สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

ดีซีเซอร์โว 3 แกน

3 Axis Dc Servo Control

จัดทำโดย

นายเทพจิตร์ เชยโภคา

นายวิโรจน์ วุฒิ

นายอมต หลวงพล

RCH
TK
1987
ท154801

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 114509
วัน,เดือน,ปี 20 ส.ค. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12292023
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการวิจัย **ดีซีเซอร์โว 3 แกน**

3 Axis Dc Servo Control

ชื่อผู้วิจัย **นายเทพจิตร์ เชยโภคา**

นายวิโรจน์ วุฒิ

นายอมต หลวงพล

Mr.Mr. Thepjit Cheypoca

Mr. Virot Wuti

Mr. Amata Luanpol

หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัย และที่อยู่

แผนก/ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กระทรวง/ทบวง กระทรวงศึกษาธิการ

ที่อยู่ ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-329-8353 **โทรสาร** 02-329-8354

บทคัดย่อ

รายงานโครงการวิจัยนี้กล่าวถึงการขับเคลื่อนและการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีอยู่มากมายหลายวิธี ในรายงานฉบับนี้จะเป็นการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย ไมโครคอนโทรเลอร์ มีวงจรชุดขับที่มีมอสเฟสเป็นตัวสวิทช์ มีอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของ มอเตอร์เป็นเอ็นโคดเดอร์ การควบคุมการทำงานเป็นแบบวงจรปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี ในการควบคุมตำแหน่งของดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This research project presents the development for 3 Axis Dc Servo Control and the most efficient way the purpose how to drive and supervise a DC motor by using a microcontroller. MOSFET are use for the switching devices. Position of the motor are collected by an incremental encoder. The feedback control is implemented using PID controller.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

สารบัญ.....II

สารบัญตาราง.....IV

สารบัญรูป.....V

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....1

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....1

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....2

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย.....2

บทที่ 2 ดีซีเซอร์โว (DC Servo).....3

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC – Motor).....3

2.1.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....3

2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่.....4

2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet DC motor).....7

2.2 เอนโค้ดเดอร์ (Encoder).....10

2.3 หน่วยประมวลผล (Microcontroller).....12

2.4 ฟูลบริทท์ (Full Bridge).....14

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของระบบ.....18

3.1 โครงสร้างของเครื่องกัดที่ใช้ดีซีเซอร์โว 3 แกน.....18

3.2 ดีซีมอเตอร์และเอนโค้ดเดอร์.....18

3.3 ตัวขับเคลื่อนแกน.....20

3.4 ชุดแผงควบคุมระบบ.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....23

บทที่ 5 บทสรุป.....25

เอกสารอ้างอิง.....26

ภาคผนวก ก.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการส่งสัญญารควบคุม DC MOTOR.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสรงแบบแม่เหล็กถาวร....4

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดสนาม....4

2.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 4 ย่านการทำงาน....6

2.4 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร....8

2.5 คุณลักษณะของแรงบิด-ความเร็วรอบ $V_{11} > V_{12} > V_{13} > V_{14}$
โดยที่ V_{T4} คือแรงดันไฟฟ้าที่พิกัด....8

2.6 สมรรถนะของแรงบิด-ความเร็วแบบต่อเนื่อง....9

2.7 มอเตอร์แบบแม่เหล้กถาวรที่ใช้ในโครงงาน....9

2.8 ลักษณะชนิดจานหมุนที่ใช้ทำเอนโค้ดเดอร์โดยทั่วไป....10

2.9 สัญญาณ A, B และ Z ของเอนโค้ดเดอร์....11

2.10 เอนโค้ดเดอร์ที่ใช้งานอุตสาหกรรมทั่วไป....12

2.11 ดีซีมอเตอร์ที่ต่อแกนร่วมกับเอนโค้ดเดอร์....12

2.12 รูปแสดงบอร์ ET-EASY168 STAMP....13

2.13 แผงวงจรฟูลบริทท์ รุ่น ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V....15

2.14 วงจรที่ใช้ควบคุม DC MOTOR ด้วยพาวเวอร์มอสเฟส....16

3.1 โครงสร้างโดยรวมทั้งระบบ....18

3.2 ดีซีมอเตอร์แกน X....19

3.3 ดีซีมอเตอร์แกน Y....19

3.4 ดีซีมอเตอร์แกน Z....20

3.5 ลีดสกรู....20

3.6 ไดอะแกรมการทำงานของดีซีเซอร์โว....21

3.7 แสดงจุดเชื่อมต่อรับสัญญาณจาก PC ด้วยปริ้นเตอร์พอร์ต....21

3.8 แสดงจุดเชื่อมต่อรับสัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์และ PC....21

3.9 แสดงแผงวงจรทั้งระบบ....22

4.1 แสดงการออกแบบตราสัญลักษณ์....23

4.2 แสดงโปรแกรม CNC....23

4.3 ผลงานที่ได้จากการออกแบบ....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันงานอุตสหกรรมการผลิตนั้นจำเป็นต้องมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยทั่วไปประเภทของมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมจะมีอยู่ 2 ชนิด หลัก คือ มอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสสลับ ในเครื่องจักรอัตโนมัติของอุตสาหกรรมการผลิตโดยเฉพาะเครื่องกัดที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) จะมีมอเตอร์เซอร์โวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบ และโดยทั่วไปมอเตอร์เซอร์โวในประเทศไทยจะมีการนำเข้ามาทั้งระบบทำให้มีราคาแพง จึงมีความคิดที่จะผลิตใช้ภายในประเทศเอง

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างดีซีเซอร์โว 3 แกน เพื่อใช้ในการขับเครื่องกัดที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) โดยการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวประมวลคำสั่ง เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างสูง มีขนาดเล็กระทัดรัด มีระบบการรับส่งข้อมูลรวดเร็ว โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณไปที่ชุดขับวงจรฟูลบริทท์ ซึ่งใช้มอสเฟสเป็นสวิทช์จะทำให้การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้สะดวกมากขึ้น

ในระบบการตรวจสอบหรือการตรวจวัดตำแหน่งในงานที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวทำงานนั้น การใช้เอนโค้ดเดอร์เป็นตัวตรวจจับ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงทำให้เกิดความแม่นยำในการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบ และสร้างดีซีเซอร์โว 3 แกน
2. ส่งเสริมให้เกิดการศึกษาและการวิจัยในสาขาแมคคาโทรนิคและการควบคุม
3. ส่งเสริมให้มีการร่วมมือการทำงานทางวิชาการและการวิจัยร่วมกันของหน่วยงานการศึกษากับหน่วยงานอุตสาหกรรม
4. **เพื่อพัฒนาและสร้างบุคลากร นักศึกษา นักวิจัย วิศวกร ที่มีความรู้ความเข้าใจและมี**ความเชี่ยวชาญด้านแมคคาโทรนิคและการควบคุมกับภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

พัฒนาระบบและสร้างดีซีเซอร์โว 3 แกน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม การเรียนการสอน และเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

เพื่อให้การวิจัยการพัฒนาดีซีเซอร์โว 3 แกน รวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนดประมาณ 12 เดือน จึงขอแบ่งวิธีการวิจัยดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของดีซีเซอร์โว 3 แกน
2. ศึกษาข้อมูลและวิธีการออกแบบดีซีเซอร์โว 3 แกน
3. ออกแบบและสร้างดีซีเซอร์โว 3 แกน
4. ทดสอบระบบดีซีเซอร์โว 3 แกน ที่ได้ทำการสร้างขึ้นมา
5. ปรับปรุงคุณภาพของดีซีเซอร์โว 3 แกน
6. สร้างต้นแบบดีซีเซอร์โว 3 แกน
7. สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนอย่างละเอียด)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ช่วงระยะเวลาการดำเนินงาน(งบประมาณปี 2553)												หมายเหตุ
	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	
1.ศึกษาข้อมูลทั่วไปของดีซีเซอร์โว 3 แกน	←	—	→										
2.ศึกษาข้อมูลและวิธีการออกแบบดีซีเซอร์โว 3 แกน		←	—	→									
3.ออกแบบและสร้างดีซีเซอร์โว 3 แกน			←	—	—	→							
4.ทดสอบระบบดีซีเซอร์โว 3 แกน					←	—	—	→					
5.ปรับปรุงคุณภาพของดีซีเซอร์โว 3 แกน							←	—	—	→			
6.สร้างต้นแบบดีซีเซอร์โว 3 แกน									←	—	→		
7.สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์											←	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ดีซี เซอร์โว (DC Servo)

ดีซี เซอร์โว เป็นระบบที่ใช้การควบคุมมอเตอร์แบบป้อนกลับ เพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว แรงบิด ซึ่งประกอบด้วย

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC – Motor) เป็นต้นกำลังที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนโหลด หรือเครื่องจักร
- เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นเซ็นเซอร์ใช้สำหรับตรวจจับตำแหน่ง ความเร็ว
- หน่วยประมวลผล (Microcontroller) เป็นตังประเมินผลเพื่อใช้ควบคุมตำแหน่งของเพลามอเตอร์
- ฟูลบริทท์ (Full Bridge) เป็นตัวสวิทช์เพื่อขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์ โดยโครงการวิจัยนี้ใช้มอสเฟส

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC – Motor)

เครื่องจักรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานไฟฟ้านเป็นพลังงานทางกล โดยที่เครื่องจักรทำงานโดยการหมุนเมื่อมีการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นพลังงานทางกลแล้ว จึงเรียกว่า “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง” จะมีแรงบิดในขณะหมุนสูงเพราะตำแหน่งที่มุมระหว่างสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กจากอาร์เมเจอร์ทำมุม 90 องศาทางไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปไม่สามารถทำได้ในตำแหน่งนี้

ในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงมีซี่คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) แปรงถ่าน (Carbon Brush) ทำหน้าที่จัดเรียงกระแสจากไฟฟ้าสลับ ในขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ออกจากตัวเครื่องจึงเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แต่เมื่อศักดาไฟฟ้าที่ขั้วมีค่าสูงกว่าศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในจะทำให้กระแสจากภายนอกเข้าตัวเครื่องจักร ซึ่งคอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่จัดเรียงกระแสที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่ที่แตกต่างกัน ก็จะมีกระแสไฟไหลในทิศทางตรงข้ามกันจะทำให้เกิดแรงบิดเสริมกัน จะเห็นได้ว่าในเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงตัวหนึ่งนั้นสามารถเป็นได้ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์ และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์

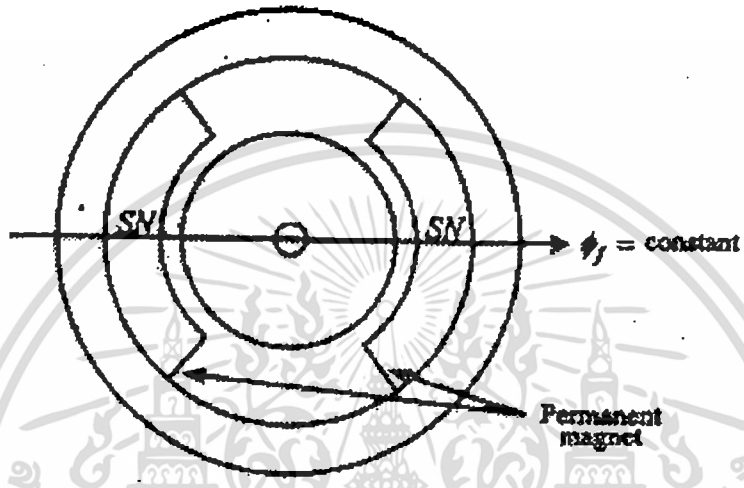
การแบ่งประเภทตามการจ่ายสนามแม่เหล็ก แยกออกได้เป็น 2 แบบ [1] คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

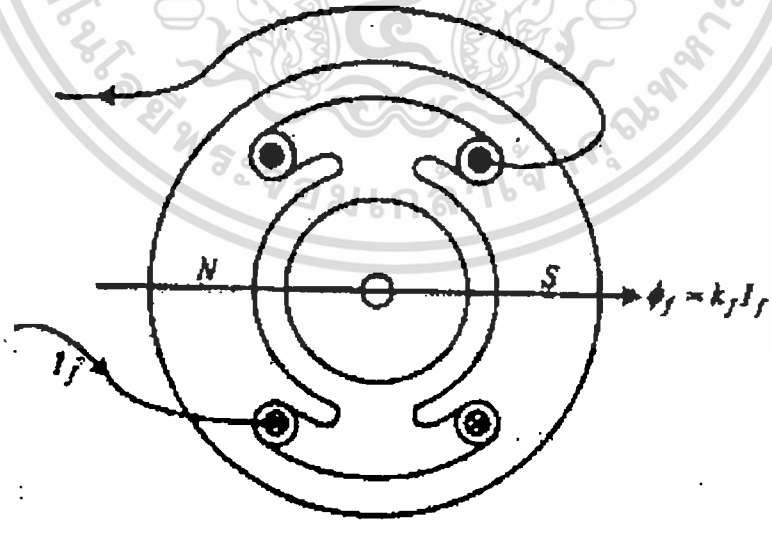
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่ หรือแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งค่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวรจะมีค่าคงที่สม่ำเสมอจากขดลวดสนาม (filed winding) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสรงแบบแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสฟิลด์ (Fieidcurrent, I_f) จะเป็นตัวควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก ถ้ากำหนดให้สเตเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กไม่เกิดการอิ่มตัวจะได้

$$\phi_f = k_f \cdot I_f \tag{2.1}$$

โดยที่ k_f หมายถึง ค่าคงที่ของเส้นแรงแม่แหล็ก

ϕ_f หมายถึง ค่าฟลักซ์ แม่เหล็ก

สำหรับโรเตอร์ (Rotor) จะมีขดลวดพันรอบตัวโรเตอร์ซึ่งขดลวดดังกล่าว เรียกว่า ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการรับพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์

แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเกิดความสัมพันธ์ระหว่าง เส้นแรงแม่เหล็กและกระแสอาร์เมเจอร์ (i_a) ดังสมการที่ 2.2

$$T_{em} = \cdot k_t \cdot \phi_f \cdot i_a \tag{2.2}$$

โดยที่ k_t หมายถึง ค่าคงที่แรงบิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับ (back – emf) ในส่วนของอาร์เมเจอร์จะเกิดจากการหมุนตัวของอาร์เมเจอร์ด้วยความเร็ว ω_m ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_f

$$e_a = k_e \cdot \phi_f \cdot \omega_m \tag{2.3}$$

โดยที่ k_e หมายถึง ค่าคงที่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

อย่างไรก็ตามในหน่วย SI ค่า k_t และ k_e จะมีค่าเท่ากันซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากสมการสมดุลของพลังงาน โดยกำลังไฟฟ้า ($e_a \cdot i_a$) เท่ากับกำลังไฟฟ้าทางกล ($\omega_m \cdot T_{em}$) จะได้

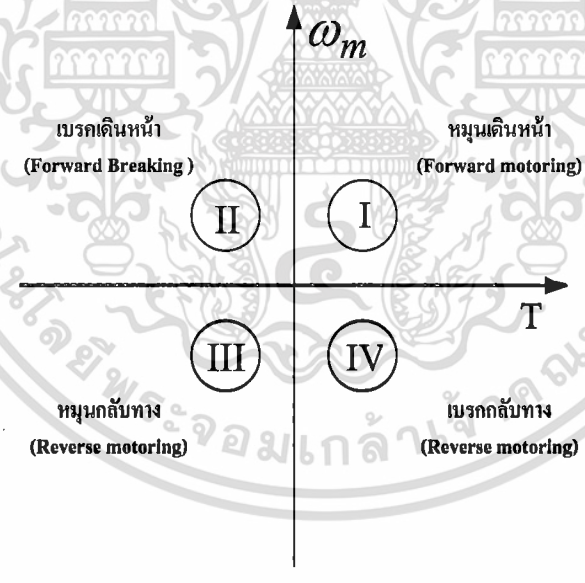
$$P_e = e_a \cdot i_a = k_e \cdot \phi_f \cdot \omega_m \cdot i_a \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกระแสไฟฟ้าทางกลเท่ากับ

$$P_m = \omega_m \cdot T_{em} = \omega_m \cdot k_t \cdot \phi_f \cdot i_a \tag{2.5}$$

เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สามารถทำงานหรือเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ แต่โดยทั่วไปจะไม่นิยมนำมาใช้งานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามในขณะที่ทำการเบรกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น ก็จะเกิดสภาวะเสมือนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงในขณะที่ความเร็วลดลง ดั้งนั้นขณะที่มอเตอร์เบรกจำเป็นต้องพิจารณาเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้ค่าเส้นแรงแม่เหล็กคงที่และมอเตอร์กำลังขับโหลดคงที่มีความเร็วเท่ากับ ω_m ·และเพื่อที่จะลดความเร็วของมอเตอร์เพื่อที่จะให้ค่าแรงดันไฟฟ้า V_t มีค่าต่ำกว่าค่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับ e_a จะส่งให้ i_a ไหลกลับทิศทาง ค่าแรงบิด T_{em} จะกลับทางเช่นกัน นอกจากนั้นพลังงานจลน์ที่เกิดจากแรงเฉื่อยของโหลดก็จะแปลงเป็นพลังไฟฟ้า โดยพลังงานที่ได้จะจ่ายไปแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_t หรืออยู่ในรูปของความร้อนโดยใช้ตัวต้านทาน



รูปที่ 2.3 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 4 ย่านการทำงาน

ขณะที่มอเตอร์การเบรกนั้น ขั้วของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับ e_a ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะทิศทางการหมุนยังคงเหมือนเดิม ยังคงใช้สมการเดิมได้ ในการหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำย้อนกลับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อของโรเตอร์ลดลงเป็นผลให้แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำย้อนกลับลดลง (ϕ_f มีค่าคงที่) จนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุนและถ้าขั้วของแหล่งจ่ายเปลี่ยนไปก็จะมีผลทำให้ทิศทางหมุนของมอเตอร์เปลี่ยนไป

ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะสามารถทำงานได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และเมื่อทำการเบรกแรงบิดของตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็สามารถกลับทิศทางได้ จากรูปที่ 2.3 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบสำหรับย่านการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 4 ย่านการทำงาน

2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet DC motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร นิยมใช้เป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็ก โดยที่สเตเตอร์จะใช้แม่เหล็กถาวรในการสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กคงที่

