานจริงได้ในโรงงานที่มีข้อจำกัดด้านต้นทุนการจัดซื้อเครื่องจักรกล และสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการสร้างชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียวที่ใช้งานจริงในอนาคตได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. **ปัญหา** การออกแบบวงจรพิมพ์ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่ง เกิดการผิดพลาดเนื่องจากขาดประสบการณ์ในการออกแบบวงจรพิมพ์

แนวทางการแก้ไข ตรวจสอบลำดับการทำงานจากวงจรชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ และทำการเชื่อมต่อสายเพิ่มเติม

2. ปัญหา การตั้งค่าความถี่ไฟฟ้าและค่าอื่นๆ ของอินเวอร์เตอร์ที่จ่ายให้มอเตอร์ในค่าเริ่มต้นมีขั้นตอนที่ซับซ้อนทำให้เกิดความผิดขึ้น เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการใช้อินเวอร์เตอร์ไม่ตรงกับรุ่นที่ใช้งาน

แนวทางการแก้ไข ทำการศึกษาข้อมูลจากคู่มือการใช้งานของอินเวอร์เตอร์รุ่นอื่นๆ ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานที่คล้ายกันจากวารสาร ทางอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหา การติดตั้งดิจิตอลเอนโคดเดอร์ ไม่สามารถติดตั้งเข้ากับโครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียวที่มีมาแล้วได้ เนื่องจากขนาดของตัวดิจิตอลเอนโคดเดอร์มีขนาดที่ไม่ตรงการออกแบบมา

แนวทางการแก้ไข ทำการเชื่อมต่อโครงสร้างของเครื่องขับเคลื่อนแบบเกลียวเพิ่มเติม ให้ตรงกับขนาดตัวดิจิตอลเอนโคดเดอร์

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว มีโครงสร้างที่มีช่วงระยะทางการเคลื่อนที่ของตำแหน่งที่ 94 เซนติเมตร และสามารถเคลื่อนที่แนวนอนเท่านั้น จึงควรพัฒนาให้มีการเคลื่อนที่ได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน เพื่อให้มีการทำงานที่สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

2. ชุดการควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียวนี้ มีการป้อนค่าตำแหน่งทางคีย์สวิตซ์ และทำงานได้เพียง 6 โหมดเท่านั้น ควรพัฒนาให้การทำงานที่หลากหลายและมีโหมดการทำงานที่มากขึ้น โดยเขียนโปรแกรมใหม่ทับโปรแกรมเดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้เหมาะสมการใช้ในงานทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา วิศวธีรานนท์. **INVERTER หลักการทำงานและเทคนิคการใช้งาน.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. 2542

เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ **หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2544

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมสิริพริ้นติ้ง. 2541

สมศักดิ์ ตรีสัตย์. **เทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2536

สมศักดิ์ มิตะถา. **การออกแบบวงจรดิจิตอลและวงจรตรรก.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543

Jacob, M. **INDUSTRIAL CONTROL ELECTRONICS APPLICATION AND DESIGN.** New Jersey : Prentice Hall. 1990

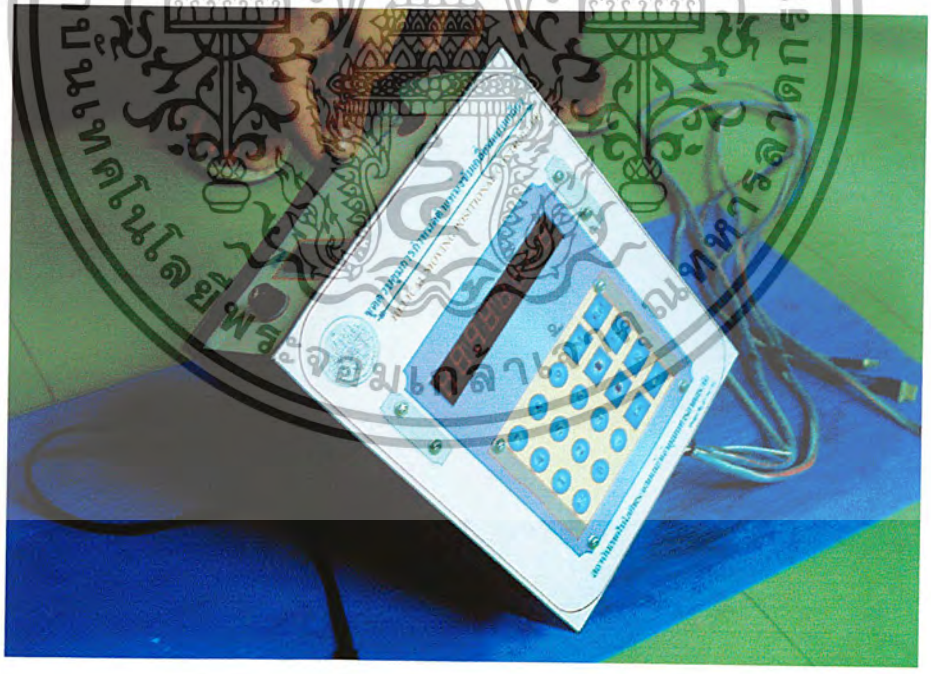
Morris, A. **MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION PRINCIPLES.** Boston : Jordan Hill. 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

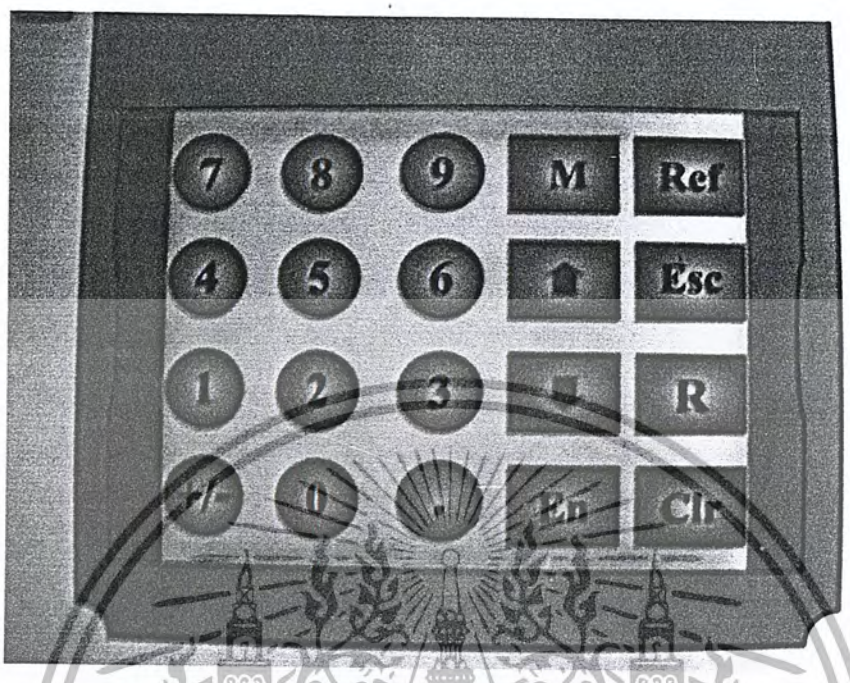
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว



รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

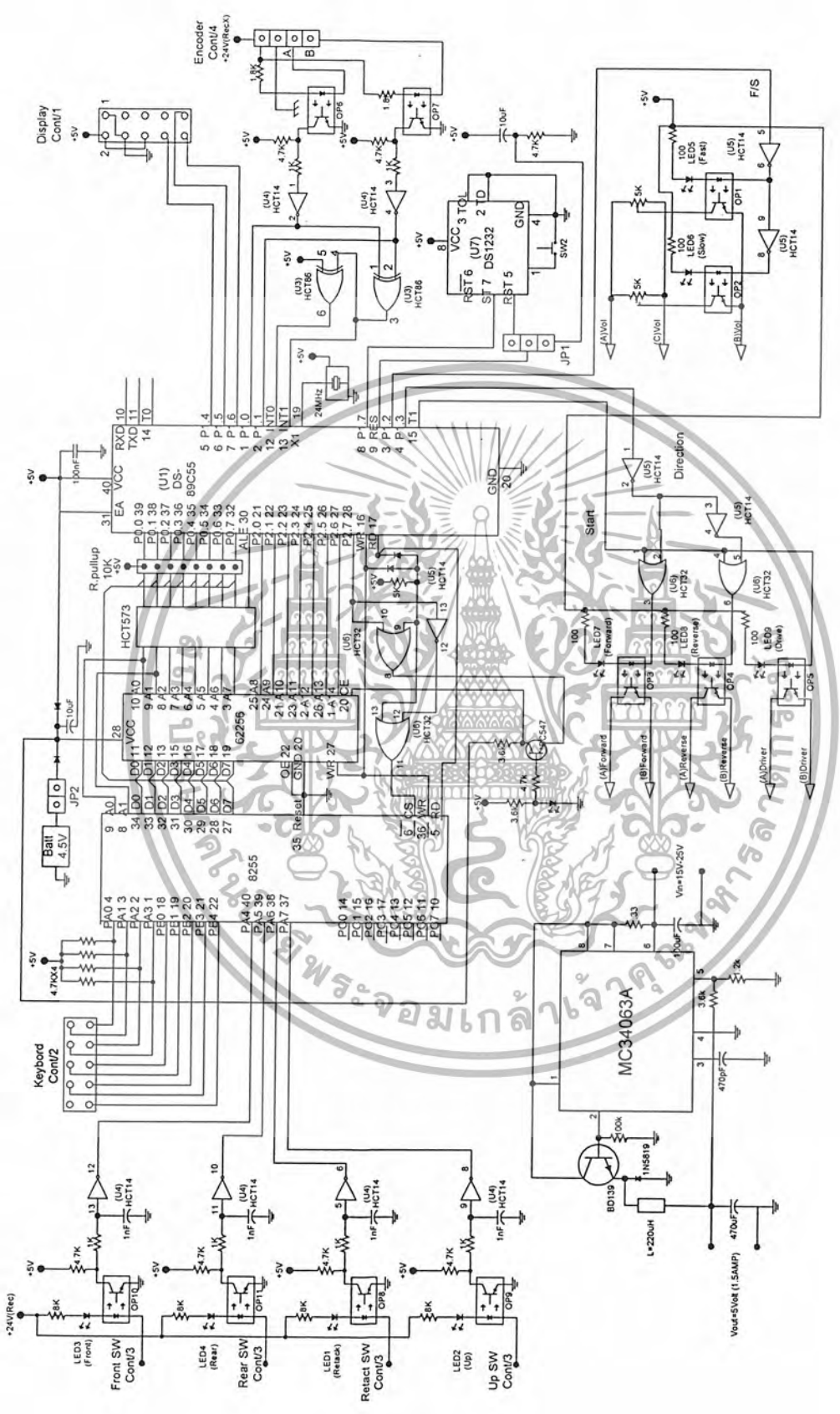


รูปที่ ก.3 ภาพตำแหน่งคีย์สวิตซ์ของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

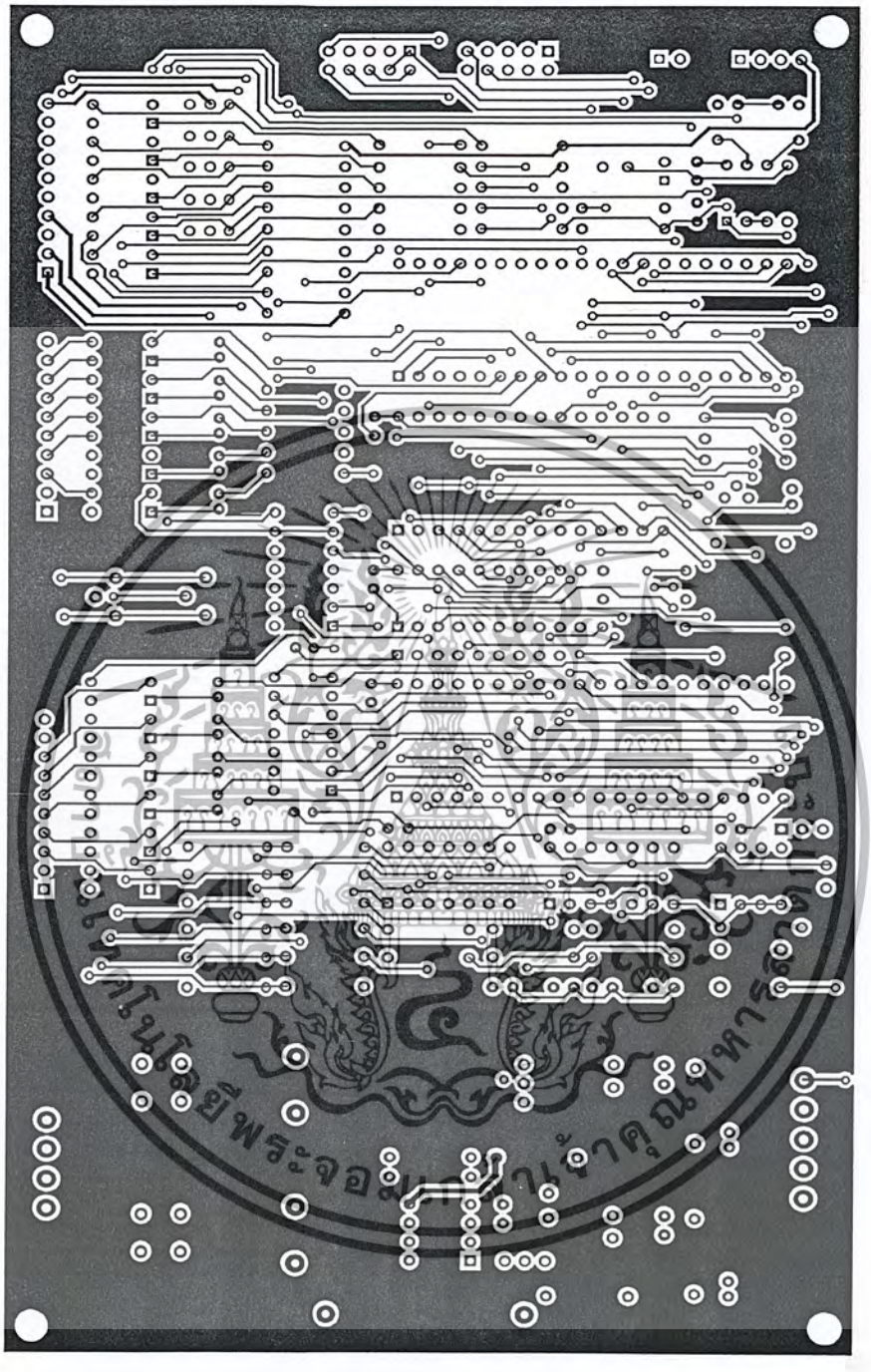
ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



