สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดควบคุมแกนตรี

GANTRY CONTROLLER UNIT

โดย

นายวิชัย ทองสาย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73187
วัน,เดือน,ปี 10 ก.ค. 2550

.b 11781758
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมแกนตรี

GANTRY CONTROLLER UNIT

โดย

นายวิชัย ทองสาย รหัส 45010709

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดควบคุมแกนตรี

ผู้จัดทำ

นายวิชัย ทองสาย รหัส 45010709

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมแกนตรี

นายวิชัย ทองสาย รหัส 45010709
รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการจัดทำหน่วยควบคุมมอเตอร์ของแกนตรี(Gantry) ของเครื่องเอ็กซเรย์ เนื่องจากต้องการควบคุมการหมุนของของมอเตอร์ ให้สอดคล้องกับการฉายรังสี X และหน่วยรับภาพเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลภาพในงานด้านอื่นๆต่อไป หน่วยควบคุมมอเตอร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางในการควบคุม และรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ซึ่งมีซอฟแวร์เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้เพื่อสั่งงาน ในส่วนของภาคกำลังที่ใช้ขับมอเตอร์ ได้ใช้ อุปกรณ์ไธริสเตอร์ประเภท เอส ซี อาร์ ต่อเป็นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวแบบครึ่งคลื่นชนิดควบคุมเฟส มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงพิกัดสูง มีระบบเซอร์โว ใช้เอ็นโคดเดอร์แบบสองเฟสรับค่าตำแหน่งและความเร็วเพื่อส่งกลับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล และปรับการควบคุมเฟสของ เอส ซี อาร์ ให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วและ ตำแหน่งตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GANTRY CONTROLLER UNIT

Mr.Wichai Tongsai ID.45010709

Assoc. Prof. Dr. Manas Sangworasilp Advisor

Education year 2005

Abstract

This project is the creation of gantry's motor controller unit for using in CT (Computer Tomography) system. To do this purpose the controller unit must control and rotate the motor with synchronizes to X-ray source and detector process in order to receive projection data and finally the computer is used to reconstruct the data. The images output could apply in many applications. The microcontroller is the main of the circuit which compute data and send output to control the motor. The microcontroller receive command and parameter from the computer that has the software interface with user to command hardware. The power section of this project uses the high power thyristor as SCR which construct in the "single-phase half-wave rectifiered phase-controlled converter" circuit.The motor specification is direct current with high rating. The system has the servo part that using two phase encoder to receive the position and speed data and feedback to the microcontroller which finally would compute and adjust phase of the SCR in the power circuit to control the motor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายฝ่ายขอ ขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ ที่ได้ให้แนวทางและสถานที่ในการทำงาน ขอบพระคุณพี่นพรัตน์ ที่สนับสนุนด้านการเงินและอุปกรณ์ในการทำโครงงาน ขอบพระคุณพี่ ธีรศักดิ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีอุปการะทุกท่าน

.....

(นายวิชัย ทองสาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่นแบบควบคุมเฟส	2
2.2 การควบคุมความเร็ว	4
2.3 ระบบควบคุม	5
2.3.1 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน	5
2.3.2 ระบบควบคุมแบบปริพันธ์	6
2.3.3 ระบบควบคุมแบบ PI	8
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	10
3.1 การทำงานของวงจรควบคุมการหมุนมอเตอร์ของแกนตรี	10
3.2 หน้าที่และการทำงานในแต่ละส่วน	11
3.2.1 คอมพิวเตอร์	11
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	13
3.2.3 Main program	13
3.2.3.1 External interrupt 0,1	16
3.2.3.2 Timer 2 interrupt	16
3.2.3.3 Serial interrupt	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.3.4 Timer 0 interrupt	18
3.2.4 SCR's gate driver	18
3.2.5 Zero Crossing	19
3.2.6 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวแบบครึ่งคลื่น ชนิดควบคุมเฟส (Power circuit)	20
3.2.7 Encoder	21
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	22
4.1 สัญญาณเอาท์พุทจาก Opto Isolator	22
4.2 สัญญาณเอาท์พุทของวงจร SCR's gate driver	23
4.3 ระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) ขณะที่ไม่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ	24
4.4 วงจร ZeroCrossing	26
4.5 ระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) ขณะที่มีการควบคุมแบบปิด	27
4.5.1 ใช้การควบคุมแบบสัดส่วน	27
4.5.2 ใช้การควบคุมแบบปริพันธ์	27
4.5.3 ใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (PI Control)	28
4.6 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากเอ็นโคดเดอร์	28
4.7 สัญญาณจุดชนวนเกตของ เอส ซี อาร์	30
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	32
5.1สรุปผลการทดลอง	32
5.2 วิจารณ์การทดลอง	33
ภาคผนวก	34
กิตติกรรมประกาศ	41
หนังสืออ้างอิง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่นแบบควบคุมเฟส โหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ	2
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมความเร็ว	4
รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบสัดส่วน	5
รูปที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ P	6
รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปริพันธ์	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ integral control	7
รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ I	8
รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ PI	8
รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบ PI	9
รูปที่ 3.1 Gantry's motor controller Block Diagram	10
รูปที่ 3.2 แสดงชุดข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์	11
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	13
รูปที่ 3.4 แสดงโฟลวชาร์ตของโปรแกรมหลัก	15
รูปที่ 3.5 แสดง Flow chart ของ External interrupt 0, 1	16
รูปที่ 3.6 แสดงโฟลวชาร์ตของ Timer 2 interrupt	17
รูปที่ 3.7 แสดงโฟลวชาร์ตของ Serial interrupt	17
รูปที่ 3.8 แสดงโฟลวชาร์ตของ Timer 0 interrupt	18
รูปที่ 3.9 แสดงวงจร SCR's gate driver	19
รูปที่ 3.10 แสดงวงจร ZeroCrossing	19
รูปที่ 3.11 แสดงทิศทางการไหลของกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา	20
รูปที่ 3.12 แสดงทิศทางการไหลของกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา	20
รูปที่ 3.13 แสดงค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลด	21
รูปที่ 3.14 แสดงภาพเอนโค้ดเดอร์ที่ติดตั้งบนแกนตรี	21
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถูกส่งผ่านโดย Opto Isolator	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 (ก) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา 22
4.1 (ข) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในงานด้านการควบคุม โครงงานนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาอุปกรณ์สำหรับเครื่องเอ็กซเรย์ซีที ในส่วนควบคุมแกนตรีโดยใช้ไมโครโครคอนโทรลเลอร์ และสามารถติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ โดยใช้งบประมาณในการสร้างที่ไม่สูงมาก

1.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน

1.เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุปกรณ์กำลัง

2.เพื่อสร้างอุปกรณ์เพื่อควบคุมการหมุนมอเตอร์ของแกนตรี

3.เพื่อนำความรู้ด้านการควบคุมแบบสัดส่วนและแบบปริพันธ์มาใช้ในการควบคุมมอเตอร์แบบป้อนกลับ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.สามารถควบคุมแกนตรีให้หมุนด้วยความเร็วคงที่ได้

2.สามารถควบคุมตำแหน่งให้แกนตรีหมุนไปยังองศาที่ต้องการได้แบบต่อเนื่อง

3.สามารถควบคุมมอเตอร์พิกัดสูงได้ประมาณ 2000 วัตต์ ที่มากกว่า 100 โวลท์ ขึ้นไป

4.สามารถควบคุมแกนตรีให้หมุนในทิศตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาได้

5.สามารถสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์ได้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อควบคุมเครื่องเอ็กซ์เรย์ซีทีที่ใช้แกนตรีเป็นตัวหมุน

2.นำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมมอเตอร์ในงานอุตสาหกรรม

3.สามารถนำความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมอุปกรณ์กำลังได้

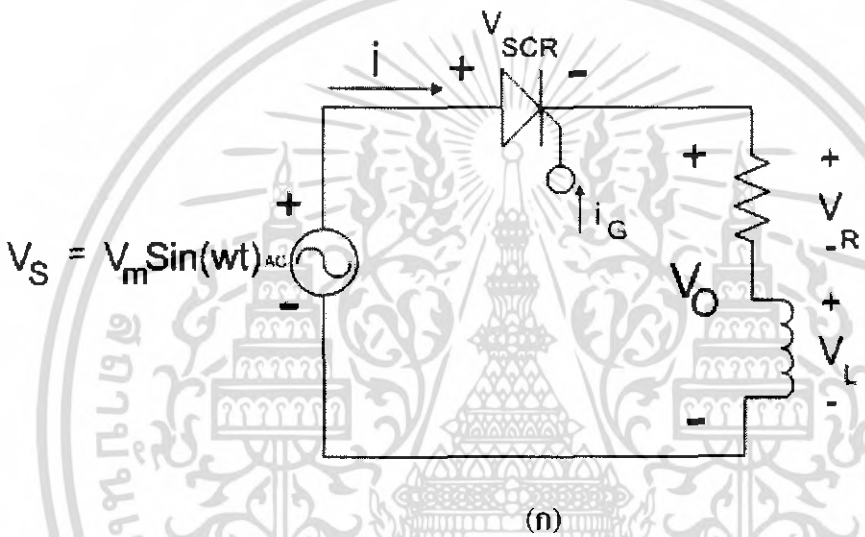
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี

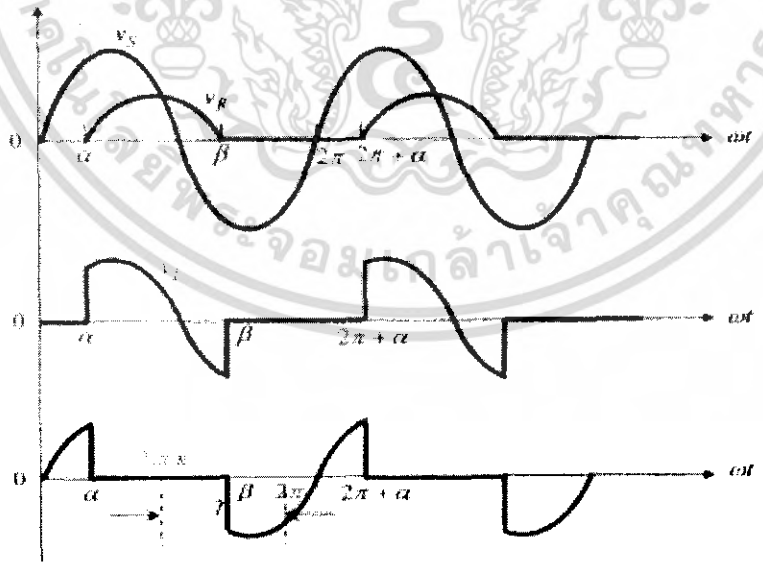
วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง โดยต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีความเป็นกระแสตรงมากที่สุด

วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวมีวัตถุประสงค์ เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวมักจะใช้กับโหลดที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่มากเกินไป

2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่นแบบควบคุมเฟส



(ก)



(ข)

รูปที่2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่นแบบควบคุมเฟสโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่นแบบควบคุมเฟส ที่มีโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์วงจรที่ใช้มอเตอร์เป็นภาระได้ สามารถกำหนดมุมเริ่มนำกระแสได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการป้อนสัญญาณที่ขาเกตของเอสซีอาร์ โดยจะมีเงื่อนไขสำหรับการควบคุมไธริสเตอร์ให้นำกระแสไฟฟ้าคือ

1. ไธริสเตอร์จะต้องได้รับการไบอัสไปข้างหน้า หรือ $V_A > 0$ และ
2. ต้องมีกระแสเกตจ่ายให้ไธริสเตอร์

ไธริสเตอร์จะเริ่มนำกระแสไฟฟ้าเมื่อมีกระแสเกตเกิดขึ้นโดยมีเฟส หรือมุมหน่วงนำกระแสไฟฟ้า(delay angle,α) เมื่อไธริสเตอร์นำกระแสไฟฟ้ากระแสเกตก็ไม่จำเป็นต้องมี และไธริสเดอร์จะยังคงนำกระแสต่อไปจนกระทั่งกระแสแอโนดเป็นศูนย์

แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกจะแปรตามมุมหน่วงนำกระแสไฟฟ้า (เรเดียน) ในกรณีต่อโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกจะแสดงดังในสมการที่ (2)

$$V_o = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} V_m \sin(\omega t)\, d(\omega t) \qquad \text{.....(1)}$$

$$V_o = \frac{V_m}{2\pi}[\cos\alpha - \cos\beta] \qquad \text{.....(2)}$$

ค่ารากของกำลังเฉลี่ยของแรงดันโหลดจะเท่ากับ

$$V_{o,rms} = \left\{ \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} V_o^2(\omega t)\, d(\omega t) \right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \text{.....(3)}$$

สมการกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเท่ากับ

$$i(\omega t) = \left(\frac{V_m}{Z}\right)\left[\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta)e^{\frac{(\alpha - \omega t)}{\omega\pi}}\right] \text{ สำหรับ } \alpha \le \omega t \le \beta \text{ ..(4)}$$

ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยไหลในวงจรจะมีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} i(\omega t)\, d(\omega t) \qquad \text{.....(5)}$$

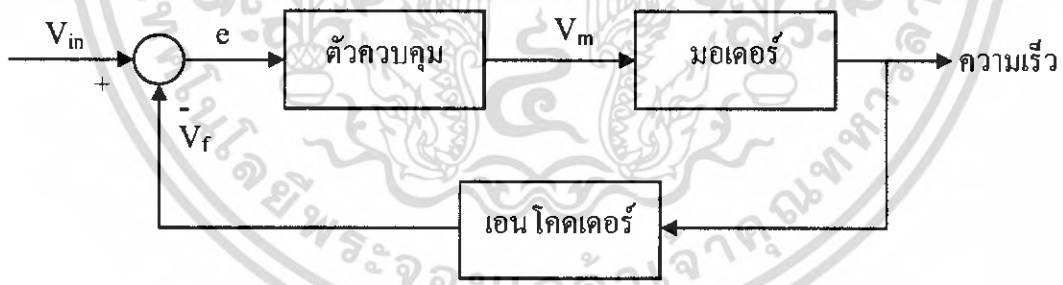
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าจะหาได้จาก

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\beta} i^2(\omega t)d(\omega t)} \qquad .....(6)$$

2.2 การควบคุมความเร็ว

ระบบการควบคุมความเร็วสามารถจะกำหนดความเร็วให้คงที่หรือสามารถเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ ระบบนี้มีหลักการอยู่บนพื้นฐานของการป้อนกลับเพื่อให้ได้ความเร็วที่มีความเที่ยงตรงสูง หลักการทำงานของระบบนี้ โดยการรับสัญญาณความเร็วจากเอาท์พุทของเอนโคดเดอร์ของเพลามอเตอร์ซึ่งมีอยู่แล้วในระบบเพื่อใช้วัดตำแหน่งของโหลด เอนโคดเดอร์จะสร้างสัญญาณที่มีความถี่เป็นสัดส่วนกับความเร็วรอบของมอเตอร์แล้วป้อนกลับมายังตัวควบคุมความเร็วเพื่อเปรียบเทียบกับระดับความเร็วที่ต้องการ ความแตกต่างของค่าทั้งสองจะอยู่ในเทอมเออร์เรอร์ของความเร็วซึ่งจะได้รับการขยายและป้อนให้กับมอเตอร์เพื่อแก้ไขความเร็วให้มีค่าถูกต้อง คือมีค่าความเบี่ยงเบนของความเร็วเป็นศูนย์หรือพยายามให้สอดคล้องกับการควบคุมมากที่สุด โดยในโครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมความเร็วรวมถึงควบคุมมุมเฟสในการนำกระแสของเอสซีอาร์ โดยจะส่งสัญญาณ จุดชนวนไปที่ขาเกตของเอสซีอาร์ เพื่อให้เอสซีอาร์ทำงาน ระบบควบคุมความเร็วสามารถจะตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมเพื่อบังคับให้ความเร็วคงที่ หรือให้ความเร็วแปรค่าไปได้ ซึ่งการแปรไปของคำสั่งควบคุมนั้นต้องอยู่ในความสามารถของระบบที่จะทำได้