สำหรับสภาวะอยู่ตัว กำหนดให้ค่าเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่ พิจารณาวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและสมการ

$$T_{em} = k_t \cdot i_a \tag{2.6}$$

$$E_a = k_E \cdot \omega_m \tag{2.7}$$

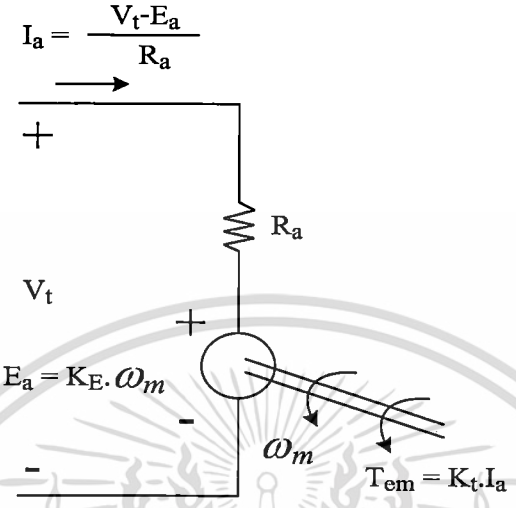
$$V_t = E_a + R_a i_a \tag{2.8}$$

โดยที่ $k_T = k_t \cdot \phi_t$ และ $k_E = k_e \cdot \phi_t$

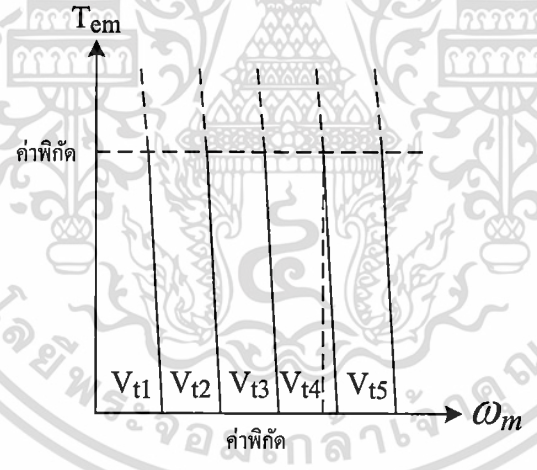
และจากสมการที่ 2.6 -2.8 จะสามารถหาค่าความเร็วรอบ ω_m ที่สภาวะอยู่ตัวเมื่อทราบค่าแรงดัน V_t และเป็นฟังก์ชั่นของ T_{em} จะได้สมการที่ 2.9

$$\omega_m = 1/K_E[V_t - (R_a/K_t)\cdot T_{em}] \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

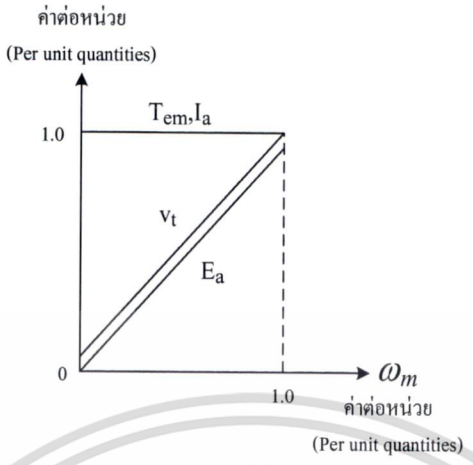


รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร



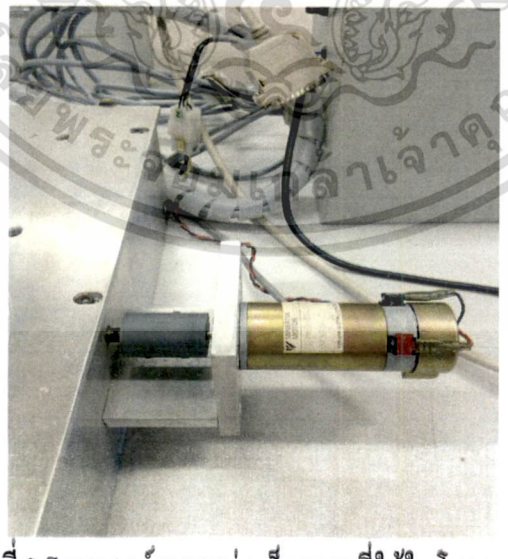
รูปที่ 2.5 คุณลักษณะของแรงบิด – ความเร็วรอบ $V_{11} > V_{12} > V_{13} > V_{14}$ โดยที่ V_{T4} คือแรงดันไฟฟ้าที่พิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 สมรรถนะของแรงบิด – ความเร็วแบบต่อเนื่อง

สมการที่นำมาวาดกราฟได้ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขณะที่แรงบิดมีค่าเพิ่มขึ้น คุณลักษณะของแรงบิด - ความเร็วรอบที่ค่าความเร็วรอบที่แรงดันคงที่ V_t ที่กำหนดจะมีรูปร่างเก็บเป็นเส้นตรงขนานกับแรงบิด T_{em} โดยความแตกต่างเพียงเล็กน้อยที่เกิดขึ้น จะเกิดจากแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมค่าความต้านของอาร์เมเจอร์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง $I_a \cdot R_a$ นอกจากนั้นคุณลักษณะของแรงบิด – ความเร็วสามารถเลื่อนไปมาได้ในแนวแกนนอนได้โดยการควบคุมค่าแรงดังไฟฟ้า V_t ดังนั้น ความเร็วรอบของโหลดที่คุณลักษณะของแรงบิดต่อความเร็วรอบใดๆ โดยจะสามารถควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์ไฟฟ้ากะแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร



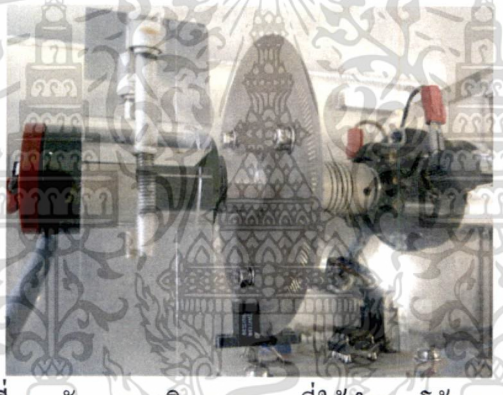
รูปที่ 2.7 มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ค่ากระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดไม่ควรสูงเกินกว่าค่ากระแสและแรงบิดที่พิกัดค่าที่เกินกว่าค่าที่ได้แสดงไว้ด้วยเส้นประ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าให้สูงกว่าค่าที่พิกัด จะเป็นผลให้ต้องเพิ่มพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่พิกัดจะเป็นผลให้ต้องเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้า V_1 สูงขึ้นกว่าค่าที่พิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า

2.2 เอนโค้ดเดอร์ (Encoder)

ในการตรวจสอบตำแหน่งของมอเตอร์จะใช้เอนโค้ดเดอร์เป็นตัวตรวจสอบตำแหน่ง โดยที่เอนโค้ดเดอร์จะสร้างพัลส์ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลา จะทำให้สามารถตรวจสอบความเร็วและตำแหน่งของเพลามอเตอร์ขณะทำงานในรูปของจำนวนพัลส์ได้ โดยผลที่ได้จากการป้อนกลับนำมาประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ [2]

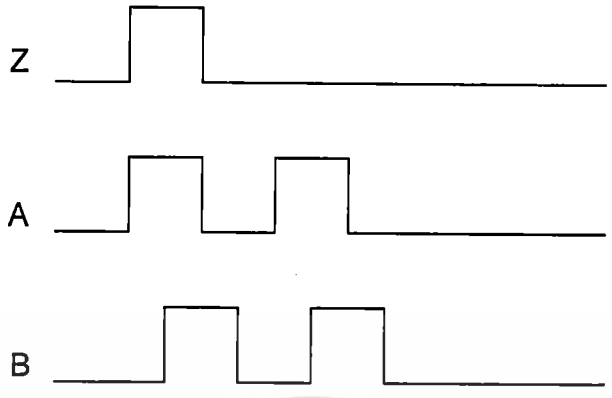


รูปที่ 2.8 ลักษณะชนิดจานหมุนที่ใช้ทำเอนโค้ดเดอร์โดยทั่วไป

โครงสร้างจะประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง ตัวจับแสงที่ถูกคั่นกลางด้วยแผ่นจานกลมๆ ที่มีการทำรูเจาะไว้รอบๆ แผ่น จำนวนรูจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของ incremental encoder และหน้ากากแยกช่องของสัญญาณพัลส์ A, B และ Z ดังรูปที่ 2.8

สัญญาณพัลส์ที่ได้มาจากเอนโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วย 3 แทรก คือ A, B และ Z ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สัญญาณ A, B และ Z ของเอนโค้ดเดอร์

พัลส์ที่เกิดจากการแทรก A และ B จะเกิดการเหลื่อมกัน มีความต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อทำหน้าที่รายงานผลของความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ให้คอนโทรลเลอร์ ดังนี้

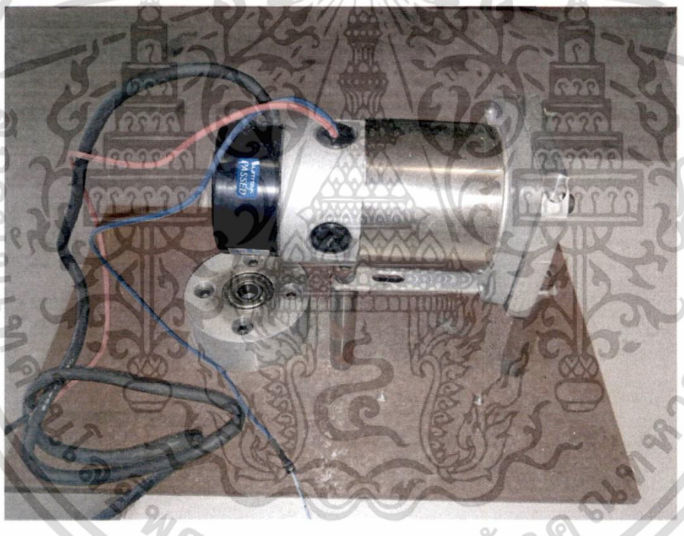
กรณีพัลส์ A เกิดขึ้นก่อน B คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าหากพัลส์ B เกิดขึ้นก่อน A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางทวนเข็มนฬิกา

ส่วนแทรค Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ในการหมุน 1 รอบ ทำหน้าที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งโรเตอร์

ความละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งแบบโรเตอร์แบบ incremental ความละเอียดของเอนโค้ดเดอร์ คือ จำนวนคาบของสัญญาณเอาท์พุทต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ ซึ่งจะบอกมาเป็นจำนวนพัลส์ต่อรอบ หรือจำนวนไซเคิล ต่อ 360 องศา มุมทางกลหรือไซเคิล ต่อ องศา ของเอนโค้ดเดอร์ที่ใช้กันทั่วไปจะมีค่าความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10,000 พัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 เอนโค้ดเดอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป