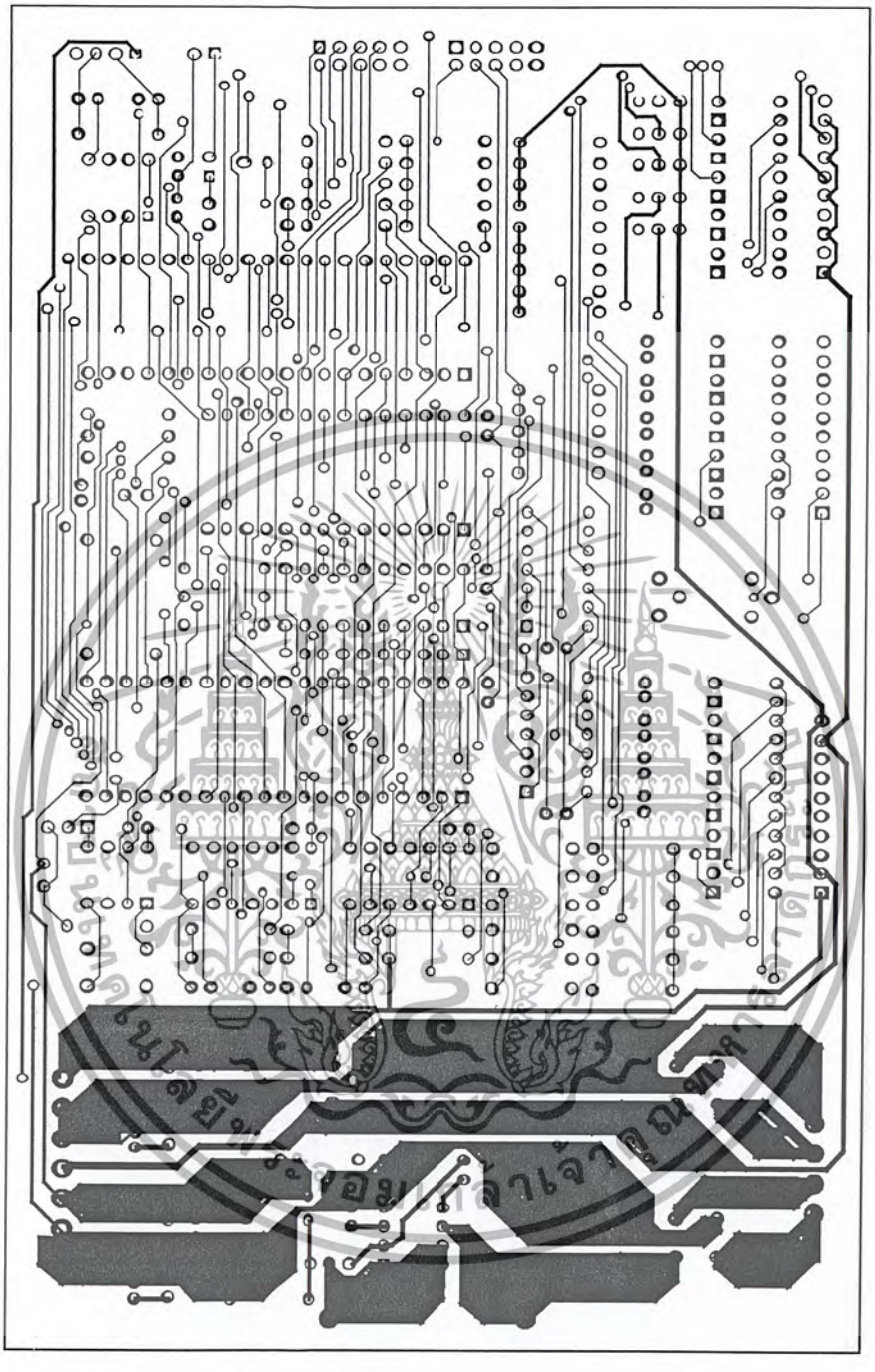
รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



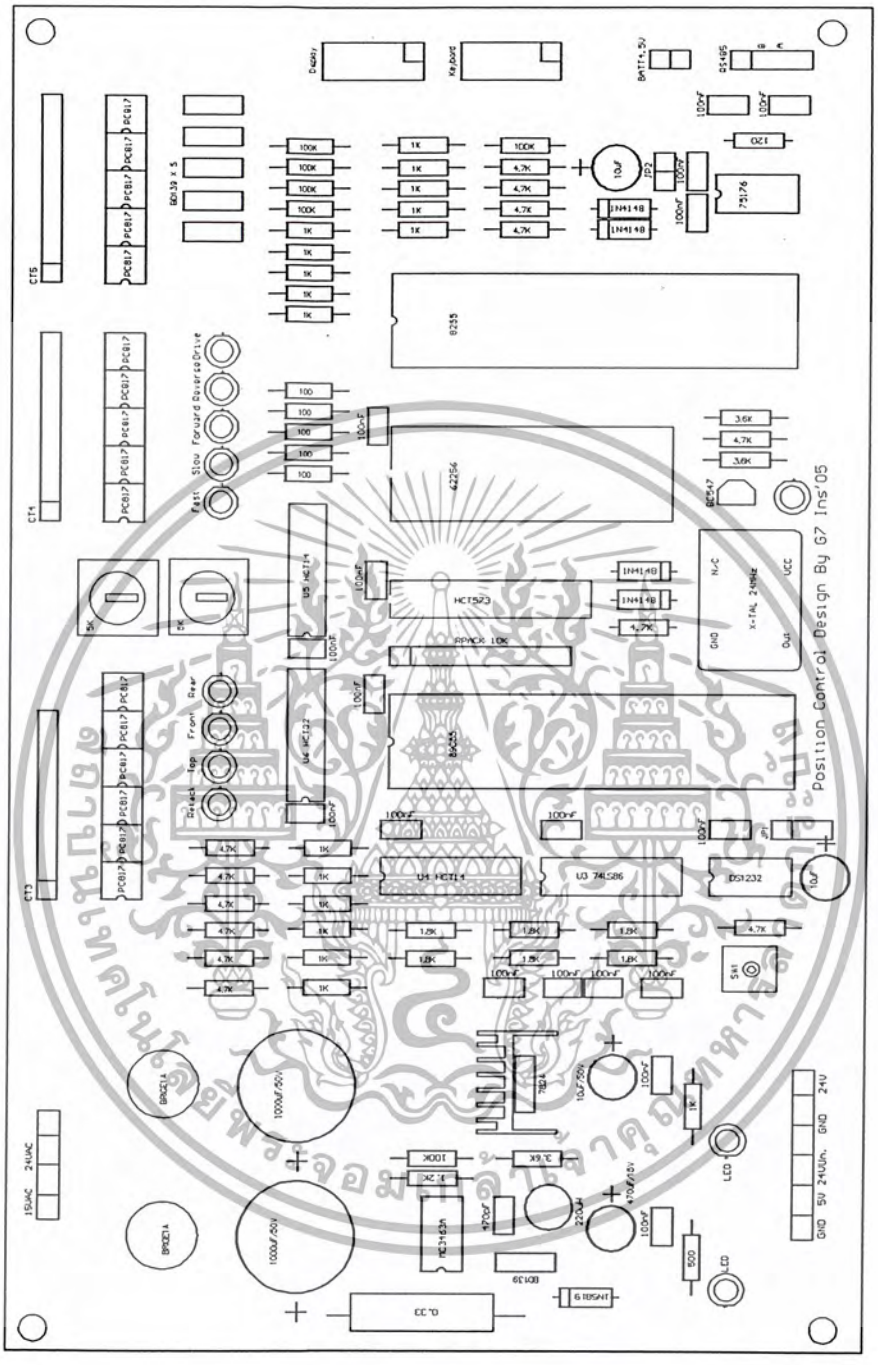
รูปที่ ข.2 แผ่นพิมพ์ด้านหน้าของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



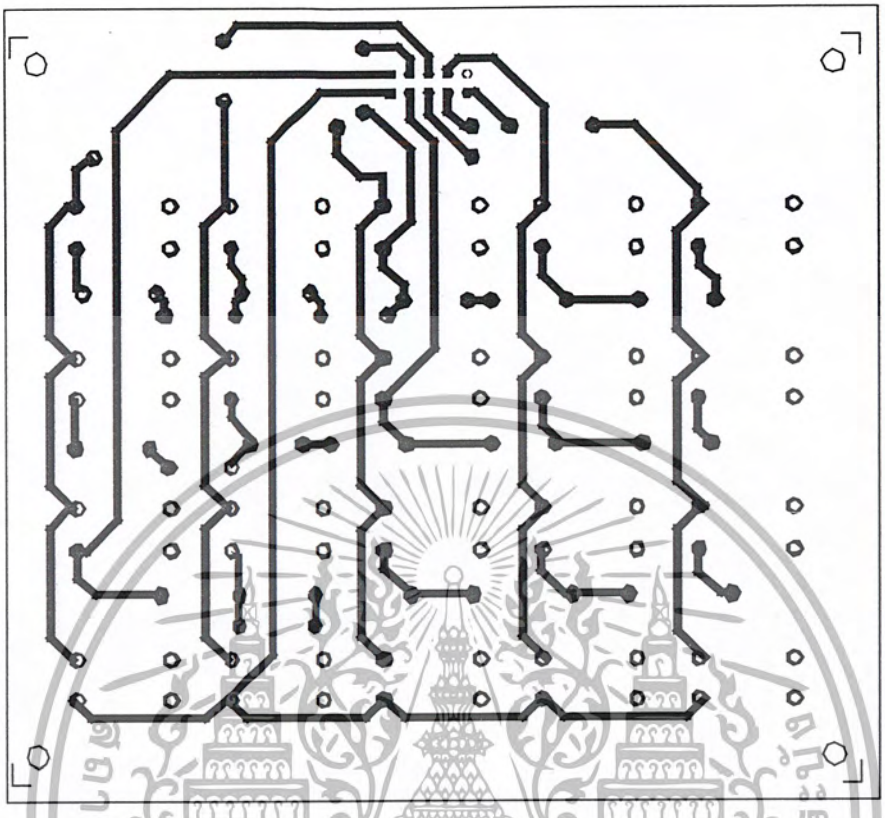
รูปที่ ข.3 แผ่นพิมพ์ด้านหลังของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



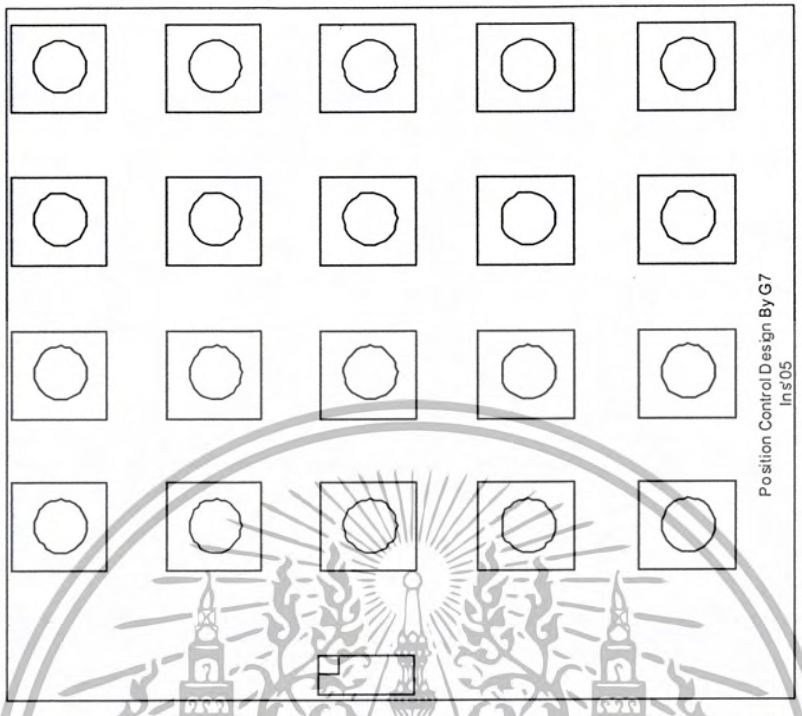
รูปที่ ข.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นพิมพ์ของวงจรควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 แผ่นพิมพ์ด้านของวงจรคีย์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นพิมพ์ของวงจรคีย์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89C55	1 ตัว
IC2	8255	1 ตัว
IC3	62256	1 ตัว
IC4	74HCT573	1 ตัว
IC5	MC34063A	1 ตัว
IC6	DS1232	1 ตัว
IC7	CD74HTC14E	2 ตัว
IC8	CD74HTC32E	1 ตัว
IC9	CD74HTC86C	1 ตัว
IC10	PC817	20 ตัว
IC11	SN75176	1 ตัว
IC12	MC7824	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
TR1	BD139	6 ตัว
TR2	BC547	1 ตัว
D1-D2	1N4001	4 ตัว
BRIDAGE	24 V 2A	1 ตัว
LED1- LED5	สีเขียว	5 ตัว
LED6- LED11	สีแดง	6 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 µF 50 V	1 ตัว
C2-C3	10 µF 50 V	2 ตัว
C4	470 µF 16 V	1 ตัว
C5	24 MHz 5 V	1 ตัว
C5- C25	0.1 µF เซรามิค	20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1-R14	4.7 kΩ 1/4 W 1%	14 ตัว
R15-R32	1 kΩ 1/4 W 1%	32 ตัว
R33, R35	100 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R34	130 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R36-R41	330Ω 1/4 W 1%	5 ตัว
R42-R47	1.8 kΩ 1/4 W 1%	6 ตัว
R48-R49	3.5 kΩ 1/4 W 1%	2 ตัว
R50	2.2 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R51	1.2 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R52	R PACK 10 kΩ 1/4 W 1%	1 ตัว
R53	3.3 Ω 1 W 5%	1 ตัว
VR	10 kΩ Trimpot 20 รอบ	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1	หม้อแปลง 220 / 24,12,6,0 2A	1 ตัว
S1-S20	สวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ	20 ตัว
S21	สวิตซ์แบบ DPST 30 A	1 ตัว
J1-J3	IDE connector 10 pin	3 ตัว
J4	IDE connector 4 pin	1 ตัว
W1	เคเบิ้ลสายแพชนิด 10 เส้น	1เมตร

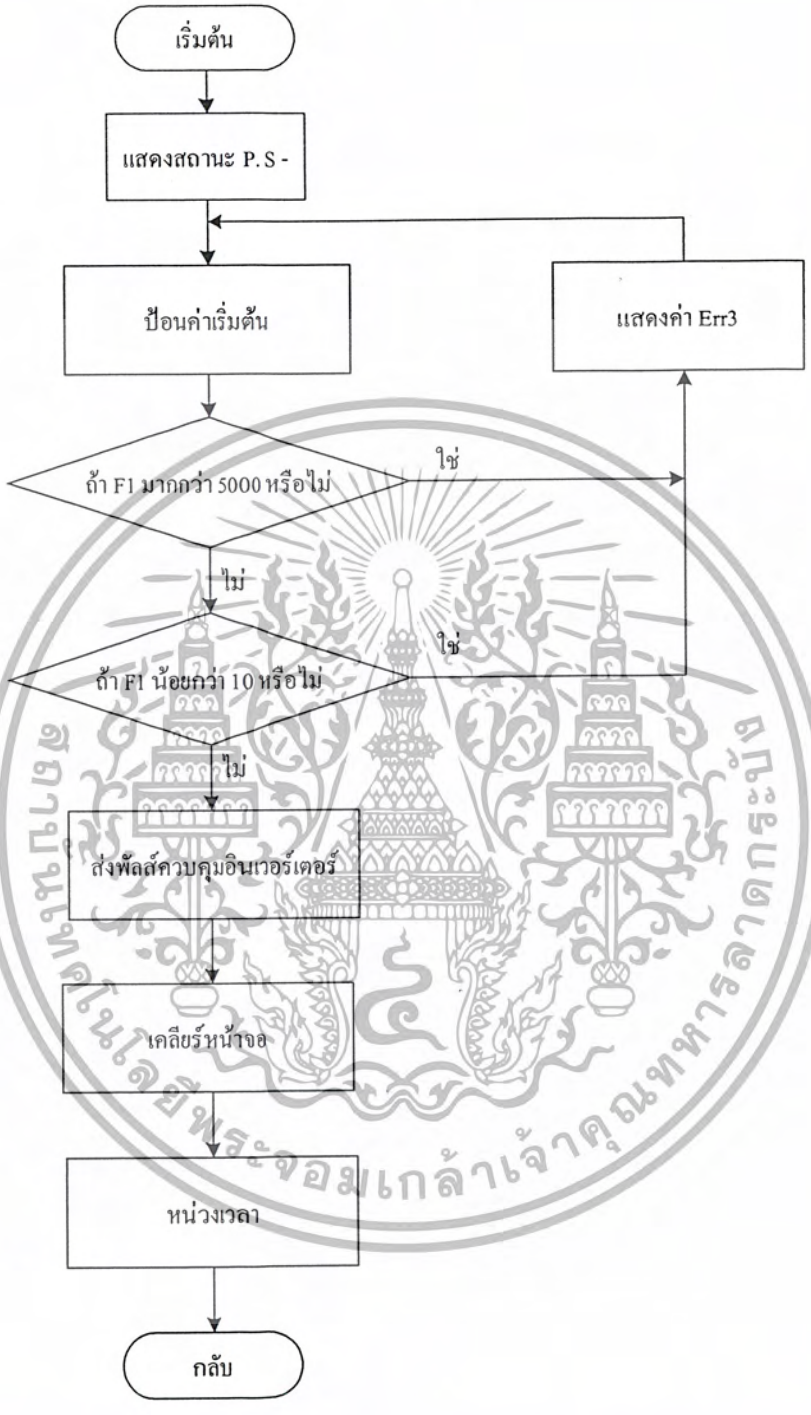
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

