

เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ
AUTOMATIC VENDING MACHINE

นาย กิตติเนนท์

วงศ์สง่า

นาย สมพงษ์

ไชยภักย์ยา

นาย เชษฐวุฒิ

น้อยน้ำคำ

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ
AUTOMATIC VENDING MACHINE

โดย
นายกิตตินันท์ วงศ์สง่า
นายสมพงษ์ ไชยกัญญา
นายเอกวุฒิ น้อยน้ำคำ

อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.ภูคิท ชัยดิถักพัฒนกุล


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ
AUTOMATIC VENDING MACHINE

ผู้จัดทำ

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. นาย กิตตินันท์ วงศ์สง่า | รหัสประจำตัว 50010111 |
| 2. นาย สมพงษ์ ไชยกัญญา | รหัสประจำตัว 50011626 |
| 3. นาย เอกวุฒิ น้อยน้ำคำ | รหัสประจำตัว 50011977 |



(อ.ภูดิท ชัยดิถกพัฒนกุล) อาจารย์ที่ปรึกษา

เครื่องจำหน่ายสินค้า

นายกิตตินันท์	วงศ์สง่า	50010111
นายสมพงษ์	ไชยกัญญา	50011626
นายเอกวุฒิ	น้อยน้ำคำ	50011977
อ.ภูดิท	ชัยดิถกพัฒนกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553		

บทคัดย่อ

เครื่องขายสินค้าหยอดเหรียญ (vending machine) เป็นเครื่องขายสินค้าที่ไม่ต้องใช้คนก็สามารถขายสินค้าได้ พร้อมทั้งใช้เนื้อที่เล็กแต่สามารถขายสินค้าจำนวนมากได้ การออกแบบเครื่องนี้ต้องใช้ความรู้ทั้งทาง mechanics ในการจ่ายสินค้า จนถึงการควบคุมโดย microcontroller ก็ได้ใช้ความรู้จากหลายแขนงมาประยุกต์ใช้ เครื่องที่มีขายในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องซักผ้า ขายน้ำดื่ม หรือขายสินค้าไม่กี่ประเภท แต่เครื่องที่ขายสินค้าได้มากกว่า 10 ชิ้นขึ้นไปยังนำเข้าซึ่งราคาสูง โปรเจกต์นี้เป็นการพัฒนาเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติที่สามารถขายสินค้าได้ไม่น้อยกว่า 10 ชนิด แล้วก็ต้องเป็นเครื่องทำความเย็นเพื่อที่จะขายสินค้าประเภทเครื่องดื่มได้ ควบคุมโดย microcontroller 8-bit ตระกูล AVR (arduino-compatible) ซึ่งมีราคาถูก โดยใช้ compiler arduino ซึ่งเป็น open source มี library ให้ใช้ฟรีและหลากหลายในการควบคุมมอเตอร์

AUTOMATIC VENDING MACHINE

Mr.Kittinan Wongsa-nga

Mr.Sompong Chaikanya

Mr.Ekkawut Noinamkam

Mr.Phudit Chaidilokpattanakul Advisor

Abstract

Vending machine can be used to sell products without sales person to collect money and use little space to operate. To develop it, we needs knowledge both in mechanics, electronics and microcontroller technologies. Most of vending machines in Thailand's market are imported and available for washing machines, drinking water or selling a few products. We are going to design and develop a vending machine that can sell more than 10 different products and this machine will function as refrigerator for beverages. We will use 8-bit AVR microcontroller that is arduino-compatible. Arduino is an open-source project that has libraries available to control motors, collect inputs from various sensors.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก อาจารย์ภูดิท ชัยคิลกพัฒนกุล อาจารย์ที่ปรึกษา คอยแนะนำในเรื่องต่างๆซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอบคุณอาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้ยืมเครื่องมือด้วยความเต็มใจ

ขอบคุณพีบี ที่ให้ยืมอุปกรณ์ต่างๆในอาคาร workshop และยังให้คำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ใน workshop

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาและคอยให้กำลังใจ ทำงานเป็นเพื่อนกัน

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ทั้งให้กำลังใจและกำลังทรัพย์แก่ผู้วิจัยพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายกิตตินันท์ วงศ์สง่า

นายสมพงษ์ ไชยกันยา

นายเอกวุฒิ น้อยน้ำคำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ระบบควบคุมและอุปกรณ์ที่ใช้	4
2.1 หลักการควบคุมอัตโนมัติ	4
2.2 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR)	5
2.3 โมดูล LCD (Liquid Crystal Display)	12
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280	13
บทที่ 3 หลักการออกแบบกลไกเครื่องจำหน่ายสินค้า	15
3.1 โรลลิงเบร็ริง	15
3.2 โซ่ส่งกำลัง	20
3.3 สกรูส่งกำลัง	21
บทที่ 4 การออกแบบ การคำนวณและการสร้าง	23
4.1 การออกแบบ	23
4.2 การคำนวณ	26
4.3 การสร้าง	31
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	42
5.1 กล่าวนำ	42