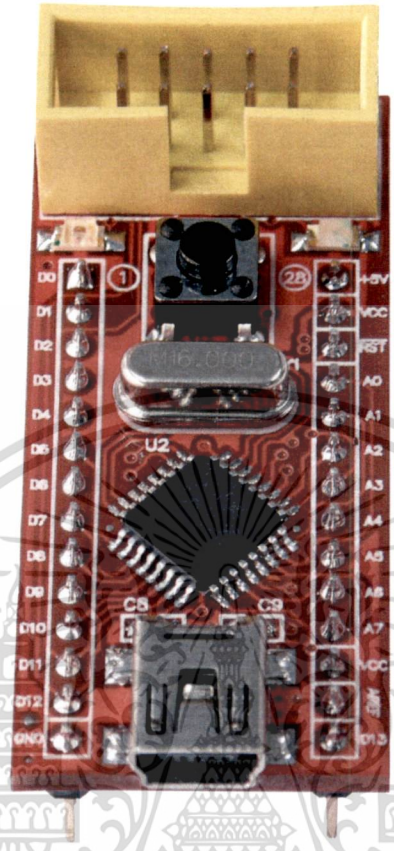


รูปที่ 2.11 ดีซีมอเตอร์ที่ต่อแกนร่วมกับเอนโค้ดเดอร์

2.3 หน่วยประมวลผล (Microcontroller)

ไมโครทอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรม หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ทำให้มีขนาดเล็กและสามารถที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 รูปแสดงบอร์ด ET-EASY168 STAMP

ET-EASY168 STAMP เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล AVR8 ขนาดเล็กจิ๋ว โดยมีขนาดของบอร์ดเพียง 2cn x 5cm เท่านั้น ซึ่งขนาดบอร์ดประมาณเท่ากับตัวถังของไอซี 28 DIP 300 โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega168 ของ ATMEL เป็น MCU ประจำบอร์ด โดยเลือกใช้ MCU ที่มีรูปร่างตัวถังแบบ 32 TQFP พร้อมวงจรรอบนอกที่จำเป็นอย่าง Oscillator และ Reset รวมไว้ด้วยภายในบอร์ด นอกจากนี้แล้วภายในตัวบอร์ดยังได้รวมเอาไอซี USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232R เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมด้วย RS232 กับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ต USB ได้โดยตรง

ทำให้บอร์ด ET-EASY168 STAMP เป็นบอร์ดทดลองขนาดเล็กที่เพียบพร้อมไปด้วงวงจรพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR8 อย่างแท้จริง เพียงแต่เสียบสาย USB จากพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับขั้ว USB ของบอร์ด ET-EASY168 STAMP ก็สามารถทำการเขียนโปรแกรม และ Download Code ให้กับ MCU เพื่อทำการทดลองได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

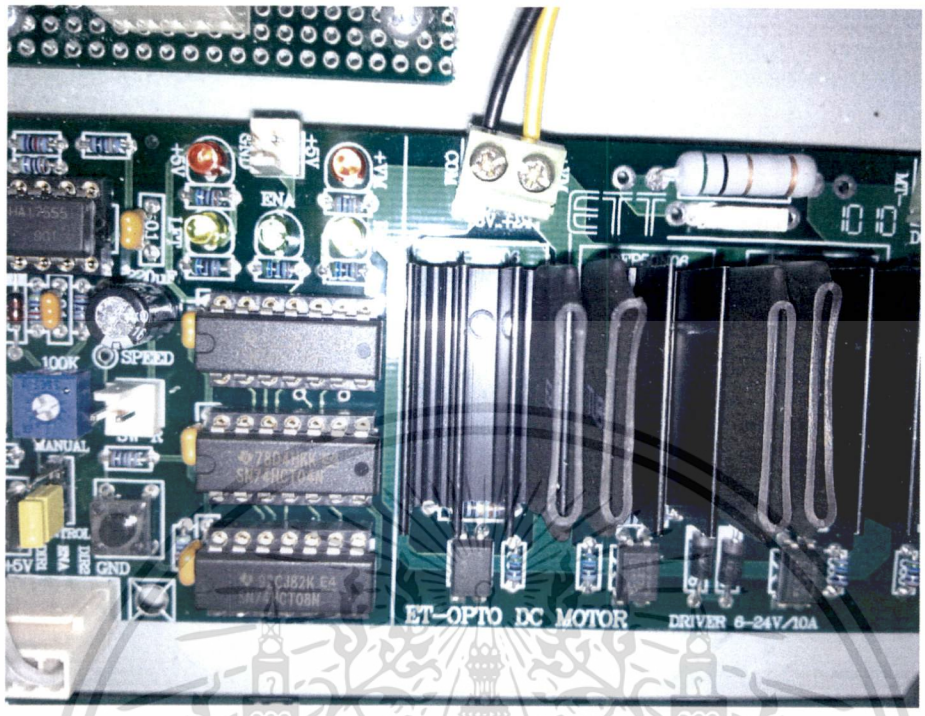
คุณสมบัติของบอร์ด

- เลือกใช้ MCU ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega168 ของ ATMEL Run ความถี่ 16.00 MHz
    - มีหน่วยความจำ Flash สำหรับเขียนโปรแกรม 16 Kbyte ถ้าใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านระบบ AVRISP หรือ 14 Kbyte เมื่อใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านระบบ Boot Loader RS232
    - มี SRAM ใช้งานขนาด 1 Kbyte และ EEPROM ใช้งานขนาด 512 Byte
    - มี GPIO ใช้งานจำนวน 22 บิต
        - Digital GPIO จำนวน 14 บิต
        - Analog Input (ADC) ขนาดความละเอียด 10 บิต จำนวน 8 ช่อง
- ใช้งานกับแรงดันไฟตรงขนาด +5VDC โดยใช้ได้ทั้งกับแหล่งจ่าย +5VDC/500mA จากพอร์ต USB และจากแหล่งจ่าย +5VDC จากภายนอกได้ด้วย พร้อม LED Power แสดงสถานะของแหล่งจ่าย
- มีวงจร External Reset แบบ RC Reset และ Switch Reset พร้อมภายในบอร์ด
- ขั้วต่อใช้งานวางตัวบน Pin Header ระยะห่าง 2.54 mm (100 mil) ขนาด 28 Pin (ด้านละ 14 Pin) ระยะห่าง 600 mil (1.5 cm) ง่ายต่อการนำไปต่อประยุกต์ใช้งาน และขยายวงจร I/O สามารถใช้กับ Project Board และ PCB เอนกประสงค์ได้โดยง่าย
- มีขั้วต่อ USB สำหรับเชื่อมต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ PC ผ่าน USB Bridge ของ FTDI ในรูปแบบของการสื่อสารอนุกรม RS232 สำหรับใช้งานสื่อสารและ Download Code ให้กับ MCU ภายในบอร์ดกรณีไม่ต้องการใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านทาง Boot Loader
- มี LED แสดงสถานะ โดยต่อกับ PB5 ของ AVR (Digital-13 ของ Arduino Project) สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองการทำงานอย่างง่าย

2.4 ฟูลบริทท์ (Full Bridge)

เป็นวงจรที่ใช้ขับดีซีมอเตอร์โดยในโครงงานนี้ใช้บอร์ดสำเร็จรูปของ ETT รุ่น ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V พาวเวอร์มอสเฟสแบบ เอ็น ชาแนล เบอร์ RFP50N06 ขนาด 60 V / 50 A จำนวน 4 ตัว ในการใช้งาน แผงวงจรดังแสดงรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

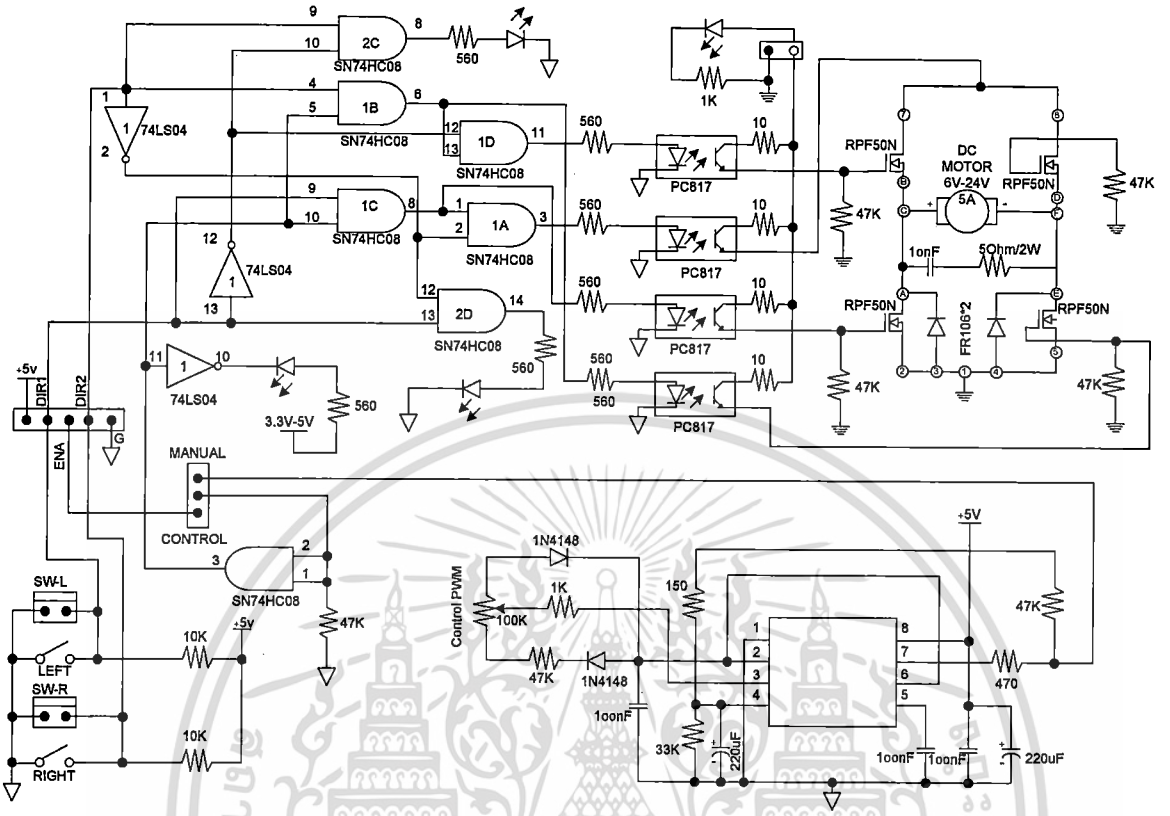


รูปที่ 2.13 แผงวงจรฟูลบริทท์ รุ่น ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V