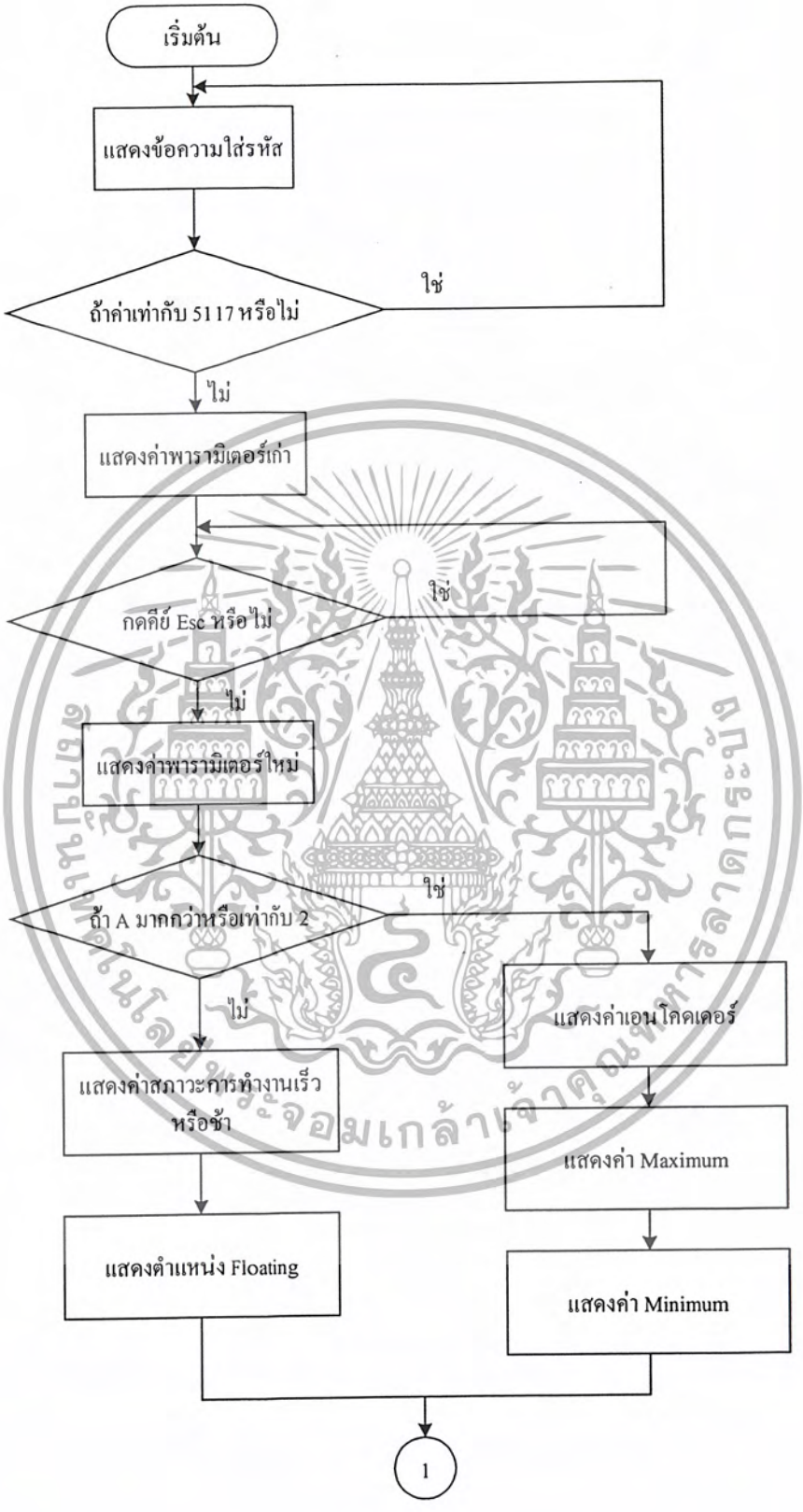
รูปที่ ง.1 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