รูปที่ 2.2 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุมความเร็ว

เมื่อ V_{in} = สัญญาณควบคุมอินพุท

V_m = แรงดันที่ต้องการ

V_f = แรงดันป้อนกลับ

e = สัญญาณเออร์เรอร์ = $(V_{in} - V_f)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบควบคุม

ตัวควบคุม เป็นส่วนประกอบหนึ่งในระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งจะมีสัญญาณความผิดพลาดเป็นอินพุทและมีเอาท์พุทเป็นอินพุทของ corrective element ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทของตัวควบคุม เรานิยมเรียก กฎการควบคุม โดยจะมี 3 รูปแบบ คือ

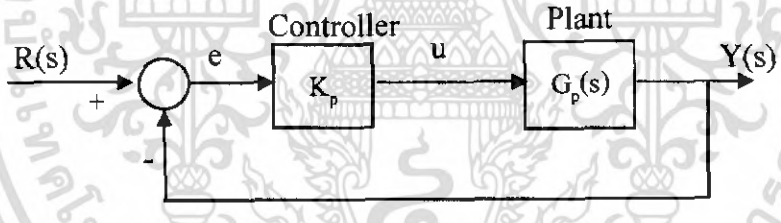
1.ระบบควบคุมแบบสัดส่วน(ProportionalControl)

2.ระบบควบคุมแบบปริพันธ์(IntegralControl)

3.การควบคุมแบบอนุพันธ์(DerivativeControl)

ในระบบบางประเภท เรามีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงสมรรถนะของระบบควบคุม ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมเข้ากับระบบควบคุม การที่เราปรับเปลี่ยนสมรรถนะของระบบควบคุมป้อนกลับแบบนี้เราเรียกว่า การชดเชย

2.3.1 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน



รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบสัดส่วน

เอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัดส่วนกับอินพุทของคอนโทรลเลอร์ และถ้าเรากำหนดสัญญาณอินพุทที่ให้กับคอนโทรลเลอร์เป็น ค่าความผิดพลาด(e) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา เราจะได้

$$\text{Output} = K_p e$$

เมื่อ K_p เป็นค่าคงที่เรียก proportional gain

R(s) คือ อินพุท

Y(s) คือ เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Controller คือ ตัวควบคุม

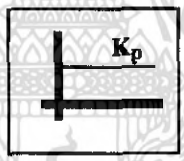
Plant คือ ระบบที่ถูกควบคุม

u คือ สัญญาณควบคุม

จะพบว่าเอาท์พุทที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ แบบ Proportional control จะขึ้นกับขนาดของความผิดพลาดในขณะที่เรากำลังพิจารณา ทำให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของ Controller $G_c(s)$ จะมีค่าเป็น

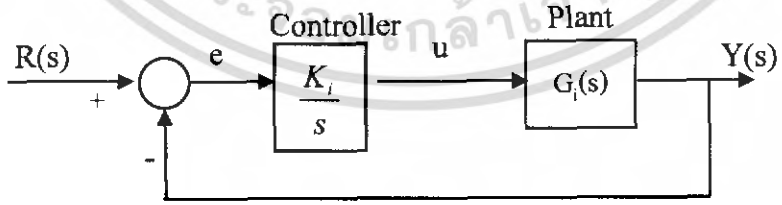
$$G_c(s) = K_p$$

การควบคุมแบบ Proportional Control มีข้อดีคือ ตัวควบคุมจะให้เอาท์พุทที่จะส่งไปควบคุมตัวที่ถูกควบคุมแบบทันทีทันใด เมื่อมีค่าของอินพุทเข้ามา ซึ่งหมายความว่า ระบบจะทำงานตามอินพุทได้เร็วมากขึ้น และขนาดของเอาท์พุทของตัวควบคุมจะมีค่าเป็นสัดส่วนกับอินพุทของตัวควบคุมในทางปฏิบัติจึงมักเขียนสัญลักษณ์แทนตัวควบคุมประเภทนี้ดังแสดงในรูปที่ 2.4 อย่างไรก็ตามระบบควบคุมแบบ P ก็มีข้อเสีย คือ ค่าผิดพลาด ที่เกิดขึ้นเมื่อระบบหยุดการเปลี่ยนแปลงแล้ว



รูปที่2.4 แสดงสัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ P

2.3.2 ระบบควบคุมแบบปริพันธ์



รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปริพันธ์

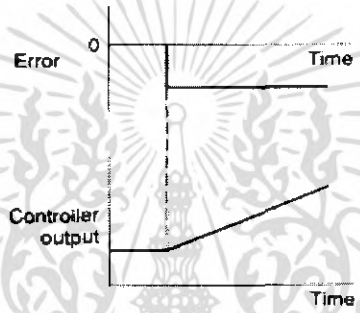
ในระบบควบคุมแบบปริพันธ์เอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัดส่วนกับปริพันธ์ของสัญญาณผิดพลาดเทียบกับเวลา หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$output = K_i \int_0^t edt$$

เมื่อ K_i เป็นค่าคงที่เรียกว่า integral gain ซึ่งจะมีหน่วยเป็น 1/sec

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการตอบสนองของ integral control เมื่อได้รับสัญญาณความผิดพลาดแบบ step ค่าปริพันธ์ระหว่างเวลา t และ 0 จะหมายถึงพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณความผิดพลาดจากเวลา 0 ถึง t ดังนั้นเมื่อเริ่มมีสัญญาณความผิดพลาดแบบ step เอาท์พุทที่ออกจากคอนโทรลเลอร์จะมีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยอัตราที่คงที่ ทำให้เอาท์พุทที่เวลาใดๆจะเป็นสัดส่วนกับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น



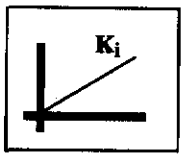
รูปที่2.6 ลักษณะการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ integral control

ทำให้เราได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของคอนโทรลเลอร์เป็น

$$G_c(s) = \frac{output(s)}{e(s)} = K_i(s)$$

การควบคุมแบบ Integral Control นั้นมีข้อดีคือราบใดที่ยังมีความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทที่ต้องการกับค่าอินพุท ตัวควบคุมแบบ I จะพยายามปรับระบบไม่ให้มีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น แต่ข้อเสียของการควบคุมแบบ Integral Control คือ ทำให้ระบบตอบสนองต่อความต้องการช้า เพราะเมื่อมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นแทนที่เอาท์พุทของตัวควบคุมจะเปลี่ยนแบบทันทีเพื่อไปกระตุ้นให้ระบบที่ถูกควบคุมเปลี่ยน Y(s) ให้ตาม R(s) อย่างรวดเร็ว แต่เอาท์พุทของตัวควบคุมกลับค่อยๆเพิ่มขึ้นตามความจำกัดของระยะเวลาในการอินทิเกรตของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

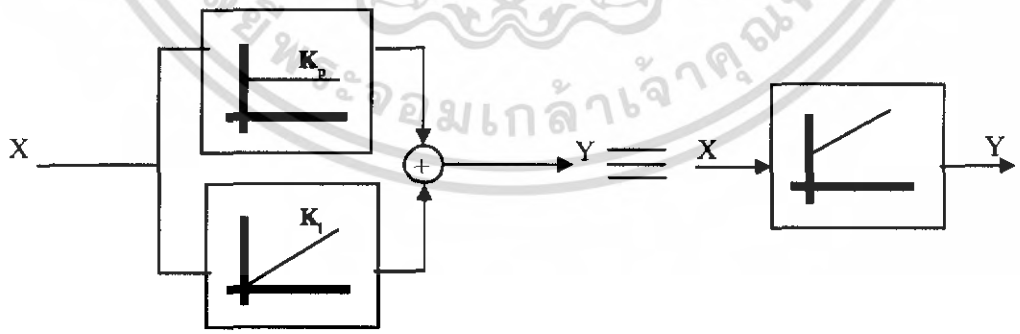


รูปที่2.7 แสดงสัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ I

สำหรับการควบคุมมอเตอร์ของแกนตรีนั้น เนื่องจากโหลดของมอเตอร์ซึ่งก็คือ X-ray source และ detector ซึ่งติดอยู่กับแกนหมุนนั้นมีผลต่อความเร็วรอบการหมุนของแกนตรี โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งของโหลดทั้งสอง(ตามองศาต่างๆ)ซึ่งมีค่าไม่คงที่ ในขณะที่โหลดเคลื่อนที่ในช่วงขาขึ้นความเร็วรอบจะตกลง ในทางกลับกันขณะที่โหลดเคลื่อนที่ในช่วงขาลงความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบควบคุมเพื่อให้แกนตรีหมุนด้วยความเร็วคงที่ โดยเป็นระบบควบคุมแบบปิดมีการควบคุมแบบ PI

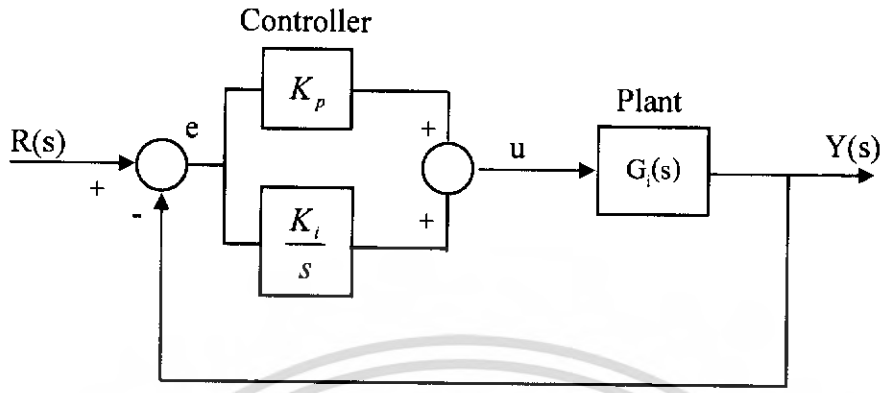
2.3.3 ระบบควบคุมแบบPI

เนื่องจากที่กล่าวมาแล้วว่าระบบควบคุมแบบ P มีข้อดีที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบได้อย่างรวดเร็วก็จริงแต่ก็มีค่าผิดพลาดเนื่องจากค่า offset เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล จึงได้นำการควบคุมแบบ I มาใช้ร่วมด้วยเพื่อลดค่าผิดพลาดนั้นข้อดีของการควบคุมแบบ PI คือทำให้ระบบตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ในขณะที่พยายามไม่ให้ระบบมีความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทกับอินพุท



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของตัวควบคุมแบบ PI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



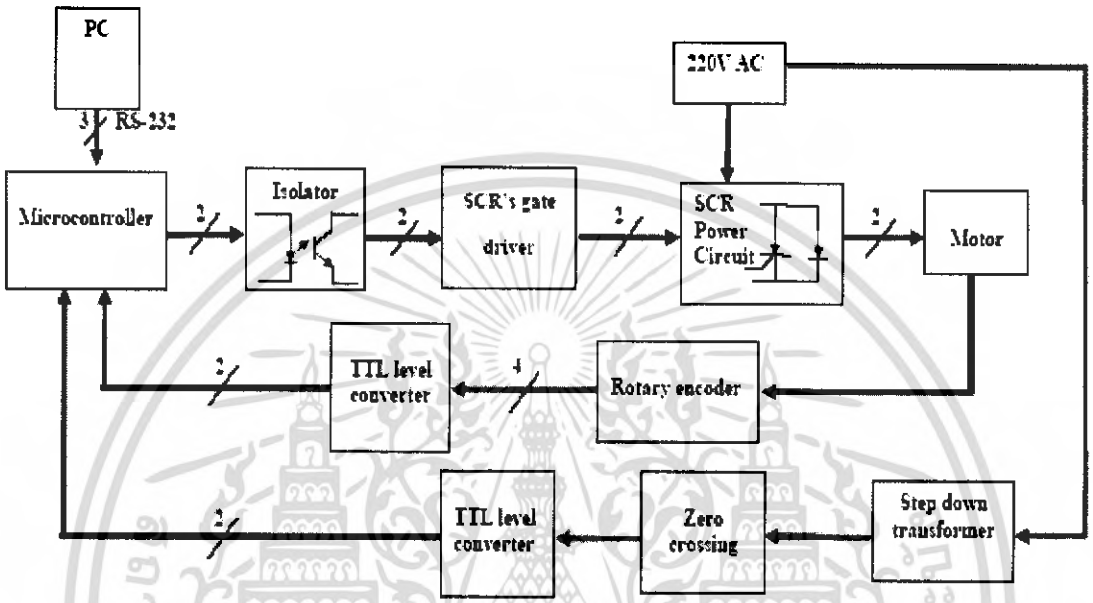
รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบ PI

สำหรับระบบดังกล่าวจะมีเอาท์พุทของคอนโทรลเลอร์เป็น

$$output = K_p e + K_i \int_0^t e dt$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง