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ระบบไฟฟ้า	42
5.3 ระบบกลไก	43
5.4 การทดสอบการทำงานโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ	45
บทที่ 6 สรุปผล	46
6.1 อุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน	46
6.2 ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อใช้งานเครื่องในระยะเวลาานาน	46
6.3 วิธีการแก้ไข	47
6.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก มิติมาตรฐานและแรงประเมน โรลลิ่งแบร์ริง	50
ภาคผนวก ข บอร์ดขับสตีปิ้งมอเตอร์	54
ภาคผนวก ค คุณสมบัติสตีปิ้งมอเตอร์	94

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 เครื่องจำหน่ายสินค้าในประเทศญี่ปุ่น	1
รูปที่ 1.2 เครื่องจำหน่ายสินค้าที่ตั้งอยู่ที่สำนักวิจัยฯ สจล.	2
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างสแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์และสัญลักษณ์	5
รูปที่ 2.2 แสดงสแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	6
รูปที่ 2.3 แสดงสแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดขนาด 5 เฟส	7
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์	8
รูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบ ไบโพลาร์ 2 เฟส	8
รูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟส	9
รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์, โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบ ไบโพลาร์ และแยกปลายของแต่ละขด	9
รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่างๆ	10
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างและการจัดตำแหน่งพื้นที่โรเตอร์ของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด	10
รูปที่ 2.10 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งพื้นที่สเตเตอร์ของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิด เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	11
รูปที่ 2.11 แสดงการวางตำแหน่งขาสัญญาณของจอแสดงผลแอลซีดี	12
รูปที่ 2.12 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280	14
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนต่างๆ ของบอลเบริง	15
รูปที่ 3.2 แสดงสกรูส่งกำลัง	21
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างและกลไกของเครื่องขายสินค้า	23
รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ	24
รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้า	25
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความเร็วเชิงมุมและเวลาในการควบคุมมอเตอร์แกน Y (บน) มอเตอร์แกน X (กลาง) มอเตอร์แกน Z (ล่าง)	27
รูปที่ 4.5 แสดงบอร์ดรวมสายไฟและแปลงสัญญาณที่ได้จากเครื่องหยอดเหรียญ	31
รูปที่ 4.6 แสดงการต่อสายไฟเพื่อนำสัญญาณ I/O เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์	33
รูปที่ 4.7 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน Y	34
รูปที่ 4.8 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน X	35
รูปที่ 4.9 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน Z	36

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10 แสดงการต่อไฟของเครื่องหยอดเหรียญ	37
รูปที่ 4.11 แสดงการต่อสายบนจอแอลซีดี	37
รูปที่ 4.12 แสดงเพาเวอร์ซัพพลาย	38
รูปที่ 4.13 แสดงเพาเวอร์ซัพพลาย	38
รูปที่ 4.14 แสดงหม้อแปลงไฟฟ้า	39
รูปที่ 4.15 ส่วนประกอบเครื่องด้านหน้า	40
รูปที่ 4.16 ส่วนประกอบเครื่องด้านหลัง	40
รูปที่ 4.17 ส่วนประกอบเครื่องทางด้านข้าง	41
รูปที่ 4.18 แสดงส่วนวงจรควบคุม	41
รูปที่ 5.1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ในการหยิบสินค้า	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อและหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ LCD	13
ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	17
ตารางที่ 4.1 แสดงช่วงเวลาในการควบคุมมอเตอร์แต่ละแกน	26
ตารางที่ 5.1 แสดงการทดลองระบบไฟฟ้า	43
ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงจำนวนสแต็ปในการหีบสินค้า	44
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดสอบการทำงาน โดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากโลกปัจจุบันคนเราต้องการความสะดวกสบายในการใช้ชีวิต ด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการคิดค้นการขายสินค้าโดยไม่ต้องมีคนขาย ซึ่งสามารถซื้อสินค้าตามที่ตนเองต้องการได้จากเครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ ซึ่งในปัจจุบันเครื่องจำหน่ายสินค้าหยอดเหรียญที่มีสินค้าให้เลือกหลายชนิด ส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศทำให้มีค่าใช้จ่ายต่อเครื่องสูง ดังนั้นจึงได้มีการทำโครงการการสร้างเครื่องจำหน่ายสินค้าขึ้นมาเองเพื่อให้มีราคาต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ ขายสินค้าได้หลายชนิด และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญได้มีผู้คิดค้นและทำการสร้างเครื่องขึ้นมาในหลายรูปแบบ เช่น เครื่องขายสินค้าแบบอัตโนมัติแบบ 3x3 ช่องสินค้า[13] บริษัทอื่นๆ ได้ทำขึ้นมาแต่ยังมีราคาสูงอยู่ เช่น ตู้จำหน่ายน้ำดื่มแบบหยอดเหรียญ เครื่องซักผ้าเหรียญ ตู้จำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญที่นำเข้ามาจากประเทศอิตาลี[7] และเครื่องจำหน่ายสินค้าที่จดลิขสิทธิ์ต่างประเทศ [12] ตัวอย่างเครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ ดังรูปที่ 1.1 และ 1.2



รูปที่ 1.1 เครื่องจำหน่ายสินค้าในประเทศญี่ปุ่น [11]



รูปที่ 1.2 เครื่องจำหน่ายสินค้าที่ตั้งอยู่ที่สำนักวิจัยฯ สจล.