ตารางที่ 2.1 แสดงการส่งสัญญาณควบคุม DC MOTOR

ENA/PWM	DIR1	DIR2	STATUS DC MOTOR
0	X	X	SLOW STOP
1	0	0	SLOW STOP
1	0	1	ROTATE RIGHT
1	1	0	ROTATE LEFT
1	1	1	FAST STO[

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจรที่ใช้ควบคุม DC MOTOR ด้วยพาวเวอร์มอสเฟส

การทำงานของวงจร

เมื่อ ENA = 0 จะไม่สนใจสภาวะของ DIR 1 และ DIR 2 ทำให้ OPTO ทั้ง 4 ตัวไม่ทำงาน จึงไม่มีแรงดันไปไบอัสให้กับขา Gate ของมอสเฟส ทั้ง 4 ตัว ทำให้มอสเฟสไม่ทำงาน มอเตอร์ก็จะไม่หมุนหรือถ้าหมุนอยู่ก็จะหยุดแบบ SLOW

เมื่อ ENA = 1 ส่วน DIR 1 และ DIR 2 = 0 แล้ว จะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับเงื่อนไขแรก

เมื่อ ENA = 1 ส่วน DIR 1 = 0 ,DIR 2 = 1 จะทำให้ OPTO ตัวที่ 1 กับ 4 ทำงาน ส่วนตัวที่ 2 และ 3 ไม่ทำงาน ส่งผลให้มีแรงดันไบอัสที่ขา GATE ของ Q1 และ Q4 ทำให้มอสเฟสคู่นี้ ON มีกระแสไหลจาก Q1 ผ่าน DC MOTOR ครบวงจรที่ Q4 ลงกราวด์ ทำให้มอเตอร์หมุนขวา (ตามเข็ม)

เมื่อ ENA = 1 ส่วน DIR 1 = 0 ,DIR 2 = 0 จะทำให้ OPTO ตัวที่ 2 กับ 3 ทำงาน ส่วนตัวที่ 1 และ 4 ไม่ทำงาน ส่งผลให้มีแรงดันไบอัสที่ขา GATE ของ Q2 และ Q3 ทำให้มอสเฟสคู่นี้ ON มีกระแสไหลจาก Q2 ผ่าน DC MOTOR ครบวงจรที่ Q3 ลงกราวด์ ทำให้มอเตอร์หมุนซ้าย (ทวนเข็ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่อ ENA = 1 ส่วน DIR 1 = 1 ,DIR 2 = 1 จะทำให้ OPTO ตัวที่ 3 กับ 4 ทำงาน ส่วนตัวที่ 1 และ 2 ไม่ทำงาน ส่งผลให้มีแรงดันไบอัสที่ขา GATE ของ Q3 และ Q4 ทำให้มอสเฟสคู่นี้ ON ดึงกระแสที่ไหลผ่าน DC MOTOR อยู่ลงกราวด์ทันที ทำให้มอเตอร์ STOP แบบ FAST คือ หยุดทันที

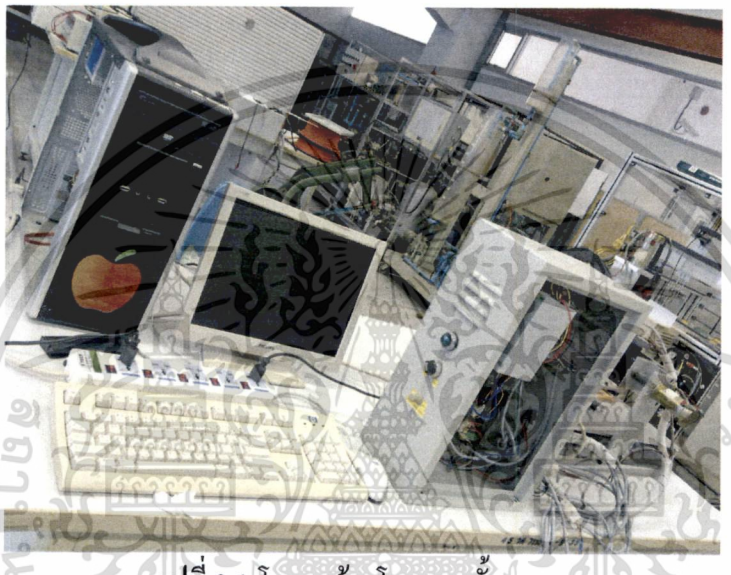
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
114509

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของระบบ

3.1 โครงสร้างของเครื่องกัดที่ใช้ดีซีเซอร์โว 3 แกน

ในโครงงานนี้ได้นำดีซีเซอร์โว 3 แกนมาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องกัดที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ โครงสร้างของระบบทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 3.1

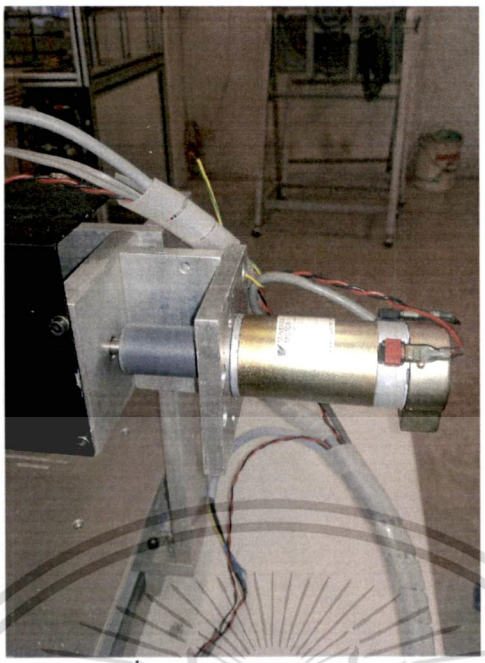


รูปที่ 3.1 โครงสร้างโดยรวมทั้งระบบ

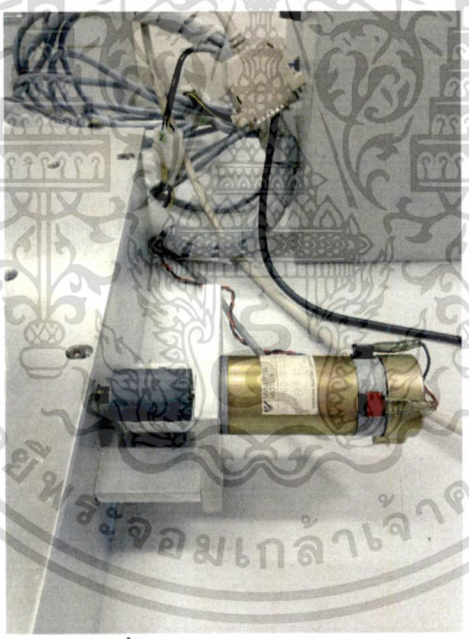
3.2 ดีซีมอเตอร์ และเอนโค้ดเดอร์

ในโครงงานนี้ใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 12 V 30 W โดยมีเอนโค้ดเดอร์พิกัด 1,000 พัลส์ ต่อ รอบ โดยได้นำมาคัปปิ้งด้วยพลาสติกกลึงขึ้นรูปเพื่อนำมาขับแกนเพลาแบบลีดสกรู ขนาด 10 มม. ระยะพิด 2 มม. เพื่อขับแกนของเครื่องจักรทั้ง 3 แกน ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

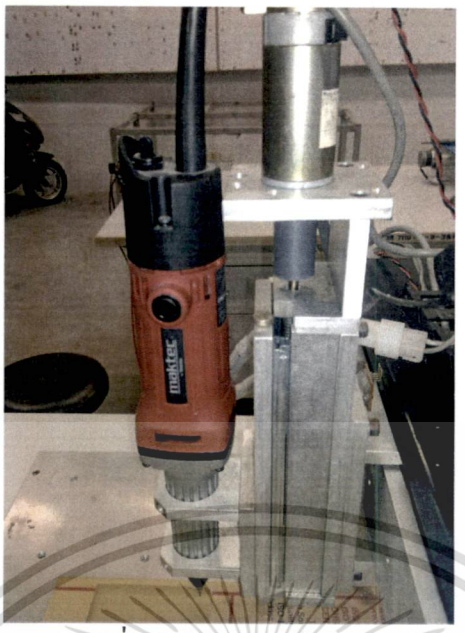


รูปที่ 3.2 ดีซีมอเตอร์แกน X



รูปที่ 3.3 ดีซีมอเตอร์แกน Y

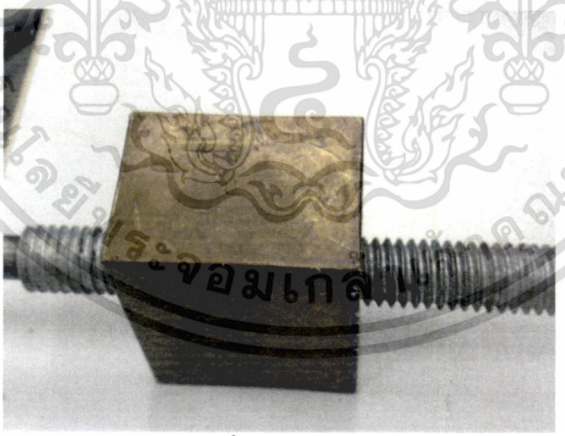
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ดีซีมอเตอร์แกน Z