รูปที่3.1 Gantry's motor controller Block Diagram

3.1 การทำงานของวงจรควบคุมการหมุนมอเตอร์ของแกนตรี

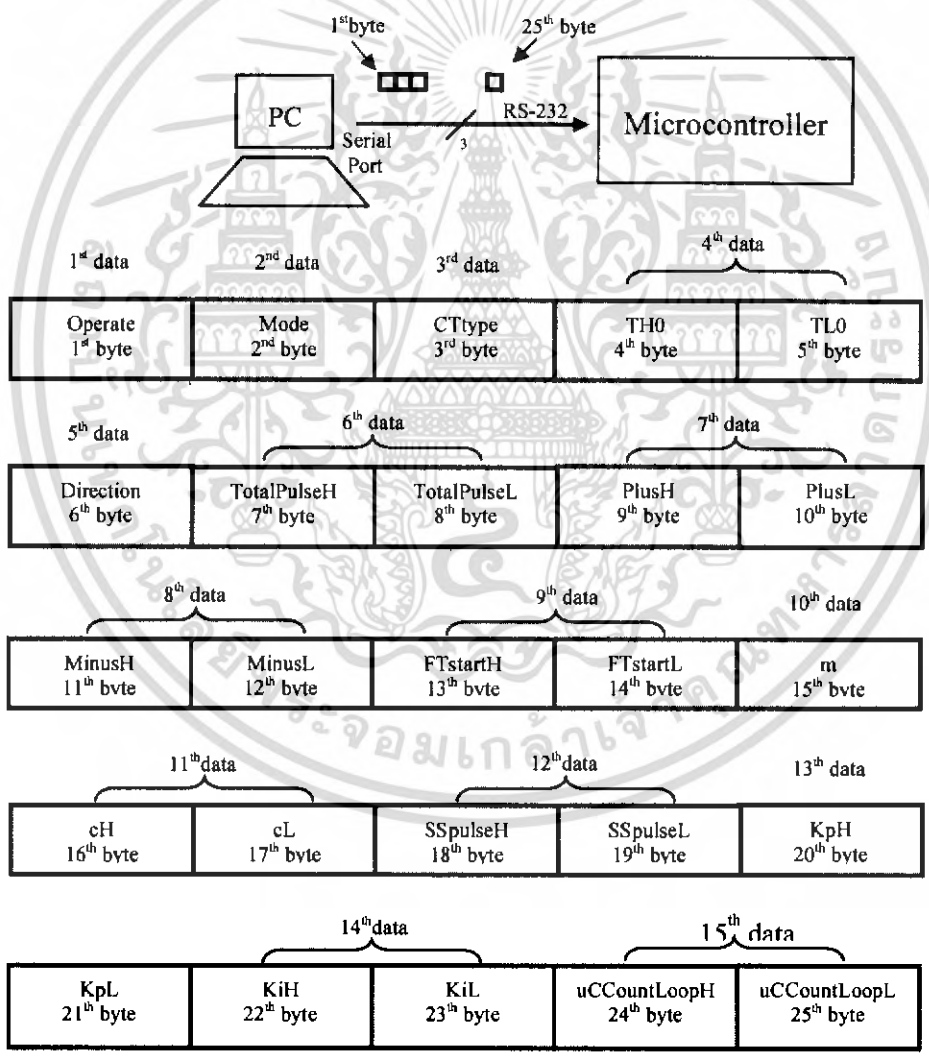
จากบล็อกไดอะแกรมข้างต้น คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเริ่มการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมมุมเฟสในการนำกระแสของเอสซีอาร์จะส่งสัญญาณ จุดชนวนไปที่ขาเกตของเอสซีอาร์ เพื่อให้เอสซีอาร์ทำงาน ตัวเอสซีอาร์ จะรับอินพุทมาจาก ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เอาท์พุทที่ออกมาจาก เอสซีอาร์ จะเป็นค่าแรงดันที่ถูกคุมค่าแล้วส่งไปที่โหลดซึ่งเป็นมอเตอร์ของแกนตรี จากนั้นเอ็นโคดเดอร์ซึ่งอยู่บนแกนตรีจะส่งค่าความเร็วและตำแหน่งของมอเตอร์กลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล และส่งสัญญาณจุดชนวนค่าใหม่ที่เหมาะสมไปที่ เอสซีอาร์เพื่อให้ความเร็วของมอเตอร์คงที่ และมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หน้าที่และการทำงานในแต่ละส่วน

3.2.1 คอมพิวเตอร์

ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางซอฟท์แวร์ ที่เขียนขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานให้มอเตอร์ของแกนตรีหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้พอร์ตอนุกรมเป็นตัวติดต่อ ข้อมูลในการส่งหนึ่งครั้ง จะมี 15 ข้อมูล 25ไบต์ดังนี้ (H, Lที่ตามหลังชื่อตัวแปรหมายถึงไบต์สูงและไบต์ต่ำ)



รูปที่3.2 แสดงชุดข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Operate เป็นข้อมูลที่บอกให้มอเตอร์เริ่มหมุนหรือหยุดหมุน

   Operate = 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณจุดชนวนไปยังเกทของ เอสซีอาร์

   Operate = 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดส่งสัญญาณจุดชนวนไปยังเกทของ เอสซีอาร์

2. Mode เป็นข้อมูลที่บอกถึงโหมดที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์

   Mode = 0 การควบคุมมอเตอร์โดยไม่มีการป้อนกลับ

   Mode = 1 การควบคุมมอเตอร์โดยมีการป้อนกลับ

3. CTtype คือ Control type เป็นตัวเลือกย่อยของโหมดควบคุมแบบมีการป้อนกลับ

   CTtype = 0 เป็นการควบคุมมอเตอร์ให้มีความเร็วคงที่

   CTtype = 1 เป็นการควบคุมมอเตอร์ให้มีความเร็วคงที่และไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

4. TH0,TL0 เป็นค่าเวลาจุดชนวนที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่งสัญญาณไปยังเกทของเอสซีอาร์ ในแต่ละคาบเวลาของไฟฟ้ากระแสสลับ (50 เฮิรตซ์)

5. Direction เป็นข้อมูลที่กำหนดทิศทางในการหมุนของมอเตอร์

   Direction = 0 มอเตอร์หมุนตามเข็ม

   Direction = 1 มอเตอร์หมุนทวนเข็ม

6. TotalPulseL,TotalPulseH เป็นจำนวนพัลส์ทั้งหมดจากเอ็นโคดเดอร์เมื่อมอเตอร์หมุนไปครบ 360 องศา

7. PlusH, PlusL เป็นค่าเวลาออฟเซทจุดชนวนค่าบวกที่เพิ่มจาก TH0,TL0 เพื่อกำหนดค่าความเร็วสูงสุดของมอเตอร์

8. MinusH, MinusL เป็นค่าเวลาออฟเซทจุดชนวนค่าลบที่ลดจาก TH0,TL0 เพื่อกำหนดความเร็วต่ำสุดของมอเตอร์

9. FTstartH, FTstartL คือ Start Firing Time เป็นค่าเวลาจุดชนวนที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณไปยังเกทของเอสซีอาร์เพื่อสตาร์ทมอเตอร์

10. m คือค่าความชันของสมการความเร็วของมอเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับค่าเวลาจุดชนวน (Speed-Firing Time equation)

11. cH, cL ค่าคงที่ของสมการความเร็วของมอเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับค่าเวลาจุดชนวน (Speed-Firing Time equation)

12. SSpulseH, SSpulseL คือจำนวนพัลส์ที่ใช้ในช่วงเวลาสตาร์ทมอเตอร์ คู่กับตัวแปร FTstartH, FTstartL

13. KpH, KpL เป็นค่าคงที่ของการควบคุมแบบสัดส่วน

14. KiH, KiL เป็นค่าคงที่ของการควบคุมแบบอินทิกรัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. uCCountLoopH, uCCountLoopL คือค่าจำนวนรอบที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการหน่วงเวลาก่อนการคำนวณครั้งใหม่ในโหมดการควบคุมแบบป้อนกลับ

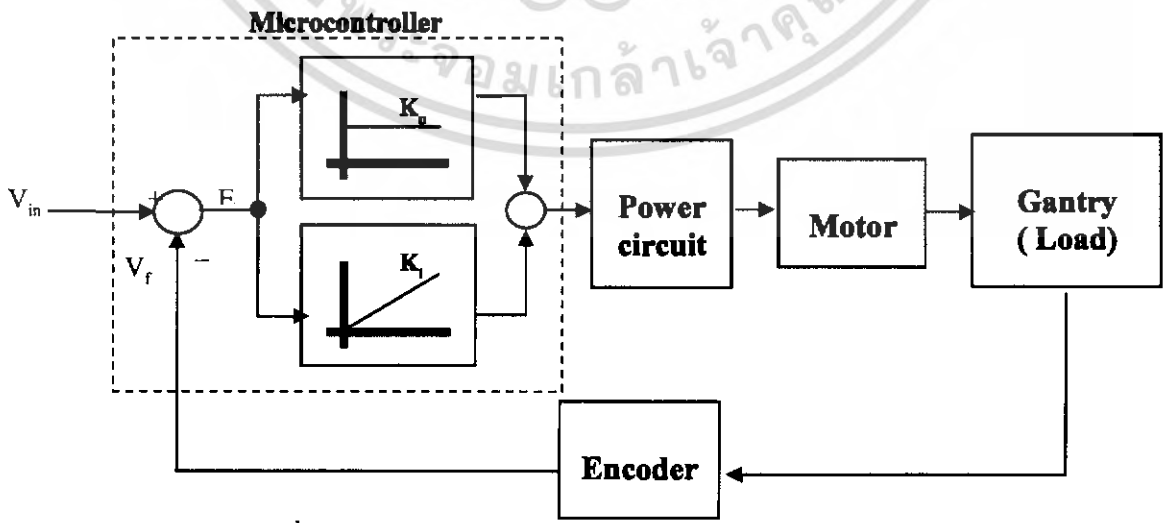
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้เบอร์ AT89S52 ของบริษัท ATMEL บนบอร์ดจะมีไอซีเบอร์ MAX232 เป็นส่วนติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ และมีพอร์ตที่ใช้ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ ISP ต่อไปยังพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ หน้าที่หลักของไมโครคอนโทรลเลอร์คือทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมมุมเฟสในการนำกระแสของเอสซีอาร์ ทั้ง 2 ตัว โดยใช้พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 2 บิตในการควบคุม สัญญาณที่ส่งออกไปนี้จะไปจุดชนวนขาเกตของเอสซีอาร์ให้เริ่มนำกระแส

ซอฟแวร์ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วน คือ Main program, External interrupt 0-1, Serial interrupt, Timer 0 interrupt และ Timer 2 interrupt ทั้ง 4 ส่วนมีการทำงานที่สัมพันธ์กันโดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.3 Main program

Main program ทำหน้าที่หลักคือ ตรวจสอบค่าเริ่มต้นการทำงานซึ่งรับมาจากคอมพิวเตอร์ จากนั้น จะทำการตรวจสอบโหมดการทำงาน, รับอินพุตจากเอนโค้ดเดอร์เพื่อนำมานับค่าจำนวนพัลส์ของเอนโค้ดเดอร์ว่าถึงค่าที่กำหนดหรือไม่(ขึ้นกับองศาที่ผู้ใช้ต้องการหมุนมอเตอร์) , คำนวณสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วของมอเตอร์และมุมเฟสที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา, คำนวณผลลัพธ์จากสมการการควบคุมแบบ PI ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นมุมเฟสค่าใหม่เพื่อส่งไปที่เอสซีอาร์ จากนั้นจะวนกลับไปเริ่มรับอินพุตจากเอนโค้ดเดอร์ใหม่ข้างต้น ผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นดังรูปที่ 3.3



รูปที่3.3 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการความสัมพันธ์ระหว่างมุมเฟสและความเร็วของมอเตอร์หามาจากการประมาณค่าความเร็วที่วัดเมื่อไม่มีการป้อนกลับหรือแบบลูปเปิดโดยใช้ค่าที่วัดผลจากมุมเฟสได้ 3 ค่า เมื่อกำหนดให้ความเร็วของมอเตอร์และมุมเฟสมีความสัมพันธ์กันแบบเป็นเส้นตรง

$$Speed = 0.92*FT-4800 \quad \ldots(1)$$

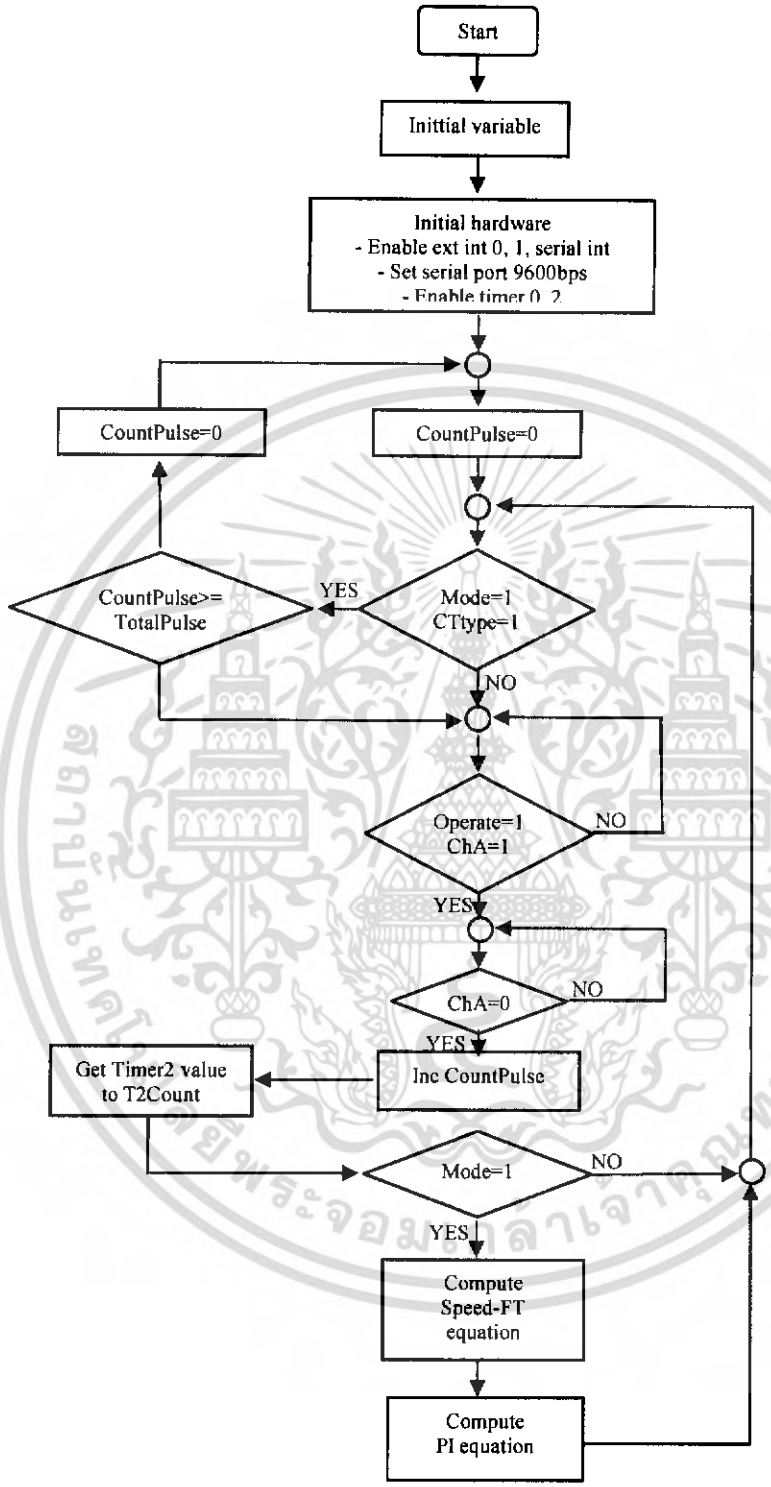
ในการทดลองจริงค่า Speed จะวัดผลจากความถี่ของพัลส์ที่วัดได้จากเอนโค้ดเดอร์ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงคือเมื่อ Speed สูงความถี่ของพัลส์ก็จะมีค่ามาก ส่วนค่ามุมเฟสจะใช้ค่าเวลาจุดชนวนแทน (FT)

สมการการควบคุมแบบ PI ดังผังงานข้างต้นจะมีการการกำหนดค่า Kp และ Ki ซึ่งค่า Kp และ Ki ที่เหมาะสมหามาได้จากการเปลี่ยนค่าเมื่อทดลองจริง

$$error = FTdesign-FTfeedback \quad \ldots(2)$$

$$FTnew = error*(Kp)+(Ki*error+error_old) \quad \ldots(3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