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบและหลักการทำงานของเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ รวมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.2.2 ออกแบบและสร้างกลไกการจ่ายสินค้า สำหรับเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ ซึ่งกลไกนี้ต้องสามารถขายเพื่อขายสินค้าจำนวนมากขึ้นได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

เครื่องขายสินค้าอัตโนมัติขนาด 60x80x130 เซนติเมตร ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถขายสินค้าได้ทั้งแบบขวดแก้วและแบบกระป๋อง

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 ออกแบบระบบการทำงาน

1.4.2 เขียนโปรแกรมควบคุม

1.4.3 ออกแบบโครงสร้างและกลไกระบบ

1.4.4 สร้างเครื่อง

1.4.5 ทำการทดสอบหาจุดบกพร่อง

1.4.6 ปรับปรุงข้อบกพร่องตรวจสอบความเรียบร้อย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

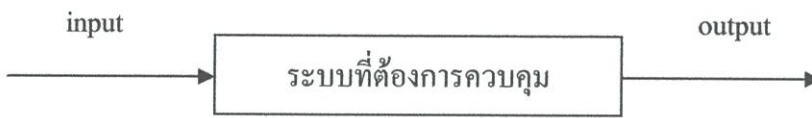
- 1.5.1 ได้กลไกการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าหยอดเหรียญ
- 1.5.2 สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อให้จำหน่ายสินค้าได้หลายประเภทได้
- 1.5.3 ได้เครื่องจำหน่ายสินค้าที่ราคาถูกและมีประสิทธิภาพในการใช้งาน

บทที่ 2

ระบบควบคุมและอุปกรณ์ที่ใช้

2.1 หลักการควบคุมอัตโนมัติ

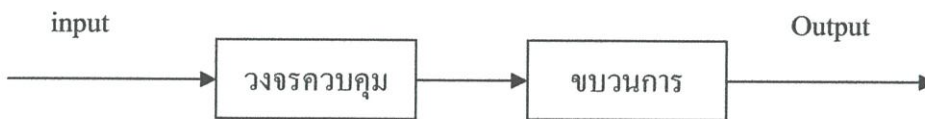
ระบบควบคุมอัตโนมัติ หมายถึง ระบบที่มีเครื่องควบคุม (controller) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีองค์ประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติ ดังนี้



โดยระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

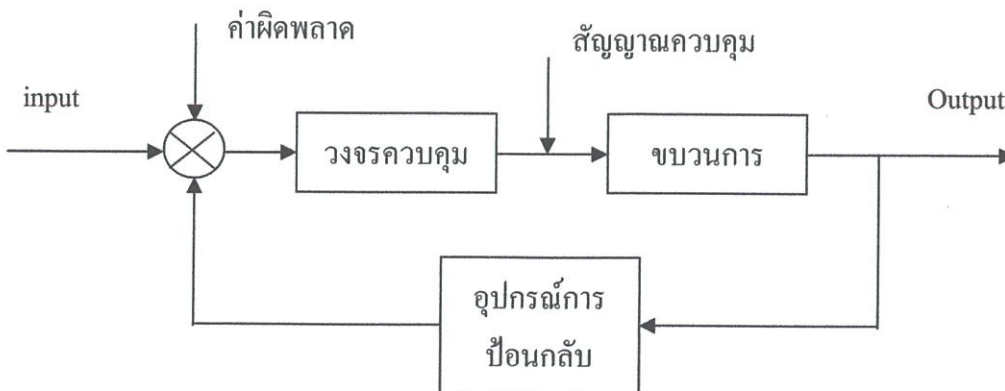
2.1.1 ระบบควบคุมแบบเปิด

ระบบควบคุมแบบเปิด คือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่สั่งงานไปยังเครื่องควบคุมอย่างเดียว โดยไม่มีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับ เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ยุ่งยาก ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่ส่งผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบ คือ จะไม่มีการนำเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ



2.1.2 ระบบควบคุมแบบปิด

ระบบควบคุมแบบปิด คือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่มีการสั่งงานไปยังเครื่องควบคุมแล้วมีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบและสั่งงานควบคุมไปใหม่ เพื่อให้ผลลัพธ์ของระบบเป็นตามเป้าหมายที่ต้องการ



2.2 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีการหมุนเป็นสเต็ป(STEP) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์(stator) ในลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ในกรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดขดนั้นของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตลอดเวลา ก็จะเกิดการหมุนเพียงหนึ่งสเต็ปเท่านั้นซึ่งต่างจาก DC มอเตอร์ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ ก็จะหมุนตามจนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้