3.3 ตัวขับเคลื่อนแกน

ในโครงงานนี้ใช้ตัวขับเคลื่อนแกนแบบลีดสกรู ข้อดี คือ มีราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย ข้อเสีย คือ มีความฝืด และระยะรุนค่อนข้างมาก ซึ่งในโครงงานนี้ได้เน้นการทำวิจัยในเรื่องของดีซีเซอร์โวเป็นหลัก จึงเลือกใช้แบบลีดสกรูทำให้ประหยัดต้นทุน



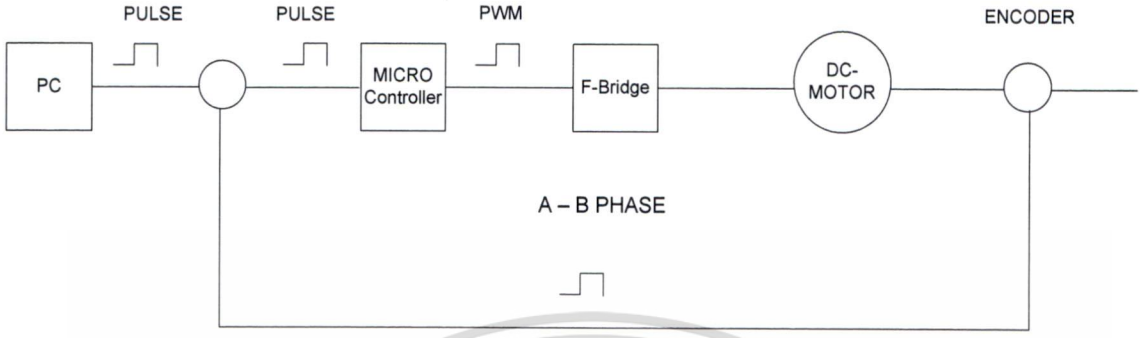
รูปที่ 3.5 ลีดสกรู

3.4 ชุดแผงควบคุมระบบ

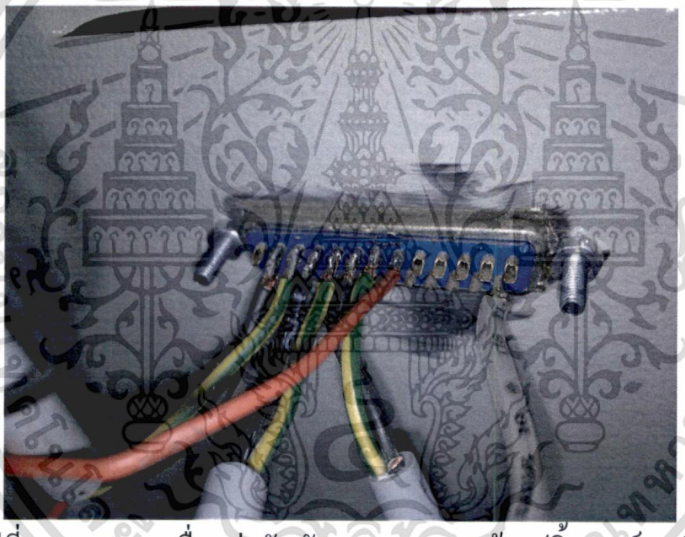
ชุดแผงควบคุมระบบการทำงานประกอบด้วย การรับข้อมูลจากโปรแกรม CNC จากคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ตขนาน เพื่อส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณนำมาประมวลผลเทียบกับสัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์ ผลที่ได้ส่งเป็นสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชั่น (PWM) ให้กับมอเตอร์ฟูลบริดท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

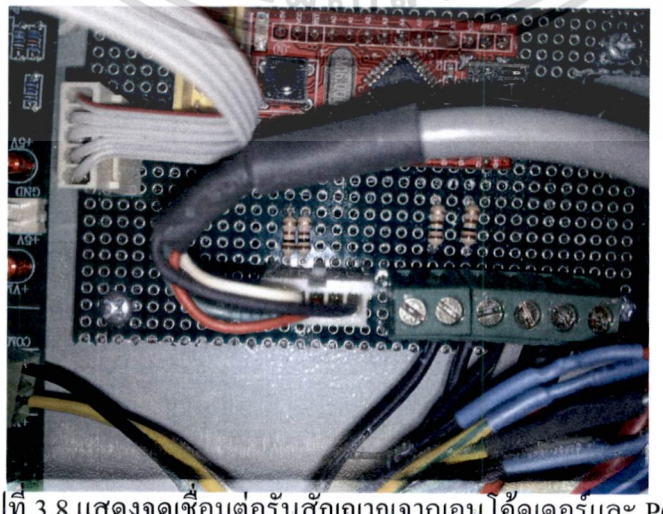
มอสเฟสขับดีซีมอเตอร์หมุน ระยะทางที่ได้ถูกป้อนกลับด้วยเอน โค้ดเดอร์แล้วนำมาประมวลผลซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้ตำแหน่งตามที่เครื่อง PC ระบุ



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมการทำงานของดีซีเซอร์โว

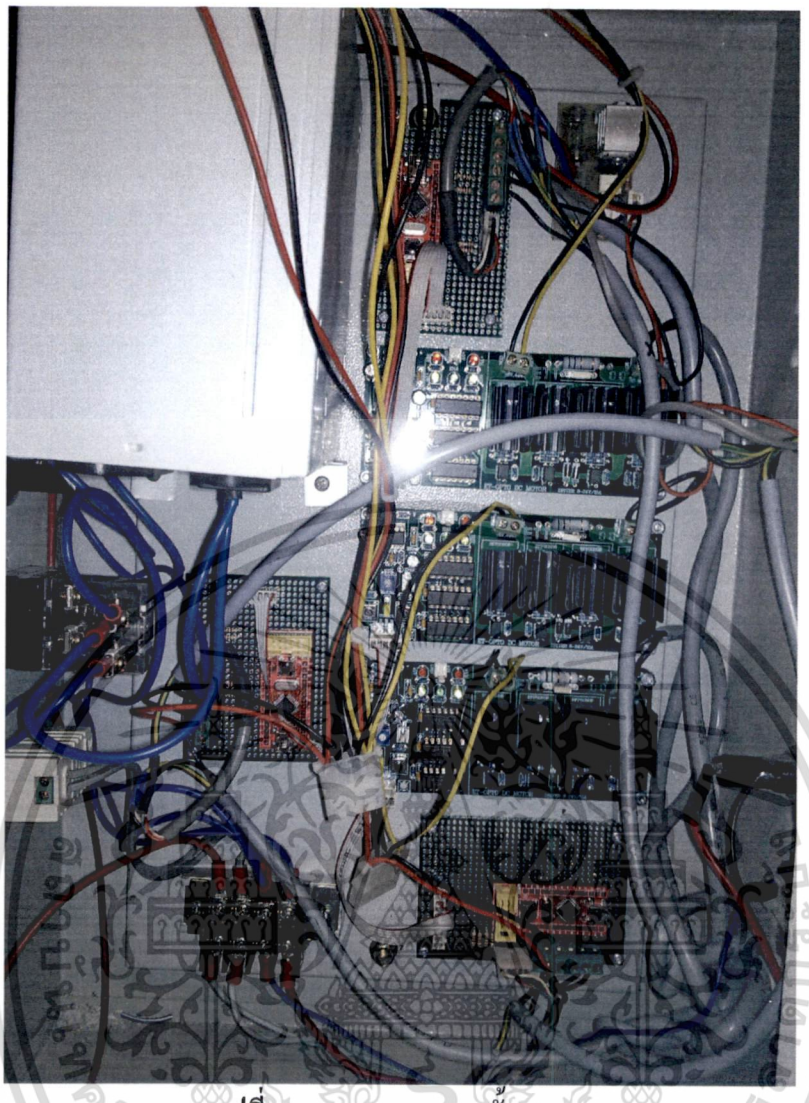


รูปที่ 3.7 แสดงจุดเชื่อมต่อรับสัญญาณจาก PC ด้วยปริ้นเตอร์พอร์ต



รูปที่ 3.8 แสดงจุดเชื่อมต่อรับสัญญาณจากเอน โค้ดเดอร์และ PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



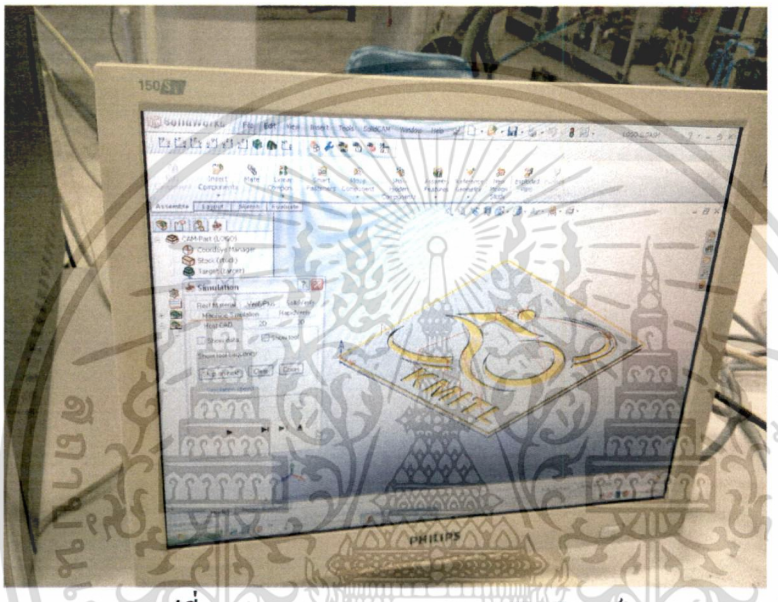
รูปที่ 3.9 แสดงแผงวงจรทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