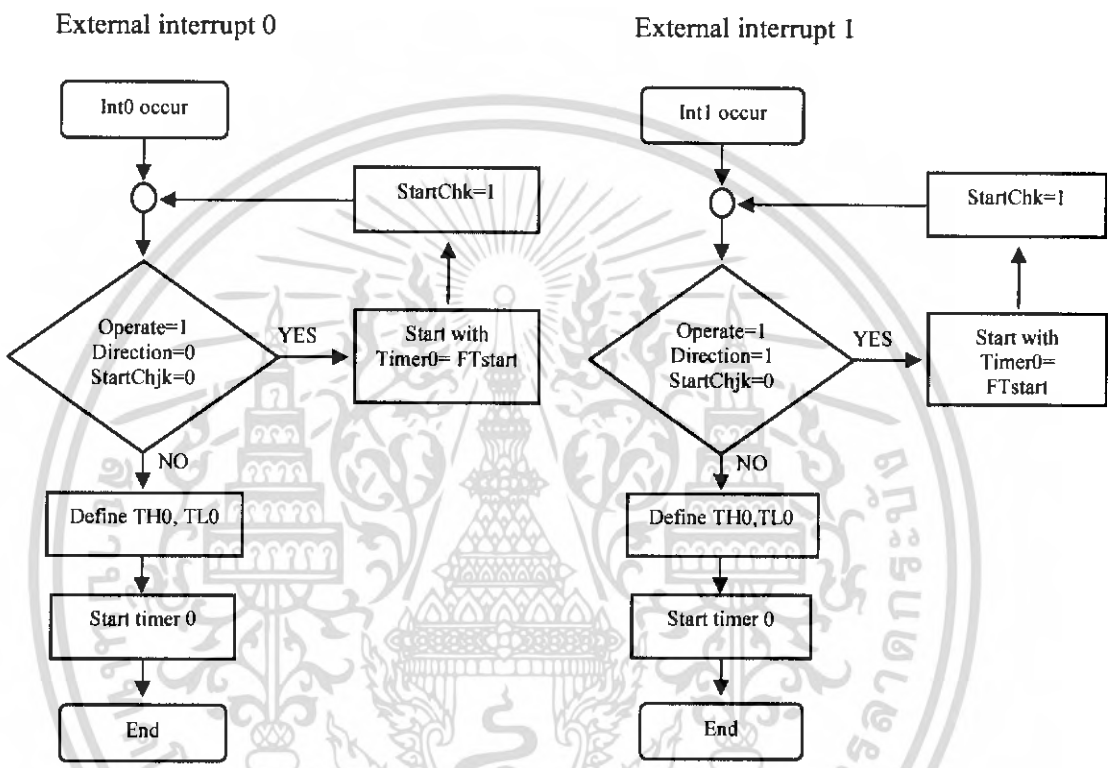


รูปที่3.4 แสดงโฟลวชาร์ตของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1 External interrupt 0,1

โปรแกรมย่อย External interrupt 0,1 ทำหน้าที่หลักคือเมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัปจากภายนอกเข้ามาซึ่งในที่นี้คือสัญญาณจากวงจรซีโร่ครอสชิง จะทำการป้อนค่ามุมเฟสหรือเวลาจุดชนวนให้กับ timer 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับ External interrupt 0,1 จะใช้กับการหมุนแบบตามเข็มและทวนเข็มตามลำดับ



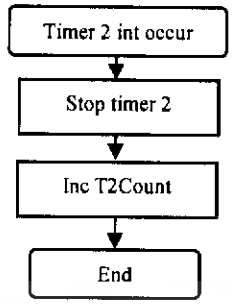
รูปที่ 3.5 แสดง Flow chart ของ External interrupt 0, 1

3.2.3.2 Timer 2 interrupt

โปรแกรมย่อย Timer 2 interrupt ทำหน้าที่หลักคือเพิ่มค่าการนับของ timer 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปคำนวณความกว้างของคาบเวลาของพัลส์ที่รับจากเอนโค้ดเดอร์ ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่า error ในสมการที่ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

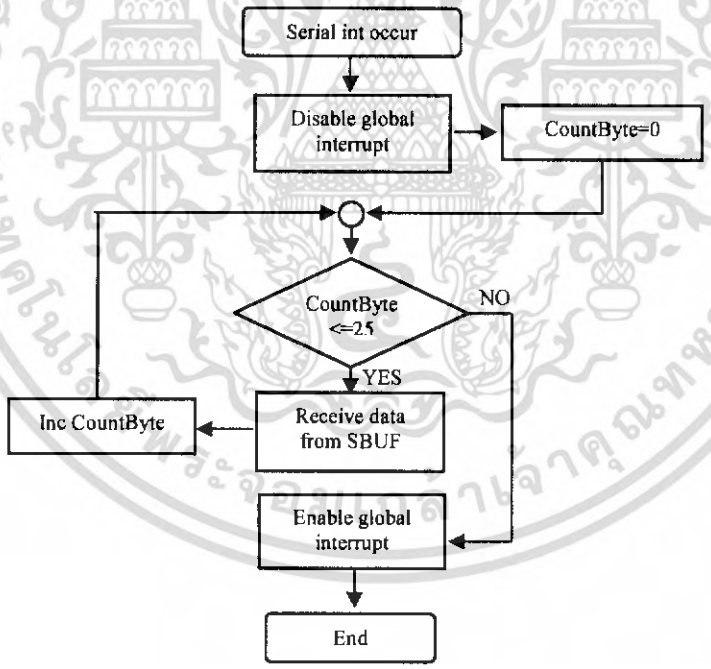
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่3.6 แสดงโฟลวชาร์ตของ Timer 2 interrupt

3.2.3.3 Serial interrupt

โปรแกรมย่อย Serial interrupt ทำหน้าที่หลักคือรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ทั้ง 25 ไบต์ แล้วนำไปเก็บที่ตัวแปรเพื่อใช้ในการคำนวณ และเมื่อเกิดอินเทอร์รัปของพอร์ตอนุกรมจะไม่อนุญาตให้อินเทอร์รัปอื่นทำงานจนกว่าการรับข้อมูลจะครบทั้ง 25 ไบต์

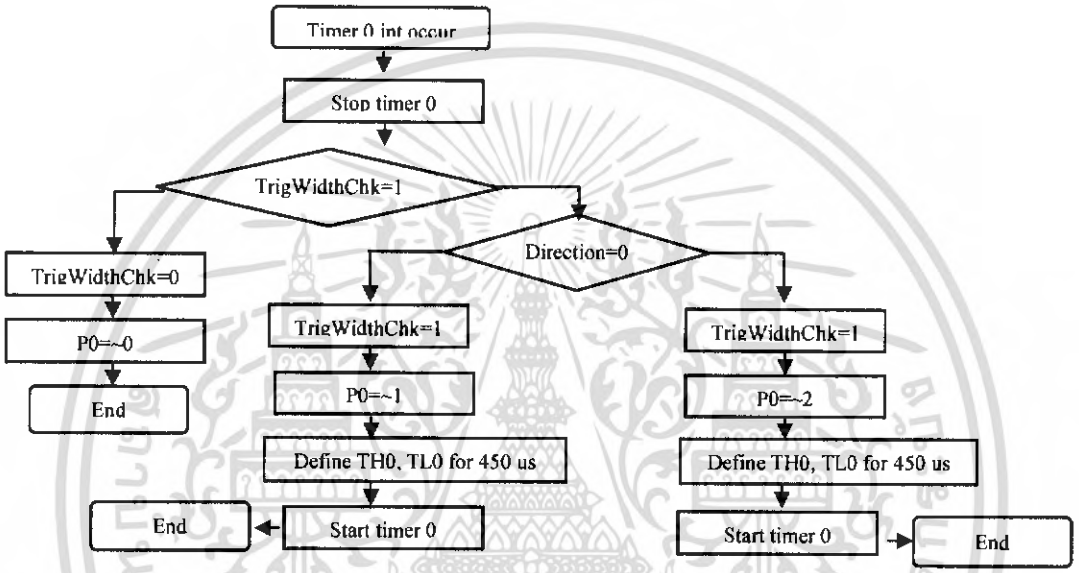


รูปที่3.7 แสดงโฟลวชาร์ตของ Serial interrupt

73187
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.4 Timer 0 interrupt

เมื่อเกิดการเริ่ม timer 0 จากโปรแกรมย่อย External interrupt 0,1 จนถึงเวลาจุดชนวน(FT) จะเกิด Timer 0 interrupt ดังนั้นในโปรแกรมย่อยนี้จึงทำหน้าที่ส่งค่าออกจากบิตทั้ง 2 บิตไปจุดชนวนขาเกตของเอสซีอาร์ จากนั้นจะหน่วงเวลาไป 450 ไมโครวินาทีเพื่อให้เกตได้เปิดเต็มที่ จากนั้นจะเกิด Timer 0 interrupt อีกครั้ง แต่ครั้งที่ 2 นี้จะเป็นการหยุดส่งสัญญาณควบคุมทั้ง 2 บิต ดังกล่าว

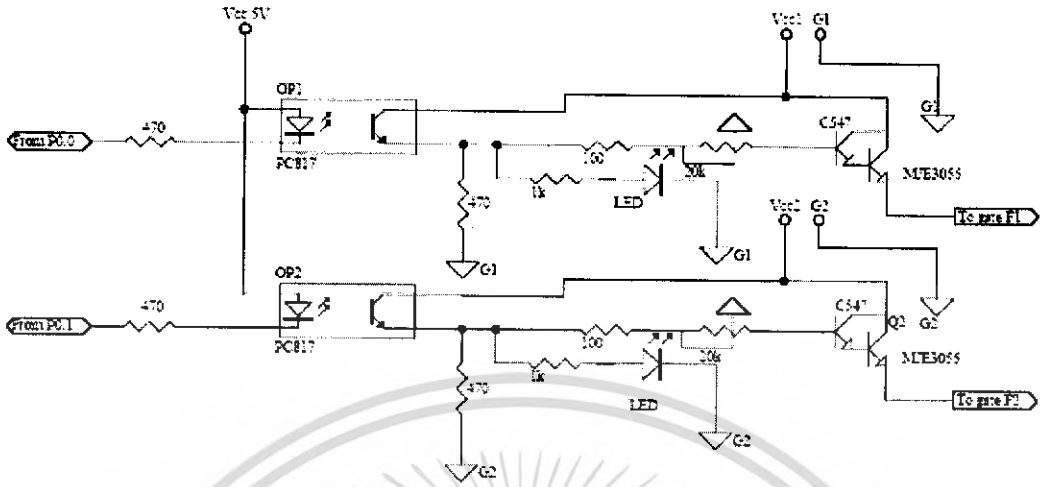


รูปที่3.8 แสดงโฟลวชาร์ตของ Timer 0 interrupt

3.2.4 SCR's gate driver

จากไมโครคอนโทรลเลอร์สัญญาณที่ใช้ควบคุมเกทของ เอส ซี อาร์ จากจะถูกต่อมาจากพอร์ต P0.0 และ P0.1 และถูกแยกวงจรโดย Opto Isolator เบอร์ PC817 ก่อนเข้าสู่วงจรภาคขับกระแสเกต ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C547 และ MJE3055 ต่อแบบคู่ดาร์ลิงค์ตัน เอาท์พุตที่ได้ จะไปควบคุมเกท F1 ของ เอสซีอาร์ตัวที่ 1 (หมุนตามเข็ม) และ F2 ของ เอสซีอาร์ตัวที่ 2 (หมุนทวนเข็ม) ดังรูปที่3.9

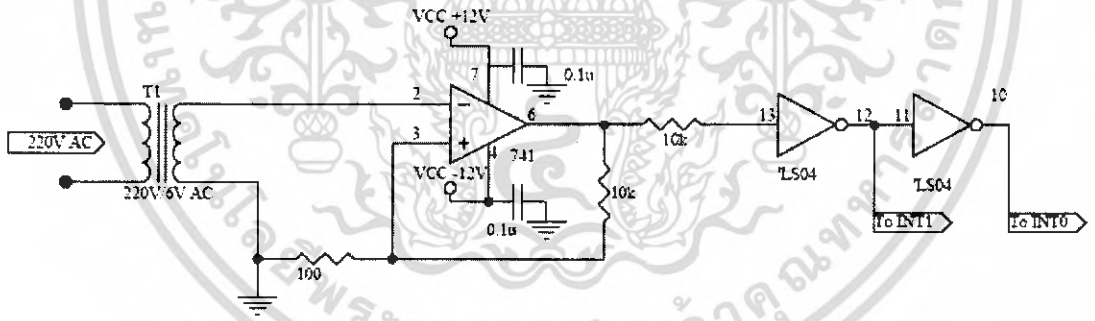
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 แสดงวงจร SCR's gate driver

3.2.5 Zero Crossing

วงจร Zero Crossing ใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 รับ สัญญาณมาจากหม้อแปลงลงจาก 220 V_{ac} มาเป็น 6 V_{ac} เอาท์พุตจากวงจรจะถูกต่อไปยังนอตเกตเพื่อแปลงระดับสัญญาณเป็น TTL จากนั้นจึงเข้าสู่ ขา int0 และ int 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

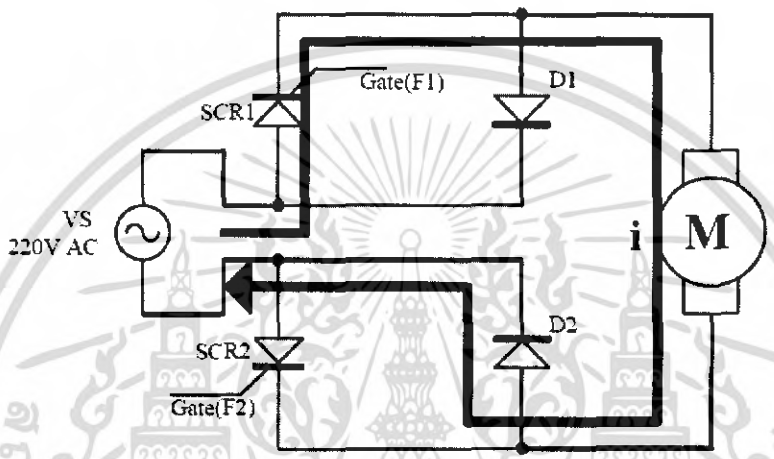


รูปที่ 3.10 แสดงวงจร ZeroCrossing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

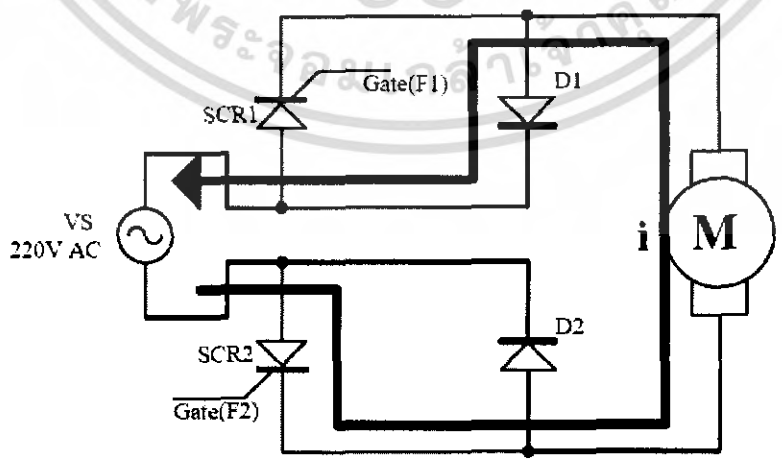
3.2.6 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวแบบครึ่งคลื่นชนิดควบคุมเฟส (Power circuit)

1. การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวแบบครึ่งคลื่นชนิดควบคุมเฟส เป็นดังนี้ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ พิจารณาในซีกบวก เมื่อมีสัญญาณจุดชนวนจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาที่เกทของ SCR1 ทำให้กระแสซีกบวกนั้นไหลผ่าน SCR1 ไปที่โหลดหรือมอเตอร์กลับมาที่D2 เมื่อวัดแรงดันที่มอเตอร์จะได้ผลดังรูปที่ 3.11



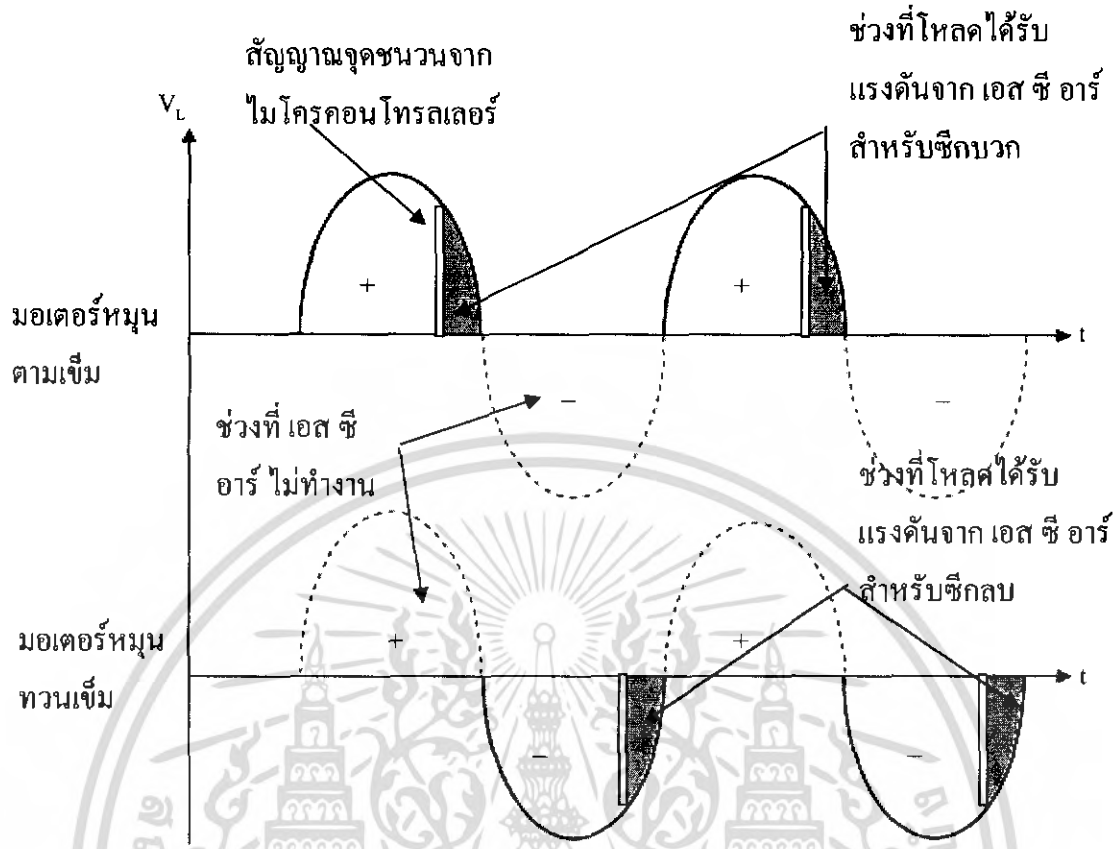
รูปที่3.11 แสดงทิศทางการไหลของกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

2. เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ พิจารณาในซีกลบเมื่อมีสัญญาณจุดชนวนจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาที่เกทของ SCR2 ทำให้กระแสซีกลบนั้นไหลผ่าน SCR2 ไปที่โหลดหรือมอเตอร์กลับมาที่D1 เมื่อวัดแรงดันที่มอเตอร์จะได้ผลดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงทิศทางการไหลของกระแสเมื่อมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.13 แสดงค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลด

3.2.7 Encoder

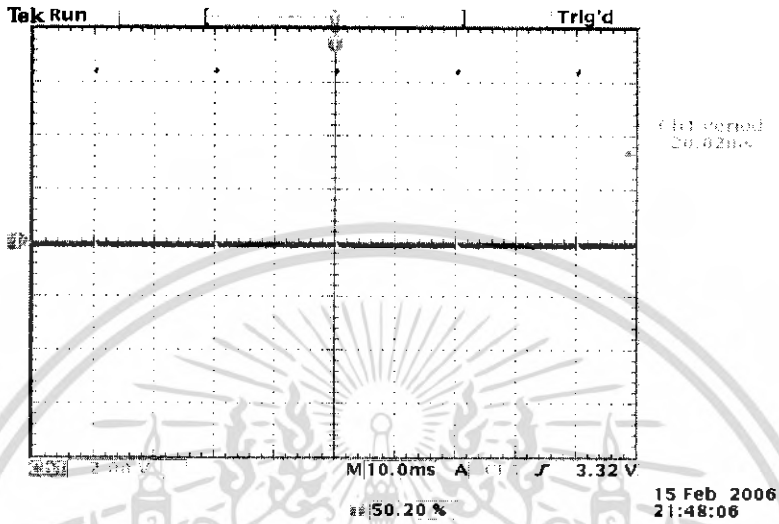
เป็นชนิดโรตารี่เอนโค้ดเดอร์ ติดอยู่ที่แกนตรีพัลส์ที่ส่งออกมาวัดได้ประมาณ 8000 ลูกต่อการหมุนครบ 1รอบ (360 องศา)

รูปที่ 3.14 แสดงภาพเอนโค้ดเดอร์ที่ติดตั้งบนแกนตรี

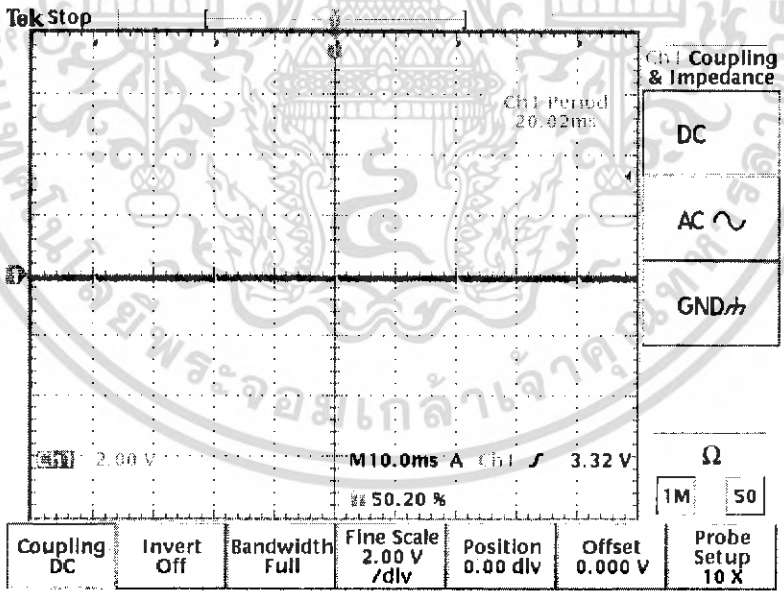
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลอง และ ผลการทดลอง

4.1 สัญญาณเอาท์พุทจาก Opto Isolator



4.1 (ก) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

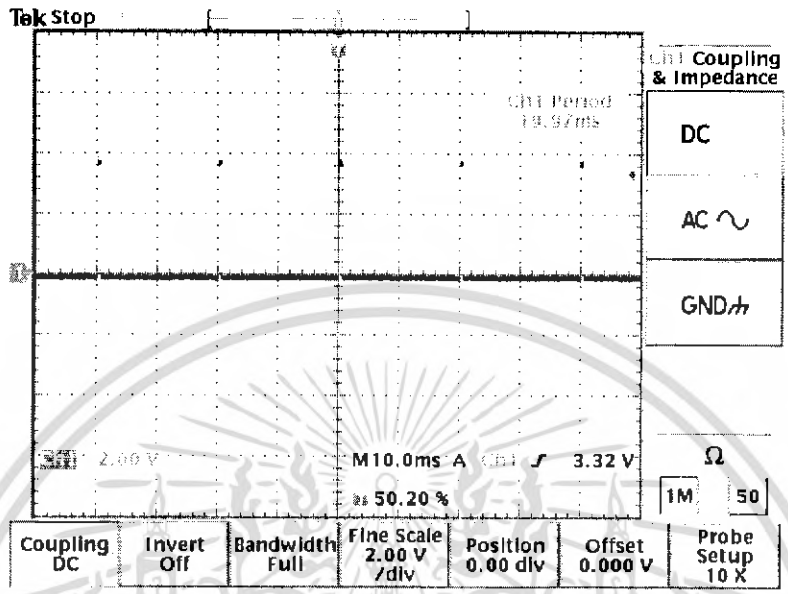


4.1 (ข) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

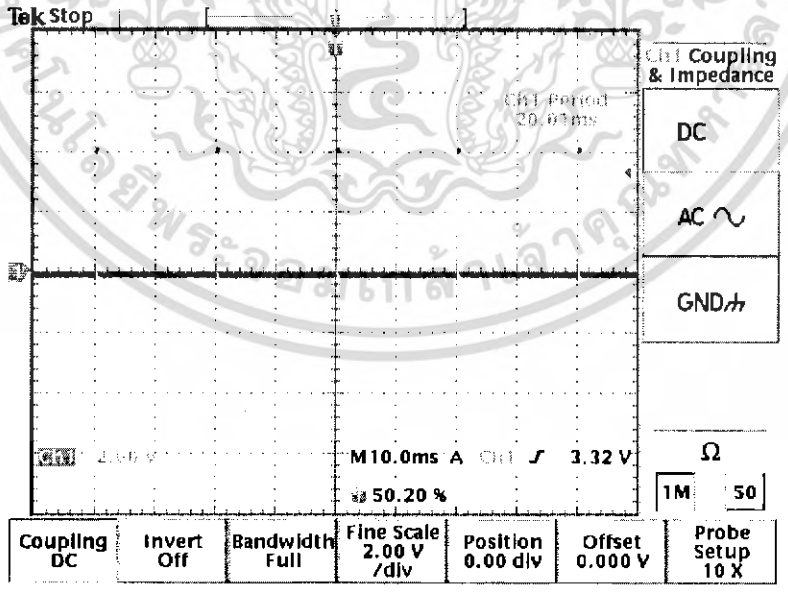
รูปที่ 4.1แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถูกส่งผ่านโดย Opto Isolator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สัญญาณเอาท์พุทของวงจร SCR's gate driver



4.2 (ก) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

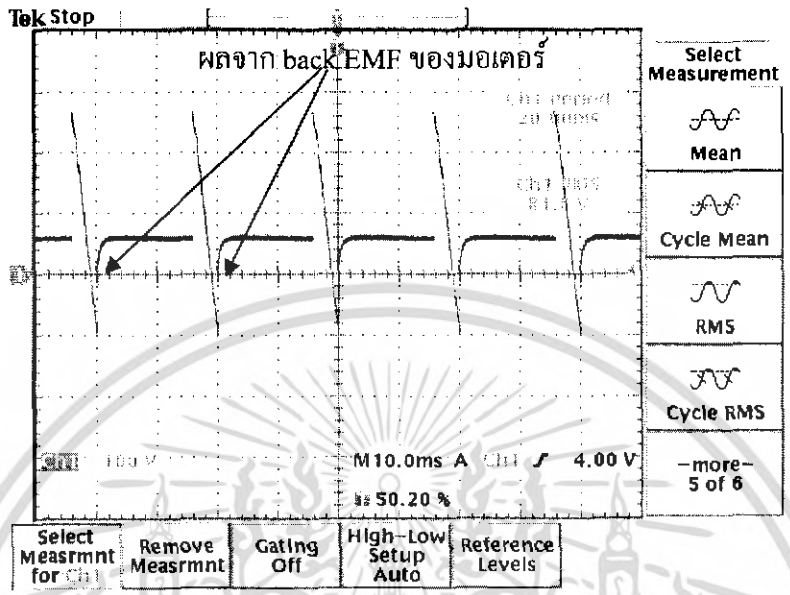


4.2 (ข) สัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

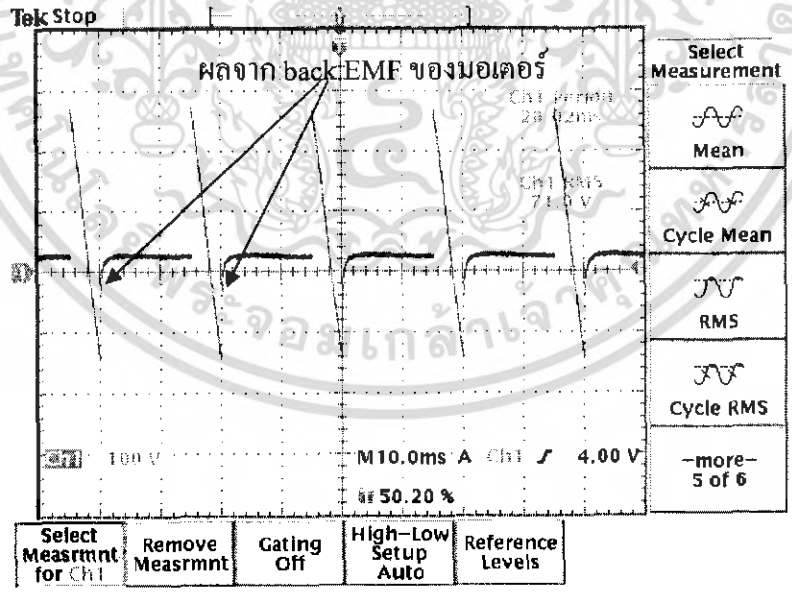
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจร SCR's gate driver เมื่อขยายกระแสแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) ขณะที่ไม่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ