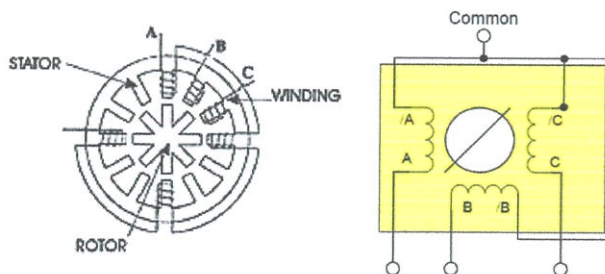
ข้อดีของสเต็ปเปอร์มอเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ DC มอเตอร์

(1) สามารถใช้ในงานควบคุมตำแหน่งในลักษณะ วงจรควบคุมแบบเปิด(Open Loop Control) ได้ โดยที่ไม่ต้องการสัญญาณป้อนกลับ(FeedBack signal) แต่อาศัยการนับจำนวนของพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการหมุนแทน

(2) ไม่มีส่วนของแปรงถ่านที่จะสึกหรอและไม่เกิดการสปาร์คที่แปรงถ่านซึ่งอาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน

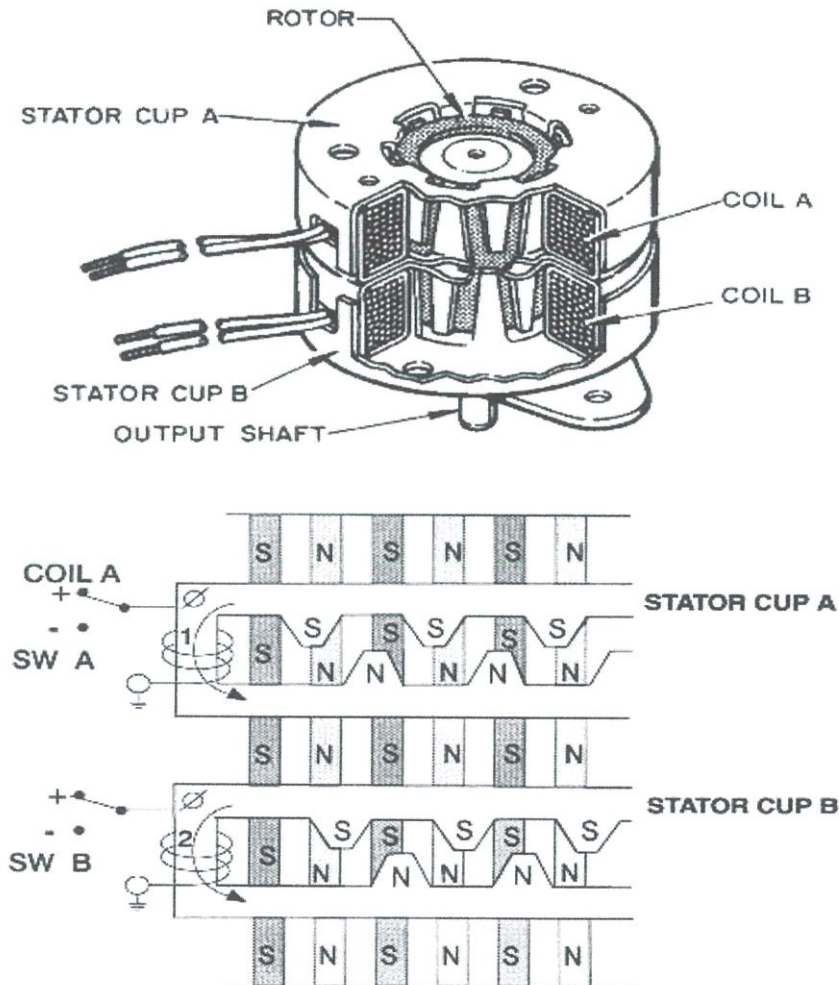
2.2.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

(1) วารีเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR) โรเตอร์(Rotor) ทำด้วยเหล็กอ่อน รูปทรงกระบอกและทำ เป็นลักษณะฟัน(teeth) สเตเตอร์(Stator)จะมีลวดพัน และจะทำ เป็นลักษณะของฟันเช่นกัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และเหนี่ยวนำ ให้ฟันของโรเตอร์เกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่มีขั้วตรงกันข้ามกับสเตเตอร์ทำให้ดึงดูดกันเกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น มอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 3 เฟส ในบางครั้งอาจพบ ถึง 4 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้ถ้าไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ ตัวโรเตอร์จะไม่เกิดแรงดึงดูดกับสเตเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้ไม่นิยมนำไปใช้งานอุตสาหกรรมแต่จะถูกนำไปใช้กับงานที่มีขนาดเล็ก เช่น Micro-positioning table เป็นต้น เพราะ ไม่มีส่วนที่เป็นแม่เหล็กถาวรดังนั้นในขณะไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จึงไม่เกิดแรงดึงดูด วิธีการขับ(Driving)หรือการกระตุ้นเฟส(Phase Excitation) จะทำ ดังนี้คือ ต่อปลายด้านcommon เข้ากับแหล่งจ่ายไฟขั้วบวก(+) แล้วทำการสวิตช์ให้ปลายด้าน A , B , C ต่อลงกราวด์(Ground)ตามลำดับ ทีละปลายแล้วทำ เช่นนี้เรื่อยไป แต่ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็สวิตช์ย้อนกลับ และในการอธิบายต่อจากนี้ไปจะไม่ขอกกล่าวถึงมอเตอร์ชนิดนี้อีก