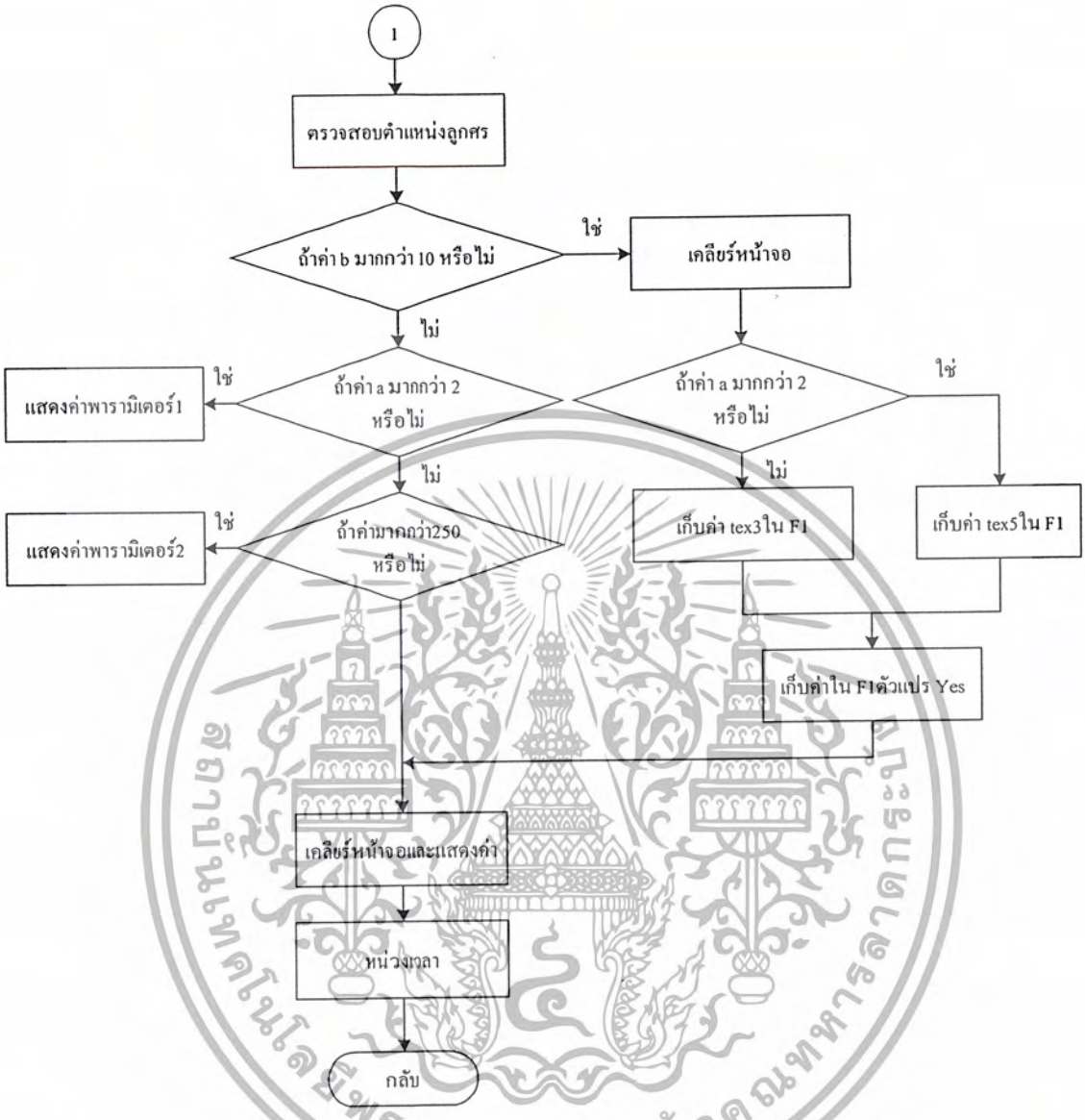
รูปที่ ง.2 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าสูงสุดและต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 (ต่อ) ผังโปรแกรมการเลือกโหมดการตั้งค่าสูงสุดและต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเกลียว

```
/*****************************************/
/* EZ guage Version 1  (one exis)        */
/* CPU : C51RD2                          */
/* Programer by : Mr.Dum,lek,Pong        */
/* Last update : 07/10/03                */
/*****************************************/

#include <at89x52.h>  /* special function register declarations   */
#include <stdio.h>    /* prototype declarations for I/O functions */
#include <stdlib.h>   /* standard library .h-file */

/* Parameter seting
P1 = Encoder pulse -> (param1[0])
P2 = Backguage maximun -> (param1[1])
P3 = Backguage minimun -> (param1[2])
P4 = Fast slow Point -> (param2[0])
P5 = Retact distance -> (param2[1])
P6 = Floating point position -> (param2[2])
P7 = Machine type->param2[3])0:Cutting,1:Bending 2:2 Axis bending
*/

/* Mode selection
M0 = Normal
M1 = Preset value
M2 = Parameter seting
M3 = Take the reference
M4 = Program step
M5 = Run setp
M6 = Clear memory
M7 = I/O test
*/

/*  Error code
err1 :  -
err2 :  Top sw not close
err3 :  Value out of range
err4 :  Rear sw close
err5 :  Front sw close

*/
/* Keyboard layout

   [7]     [8]     [9]     [M]     [ref]


   [4]     [5]     [6]     [u]     [esc]


   [1]     [2]     [3]     [d]     [R]


   [+/-]   [0]     [.]     [En]    [clr]

*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* Keyboard scancode

   [7]     [8]     [9]     [12]    [16]


   [4]     [5]     [6]     [13]    [17]


   [1]     [2]     [3]     [14]    [18]


   [10]    [0]     [11]    [15]    [19]
*/

#define     k_dot       0x0b        /* Dot key */
#define     k_mode      0x0c        /* Mode key */
#define     k_up        0x0d        /* Up key */
#define     k_down      0x0e        /* Down key */
#define     k_ent       0x0f        /* Enter key */
#define     k_ref       0x10        /* Reference key */
#define     k_esc       0x11        /* Esc key */
#define     k_rt        0x12        /* Retact key */
#define     k_clr       0x13        /* Clear key */

#define     PA          0x8000
#define     PB          0x8001
#define     PC          0x8002
#define     PD          0x8003

#define     fsw         0x10
#define     rsw         0x20
#define     rtsw        0x40
#define     stepsw      0x80

#define     oklamp      0x02
#define     busylamp    0x01
#define     rtlamp      0x04

#define     prg_add     0x0000      /* Start address of program */
#define     rt_add      0x7138      /* Start address of retact */

void maxset (char decode);
void maxbyte (char add, char dta);
void outdigit (char  *point);
void delay (unsigned int count);
void clrscr (char num);
void encoder (void);
char keyboard (bit  n);
void mode (void);
void preset (void);
float textnum (char count);
void setparm (void);
void program (void);
bit kbhit (void);
int getpnum (void);
void clearmem (void);
void runstep (void);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void startmotor (void);
void stopmotor (void);
void curdisp (float f1);
void error (char err);
void ref (void);
void setretact (void);
void retact (bit f);
void numeric (void);
void updown (void);

/* Bit definetion */

sbit    MXCLK   =   P1^4;           /* max 7219 hardware */
sbit    MXLDB   =   P1^5;
sbit    MXDAT   =   P1^6;

sbit    enchi   =   P1^1;           /* Encoder A/B */
sbit    enclo   =   P1^0;
sbit    MOTOREN     =   P3^5;       /* Motor data */
sbit    MOTORDIR    =   P1^3;
sbit    MOTORFS     =   P1^2;

sbit    watch   =   P1^7;           /* Watch dog */

/* Memory allocate */

char        xdata   a, b;               /* general perpost reg */
char        xdata   dbuf[32];           /* general perpost buf */
float       data    encpulse, f1, f2; /* Current position */
float       xdata   param1[3];          /* Parameter of machine */
unsigned    char    xdata   param2[4];
long        data    curpos, rr;         /* Absolute position of
encoder */
float       xdata   *pgidx;             /* Program index */
char        xdata   *rtidx;
int         data    res;                /* Independent variable */
float       xdata   oldpos;
int         xdata   fst;
bit         data    oldhi, oldlo, curhi, curlo;  /* Encoder data */
bit         data    motorrun;           /* Bit define */
char        xdata   *p;     /* Pointer 8255 */

/*******************/
/* main program    */
/***************** */

void main (void)

{

/* Initial parameter */

   p=PD;            /* 8255 control word */
   *p=0x90;

   maxset (0x3f);           /* Set max-7219 */
   clrscr (8);              /* Clear screen */
   maxbyte (8, 0x4f);       /* Display EZ Version 2.1 */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    maxbyte (7, 0x49);
    maxbyte (2, 0x82);
    maxbyte (1, 1);
    for (a=0; a<5; a++)      /* Delay */
        delay (60000);

    oldhi=enchi;             /* Encoder data */
    oldlo=enclo^enchi;

    IT0=IT1=PX0=PX1=EX0=EX1=1;       /* External int for encoder */
    EA=1;                            /* Enable all interrupt */

    if  (fst!=5171)      /* First time set to defult */
    {
        fst=5171;            /* First regist */
        oldpos=99.9;         /* Old position */
        param1[0]=80;        /* Encoder devider */
        param1[1]=500;       /* Maximum distance */
        param1[2]=10;        /* Minimum */
        param2[0]=5;         /* Fast/Slow point */
        param2[1]=20;        /* Retact distance */
        param2[2]=1;         /* Floating point position */
        param2[3]=1;         /* Machine type */
        clearmem ();
    }

    encpulse=param1[0];      /* Initial parameter to internal ram */
    f1=oldpos*encpulse;
    curpos=(long)f1;         /* Absolute encoder */
    f2=f1=oldpos;          /* First position */

    p=PC;            /* Turn on OK Lamp */
    *p=oklamp;

    motorrun=0;

/* Loop of main program */

    while (1)

    {
        watch^=1;            /* Watch dog trig */

        a=keyboard (1);      /* Waiting keyboard non repeat mode */

        if  (a==k_esc)       /* Esc key press */
        {
            MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;   /* Any way stop the motor
*/
            motorrun=0;
            delay (60000);
            delay (60000);
            f1=(float)curpos/encpulse; /* Dispay currert position */
            f2=oldpos=f1;
            p=PC;        /* Turn on OK lamp */
            *p=oklamp;
            continue;
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
b++;                    /* Counter for display */
if  ((b&0x7f)==0)       /* Display the position on screen */
{                       /* by delay */
    maxset (0xff);
    clrscr (8);
    curdisp (f1);
}

f1=(float)curpos/encpulse;    /* Find current position */

if  (motorrun==1)             /* Check auto loop */
{
    stopmotor ();             /* Call to stop the motor */
    continue;
}

if  (a>=0 && a<=9)            /* Numeric key press */
{                             /* Enter the distance */
    numeric ();
    continue;
}

if  (a==k_mode)                       /* Mode key press */
{
    MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1; /* Any way stop the motor */
    mode ();                  /* Process command */
    continue;
}

p=PA;
if  ((*p&rtsw)==rtsw)                 /* Retact sw close */
{
    p=PC;
    if  ((*p&rtlamp)==0)              /* Check flag */
        retact (0);
    continue;
}

if  (a==k_rt)                 /* Retact key press */
{
    delay (60000);
    a=keyboard (1);
    if  (a==k_rt)             /* Long time press */
        setretact ();
    else
    {
        p=PC;
        *p^=rtlamp;           /* Short time press */
    }
    continue;
}

if  (a==k_up || a==k_down)        /* Up/Down key press */
{
    updown ();
    continue;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        f1=(float)curpos/encpulse;      /* Dispay current position */
        f2=oldpos;
        if  ((f2-f1)>=0.05 || (f1-f2)>=0.05)  /* Back-latch */
        {
            delay (10000);
            p=PC;
            *p=busylamp;
            delay (60000);
            startmotor ();
            continue;
        }
    }
}

/*****************************/
/* Up and Down function      */
/*****************************/

void updown (void)

{
    while (1)
    {
        a=keyboard (1);

        if  (a==k_up || a==k_down)    /* Up/Down key press */
        {
            p=PA;
            if  ((*p&stepsw)==0)      /* Step switch error */
            {
                error (2);
                break;
            }

            if  ((a&0x01)==0)         /* Seperate Down */
            {
                p=PA;
                if  ((*p&fsw)==1)
                {
                    error (5);      /* Front sw close */
                    break;
                }
                else
                    MOTORDIR=1;
            }
            else                      /* Up */
            {
                p=PA;
                if  ((*p&rsw)==1)
                {
                    error (4);  /* Rear sw close */
                    break;
                }
                else
                    MOTORDIR=0;
            }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOTOREN=0;              /* Start the motor */
            p=PC;
            *p=busylamp;
            f1=(float)curpos/encpulse; /* Dispay current position */
            b++;                       /* Counter for display */
            if  ((b&0x1f)==0)     /* Display the position on screen */
            {                          /* by delay */
                maxset (0xff);
                clrscr (8);
                curdisp (f1);
            }
            continue;
        }
        else                           /* Up-Down not press */
            break;
    }

    MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;     /* Any way stop the motor */
    delay (60000);
    delay (60000);
    f1=(float)curpos/encpulse;      /* Dispay current position */
    f2=oldpos=f1;
    p=PC;
    *p=oklamp;
 }

/*************************************/
/* Numeric key press function        */
/*************************************/

void numeric (void)

{
    MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;     /* Any way stop the motor */
    clrscr (8);
    maxbyte (8, 10);
    f2=textnum (7);

    if  (f2==-1)                    /* Esc key press */
    {
        f2=f1;
        return;
    }

    p=PA;
    if  ((*p&stepsw)==0)      /* stepsw error */
    {
        error (2);
        f2=f1;
        return;
    }

    if  (f2<param1[2] || f2>param1[1])  /* The value out of range */
    {
        error (3);
        f2=f1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        return;
    }
    else        /* Valid value */
    {
        oldpos=f2;
        startmotor ();      /* Start the motor */
    }
 }

/**********************************/
/* Display current position       */
/* Par input : f1 (floating point) */
/**********************************/

 void curdisp (float f1)

{
    if  (param2[2]==1)                  /* by one floating point */
        sprintf (dbuf, "%.01f", f1);
    else
        sprintf (dbuf, "%.02f", f1);    /* two floating point */

    outdigit (dbuf);
 }

/**********************************/
/* Start motor                    */
/* Compare between f1 & f2        */
/**********************************/

 void startmotor (void)

{
    if  (f2==f1)                        /* if f1=f2 return to main */
        return;

    f1=(float)curpos/encpulse;  /* Dispay current position */

    if  (f2>f1)                         /* Destination value > current value
*/
    {   p=PA;
        if  ((*p&rsw)==1)               /* Rear sw close */
        {
            error (4);                  /* Show error 4 */
            f2=oldpos=f1;
            return;
        }
        if  ((f2-f1)<(char)param2[0])
            MOTORFS=0; /* Set Fast/Slow motor */
        MOTORDIR=0;     /* Set motor direction forward (go to back) */
    }
    else                /* Destination value > current value */
    {
        p=PA;
        if  ((*p&fsw)==1)               /* Front sw close */
        {
            error (5);                  /* Show error 5 */
            f2=oldpos=f1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            return;
        }
        if  ((f1-f2)<(char)param2[0])
            MOTORFS=0;  /* Fast/Slow point */
        MOTORDIR=1;     /* Motor direction reverse (go to front) */
    }

    delay (60000);
    delay (60000);

    p=PC;
    *p=busylamp;
    MOTOREN=0;          /* Enable the motor to start */
    motorrun=1;         /* Auto flag */
}

/************************/
/* Check motor stop     */
/*  Compare f1 & f2     */
/************************/

void stopmotor (void)

{
    watch^=1;           /* Trig the watch dog */

    f1=(float)curpos/encpulse;      /* Dispay current position */
    p=PA;
    if  ((*p&rsw)==1 && f2>f1)      /* Front/Rear sw close */
    {
        MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;  /* Any way stop the motor */
        delay (60000);
        delay (60000);
        f1=(float)curpos/encpulse;
        f2=oldpos=f1;               /* Set defult value */
        error (4);                  /* Show error 4 */
        p=PC;
        *p=oklamp;
        motorrun=0;
        return;
    }

    p=PA;
    if  ((*p&fsw)==1 && f2<f1)          /* Front/Rear sw close */
    {
        MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;     /* Any way stop the motor */
        delay (60000);
        delay (60000);
        f1=(float)curpos/encpulse;
        f2=oldpos=f1;                   /* Set defult value */
        error (5);                      /* show error 5 */
        p=PC;
        *p=oklamp;
        motorrun=0;
        return;
    }

    if  (MOTORFS==1)                    /* Check Fast/Slow point */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
    if  (f2>f1)
    {
        if  ((f2-f1)<=(char)param2[0])
            MOTORFS=0;  /* Set motor speed to slow */
    }
    else
    {
        if  ((f1-f2)<=(char)param2[0])
            MOTORFS=0;  /* Set motor speed to slow */
    }
}
else                    /* If motor slow check to stop */
{
    if  (f2>f1)
    {
        f1=f2*encpulse;
        rr=(long)f1;
        f1=encpulse*0.03;
        res=(int)f1;
        rr-=(long)res;

        while (1)       /* Loop until the motor stop */
        {
            watch^=1;   /* Trig watch dog */

            if (rr<=curpos)
            {
                MOTOREN=1;
                MOTORDIR=MOTORFS=1; /* Any way stop the motor */
                delay (60000);
                motorrun=0;
                p=PC;
                *p=oklamp;
                break;
            }
        }
    }
    else
    {
        f1=f2*encpulse;
        rr=(long)f1;
        f1=encpulse*0.03;
        res=(int)f1;
        rr+=(long)res;

        while (1)       /* Loop until the motor stop */
        {
            watch^=1;   /* Trig watch dog */

            if  (rr>=curpos)
            {
                MOTOREN=1;
                MOTORDIR=MOTORFS=1; /* Any way stop the motor */
                delay (60000);
                motorrun=0;
                p=PC;
                *p=oklamp;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    break;
                }
            }
        }
    }
}
/************************/
/* Select mode key      */
/************************/

void mode (void)

{
    maxset (0x1f);                      /* Dislpay mode */
    clrscr (5);
    maxbyte (8, 0x15);
    maxbyte (7, 0x3d);
    maxbyte (6, 1);

    while (1)       /* Loop until mode select */
    {
        a=keyboard (0);                 /* Get mode value */

        switch (a)
        {
            case    1:                  /* Mode 1*/
                    preset ();          /* Preset value */
                    return;

            case    2:                  /* Mode 2*/
                    setparm ();         /* Change parameter */
                    return;

            case    3:                  /* Mode 3 */
                    ref ();             /* Take the reference */
                    return;

            case    4:                  /* Mode 4 */
                    program ();         /* Program step */
                    return;

            case    5:                  /* Mode 5 */
                    runstep ();         /* Run automatic */
                    return;

            case    6:                  /* Mode 6 */
                    clearmem ();        /* Clear mwmory */
                    return;

            case    k_esc:              /* Esc key */
                    return;             /* Return to main */

            defult:
                continue;
        }
    }
    b=-1;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************/
/* CLear memory      */
/*********************/

void clearmem (void)

{
   maxset (0x1f);           /* Set Max-7219 */
   clrscr (5);
   maxbyte (8, 0x4e);       /* Display Clear memory */
   maxbyte (7, 0x0e);
   maxbyte (6, 5);

   while (1)
   {
       b=keyboard (0);          /* Get key board value */

       if  (b==k_esc)           /* Esc key prees */
           break;

       if  (b==k_clr)           /* Clear key press */
       {
           maxbyte (1, 10);     /* Display --- */
           maxbyte (2, 10);
           maxbyte (3, 10);

           pgidx=prg_add;       /* Start address of program & retact */
           rtidx=rt_add;

           for(res=0;res<3150;res++,pgidx++, rtidx++)/*350program */
           {
              watch^=1;         /* Trig watch dog */
              *pgidx=-1;        /* put -1 to program area */
              *rtidx=0;         /* put 0 to retact area */
           }
           break;
       }
   }
}


/************************/
/* Run step function    */
/************************/

void runstep (void)

{
   p=PA;
   if  ((*p&stepsw)==0)
   {
       error (2);
       return;
   }

   res=getpnum ();
   if  (res==-1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        return;

    rtidx=(res*9)+rt_add;                    /* Retact address */
    pgidx=(res*36)+prg_add;                 /* Program add Skip 4000h
byte */

    if  (*pgidx==-1)                        /* No program */
        return;

    maxset (0xdf);                          /* Display program step */

    a=0;

    while (1)
    {
        watch^=1;

        clrscr (5);                         /* Display current step */
        res=(int)a+1;
        sprintf (dbuf,"%02d", res);
        maxbyte (8, dbuf[0]);
        maxbyte (7, dbuf[1]);
        maxbyte (6, 1);

        f1=(float)curpos/encpulse;          /* Dispay current position */
        f2=pgidx[a];
        oldpos=f2;
        p=PC;
        *p=busylamp;
        startmotor ();

        while (1)
        {
            watch^=1;

            stopmotor ();
            b++;                            /* Counter for display */
            if  ((b&0x7f)==0)               /* Display the position on screen */
            {                               /* by delay */
                maxset (0xdf);
                clrscr (5);
                curdisp (f1);
            }

            if  (MOTOREN==1)
                break;
        }

        while (1)
        {
            f1=(float)curpos/encpulse;      /* Dispay current position */

            if  ((f2-f1)>=0.05 || (f1-f2)>=0.05)  /* Back-latch */
            {
                    delay (10000);
                    p=PC;
                    *p=busylamp;
                    delay (60000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    f1=(float)curpos/encpulse;/  *  Dispay current
position */
                    startmotor ();
                    while (1)
                    {
                        stopmotor ();
                        if  (MOTOREN==1)
                            break;
                    }
            }
            else
                break;
        }

        p=PC;
        *p=oklamp;

        if  (rtidx[a]==0)
            *p|=rtlamp;
        else
            *p&=rtlamp^0xff;

        f1=(float)curpos/encpulse;     /* Dispay current position */
        clrscr (5);
        curdisp (f1);

        p=PA;
        while ((*p&stepsw)==stepsw)
        {
            watch^=1;
            if  (keyboard (1)==k_esc)
                return;
        }

        p=PA;
        while ((*p&stepsw)==0)
        {
            if  (keyboard (1)==k_esc)
                return;

            watch^=1;
            p=PA;
            if  ((*p&rtsw)==rtsw)
            {
                p=PC;
                if  ((*p&rtlamp)==0)
                {
                    retact (1);
                    break;
                }
            }
        }

        p=PA;
        while ((*p&stepsw)==0)
        {
            watch^=1;
            if  (keyboard (1)==k_esc)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                return;
        }

        delay (60000);

        a++;
        if  (a==99)
        {
            a=0;
            continue;
        }

        if  (pgidx[a]==-1)
            a=0;
    }
}