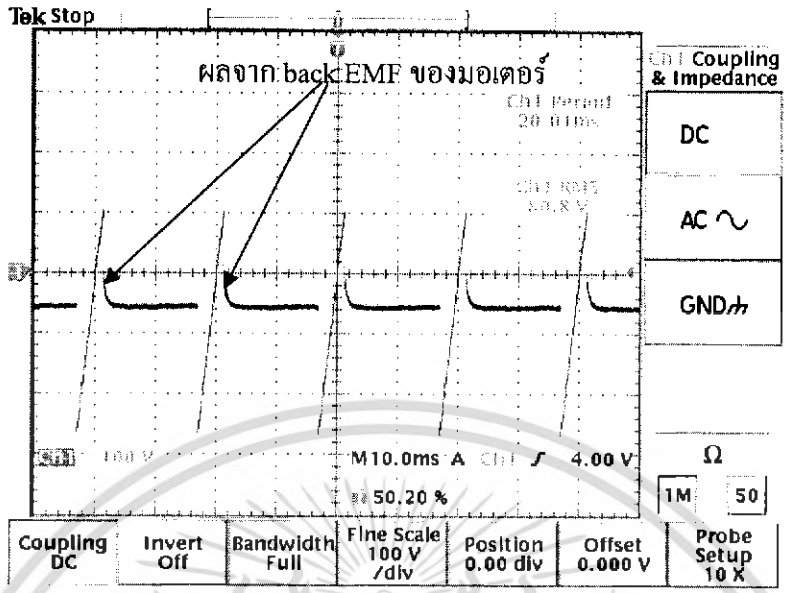


4.3 (ก) ระดับแรงดันขณะที่โหลดเคลื่อนที่ลงทิศตามเข็มนาฬิกา

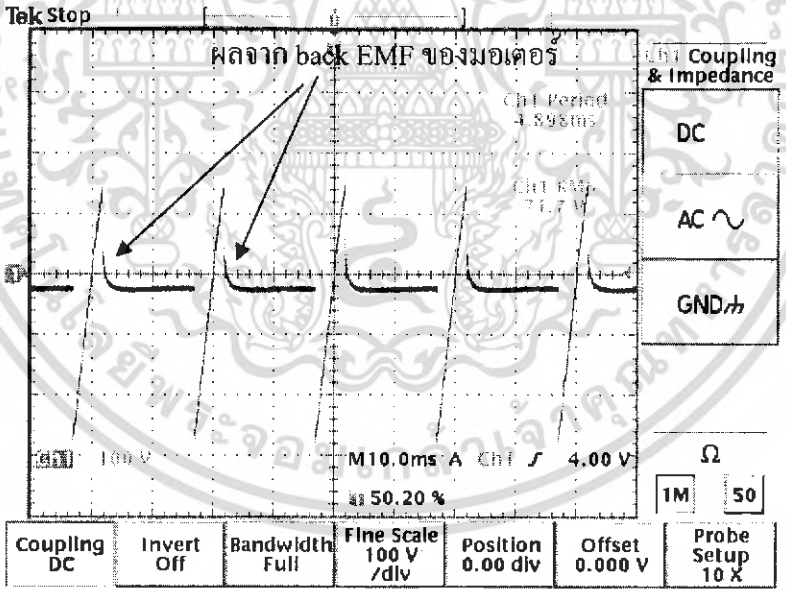


4.3 (ข) ระดับแรงดันขณะที่โหลดเคลื่อนที่ขึ้นทิศตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.3 (ค) ระดับแรงดันขณะที่โหลดเคลื่อนที่ลงทิศทวนเข็มนาฬิกา

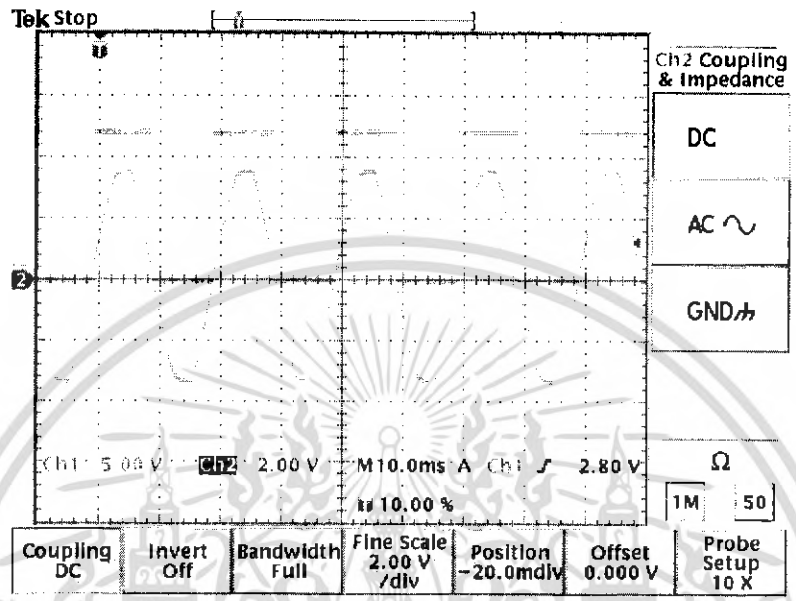


4.3 (ง) ระดับแรงดันขณะที่โหลดเคลื่อนที่ขึ้นทิศทวนเข็มนาฬิกา

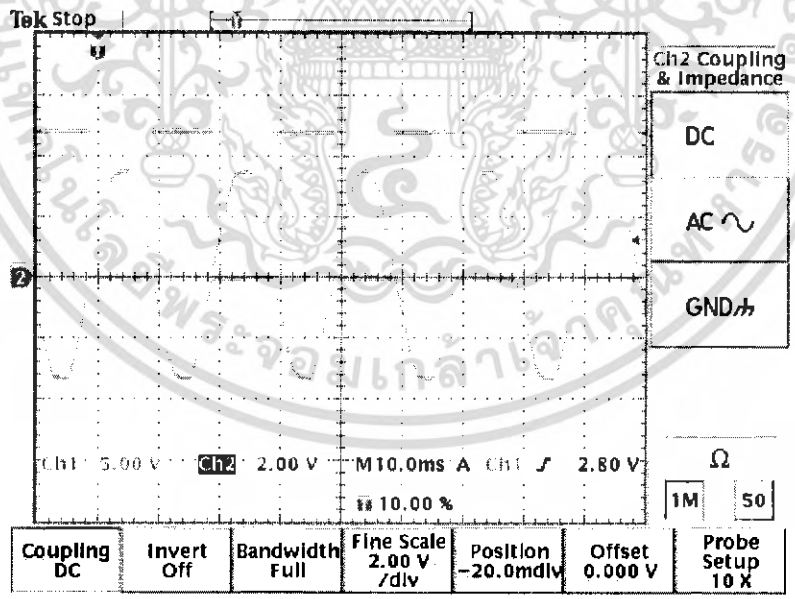
รูปที่ 4.3 แสดงระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์)ขณะที่ไม่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจร ZeroCrossing



4.4 (ก) แสดงเอาท์พุตของนอตเกตที่ส่งไปที่ขา int0



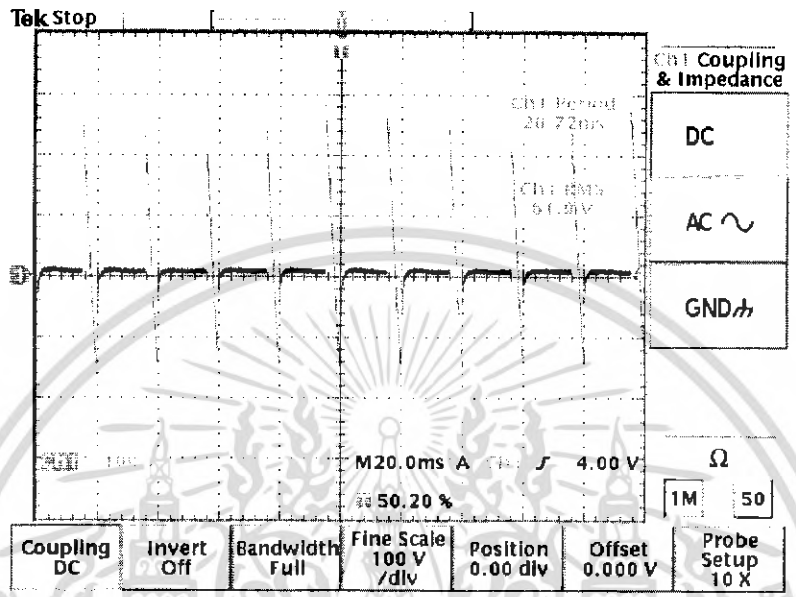
4.4 (ข) แสดงเอาท์พุตของนอตเกตที่ส่งไปที่ขา int1

รูปที่4.4 แสดงเอาท์พุตของนอตเกตที่ส่งไปที่ขา int0และ int 1ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

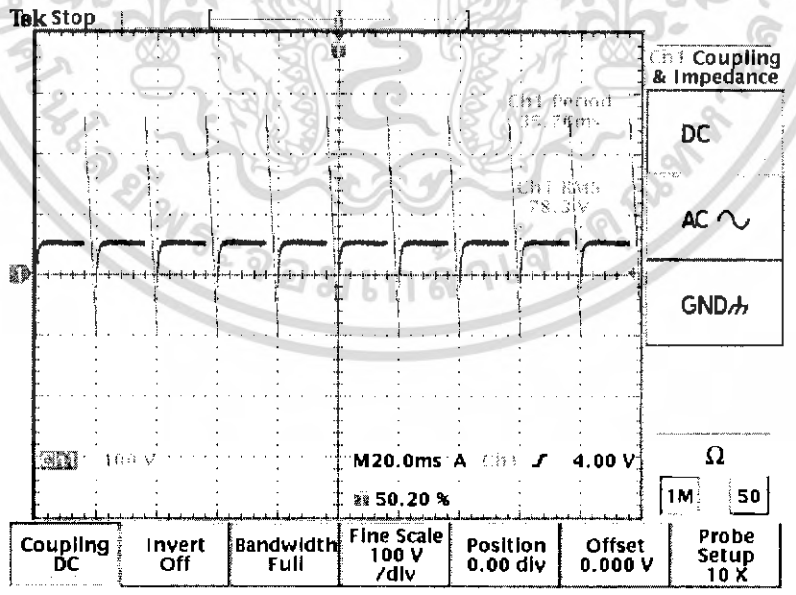
4.5 ระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) ขณะที่มีการควบคุมแบบปิด

4.5.1 ใช้การควบคุมแบบสัดส่วน



รูปที่ 4.5.1 แสดงระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) เมื่อใช้การควบคุมแบบสัดส่วน

4.5.2 ใช้การควบคุมแบบปริพันธ์

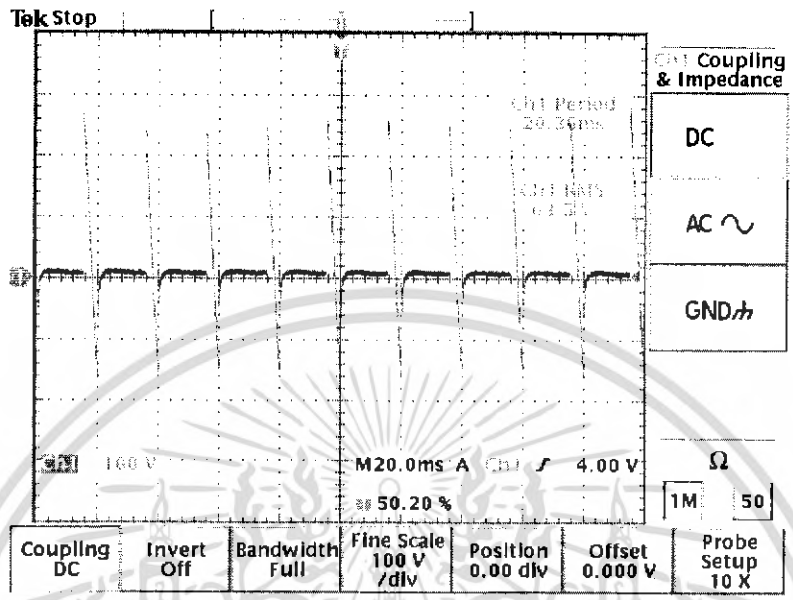


รูปที่ 4.5.2 แสดงระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) เมื่อใช้การควบคุมแบบปริพันธ์

รูปที่ 4.5 แสดงระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์)

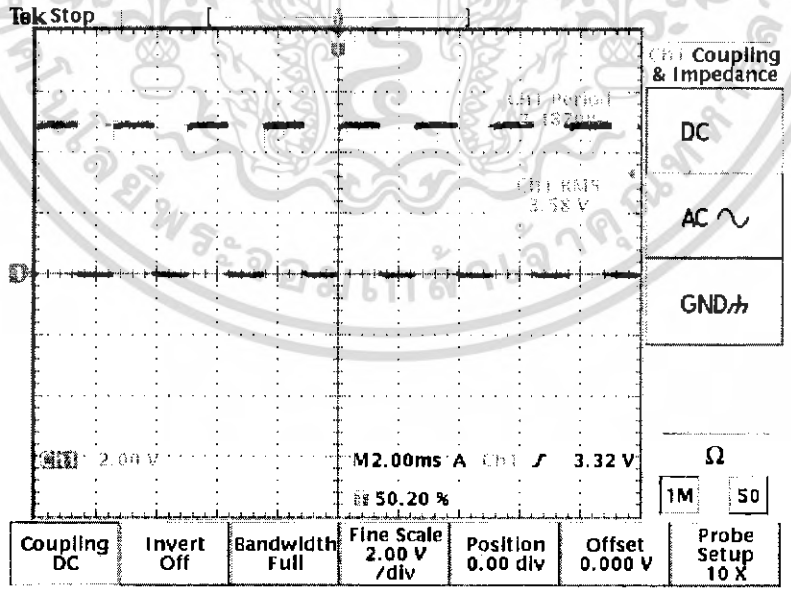
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์ (PI Control)



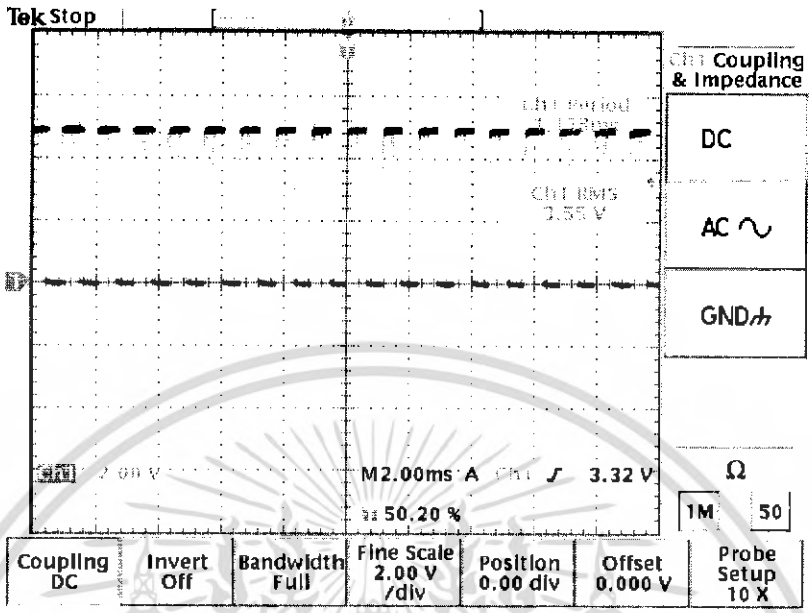
รูปที่ 4.5.3 แสดงระดับแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) เมื่อใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์

4.6 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากอินโค้ดเดอร์

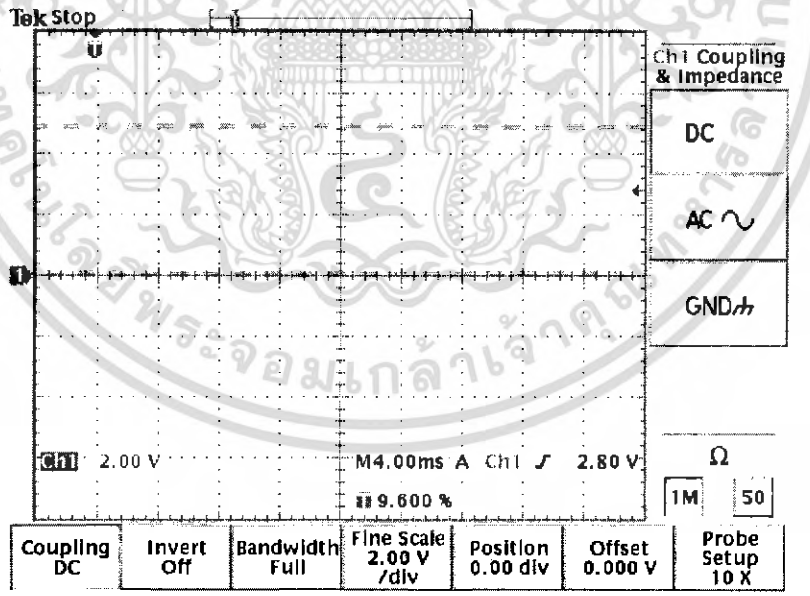


4.6 (ก) เมื่อใช้การควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.6 (ข) เมื่อใช้การควบคุมแบบปริพันธ์