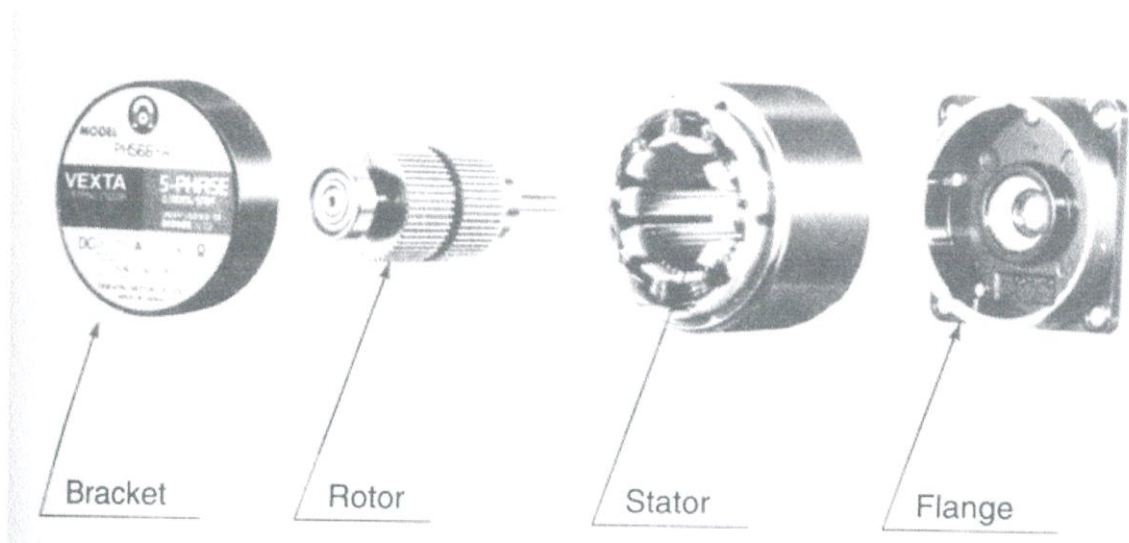
รูปที่ 2.1 แสดง โครงสร้างสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดวารีเอเบิลรีลักแตนซ์และสัญลักษณ์

(2) แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM) โรเตอร์ (Rotor) ทำ ด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกเรียบสเตเตอร์ (Stator)จะมีขดลวดพัน และก็จะทำ เป็นฟัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และจะดึงดูดกับขั้วของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้นมอเตอร์ชนิดนี้โดยจะมีตั้งแต่ขนาด 2 เฟสขึ้นไปมอเตอร์ชนิดนี้ไม่นิยมนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมแต่จะถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เช่นตัวขับเคลื่อนที่ใช้หมุนเพื่อเลื่อนกระดาษของเครื่องพิมพ์ เป็นต้น เพราะความเร็วต่ำ แรงบิดต่ำ และนอกจากนี้ด้วยโครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ทำให้มุมที่หมุนไปแต่ละสเต็ป (Step Angle) ไม่ละเอียดเช่น สเต็ปละ 3.6 , 7.5 , 15 , 18 องศาเป็นต้นมอเตอร์ชนิดนี้ถึงไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ (Stator) ตัวโรเตอร์จะเกิดแรงดึงดูดกับสเตเตอร์ซึ่งเกิดจากอำนาจของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้หมุนได้ยาก จำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์สามารถนับได้จากจำนวนขั้วแม่เหล็กที่จะเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่สเตเตอร์ชุดใดชุดหนึ่ง



รูปที่ 2.2 แสดงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

(3) แบบผสม (Hybrid : HB) ใช้หลักการทำงานของทั้งสองแบบมาออกแบบโดยที่ สเตเตอร์จะคล้ายกับแบบVR ส่วนโรเตอร์จะคล้ายแบบPM แต่จะทำ เป็นฟัน มอเตอร์แบบนี้นิยมใช้งานอุตสาหกรรมเพราะแรงบิดสูงความละเอียดของสเต็ปในการหมุนสูง , ความเร็วสูงกว่าสองแบบที่กล่าวมาแล้วมอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 2 เฟส ถึง 5 เฟส และมอเตอร์ชนิดนี้ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าเดิมไปอีกโดยให้ชื่อว่า“Enhanced Hybrid” ซึ่งจะไม่มีขายโครงสร้างในเอกสารนี้