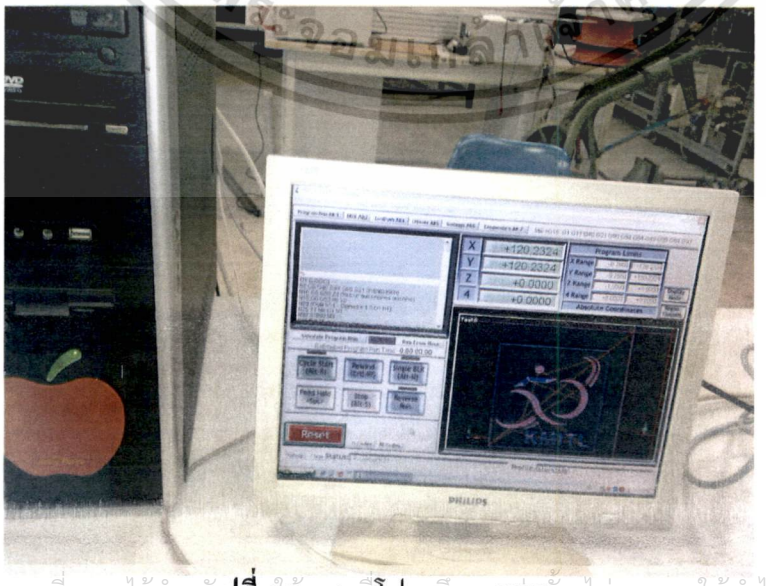
การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองของโครงงานนี้ เริ่มจากออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องการผลิตในโปรแกรมโซลิดเวอร์ค ซึ่งชิ้นส่วนที่ได้เลือกนำมาออกแบบนั้นเป็นตราสัญลักษณ์ครบรอบ 50 ปี พระจอมเกล้าลาดกระบัง และทำเส้นทางการวิ่งของชิ้นงานเพื่อให้ได้จีโค้ดและจำลองการทำงานของเส้นทางวิ่ง



รูปที่ 4.1 แสดงการออกแบบตราสัญลักษณ์

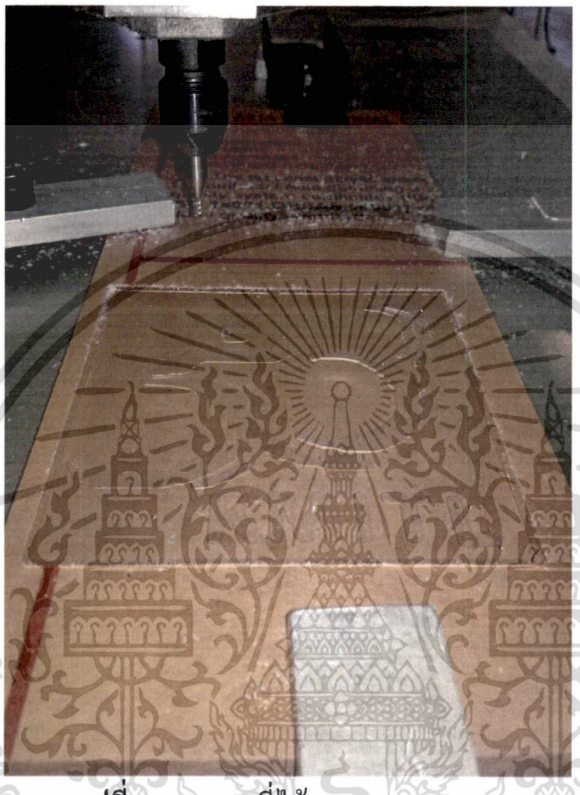
เมื่อได้แบบจำลองของเส้นทางการวิ่งดอกกัดนำมาคอมไพรต์ให้ได้จีโค้ดเพื่อส่งต่อไปยังโปรแกรม CNC สั่งให้เครื่องกัดทำงานตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.2 แสดงโปรแกรม CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโปรแกรม CNC ได้เส้นทางการวิ่งของดอกกัดจะส่งสัญญาณควบคุมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้ดีซีมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนลีดสกรูทั้ง 3 แกน โดยมีเอนโค้ดเดอร์คอยตรวจสอบระยะพิกัดที่ได้จากแกนเพลาที่ต่อคัปปิ้งกันส่งสัญญาณกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลตำแหน่งตรงกับระยะพิกัดที่มาจากเครื่อง PC จนได้ชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.3 ผลงานที่ได้จากการออกแบบ

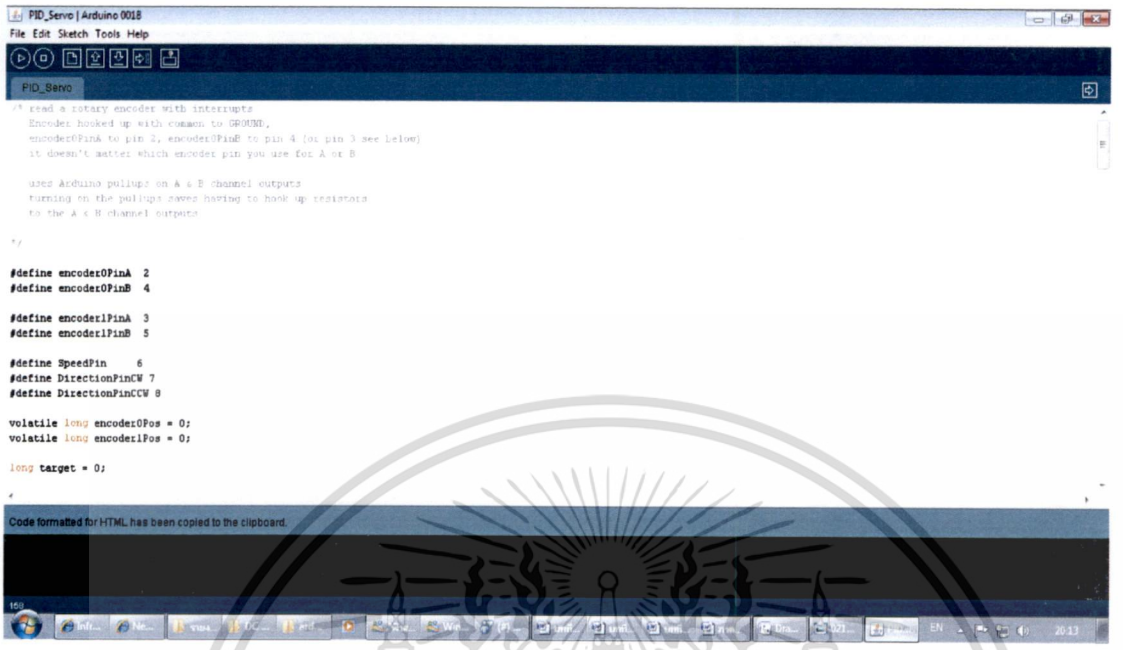
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

จากการที่ได้ทำโครงการนี้ได้พบอุปสรรคสำคัญซึ่งเกิดจากระบบกลไกอันได้แก่ ระบบคัปปิ่ง ในโครงการนี้ใช้พลาสติกกลึงขึ้นรูปไม่มียืดหยุ่น ทำให้แกนเพลาและแกนมอเตอร์ไม่ได้ศูนย์มีผลต่อการส่งกำลังไปยังแกนเพลาทำให้เกิดโหลดที่มีค่าไม่คงที่ แนวทางแก้ไขสำหรับกรณีนี้คือ เปลี่ยนเป็นคัปปิ่งแบบสปริงให้ตัวได้เพื่อความยืดหยุ่น ปัญหาถัดไปคือ ตัวขับเคลื่อนแกนใช้ลีดสกรูซึ่งมีความฝืดและระยะรุลมาก ทำให้ตำแหน่งที่ได้เกิดความผิดพลาด แนวทางแก้ไขเปลี่ยนเป็นบอลล์สกรูซึ่งมีความลื่นและระยะที่แน่นอนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก



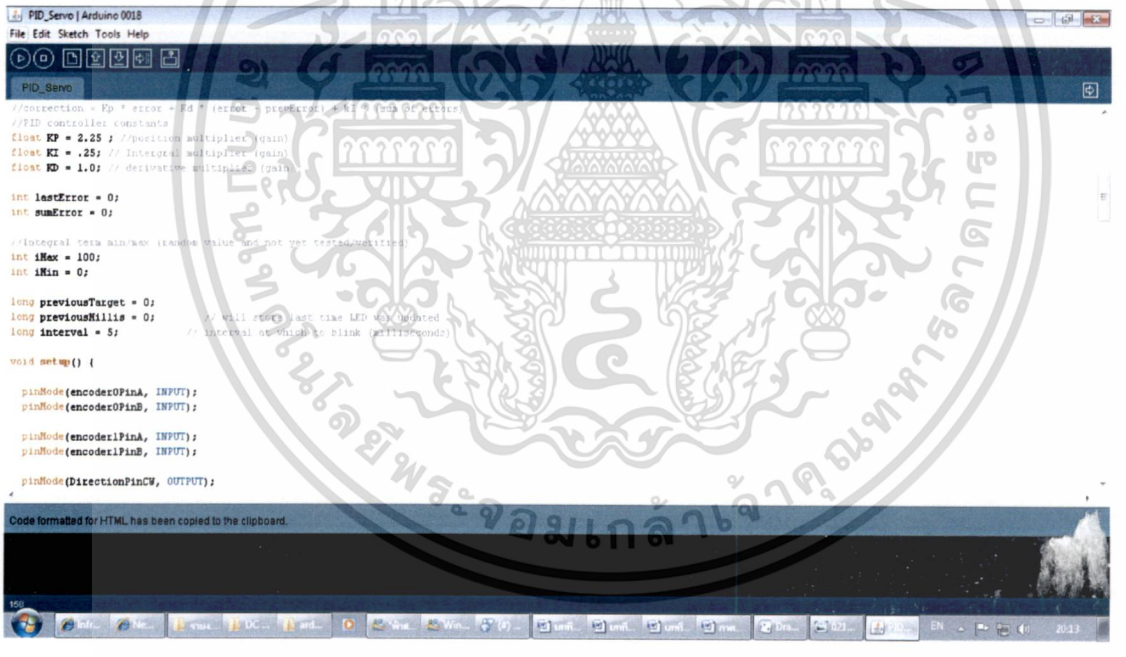
PID_Servo | Arduino 0018

File Edit Sketch Tools Help

PID_Servo

```
/* read a rotary encoder with interrupts
   Encoder hooked up with common to GROUND,
   encoder0PinA to pin 2, encoder0PinB to pin 4 (or pin 3 see below)
   it doesn't matter which encoder pin you use for A or B

   uses Arduino pullups on A & B channel outputs
   turning on the pullups saves having to hook up resistors
   to the A & B channel outputs

*/

#define encoder0PinA  2
#define encoder0PinB  4

#define encoder1PinA  3
#define encoder1PinB  5

#define SpeedPin      6
#define DirectionPinCW 7
#define DirectionPinCCW 8

volatile long encoder0Pos = 0;
volatile long encoder1Pos = 0;

long target = 0;
```

Code formatted for HTML has been copied to the clipboard.