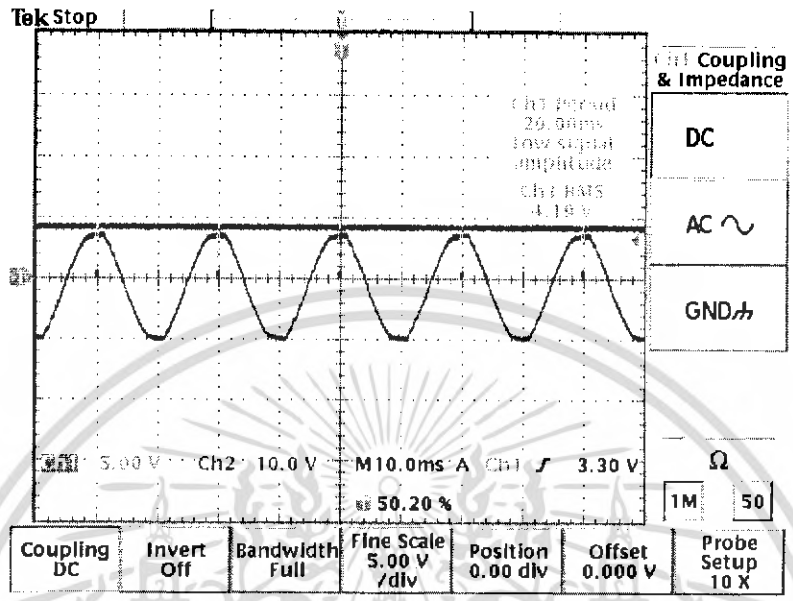


4.6 (ค) เมื่อใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับแบบปริพันธ์

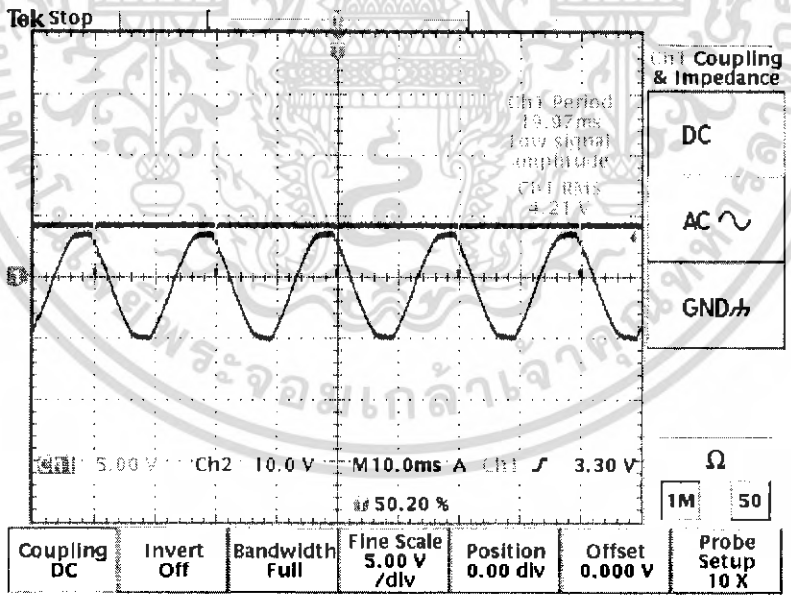
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 สัญญาณจุดชนวนเกตของ เอส ซี อาร์

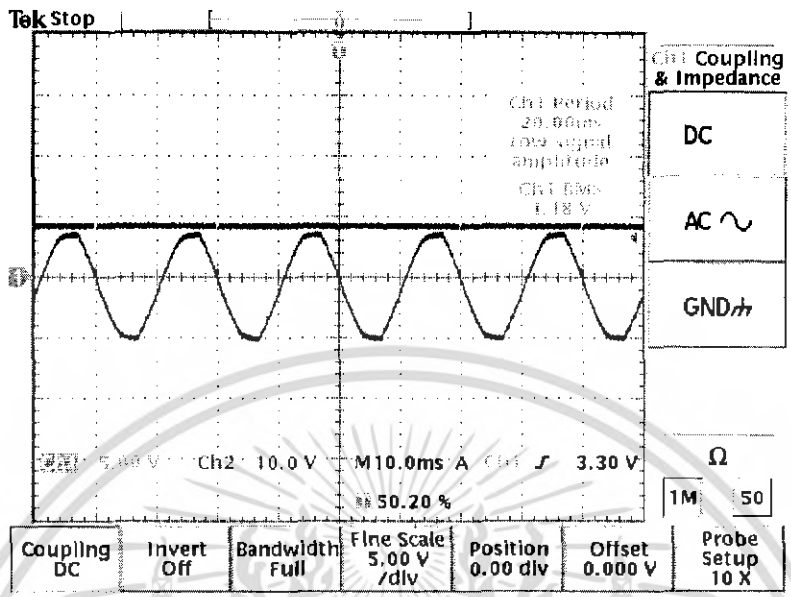


4.7(ก) ที่เวลา 4000 ไมโครวินาที



4.7(ข) ที่เวลา 6800 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.7(ค) ที่เวลา 9000 ไมโครวินาที

รูปที่ 4.7 สัญญาณจุดชนวนเกตของ เอส ซี อาร์ เทียบกับ

สัญญาณไฟกระแสสลับ 220 โวลท์ ที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในหัวข้อต่างๆ เราได้ทำการวัดสัญญาณเพื่อดูและเปรียบเทียบค่าต่างๆ ได้ผลดังนี้

เมื่อวัดสัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถูกแยกวงจร (Isolated) โดยออปโต้คับเปลอร์ (optocoupler) ได้ระดับแรงดันประมาณ 6.2 V (สัญญาณควบคุมในทิศตามเข็มนาฬิกา)และ 7.8 V(สัญญาณควบคุมในทิศทวนเข็มนาฬิกา) ตามลำดับ ซึ่งระดับแรงดันที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นผลมาจากการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งอยู่ในวงจร SCR's gate Driver ซึ่งไม่เท่ากัน เนื่องจากกระแสที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงพอที่จะขับเกตของ เอส ซี อาร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องขยายกระแสโดยวงจร SCR's gate Driver ซึ่งมีทรานซิสเตอร์ต่อแบบคู่ดาร์ลิงค์ตัน

เมื่อวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ได้หลังจากผ่านการขยายกระแสแล้วพบว่าระดับแรงดันมีค่าลดลงจาก 6.2V เหลือ 3.8V และจาก 7.8V เหลือ 4V ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อวัดแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) โดยที่ยังไม่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ ขณะแกนตรีหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา ได้ค่าระดับแรงดันที่ 81.6 V_{rms} เมื่อโหลดเคลื่อนที่ลง และ 71.0V_{rms} เมื่อโหลดเคลื่อนที่ขึ้น ขณะแกนตรีหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา ได้ค่าระดับแรงดันที่ 80.8V_{rms} เมื่อโหลดเคลื่อนที่ลง และ 71.7V_{rms} เมื่อโหลดเคลื่อนที่ขึ้น พบว่าระดับแรงดันเมื่อโหลดเคลื่อนที่ขาลงและขาขึ้นมีค่าแตกต่างกันประมาณ 10 โวลท์

เมื่อวัดแรงดันที่โหลด(มอเตอร์) โดยที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้การควบคุมแบบสัดส่วน ได้ค่าระดับแรงดันที่ 61.9V_{rms} เมื่อใช้การควบคุมแบบปริพันธ์ได้ค่าระดับแรงดันที่ 78.3V_{rms} โดยวัดเปรียบเทียบในขณะที่แกนตรีหมุนตามเข็มนาฬิกาและโหลดเคลื่อนที่ขาลง แสดงว่าเมื่อมีการควบคุมแบบป้อนกลับค่าของแรงดันประสิทธิผลมีค่าน้อยลงจากเดิมที่ไม่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ และเมื่อใช้การควบคุมแบบสัดส่วนร่วมกับปริพันธ์จะได้ระดับแรงดันที่ 63.5 V_{rms} ดังรูปที่ 4.5.3

เมื่อวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ขณะที่ไม่มีการป้อนกลับ ช่วงกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีค่าไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนไปตามการหมุนของแกนตรีและตำแหน่งของโหลด และความเร็วรอบการหมุนจะมีค่าไม่คงที่ แต่หลังจากที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับแล้ว สัญญาณเอาท์พุทจากเอ็นโค้ดเดอร์จะมีช่วงกว้างของสัญญาณพัลส์คงที่ และความเร็วรอบการหมุนของแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรีจะค่อนข้างคงที่ โดยที่ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณเอ็นโคดเดอร์เมื่อใช้การควบคุมแบบต่างๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.6

เมื่อวัดสัญญาณจากวงจร ZeroCrossing จะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับสัญญาณอินเทอรรัปจากภายนอกได้ในช่วงที่สัญญาณ AC ผ่านค่าศูนย์ ตามที่ได้ออกแบบไว้

5.2 วิจารณ์การทดลอง

จากโครงงานการออกแบบชุดควบคุมมอเตอร์ของแกนตรีนี้พบว่า สามารถนำมาใช้งานได้จริง โดยสามารถควบคุมแกนตรีให้หมุนด้วยความเร็วคงที่ได้ สามารถหมุนในทิศตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ และสั่งงานโดยผู้ใช้ผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการซึ่งได้แก่ การออกแบบวงจรในลักษณะของการเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ทำให้การนำไปใช้งานกับมอเตอร์ที่มีพิกัดต่ำไม่ได้ เนื่องจากจะทำให้ลักษณะการหมุนไม่สม่ำเสมอ (smooth) และอาจทำให้มอเตอร์นั้นเสียหายได้ จากการทดลองพบว่าการควบคุมตำแหน่งการหมุนของแกนตรีให้เคลื่อนที่ไปยังองศาที่ต้องการนั้น ยังทำได้ไม่สมบูรณ์นักเมื่อกำหนดตำแหน่งที่องศาน้อยๆ นอกจากนี้ชุดควบคุมที่ออกแบบมาไม่สามารถทำงานในระบบที่มีความเร็วสูงมากได้ สามารถทำงานได้ดีในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เช่นการควบคุมการหมุนแกนตรีของเครื่องเอ็กซเรย์ซีที ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้จำเป็นต้องนำไปพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขต่อไปเพื่อให้ประสิทธิภาพดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

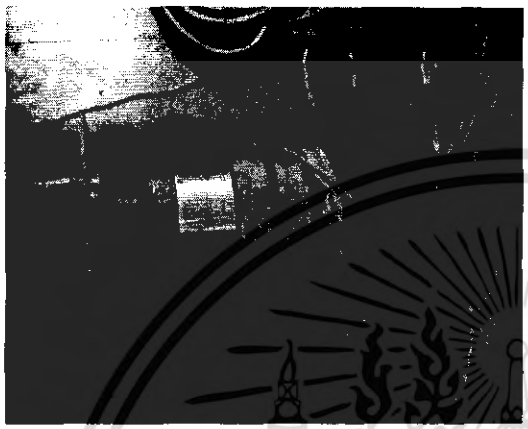
1. ศิวะ หงษ์นภา, "หลักการและการประยุกต์ใช้งานดีซีไดรฟ์", บริษัทกู๊ดวิลล์ไดเรคชั่น จำกัด, 2547, หน้า 121-139.

2. วิชัย ศังขจันทรานนท์, "ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540, หน้า 29.

3. รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ขันเงิน และ วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์, "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง", ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง , 2547, หน้า 225-234

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



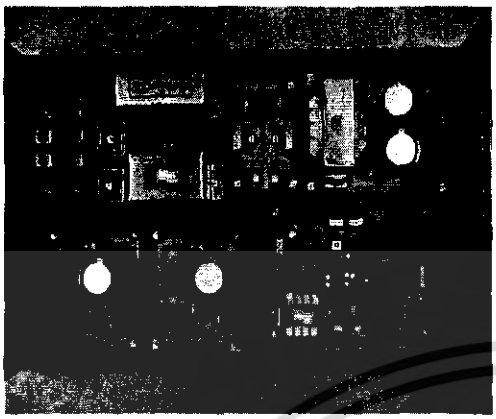
รูป ดีซีมอเตอร์ 180V/9.8A

รูป X-ray source และ X-ray detector

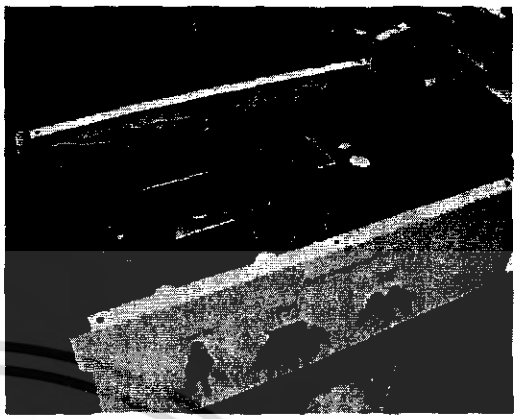
รูป แกนตรีของเครื่องเอ็กซ์เรย์ซีที

รูป แสดงตำแหน่งของโหลดของแกนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