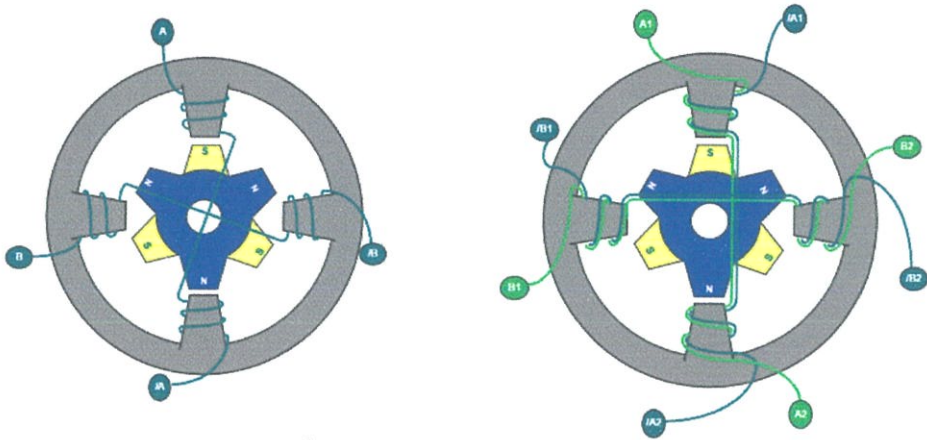


รูปที่ 2.3 แสดงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดขนาด 5 เฟส

2.2.2 เฟสของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor Phase) หมายถึง จำนวนขดลวดที่พันอยู่บน สเตเตอร์ซึ่งแยกออกจากกันอย่างอิสระ รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ขนาด 3 เฟส ในกรณีของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟสนั้นมักจะถูกจะเรียกเป็นมอเตอร์ขนาด 4 เฟสก็เพราะขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์แต่ละขดจะมี 2 ขด จึงเข้าใจว่ามี 4 ขดลวด แต่ถ้าพิจารณากันจริงๆจะพบว่าขดลวดทั้งสองนั้นเป็นขดลวดขดเดียวแต่มีจุดต่อตรงกลางขดเท่านั้น

การพันลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

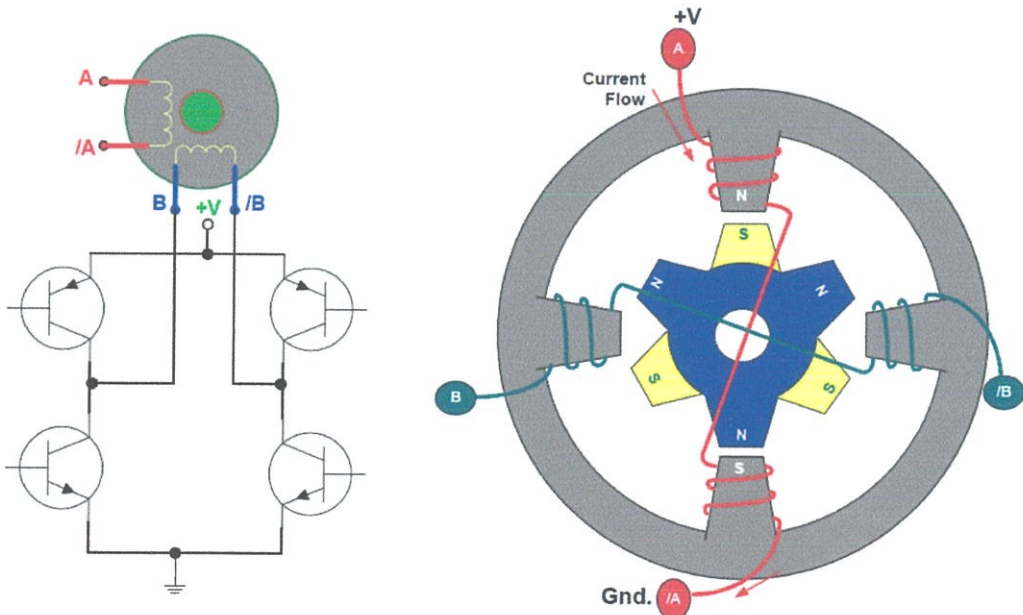
- (1) การพันแบบใช้ลวดเส้นเดียว (Unifilar)
- (2) การพันแบบใช้ลวด 2 เส้นพันไปด้วยกัน (Bifilar)



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์

2.2.3 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งตามลักษณะสายที่ใช้ต่อกับวงจรขับแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

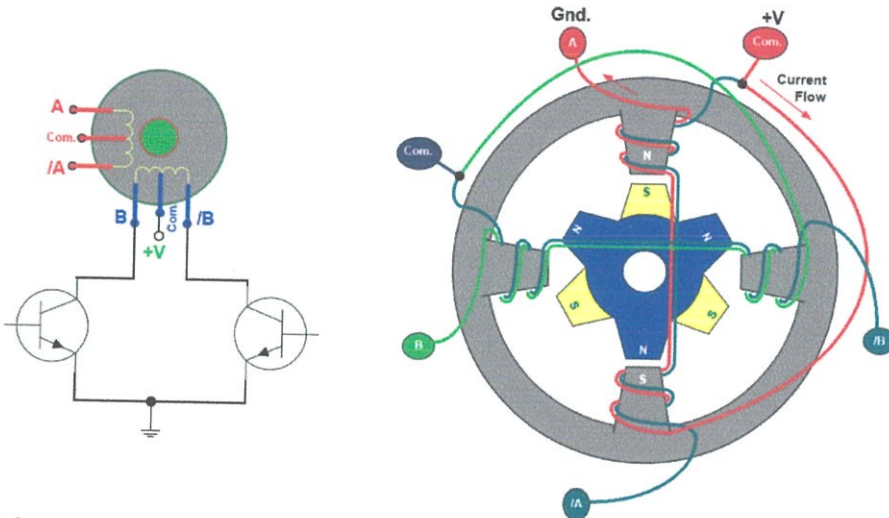
(1) แบบไบโพลาร์ (Bipolar) ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะไม่มีจุดร่วม การต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายทั้งสองด้านของขดลวดแต่ละชุด การทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของขดลวดและการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็ได้โดยสลับทิศทางกระแสไฟฟ้านั้นเอง ดังนั้นวงจรขับที่ใช้จึงจำเป็นต้องสามารถกลับทิศทางกระแสไฟได้ กรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟสจะมีสายที่ใช้ต่อกับวงจร 4 สาย



รูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบไบโพลาร์ 2 เฟส

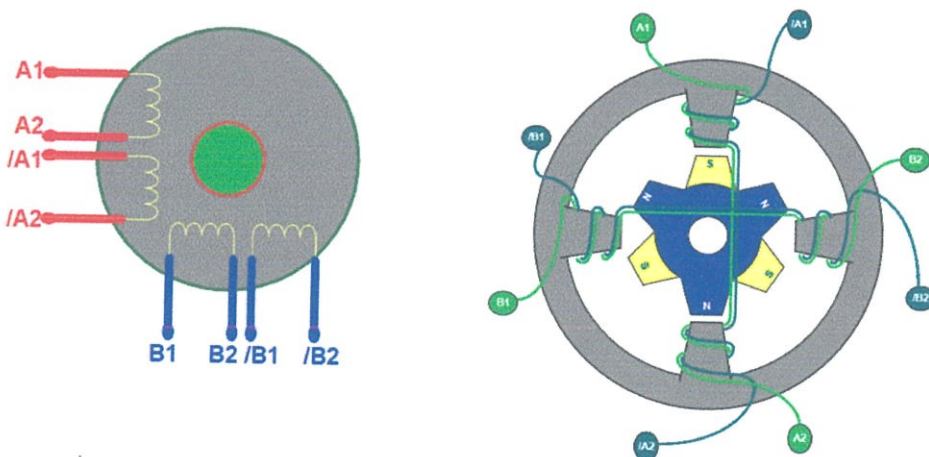
(2) **แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar)** ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะมีจุดร่วม การพันขดลวดจะพันในแบบ Bifilar การต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายของขดลวดแต่ละด้านต่อเข้ากับวงจรขับและใช้จุดร่วมต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ การทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟให้ไหลจากจุดร่วมลงกราวด์มาครบวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวด การเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็ได้โดยเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งของขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ชุดเดียวกัน ดังนั้นวงจรขับจึงเป็นวงจรสวิตซ์เพื่อทำให้จ่ายกระแสไฟที่ผ่านขดลวดครบวงจรเท่านั้น

กรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟสจะมีสายที่ใช้ต่อกับวงจร 5 หรือ 6 สาย



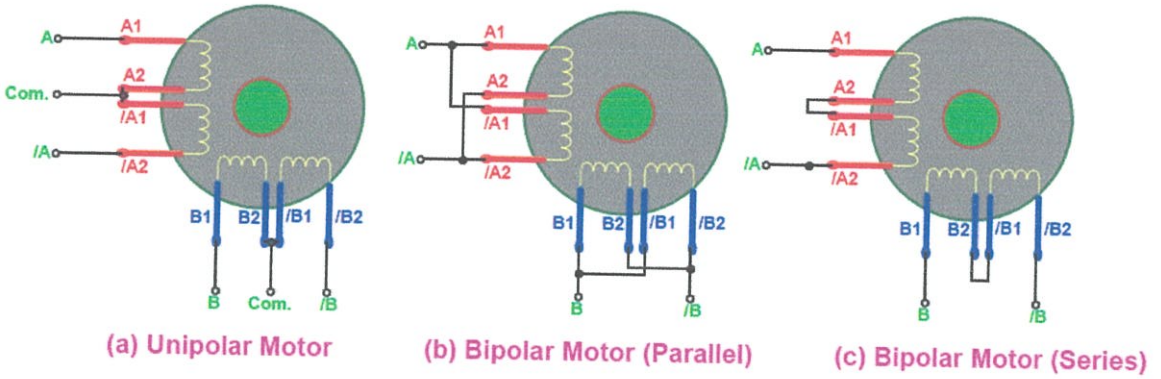
รูปที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟส

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 2 เฟสที่มีการพันลวดแบบไบฟีลาและแยกปลายแต่ละขดออกจากกันดังนั้นสามารถเลือกต่อเป็นแบบต่างๆได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์, โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบไบฟีลาและแยกปลายของแต่ละขด