/*****************************/
/* Program step function     */
/*****************************/

void program (void)
{

    res=getpnum ();   /* Get the number of program */
    if  (res==-1)     /* If out of range of esc -> return to main */
        return;

    rtidx=(res*9)+rt_add;              /* Retact address */
    pgidx=(res*36)+prg_add;            /* Program add Skip 4000h
byte */

    maxset (0xbf);                     /* Display program step */

    a=0;
    while (1)
    {
        clrscr (6);                    /* Display current step */
        maxbyte (8,a+1);
        maxbyte (7, 1);
        if  (pgidx[a]==-1)
        {
            sprintf (dbuf, "-");       /* display - for no program */
            outdigit (dbuf);
        }
        else
        {
            curdisp (pgidx[a]);        /* Display the step */
        }

        p=PC;
        if  (rtidx[a]==0)      /* Show retact flag */
            *p|=rtlamp;
        else
            *p&=rtlamp^0xff;

        while (kbhit ()==0);
        b=keyboard (1);                /* Waiting for keyboard */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if  (b<10)                  /* Numeric key was pressed */
{                           /* Enter the current step */
    clrscr (6);
    f1=textnum (6);         /* Get step value */

    if  (f1==-1)            /* Not do anything when error */
        continue;
    else        /* No error put value to program step */
    {
        if  (f1>param1[1] || f1<param1[2]/* limit < Max mm */
        {
            error (3);          /* Value out of range */
            maxset (0xbf);  /* Display program step */
            continue;
        }
        pgidx[a]=f1;            /* Put value */
    }

    clrscr (6);     /* If OK off the screen about 1 sec */
    delay (60000);
    continue;
}

b=keyboard (0);     /* Any key press get new value of key */

if  (b==k_esc)              /* Ecs key press */
    break;                  /* Return to main */

if  (b==k_rt)               /* Retact key press */
{
    rtidx[a]^=0x01;         /* Toggle retact */
    continue;
}

if  (b==k_clr)              /* Clear key press */
{
    for (b=a; b<9; b++) /* Clear current to last position */
    {
        pgidx[b]=-1;        /* put -1 to program */
        rtidx[b]=0;         /* put 0 to retact */
    }
    delay (10000);
    continue;
}

if  (b==k_up && a!=8)   /* Up key press */
{                           /* Increse pointer */
    a++;
    continue;
}

if  (b==k_down && a!=0)  /* Down key press */
{                           /* Decrese pointer */
    a--;
    continue;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
}

/*****************************/
/* Get program number        */
/*****************************/

int getpnum (void)

{
    maxbyte (8, 0xe7);          /* Display program number */
    maxbyte (7, 0x15);
    maxbyte (6, 1);
    res=(int)textnum (3);       /* get program number */
    if  (res==-1)               /* If error return */
        return(-1);
    else
    {
        if  (res>350 || res<1)      /* program number > 350 */
            return (-1);            /* Return to main */
    }
    res--;
    return (res);   /* Return program number */
}
/*********************/
/* Set parameter     */
/*********************/

void setparm (void)

{
    maxbyte (8, 0xe7);      /* Display password msg */
    maxbyte (7, 0x3d);
    maxbyte (6, 1);
    res=(int)textnum (4);   /* get password value */
    if  (res==-1)           /* If error return */
        return;
    else
    {
        if  (res!=5171)         /* Password not correct */
            return;             /* Return to main */
    }

    a=0;
    maxset (0x5f);          /* Display parameter */
    maxbyte (8, 0xdb);
    maxbyte (6, 1);

    while (1)       /* Loop until esc key press */
    {
        clrscr (5);         /* Display current parameter */
        maxbyte (7,a+1);
        if  (a<=2)
         sprintf (dbuf,"%.1f",param1[a]);/*Floating point parameter*/
        else
          sprintf (dbuf, "%d",(int)param2[a-3]);/*Integerparameter */
        outdigit (dbuf);
        while (kbhit ()==0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        b=keyboard (1);    /* Waiting for keyboard */

        if  (b<10)         /* Key +/- was pressed */
        {                  /* Enter the current parameter */
            clrscr (5);
            if  (a<=2)             /* Select buffer parameter */
                f1=textnum (5);    /* Floating point */
            else
                f1=textnum (3);    /* Integer */

            res=(int)f1;

            if  (res==-1)          /* Not do anything when error */
                continue;
            else
            {
                if  (a<=2)         /* Floating point buffer */
                    param1[a]=f1;
                else
                {
                    if  (res>250)      /* Integer buffer */
                        continue;      /* Limit < 250 */
                    param2[a-3]=(char)res;
                }
            }
            clrscr (5);            /* If OK off the screen 1 sec */
            delay (60000);
            continue;
        }

        b=keyboard (0);

        if  (b==k_esc)                  /* Ecs key press */
            break;                      /* Return to main */

        if  (b==k_up && a!=6)           /* Up key press */
        {                               /* Increse pointer */
            a++;
            continue;
        }

        if  (b==k_down && a!=0)         /* Down key press */
        {                               /* Decrese pointer */
            a--;
            continue;
        }
    }

    encpulse=param1[0];
    f1=encpulse*oldpos;
    curpos=(long)f1;
    f1=f2=oldpos;
}

 /*******************************/
 /* Preset service function     */
 /*******************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void preset (void)

{
   maxbyte (8, 0xe7);           /* Display Preset (P.S.-) */
   maxbyte (7, 0x5b);
   maxbyte (6, 1);
   f1=textnum (5);              /* Get the valeu from user */
   if  (f1!=-1)
   {
       if  (f1>param1[1]||f1 <param1[2])/*If error return nothing */
       {
           error (3);       /* Value out of range */
           return;
       }

       f2=f1;
       f1=f1*encpulse;      /* Convert floating point value */
       curpos=(long)f1;     /* to absolute position (Encoder) */
       oldpos=f2;
       f1=f2;
   }
   clrscr (5);          /* Off display & delay about 1 sec */
   delay (60000);
}
/************************************/
/* Dilplay function                 */
/*  - Max 7219 setup                */
/*      input : char decode mode    */
/*  - Max 7219 send byte            */
/*      input : char address, data  */
/*  - clear screen                  */
/*      input : char number of char */
/*  - Out digit to 7 segment        */
/*      input : char *point buffer  */
/************************************/

void maxset (char decode)
{
   MXCLK=0;
   MXLDB=0;
   maxbyte (0x0f, 0);                   /* Display test */
   maxbyte (0x0c, 1);                   /* Shutdown */
   maxbyte (0x09, decode);              /* Decode mode Text */
   maxbyte (0x0a, 0x0c);                /* Intensity */
   maxbyte (0x0b, 7);                   /* Scan limit */
}

void maxbyte (char add, char dta)
{
   char    data   a;

   for (a=0; a<8; a++)                  /* send address */
   {
       if  ((add&0x80)!=0)              /* Shifting the data */
           MXDAT=1;                     /* from parallel to serial */
       else
           MXDAT=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MXCLK=1;                            /* setting and falling edge
*/
        MXCLK=0;                            /* the clock pulse */
        add*=2;
    }

    for (a=0; a<8; a++)                     /* send data */
    {
        if  ((dta&0x80)!=0)                 /* Shifting the data */
            MXDAT=1;                        /* from parallel to serial */
        else
            MXDAT=0;
        MXCLK=1;                            /* setting and falling edge
*/
        MXCLK=0;                            /* the clock pulse */
        dta*=2;
    }

    MXLDB=1;
    MXLDB=0;
 }

 void clrscr (char num)
 {
    char    data   a;

    for (a=1; a<=num; a++)                  /* put blank to 7 segment */
        maxbyte (a, 15);
 }

 void outdigit (char *point)
 {
    char    data   a, b;

    for (a=0; a<8; a++)                     /* Get end (0) position */
    {
        if  (point[a]==0L)
            break;
    }
    a--;                    /* Starting to put the number */
    b=1;                    /* to the 7 segment display */

    while (a>=0)
    {

        if  (point[a]=='.')
        {
            a--;
            maxbyte (b,((point[a]&0x0f)|0x80));  /* Put dot to 7
segment */
        }
        else
        {
            if  (point[a]=='-')
               maxbyte (b, 10);    /* Put - to 7 segment */
            else
               maxbyte(b,(point[a]&0x0f));/* Put digit to 7segment */
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        a--;
        b++;
    }
}

/*****************************/
/* Delay function            */
/*  input : int loop counter  */
/*****************************/

void delay (unsigned int count)
{
    for (; count; count--)
        watch^=1;
}
/*****************************************/
/* Encoder service function              */
/* Using external interrupt EX0, EX1     */
/*  input : from hardware (encoder)      */
/*  output : unsigned int curpos (+/-)   */
/*****************************************/

ext0 () interrupt 0 using 1          /* External interrupt force */
{                                    /* Using reg bank 1 */
    encoder ();
}
ext1 () interrupt 2 using 1          /* External interrupt force */
{                                    /* Using reg bank 1 */
    encoder ();
}

void encoder (void)                  /* Find the direction of encoder */
{
    curhi=enchi;                     /* The current status of ENC */
    curlo=enchi^enclo;               /* Convert GRAY -> BCD */

    if  (curhi==oldhi)               /* If the hi bit is equa */
    {
        if  (curlo==1)               /* Check the lo bit */
            curpos--;                /* Increse the absolute position */
        else
            curpos++;                /* Decrese the absolute position */
    }
    else                             /* If not the same */
    {
        if  (curlo==0)               /* Check the lo bit */
            curpos--;                /* Increse the absolute position */
        else
            curpos++;                /* Decrese the absolute position */
    }
    oldhi=curhi;                     /* Save the current status */
    oldlo=curlo;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************/
/* Keyboard service function             */
/*  input :                              */
/*    - bit n=0 : Waiting and non repeat */
/*    - bit n=1 : Repeat key             */
/*  output :                             */
/*    - error return char (-1)           */
/*    - successfull return  char (keycode) */
/*****************************************/

char keyboard (bit n)          /* This funcion design for scan key */
{                              /* Dimension 4*5 */
   char    data    a, b;
   char    code    scankey[]={0xfe, 0xfd, 0xfb, 0xf7, 0xef};
   char    code    keycode[]={7, 4, 1, 10, 8, 5, 2, 0, 9, 6,
                              3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
                              18, 19};
   while (1)
   {
       watch^=1;              /* Trig watch dog */

       for (a=0; a<5; a++)
       {
           p=PB;
           *p=scankey[a];
           p=PA;
           b=*p&0x0f;         /* Get keypress from P1 low nible bit */
           if  (b!=0x0f)
           {
               delay (1000); /* Debouce key press */
               b=*p&0x0f;    /* Seperate key press from noise */
               if  (b!=0x0f) /* If key press then break the looop */
                   break;
           }
       }

       if  (b==0x0f)          /* Key not press */
       {
           if  (n==0)         /* If non repeat mode continue to
waiting */
               continue;
           else
               return (-1);  /* If repeat mode return -1 when key
not press */
       }
       else                   /* When key press then encode key */
       {
           switch (b)
           {
               case    0x0e:       /* Row 1 */
                       b=0;        /* Put 0 to b */
                       break;

               case    0x0d:       /* Row 2 */
                       b=1;        /* Put 1 to b */
                       break;

               case    0x0b:       /* Row 3 */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        b=2;            /* Put 2 to b */
                        break;

                case    0x07:           /* Row 4 */
                        b=3;            /* Put 4 to b */
                        break;
            }

            a*=4;                       /* Encode key */
            a+=b;                       /* By look up table */
            b=keycode[a];               /* From the key code */
            if  (n==0)
            {
                delay (2000);
                while ((*p&0x0f)!=0x0f) /* Waiting while depress  */
                    watch^=1;
            }
            return (b);
        }
    }
}
/*************************************************/
/* Convert text to floating point function       */
/*  input :                                      */
/*    - char count (limit of char)               */
/*  output :                                     */
/*    - error code return float (-1)             */
/*    - successfull return floating point number */
/*************************************************/

float textnum (char count)
{
    char    data    a, b;
    bit     data    n;
    char    data    buf[8];

    a=0;
    n=0;
    buf[0]=0;
    while (1)
    {
        b=keyboard (0);         /* Waiting for key press */

        if  (b==k_esc)          /* Esc key press */
            break;              /* Breake the loop and return (-1) */
        if  (b==k_ent)          /* Enter key press */
        {
            if  (a!=0)                  /* If the key was pressed */
                return (atof (buf)); /* Return the keyboard value */
            else
                break;                  /* The other return error (1) */
        }

        if  (b==k_clr)                  /* Clear key press */
        {
            if  (a==0)                  /* Clear of key  press first */
            {                           /* Put the 0 to buffer */
                buf[0]=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                continue;
            }
            a--;
            if  (buf[a]=='.')  /* If not delete buffer by one char */
                n=0;           /* and display to 7 segment */
            buf[a]=0;
            clrscr (5);
            outdigit (buf);
        }

        if  (n==0)                      /* Reduce dot key */
        {                               /* If no dot key */
            if  (a>=count)              /* Use default counter */
                continue;
        }
        else                            /* Any way */
        {                               /* Use the counter plus one */
            if  (a>=count+1)            /* Include dot */
                continue;
        }

        if  (b<12)                      /* The  numeric and dot key press
*/
        {
            if  (b==10)                 /* Reduce +/- key */
                continue;               /* No need */

            if  (b==k_dot)              /* Dot key press */
            {
                if  (n==0)              /* First time */
                {                       /* Put 0 and dot into buffer */
                    if  (a==0)          /* and set flag */
                    {
                        buf[0]=0x30;
                        a++;
                    }
                    buf[a]='.';
                    n=1;
                }
                else                            /* Any way */
                {                               /* Delete it from buffer */
                    if  (buf[a-1]=='.')         /* by decrese counter */
                    {
                        a-=2;
                        n=0;
                    }
                }
            }
            else                        /* This way */
                buf[a]=b+0x30;          /* put numeric value */
            a++;                        /* and convert to ASCII */
            buf[a]=0;                   /* both to display to 7 segment */
            clrscr (5);
            outdigit (buf);
        }
    }

    return ((float)-1);             /* Not successfull return (-1) */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

/*************************/
/* Check keyboard hit    */
/*************************/

bit kbhit (void)
{
   watch^=1;        /* Trig watch dog */

   p=PB;
   *p=0;            /* Put 0 to colum */
   p=PA;
   if  ((*p&0x0f)==0x0f)   /* Get row */
       return (0);     /* No key press */
   else
       return (1);     /* Key press */
}

/*****************************/
/* Display error massege */
/*****************************/

void error (char err)
{
   MOTOREN=MOTORDIR=MOTORFS=1;     /* Any way stop the motor */
   maxset (0x0f);                  /* Show error massege */
   maxbyte (8, 0x4f);              /* to 7-segment */
   maxbyte (7, 0x5);
   maxbyte (6, 0x5);
   maxbyte (5, 0x1);
   clrscr (4);
   maxbyte (1, err);
   while (keyboard (0)!=k_esc);    /* Waiting esc key press only */
}

/*********************************/
/* Take the reference function   */
/*********************************/

void ref (void)
{
   p=PA;
   if  ((*p&stepsw)==0)     /* Check step switch */
   {
       error (2);
       return;
   }

   maxset (0x1f);           /* set display reference REF */

   maxbyte (8, 0x05);       /* show ref 1 at display 3 */
   maxbyte (7, 0x4f);
   maxbyte (6, 0x47);

   while (1)
   {
       b=keyboard (0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if  (b==k_esc)
            return;
        if  (b==k_ref)
            break;
    }
    maxbyte (1, 1);

    p=PC;
    *p=busylamp;

    MOTORDIR=0;                 /* Start the motor */
    MOTORFS=1;                  /* forward */
    MOTOREN=0;

    p=PA;
    while ((*p&rsw)==0)         /* Waiting for rear limit switch */
    {
        watch^=1;

        if  (keyboard (1)==k_esc)   /* if keyboard hit */
        {
            MOTOREN=MOTORFS=MOTORDIR=1;
            delay (60000);
            delay (60000);
            delay (60000);
            p=PC;
            *p=oklamp;              /* Set lamp */
            f1=(float)curpos/encpulse;
            f2=oldpos=f1;
            return;             /* return to main menu */
        }
    }

    MOTOREN=1;                  /* stop the motor */
    MOTORDIR=1;                 /* and change the direction */
    MOTORFS=0;                  /* show ref 2 */
    maxbyte (1, 2);
    delay (60000);
    delay (60000);
    delay (60000);

    MOTOREN=0;                  /* enable motor */
    maxbyte (1, 3);             /* show ref 3 */

    p=PA;
    while ((*p&rsw)==rsw)       /* wating while rear switch open */
        watch^=1;

    MOTOREN=MOTORFS=MOTORDIR=1;
    delay (60000);
    delay (60000);
    delay (60000);

    f1=param1[1]*encpulse;          /* Convert floating point value */
    curpos=(long)f1;                /* to absolute position (Encoder) */
    f1=oldpos=f2=param1[1];
    p=PC;
    *p=oklamp;                  /* Set lamp */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

/*************************/
/* Set retact function   */
/*************************/

void setretact (void)

{
   maxset (0x1f);            /* Show Set retact */
   clrscr (5);
   maxbyte (8, 0x5b);
   maxbyte (7, 5);
   maxbyte (6, 1);

   f1=textnum (2);           /* Get the value */
   if  (f1!=-1)
       param2[1]=(char)f1;   /* Save the parameter to buffer */
   maxset (0xff);
   clrscr (8);
}

/*****************************************************/
/* Retact function                                   */
/* bit f = 0 : retact & back to current post         */
/* bit f = 1 : retact only (Use for program step)    */
/*****************************************************/

void retact (bit f)

{
   p=PC;

   if  (param2[3]==1)
       *p=busylamp;

   f2=f1+(float)param2[1];       /* Compute the retact position */
   startmotor ();                /* Start the motor */

   while (1)                     /* Loop until motor stop */
   {
       stopmotor ();             /* call to stopmotor function */
       if  (MOTOREN==1)
           break;
   }

   f1=(float)curpos/encpulse;    /* compute current position */
   p=PC;
   *p=oklamp;                    /* Set lamp */

   if  (f==1)                    /* If program step return */
       return;

   p=PA;
   while ((*p&stepsw)==0)        /* Any way to continue */
       watch^=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

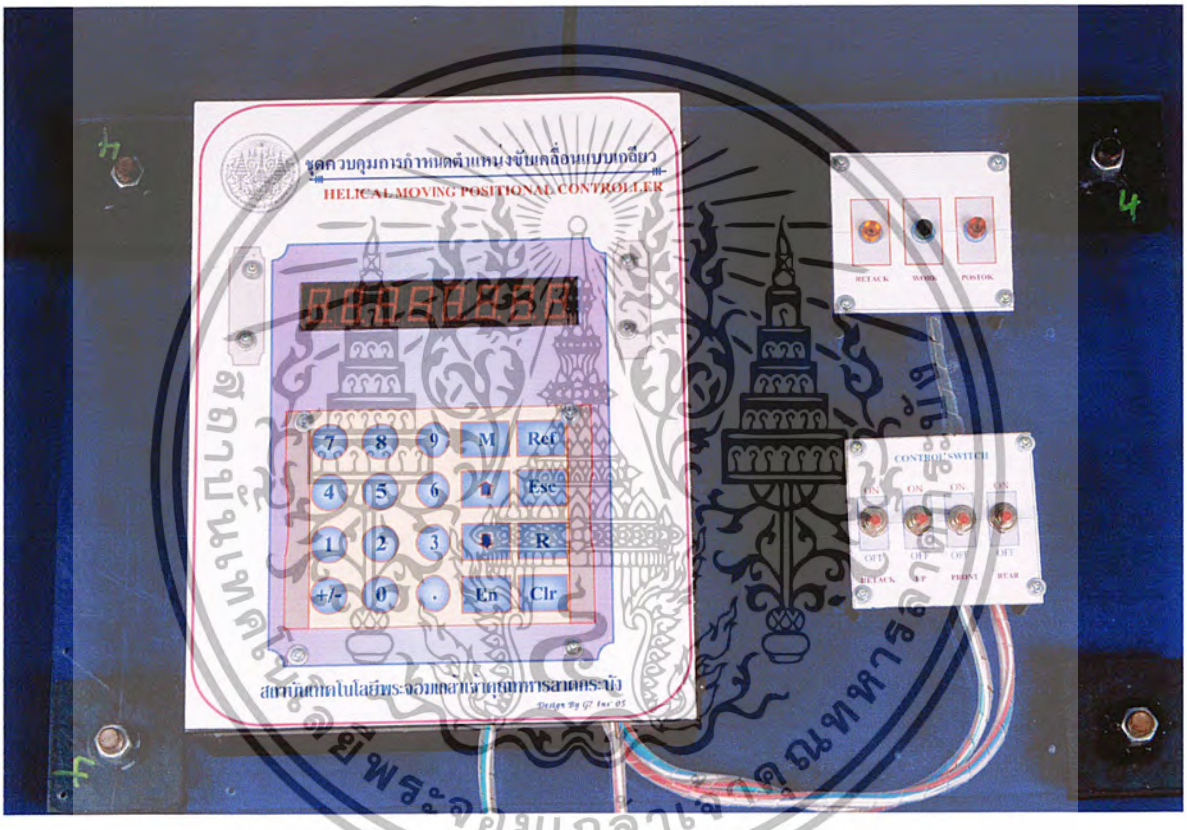
```
    p=PC;
    *p=busylamp;