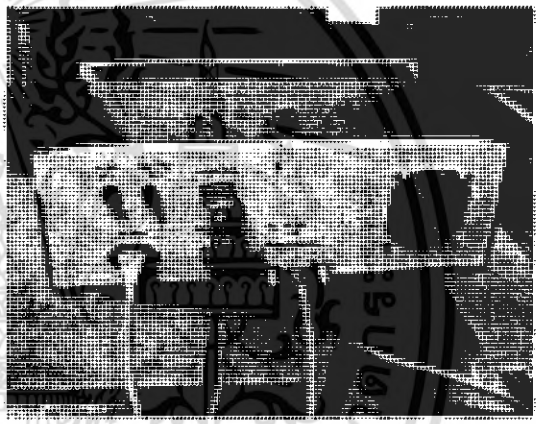


รูป วงจรก่อนทำการเดินสายไฟ



รูป วงจรหลังจากเดินสายไฟเรียบร้อยแล้ว

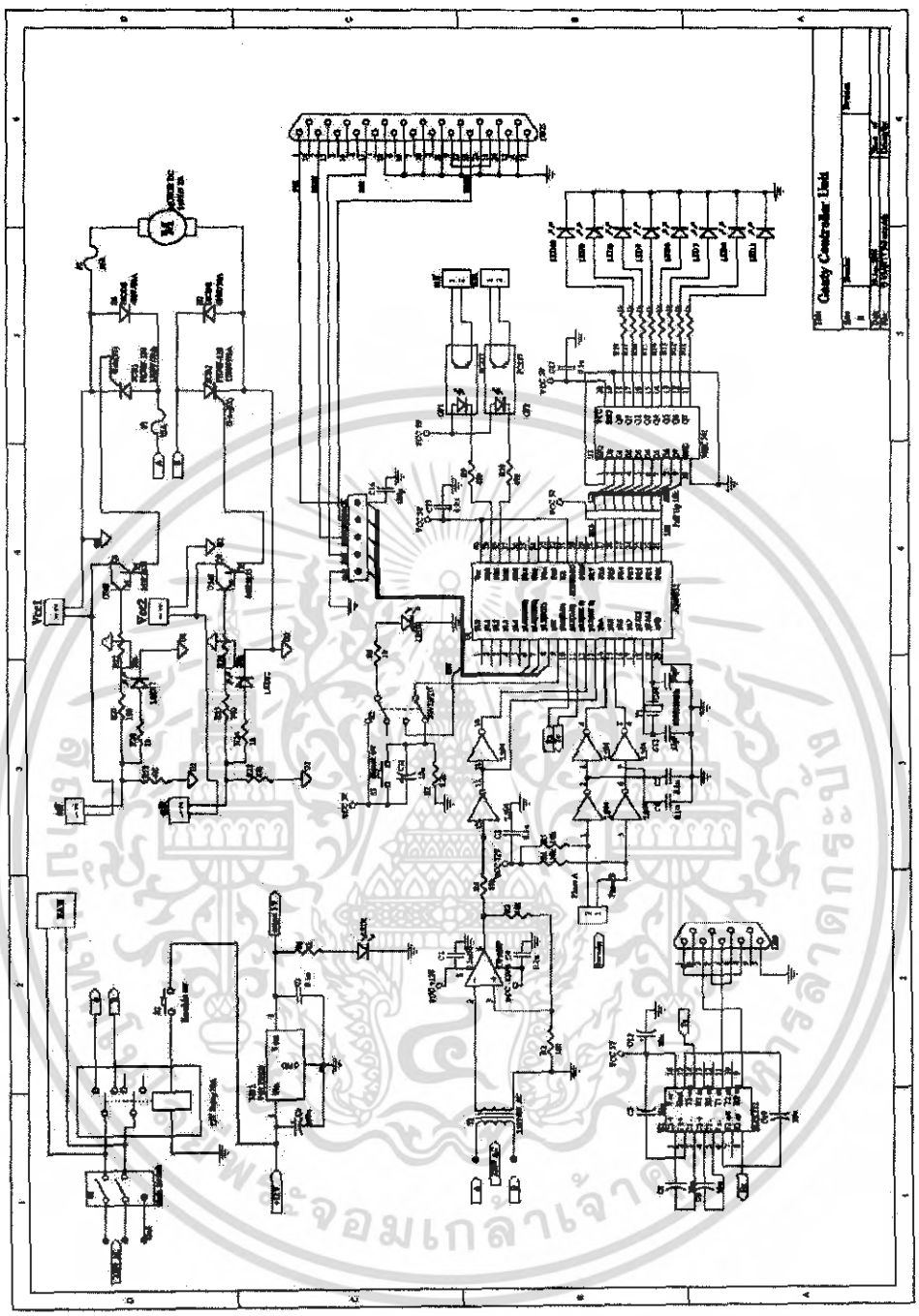
รูป ด้านหน้าของชุดควบคุมแกนตรี



รูป ด้านหลังของชุดควบคุมแกนตรี

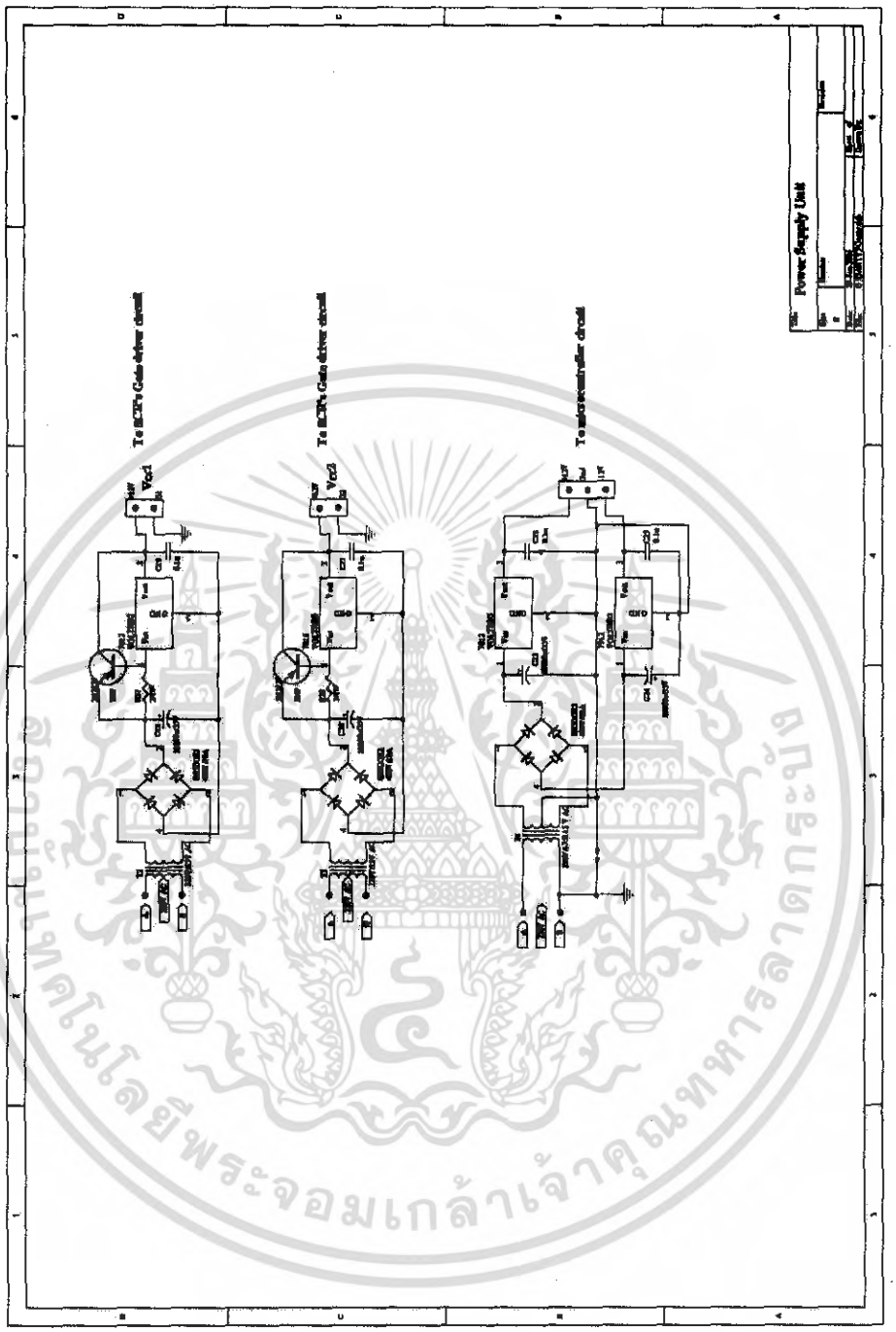
รูป แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ของแกนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

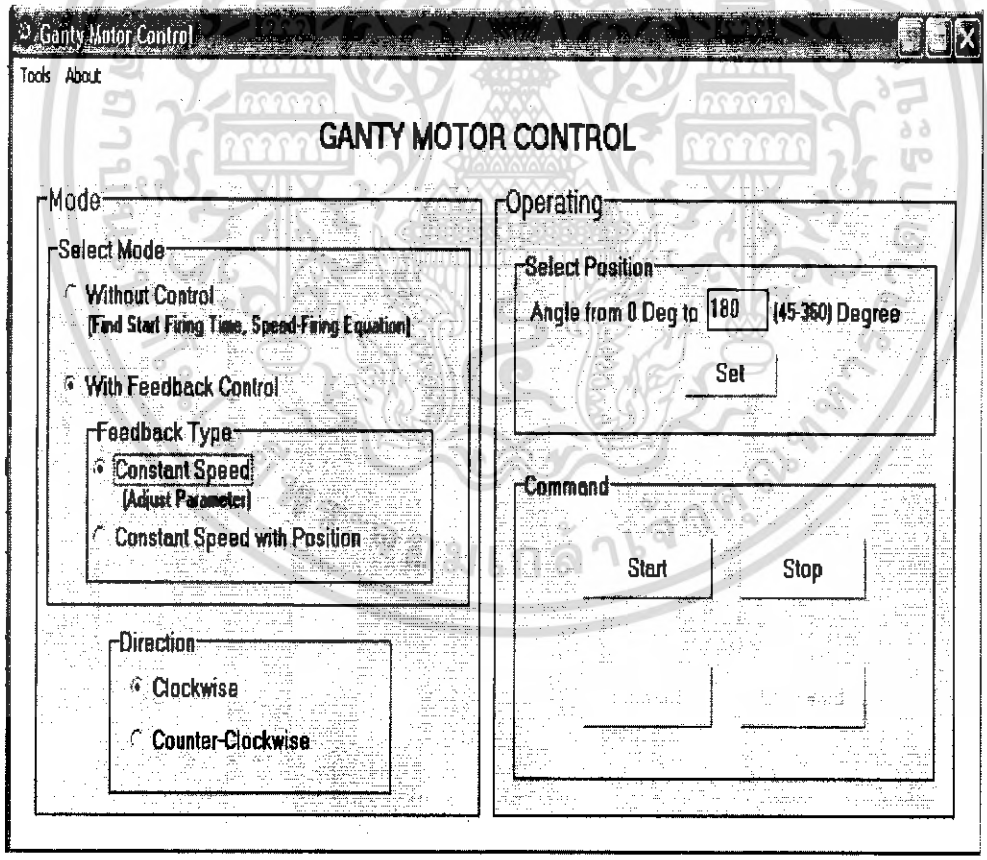


แสดงภาคจ่ายไฟของวงจรควบคุมมอเตอร์ของแกนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานซอฟท์แวร์ Gantry Motor Control

1. เลือกโหมดการทำงาน ดังรูปที่... ด้านซ้ายมือ มีให้เลือกแบบลูปเปิด (Without Control) หรือลูปปิด (With Feedback Control)
2. หากเลือกโหมดลูปปิดจะมีตัวเลือกย่อยคือกำหนดให้ค่าความเร็วของมอเตอร์คงที่ แต่ไม่กำหนดองศาที่เคลื่อนไปจนหยุด กับความเร็วคงที่ และหยุดที่องศาที่ต้องการ
3. เลือกทิศทางในการหมุนตามเข็ม (CC) หรือทวนเข็ม (CCW)
4. หากเลือกโหมดความเร็วคงที่ และหยุดที่องศาที่ต้องการในข้อ 2 จะต้องกำหนดองศาที่ต้องการหยุดในช่อง Select Position ดังรูปด้านขวาบน
5. สั่งให้มอเตอร์หมุนกดที่ปุ่ม Start หากต้องการหยุดมอเตอร์กดที่ปุ่ม Stop
6. หากเลือกโหมดความเร็วคงที่ และหยุดที่องศาที่ต้องการในข้อ 2 ปุ่ม จะใช้ ปุ่ม Forward และ Reward แทนปุ่ม Start เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปและหมุนกลับมาที่เดิม



แสดงหน้าต่างหลักของซอฟท์แวร์ Gantry Motor Control

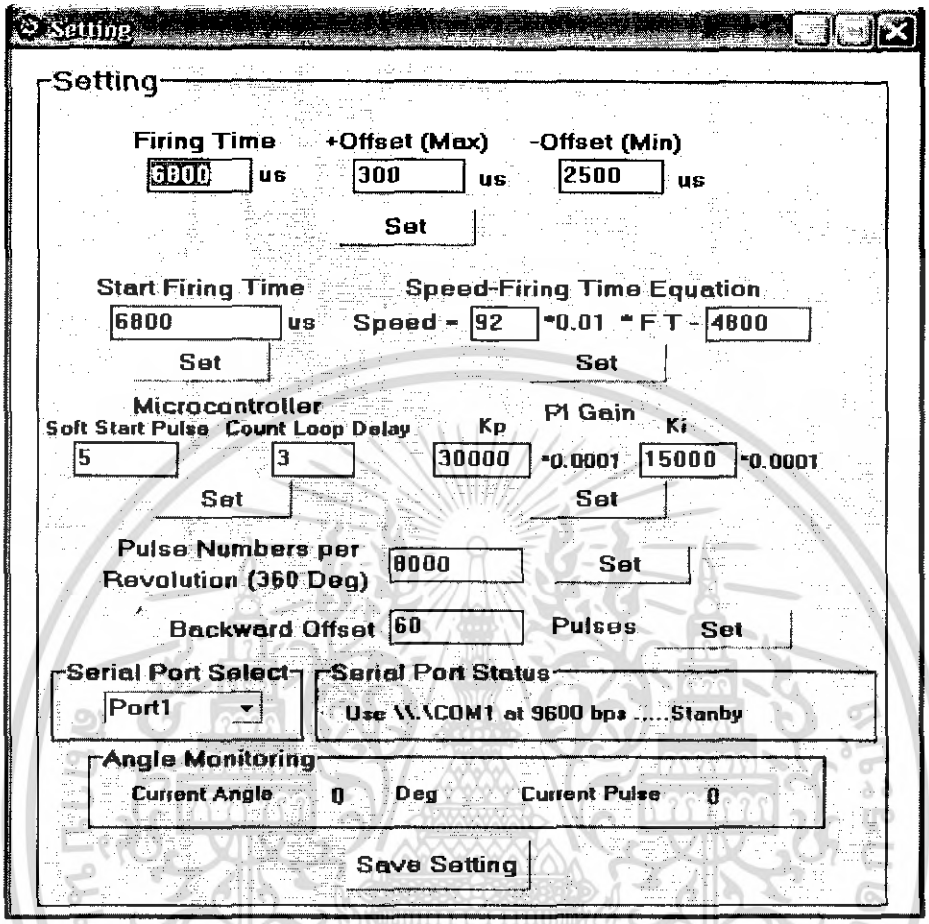
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าพารามิเตอร์ของซอฟท์แวร์ Gantry Motor Control

เมื่อคลิกที่ Tool > Setting จะปรากฏหน้าต่างที่ใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆก่อนการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องใส่ค่าที่สำคัญๆลงไปดังนี้

1. Firing Time กำหนดความเร็วของมอเตอร์ที่ต้องการมีค่าอยู่ในช่วง 8000-6000 ที่ 6000 จะมีความเร็วสูงที่ 8000 จะมีความเร็วต่ำ
2. +Offset Max, -Offset Min ค่าออฟเซทบวกของ Firing Time คือการกำหนดช่วงสูงสุดต่ำสุงที่ Firing Time จะเพิ่มหรือลดได้เมื่อมีการควบคุมแบบป้อนกลับ
3. Start Firing Time เป็นค่า Firing Time เริ่มต้นในการเริ่มหมุนมอเตอร์
4. Soft Start Pulse คือจำนวนพัลส์ที่ใช้ในช่วงเวลา Start Firing Time ในข้อ 3
5. Kp, Ki ค่าเกนของการควบคุมแบบ PI
6. Pulse Number Per Rev. (360) คือจำนวนพัลส์ของเอนโคดเดอร์เมื่อมอเตอร์หมุนครบรอบ
7. Backward Offset เป็นค่าจำนวนพัลส์ที่ต้องเพิ่มให้กับการหมุนเมื่อหมุนกลับหรือ Backward เพื่อให้มอเตอร์หมุนแกนตรีกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิม
8. Serial Port Select เลือกหมายเลขพอร์ตอนุกรม
9. Save Setting เพื่อบันทึกค่าที่ได้กำหนดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆในซอฟแวร์ Gantry Motor Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้