PID_Servo | Arduino 0018

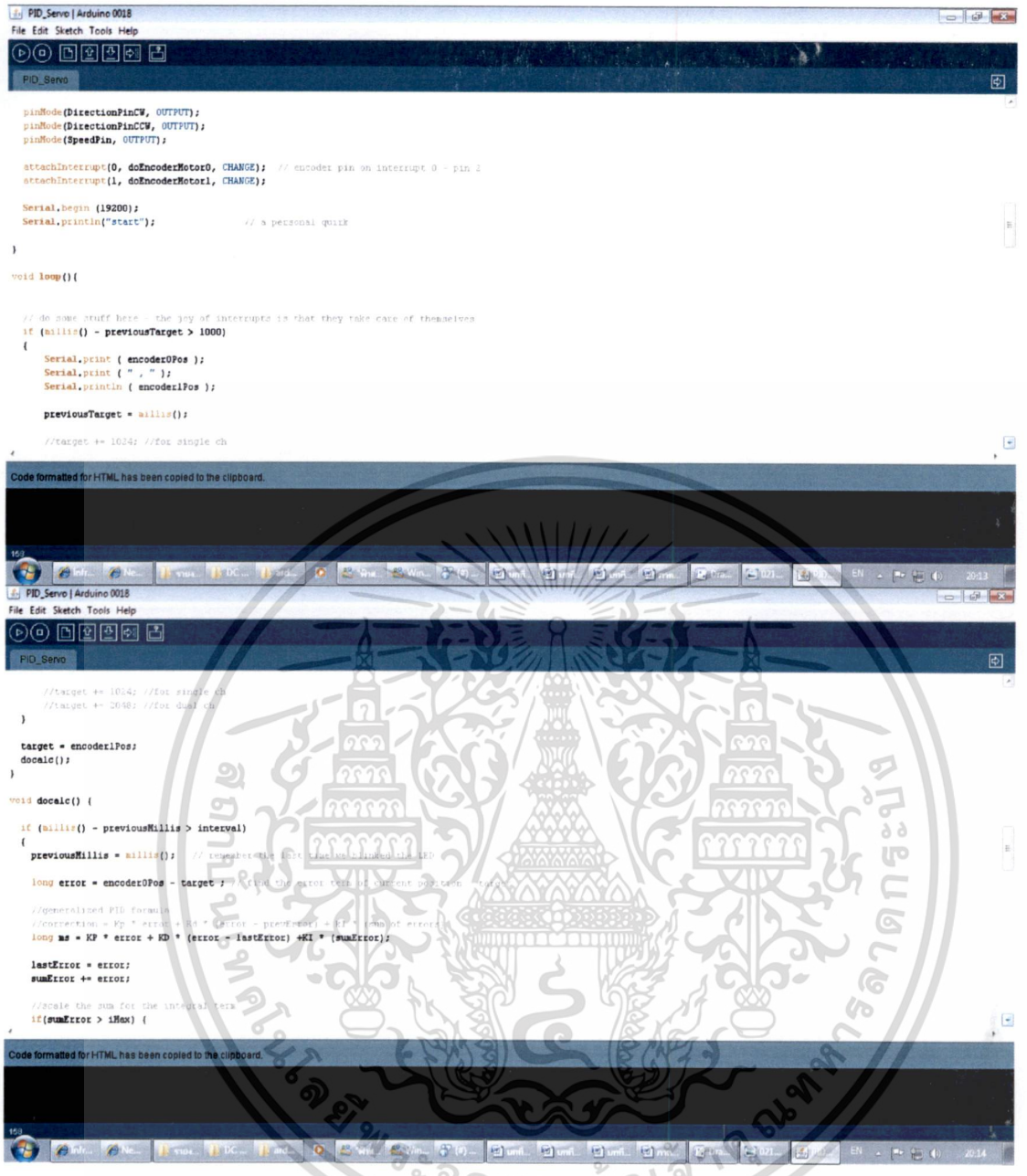
File Edit Sketch Tools Help

PID_Servo

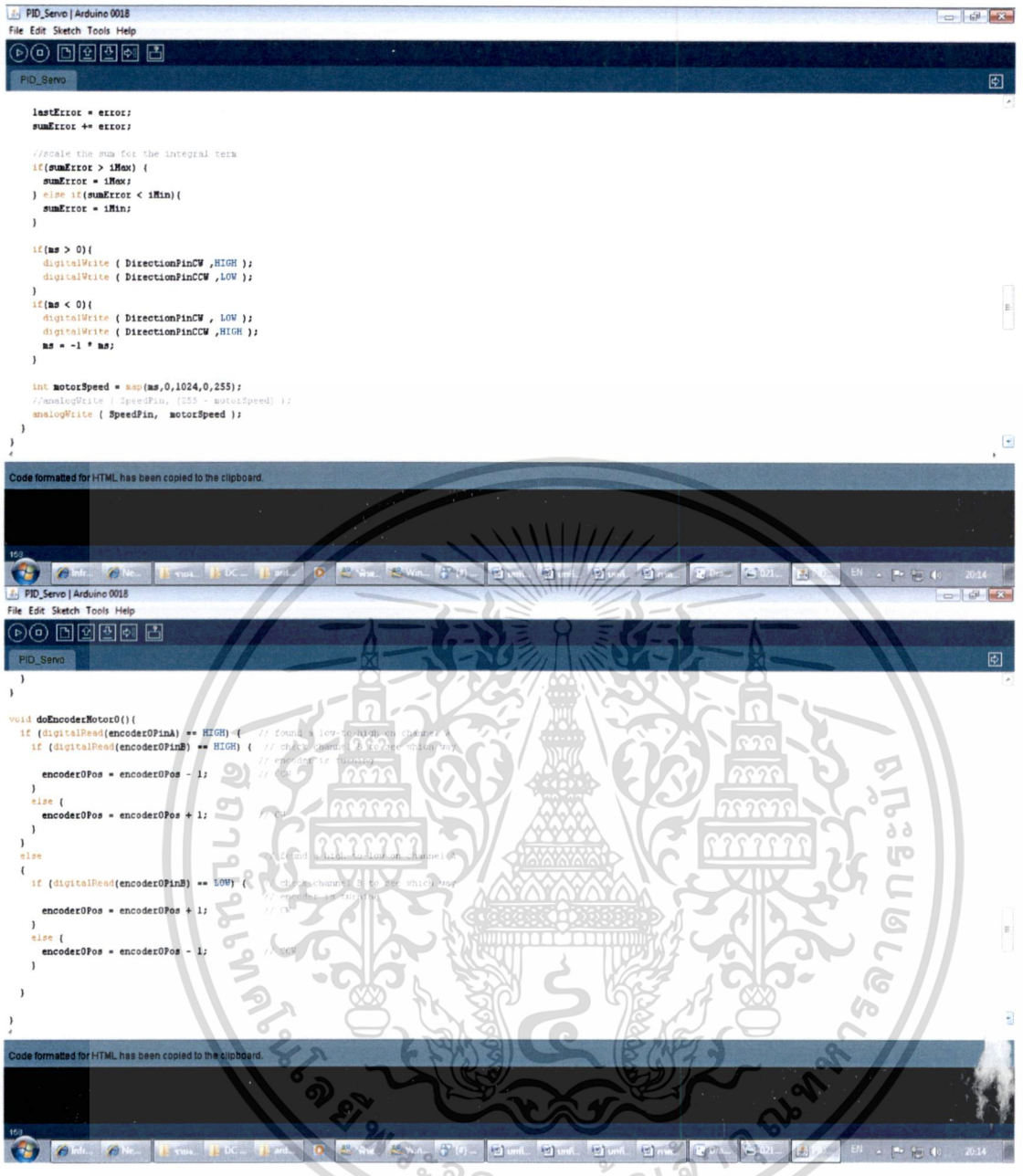
```
//correction = Kp * error + Kd * (error - preverror) + Ki * (sum of errors)
//PID controller constants
float KP = 2.25 ; //position multiplier (gain)
float KI = .25; // Integral multiplier (gain)
float KD = 1.0; // derivative multiplier (gain)

int lastError = 0;
int sumError = 0;

//Integral term min/max (random value and not yet tested/verified)
int iMax = 100;
int iMin = 0;

long previousTarget = 0;
long previousMillis = 0;        // will store last time LED was updated
long interval = 5;           // interval at which to blink (milliseconds)

void setup() {

  pinMode(encoder0PinA, INPUT);
  pinMode(encoder0PinB, INPUT);

  pinMode(encoder1PinA, INPUT);
  pinMode(encoder1PinB, INPUT);

  pinMode(DirectionPinCW, OUTPUT);
```

Code formatted for HTML has been copied to the clipboard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ธนะศักดิ์ โล่ห์สุวรรณ และคณะ. "การขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์ แบบ 4 – คอร์ดแดรนท์โดยใช้วิชวลเบสิก ควบคุมผ่านางไมโครคอนโทรลเลอร์"ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,2548

[2] ประพันธ์ ลี้กุล. "การออกแบบการเข้ารหัสและถอดรหัสพาริตี้เช็คความหนาแน่นต่ำแบบควอไซไซคลิก" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้