    f2=oldpos;
    startmotor ();

    while (1)
    {
        stopmotor ();
        if  (MOTOREN==1)
            break;
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว



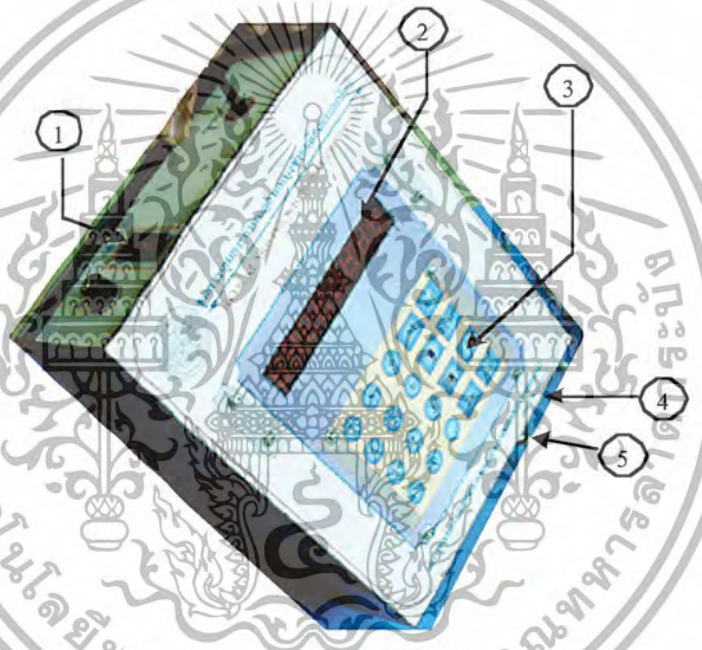
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

การใช้งานชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือการใช้งาน เพื่อให้สามารถควบคุมการกำหนดตำแหน่ง เลือกโหมดการทำงานได้ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายขึ้นกับชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียวและตัวอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

หมายเลข 1 สวิตซ์ปิด-เปิดเครื่อง

หมายเลข 2 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

หมายเลข 3 คีย์สวิตซ์ มีชื่อตำแหน่งคีย์สวิตซ์ดังตารางที่ จ.1

หมายเลข 4 จุดต่อสายสัญญาณเข้าอินเวอร์เตอร์

หมายเลข 5 จุดต่อสายสัญญาณเข้าดิจิตอลเอนโคดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ชื่อตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์

ตำแหน่งคีย์สวิตซ์	ชื่อคีย์สวิตซ์	หน้าที่
1	หนึ่ง	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 1
2	สอง	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 2
3	สาม	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 3
4	สี่	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 4
5	ห้า	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 5
6	หก	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 6
7	เจ็ด	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 7
8	แปด	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 8
9	เก้า	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 9
0	ศูนย์	ชี้ค่าตำแหน่งที่ 0
.	จุด	ตำแหน่งจุดทศนิยม
+/-	ยังไม่ใช้งาน	ยังไม่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ชื่อตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของคีย์สวิตซ์

M	Mode	เลือกโหมดการทำงาน
⬆	Up	เลื่อนข้อมูลขึ้น 1 ตำแหน่ง
⬇	Down	เลื่อนข้อมูลลง 1 ตำแหน่ง
En	Enter	ตกลงให้มีการทำงาน
Ref	Reference	ตั้งค่าอ้างอิงตำแหน่งการทำงาน
Esc	Esc	ยกเลิกการทำงาน
R	React	กลับไปที่ตำแหน่งเดิม
Clr	Clear	ลบข้อมูลที่ป้อนครั้งหนึ่งตำแหน่ง

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 ต่อจุดต่อสายสัญญาณเข้าอินเวอร์เตอร์ และจุดต่อสายสัญญาณเข้าดิจิตอลเอนโคดเดอร์ทุกครั้งก่อนมีการใช้งาน

3.2 เปิดสวิตซ์ หลอดไฟที่สวิตซ์ติด แสดงว่ามีไฟจ่ายให้กับชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว

3.3 ส่วนแสดงแบบเจ็ดส่วนแสดงผลค่าที่ 0000 อยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน

3.4 เลือกโหมดการทำงาน

1) โหมดการทำงานแบบปกติ กด M ตามด้วย 0

2) โหมดการทำงานแบบโปรแกรมล่วงหน้า กด M ตามด้วยโหมดที่ต้องการ

3.5 ป้อนค่าตำแหน่งที่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ หน่วยแสดงผลแสดงค่าที่ป้อน

3.6 กดปุ่ม En ตกลงให้มีการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 หน่วยแสดงผลเริ่มแสดงผลที่ตำแหน่งเริ่มและหยุดที่ตำแหน่งสุดท้าย

3.8 กดปุ่ม Re เพื่อกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น

3.9 เมื่อทำงานเสร็จและต้องการเลิกใช้งานให้กดปุ่ม Clr เพื่อลบข้อมูลทั้งหมดที่ป้อน แล้วปิดสวิตซ์

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานชุดควบคุมการกำหนดตำแหน่งขับเคลื่อนแบบเกลียว สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ดังตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
หลอดไฟที่สวิตซ์ไม่ติด, หน่วยแสดงผลไม่ติด	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง, ฟิวส์, ไม่ได้เปิดสวิตซ์กำลังของเครื่อง
หน่วยแสดงผลไม่แสดงค่าที่ 00000	ไม่ได้ลบข้อมูลก่อนปิดเครื่อง, กดปุ่ม Clr แล้วกดปุ่ม En
หน่วยแสดงผลแสดงค่า EER	ไม่ได้ต่อจุดสายสัญญาณอินเวอร์เตอร์หรือดิจิตอลเอนโคดเดอร์, ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อสายสัญญาณให้อยู่ในสภาวะที่พร้อมใช้งาน
การกำหนดตำแหน่งเกิดการผิดพลาด	การปรับค่าความถี่เริ่มต้นของอินเวอร์เตอร์ไม่ถูกต้อง, ปรับค่าเริ่มให้ถูกต้อง
เกลียวส่งกำลังไม่หมุน	สายพานชำรุด, มอเตอร์ไม่หมุน, ตรวจสอบสายพานให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ และสายไฟฟ้าระบบกำลังที่จ่ายให้อินเวอร์และมอเตอร์ไฟฟ้าให้ถูกต้อง
มอเตอร์หมุนผิดจากที่โปรมแกรมไว้	การต่อสายระบบกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับขั้ว, ต่อสายให้ถูกต้องโดยเรียงจาก A B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ถอดสายสัญญาณหลังจากไม่ใช้งานเวลานานๆ
- เช็ดทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้านุ่ม ห้ามใช้ผ้าที่เปียกน้ำเช็ดขาดเพราะอาจทำเสียกับวงจรไฟฟ้าด้านในได้
- โครงสร้างของเครื่องขับแบบเกลียวต้องมีการใส่จาระบีในส่วนที่มีการเคลื่อนที่เสมอ

5.2 ข้อควรระวัง

- ถอดสายระบบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้อินเวอร์เตอร์เมื่อไม่ใช้งาน
- ในขณะใช้งานห้ามจับโครงสร้างของเครื่องขับแบบเกลียวเด็ดขาด โดยเฉพาะในส่วนที่มีการเคลื่อนที่
- หากมีเหตุขัดข้องในการใช้งาน ต้องการที่จะแก้ไขหรือตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ให้ถอดสายไฟระบบกำลังไฟฟ้าออกก่อนเท่านั้น

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการกำหนดตำแหน่ง	ใช้การถอดสัญญาณที่ได้จากดิจิตอลเอนโคดเดอร์และใช้เกลียวส่งกำลังเป็นขับเคลื่อน ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
ความละเอียดสูงสุด	0.1 มิลลิเมตร
ค่าความผิดพลาด	$\pm$ 0.1 มิลลิเมตร
ส่วนแสดงผล	หน่วยแสดงผลแบบเจ็ดส่วน 8 หลัก
ช่วงระยะทางของการเคลื่อนที่สูงสุด	94 เซนติเมตร
แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระบบควบคุม	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์
แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าระบบกำลังไฟฟ้า	อินเวอร์เตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์
	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ต่อใช้งานแบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34063A

DC-DC CONVERTER CONTROL CIRCUITS

- OUTPUT SWITCH CURRENT IN EXCESS OF 1.5A
- 2% REFERENCE ACCURACY
- LOW QUIESCENT CURRENT: 2.5mA (TYP.)
- OPERATING FROM 3V TO 40V
- FREQUENCY OPERATION TO 100KHz
- ACTIVE CURRENT LIMITING

DIP-8

SO-8

DESCRIPTION

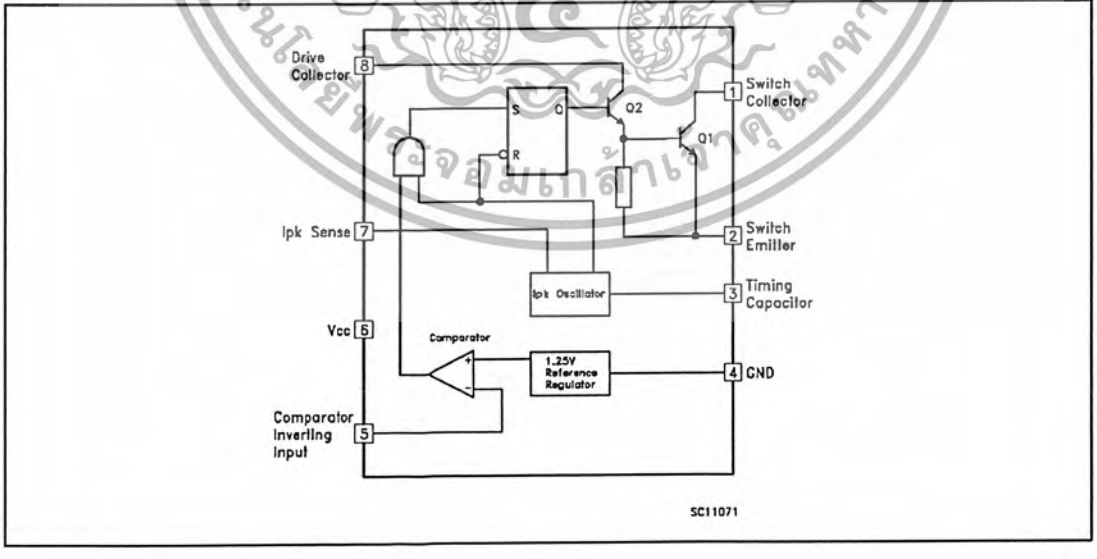
The MC34063A series is a monolithic control circuit delivering the main functions for DC-DC voltage converting.

The device contains an internal temperature compensated reference, comparator, duty cycle controlled oscillator with an active current limit circuit, driver and high current output switch.

Output voltage is adjustable through two external resistors with a 2% reference accuracy.

Employing a minimum number of external components the MC34063A devices series is designed for Step-Down, Step-Up and Voltage-Inverting applications.

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CC}	Power Supply Voltage	50	V
V_{ir}	Comparator Input Voltage Range	-0.3 to 40	V
V_{SWC}	Switch Collector Voltage	40	V
V_{SWE}	Switch Emitter Voltage (VSWC = 40V)	40	V
V_{CE}	Switch Emitter to Collector Voltage	40	V
V_{dc}	Driver Collector Voltage	40	V
I_{dc}	Driver Collector Current	100	mA
I_{SW}	Switch Current	1.5	A
P_{tot}	Power Dissipation at T_{amb} = 25 °C (for Plastic Package) (for SOIC Package)	1.25 0.625	W
T_{op}	Operating Ambient Temperature Range (for AC SERIES) (for AB SERIES)	0 to 70 - 40 to 85	°C °C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 40 to 150	°C

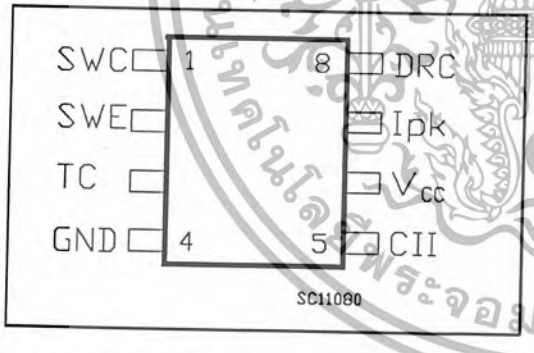
Absolute Maximum Rating are those values beyond which damage to the device may occur.
Functional operation under these condition is not implied.

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP-8	SO-8	Unit
$R_{thj\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient (*)	Max	100	160	°C/W

(*) This value depends from thermal design of PCB on which the device is mounted.

CONNECTION DIAGRAM (top view)



PIN CONNECTIONS

Pin No	Symbol	Name and Function
1	SWC	Switch Collector
2	SWE	Switch Emitter
3	TC	Timing Capacitor
4	GND	Ground
5	CII	Comparator Inverting Input
6	V_{CC}	Voltage Supply
7	I_{pk}	I_{pk} Sense
8	DRC	Voltage Driver Collector

ORDERING NUMBERS

Type	DIP-8	SO-8	SO-8 (tape & reel)
MC34063AB	MC34063ABN	MC34063ABD	MC34063ABD-TR
MC34063AC	MC34063ACN	MC34063ACD	MC34063ACD-TR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the test circuits, V_{CC} = 5V, T_a = T_{LOW} to T_{HIGH}, unless otherwise specified, see note 2)

OSCILLATOR

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
f_{OSC}	Frequency	V_{pin5} = 0 V C_T = 1 nF T_a = 25 °C	24	33	42	KHz
I_{chg}	Charge Current	V_{CC} = 5 to 40 V T_a = 25 °C	24	33	42	µA
I_{dischg}	Discharge Current	V_{CC} = 5 to 40 V T_a = 25 °C	140	200	260	µA
I_{dischg}/I_{chg}	Discharge to Charge Current Ratio	Pin 7 = V_{CC} T_a = 25 °C	5.2	6.2	7.5	
$V_{ipk(sense)}$	Current Limit Sense Voltage	I_{chg} = I_{dischg} T_a = 25 °C	250	300	350	mV

OUTPUT SWITCH

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{CE(sat)}$	Saturation Voltage, Darlington Connection	I_{SW} = 1 A Pins 1, 8 connected		1	1.3	V
$V_{CE(sat)}$	Saturation Voltage	I_{SW} = 1 A R_{pin8} = 82 Ω to V_{CC}, Forced β ~ 20		0.45	0.7	V
h_{FE}	DC Current Gain	I_{SW} = 1 A V_{CE} = 5 V T_a = 25 °C	50	120		
$I_{C(off)}$	Collector Off-State Current	V_{CE} = 40 V		0.01	100	µA

COMPARATOR

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{th}	Threshold Voltage	T_a = 25 °C T_a = T_{LOW} to T_{HIGH}	1.225 1.21	1.25	1.275 1.29	V V
Reg_{line}	Threshold Voltage Line Regulation	V_{CC} = 3 to 40 V		1	5	mV
I_{IB}	Input Bias Current	V_{IN} = 0 V		-5	-400	nA

TOTAL DEVICE

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = 5 to 40 V C_T = 1 nF Pin 7 = V_{CC} V_{pin5} > V_{th} Pin 2 = GND Remaining pins open		2.5	4	mA

NOTES:

1) Maximum package power dissipation limit must be observed.

2) T_{LOW} = 0 °C, T_{HIGH} = 70 °C (AC series); T_{LOW} = -40 °C, T_{HIGH} = 85 °C (AB series).

3) If Darlington configuration is not used, care must be taken to avoid deep saturation of output switch. The resulting switch-off time may be adversely affected. In a Darlington configuration the following output driver condition is suggested:

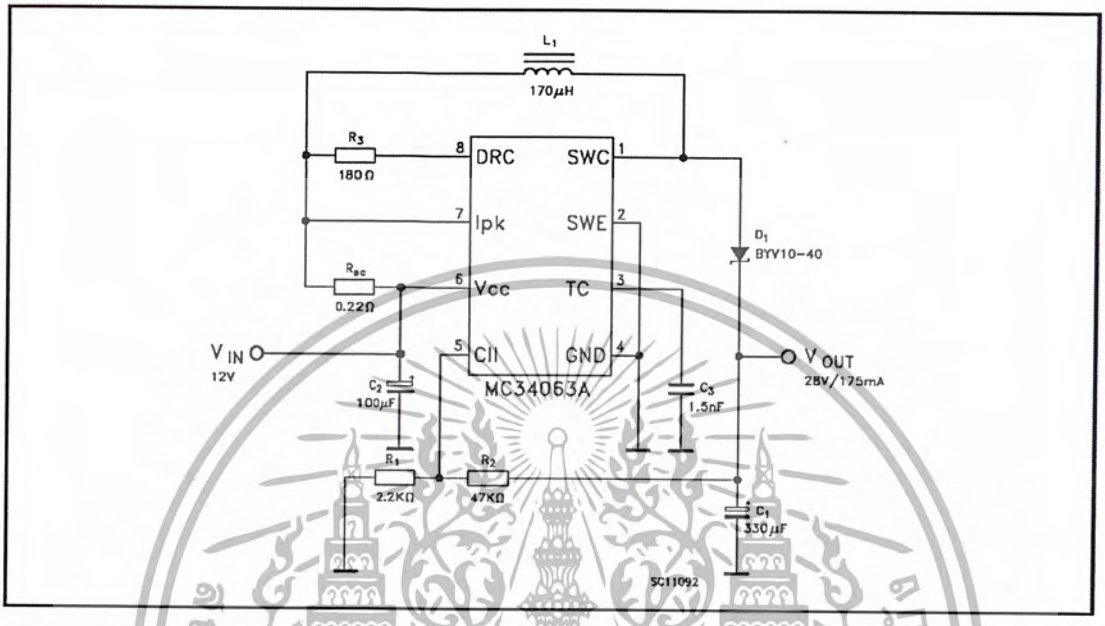
Forced β of output current switch = $I_{COUTPUT}/(I_{CDRIVER}$ - 1mA*) ≥ 10

* Current less due to a built in 1KΩ antileakage resistor.

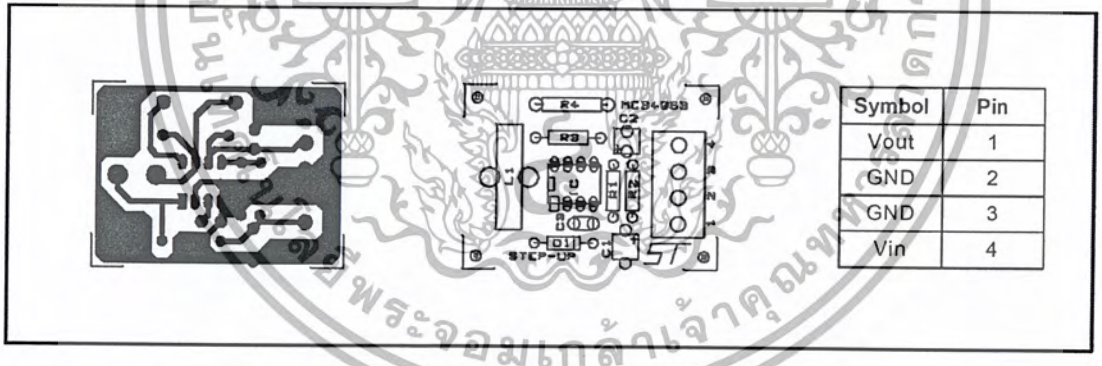
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL APPLICATION CIRCUIT

Step-Up Converter



Printed Demoboard



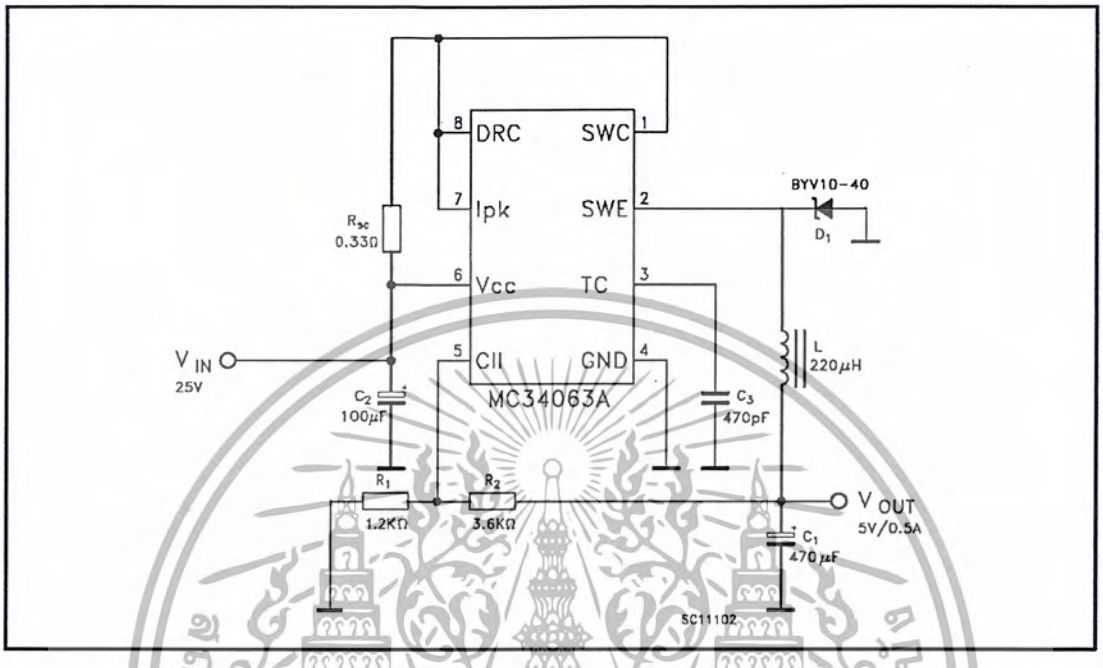
Symbol	Pin
Vout	1
GND	2
GND	3
Vin	4

Test Condition (V_{OUT} = 28V)

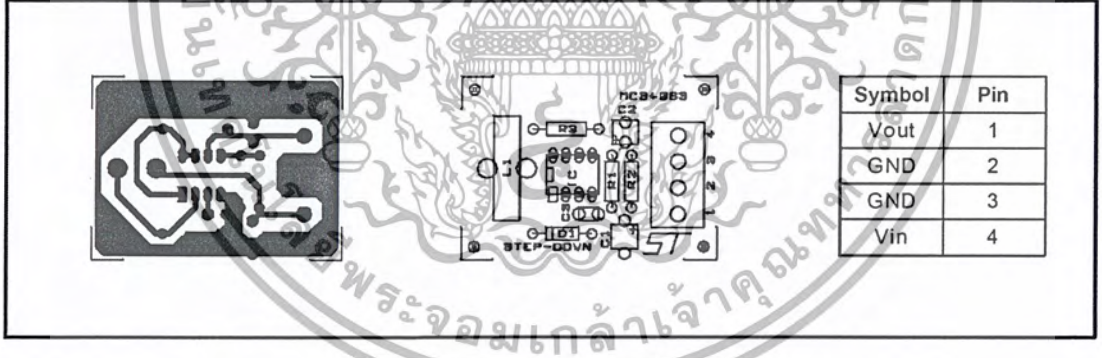
Test	Conditions	Value (Typ.)	Unit
Line Regulation	V_{IN} = 8 to 16V, I_O = 175 mA	30	mV
Load Regulation	V_{IN} = 12V, I_O = 75 to 175 mA	10	mV
Output Ripple	V_{IN} = 12V, I_O = 175 mA	300	mV
Efficency	V_{IN} = 12V, I_O = 175 mA	89	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step-Down Converter



Printed Demoboard



Symbol	Pin
Vout	1
GND	2
GND	3
Vin	4

Test Condition (V_{OUT} = 5V)

Test	Conditions	Value (Typ.)	Unit
Line Regulation	V_{IN} = 15 to 25V, I_O = 500 mA	5	mV
Load Regulation	V_{IN} = 25V, I_O = 50 to 500 mA	30	mV
Output Ripple	V_{IN} = 25V, I_O = 500 mA	100	mV
Efficency	V_{IN} = 25V, I_O = 500 mA	80	%
I_{SC}	V_{IN} = 25V, R_{LOAD} = 0.1Ω	1.2	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

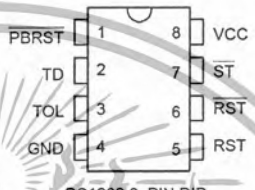
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1232
MicroMonitor Chip

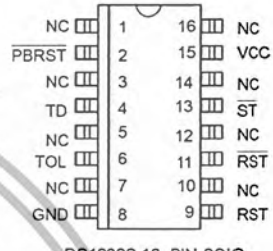
FEATURES

- Halts and restarts an out–of–control microprocessor
- Holds microprocessor in check during power transients
- Automatically restarts microprocessor after power failure
- Monitors pushbutton for external override
- Accurate 5% or 10% microprocessor power supply monitoring
- Eliminates the need for discrete components
- Space–saving, 8–pin mini–DIP
- Optional 16–pin SOIC surface mount package
- Industrial temperature –40°C to +85°C available, designated N

PIN ASSIGNMENT



DS1232 8–PIN DIP
(300 MIL)
See Mech. Drawings Section



DS1232S 16–PIN SOIC
(300 MIL)
See Mech. Drawings Section

PIN DESCRIPTION

PBRST	–	Pushbutton Reset Input
TD	–	Time Delay Set
TOL	–	Selects 5% or 10% V_{CC} Detect
GND	–	Ground
RST	–	Reset Output (Active High)
$\overline{RST}$	–	Reset Output (Active Low, open drain)
$\overline{ST}$	–	Strobe Input
V_{CC}	–	+5 Volt Power
NC	–	No Connections

DESCRIPTION

The DS1232 MicroMonitor Chip monitors three vital conditions for a microprocessor: power supply, software execution, and external override. First, a precision temperature–compensated reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC}. When an out–of–tolerance condition occurs, an internal power fail signal is generated which forces reset to the active state. When V_{CC} returns to an in–tolerance condition, the reset signals are kept in the active state for a minimum of 250 ms to allow the power supply and processor to stabilize.

The second function the DS1232 performs is pushbutton reset control. The DS1232 debounces the pushbutton input and guarantees an active reset pulse width of 250 ms minimum. The third function is a watchdog timer. The DS1232 has an internal timer that forces the reset signals to the active state if the strobe input is not driven low prior to time–out. The watchdog timer function can be set to operate on time–out settings of approximately 150 ms, 600 ms, and 1.2 seconds.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION – POWER MONITOR

The DS1232 detects out–of–tolerance power supply conditions and warns a processor–based system of impending power failure. When V_{CC} falls below a preset level as defined by TOL (Pin 3), the V_{CC} comparator outputs the signals RST (Pin 5) and $\overline{RST}$ (Pin 6). When TOL is connected to ground, the RST and $\overline{RST}$ signals become active as V_{CC} falls below 4.75 volts. When TOL is connected to V_{CC}, the RST and $\overline{RST}$ signals become active as V_{CC} falls below 4.5 volts. The RST and $\overline{RST}$ are excellent control signals for a microprocessor, as processing is stopped at the last possible moments of valid V_{CC}. On power–up, RST and $\overline{RST}$ are kept active for a minimum of 250 ms to allow the power supply and processor to stabilize.

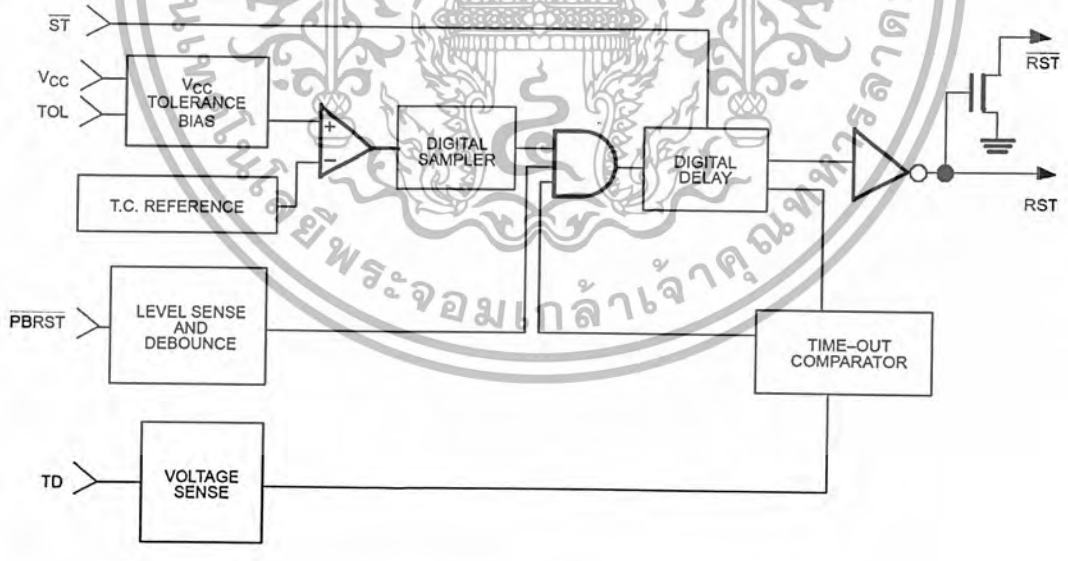
OPERATION – PUSHBUTTON RESET

The DS1232 provides an input pin for direct connection to a pushbutton (Figure 2). The pushbutton reset input requires an active low signal. Internally, this input is debounced and timed such that RST and $\overline{RST}$ signals of at least 250 ms minimum are generated. The 250 ms delay starts as the pushbutton reset input is released from low level.

OPERATION – WATCHDOG TIMER

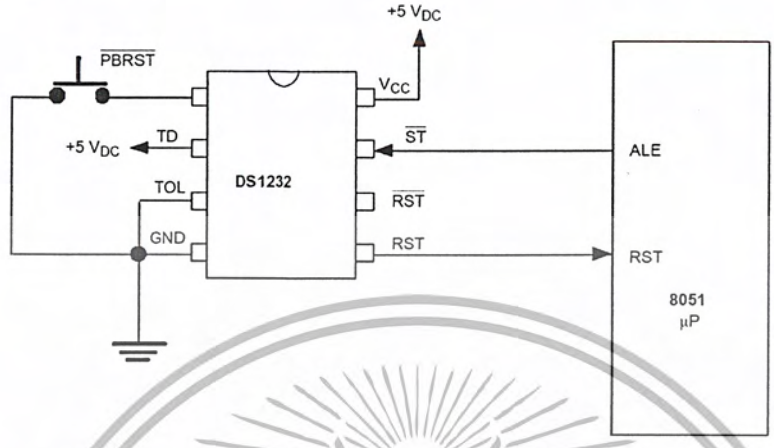
A watchdog timer function forces RST and $\overline{RST}$ signals to the active state when the $\overline{ST}$ input is not stimulated for a predetermined time period. The time period is set by the TD input to be typically 150 ms with TD connected to ground, 600 ms with TD left unconnected, and 1.2 seconds with TD connected to V_{CC}. The watchdog timer starts timing out from the set time period as soon as RST and $\overline{RST}$ are inactive. If a high–to–low transition occurs on the $\overline{ST}$ input pin prior to time–out, the watchdog timer is reset and begins to time–out again. If the watchdog timer is allowed to time-out, then the RST and $\overline{RST}$ signals are driven to the active state for 250 ms minimum. The $\overline{ST}$ input can be derived from microprocessor address signals, data signals, and/or control signals. When the microprocessor is functioning normally, these signals would, as a matter of routine, cause the watchdog to be reset prior to time–out. To guarantee that the watchdog timer does not time–out, a high–to–low transition must occur at or less than the minimum shown in Table 1. A typical circuit example is shown in Figure 3.

MICROMONITOR BLOCK DIAGRAM Figure 1

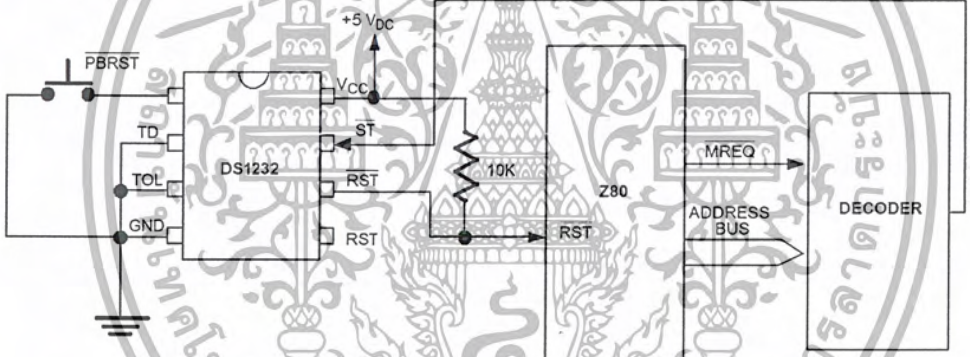


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSHBUTTON RESET Figure 2

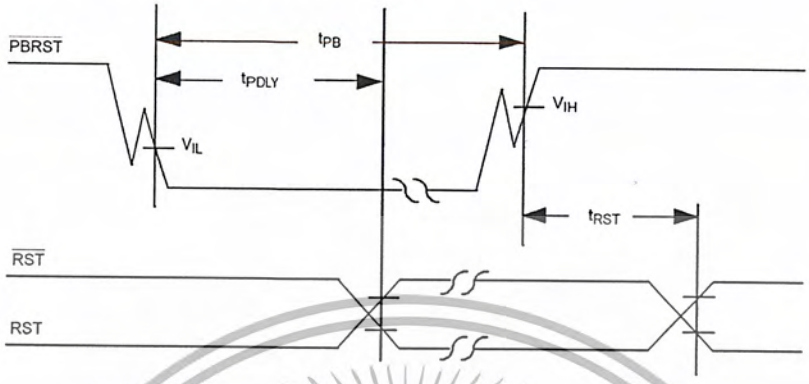


WATCHDOG TIMER Figure 3

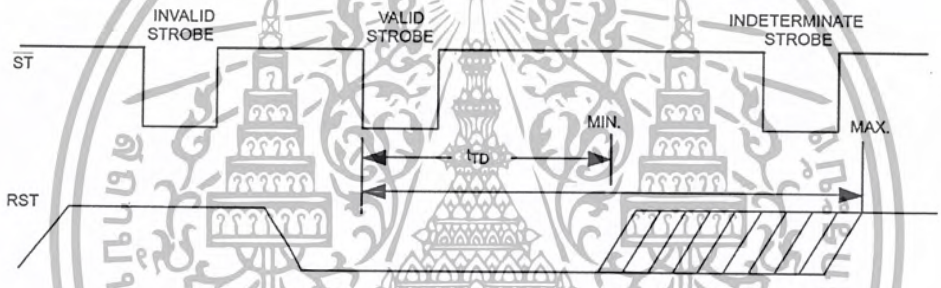


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAM: PUSHBUTTON RESET Figure 4



TIMING DIAGRAM: STROBE INPUT Figure 5

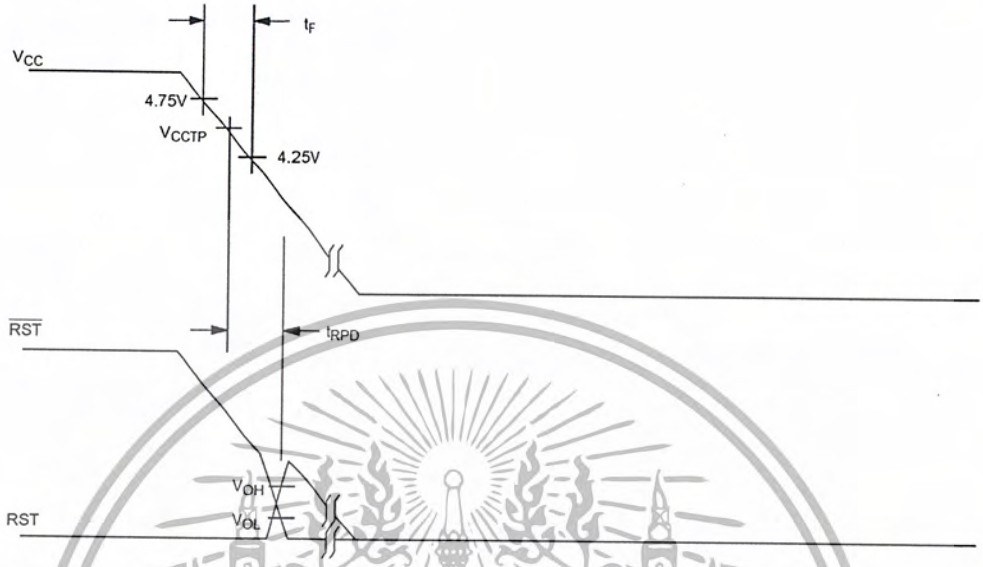


WATCHDOG TIMEOUTS Table 1

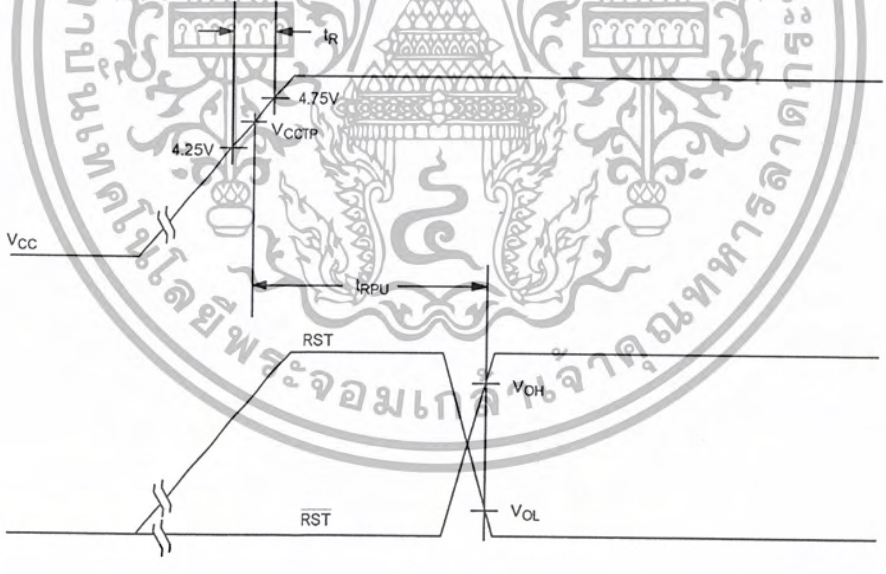
TD PIN	TIME-OUT		
	MIN	TYP	MAX
GND	62.5 ms	150 ms	250 ms
Float	250 ms	600 ms	1000 ms
V_{CC}	500 ms	1200 ms	2000 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAM: POWER DOWN Figure 6



TIMING DIAGRAM: POWER UP Figure 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on V_{CC} Pin Relative to Ground	–0.5V to +7.0V
Voltage on I/O Relative to Ground	–0.5V to V_{CC} + 0.5V
Operating Temperature	0°C to 70°C
Operating Temperature (Industrial Version)	–40°C to +85°C
Storage Temperature	–55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(0°C to 70°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
$\overline{ST}$ and $\overline{PBRST}$ Input High Level	V_{IH}	2.0		V_{CC}+0.3	V	1
$\overline{ST}$ and $\overline{PBRST}$ Input Low Level	V_{IL}	–0.3		+0.8	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC} = 4.5 to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I_{IL}	–1.0		+1.0	µA	3
Output Current @ 2.4V	I_{OH}	–8	–10		mA	5
Output Current @ 0.4V	I_{OL}	8	10		mA	
Low Level @ RST	V_{OL}			0.4	V	1
Output Voltage @ –500 µA	V_{OH}	V_{CC}–0.5V	V_{CC}–0.1V		V	1, 7
Operating Current	I_{CC}		0.5	2.0	mA	2
V_{CC} Trip Point (TOL = GND)	V_{CCTP}	4.50	4.62	4.74	V	1
V_{CC} Trip Point (TOL = V_{CC})	V_{CCTP}	4.25	4.37	4.49	V	1

CAPACITANCE

(t_A = 25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_{IN}			5	pF	
Output Capacitance	C_{OUT}			7	pF	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC} = 5V ± 10%)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
$\overline{PBRST}$ = V_{IL}	t_{PB}	20			ms	
RESET Active Time	t_{RST}	250	610	1000	ms	
$\overline{ST}$ Pulse Width	t_{ST}	20			ns	6, 8
V_{CC} Fail Detect to RST and $\overline{RST}$	t_{RPD}		100	175	µs	
V_{CC} Slew Rate 4.75V to 4.25V	t_F	300			µs	
V_{CC} Detect to RST and $\overline{RST}$ Transition	t_{RPU}	250	610	1000	ms	4
V_{CC} Slew Rate 4.25V to 4.75V	t_R	0	5		µs	
$\overline{PBRST}$ Stable Low to RST and $\overline{RST}$	t_{PDLY}			20	ms	

NOTES:

1. All voltages referenced to ground.
2. Measured with outputs open.
3. $\overline{PBRST}$ is internally pulled up to V_{CC} with an internal impedance of 10K typical.
4. t_R = 5 µs.
5. $\overline{RST}$ is an open drain output.
6. Must not exceed t_{TD} minimum. See Table 1.
7. RST remains within 0.5V of V_{CC} on power–down until V_{CC} drops below 2.0V. $\overline{RST}$ remains within 0.5V of GND on power–down until V_{CC} drops below 2.0V.
8. Watchdog can not be disabled. It must be strobed to avoid resets.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอนุชิต แผนทอง
วัน เดือน ปีเกิด	23 พฤศจิกายน 2523
ภูมิลำเนาเดิม	125/1 หมู่ 7 ตำบลที่วัง อำเภอทุ่งสง จังหวัด นครศรีธรรมราช 80110 โทรศัพท์ 0-9064-3695
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดธรรมเผ็ดจ จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	เรียนรู้ในสิ่งเป็น เป็นในสิ่งที่เลือก เลือกในสิ่งที่คิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายธีรพล สอนงาม

วัน เดือน ปีเกิด 7 มกราคม 2522

ภูมิลำเนาเดิม 79 หมู่ 3 ตำบลขอนแตก อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ 32150 โทรศัพท์ 0-6664-4841

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านโตงน้อย จังหวัดสุรินทร์

มัธยมศึกษาตอนต้น ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน จังหวัดสุรินทร์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนเบญจเทคโนสุรินทร์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

ปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ผลงานที่ได้รับรางวัล รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 การแข่งขันการควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ปีการศึกษา 2543

ทุนการศึกษา ทุนนักเรียนดีเด่น ปีการศึกษา 2541และปีการศึกษา 2542

คติพจน์ ความหวัง คือ สิ่งสุดท้ายที่จะดับลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายยิ่งยศ นพเกตุ
วัน เดือน ปีเกิด	8 สิงหาคม 2524
ภูมิลำเนาเดิม	3/2 หมู่ 1 ตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง 21120 โทรศัพท์ 0-3864-1418
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเกาะ จังหวัดระยอง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านค่าย จังหวัดระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทุกอย่างในโลกนี้ ย่อมเป็นไปได้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้