ตัวอย่างการต่อสาย



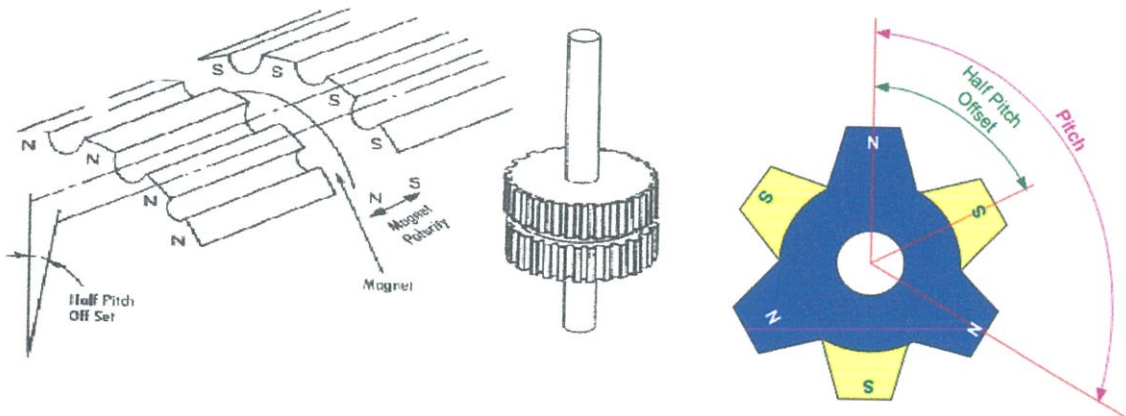
รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่างๆ

มอเตอร์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายและมีการพันลวดแบบไบโพลาร์บางรุ่นให้ผู้ใช้เลือกต่อเองเป็นแบบต่างๆแต่บางรุ่นก็ต่อภายในมาให้เสร็จ

2.2.4 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด

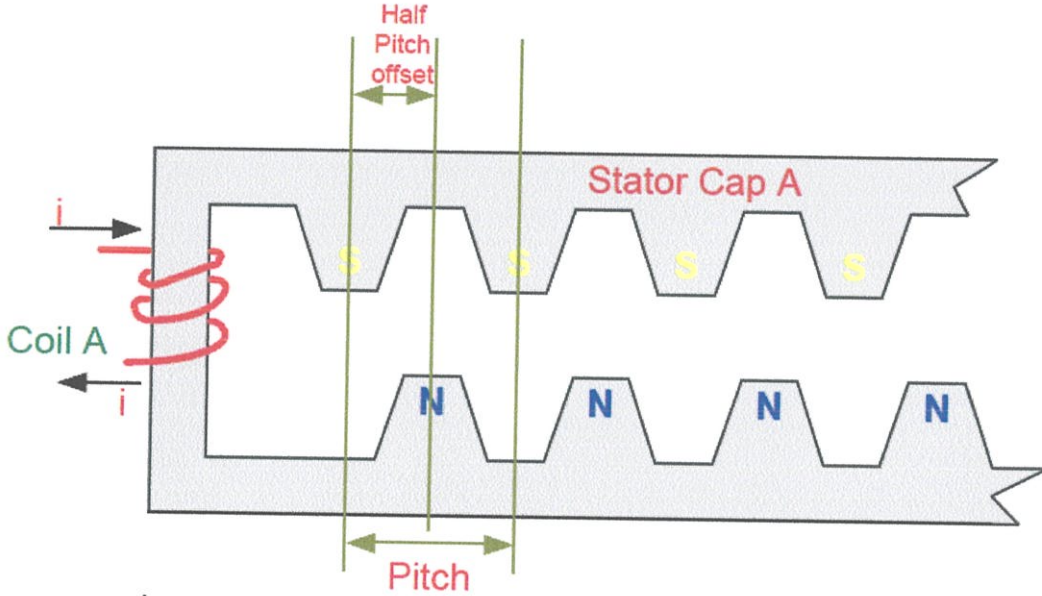
รูปที่ 2.9 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด

โครงสร้างของโรเตอร์จะประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกทำเป็นฟันแบ่งออกเป็น 2 ชั้นคือชั้นของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ(North Pole : N) และชั้นของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้(South Pole : S) โดยการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช(Pitch)ของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ และการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือก็จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช(Pitch)ของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้เช่นกัน พิช(Pitch) หมายถึง ระยะห่างจากยอดฟันเฟือง 1 ไปยังยอดฟันเฟืองตัวถัดไป โดยการวัดจะวัดจากขอบไปยังขอบหรือจุดกึ่งกลางไปจุดกึ่งกลางก็ได้ พิชมีหน่วยเป็นองศา(มุม)หรือมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร, นิ้ว(ความยาว)



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตตัวโรเตอร์เป็นรูปทรงกระบอกเรียบแต่ที่สเตเตอร์ จะทำเป็นลักษณะของฟัน เพื่อทำ ให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ โดยแบ่งออกเป็นสองชุด การวาง ตำแหน่งฟันของขั้วแม่เหล็กชุดใด ๆ จะมีลักษณะดังนี้คือตำแหน่งฟันแม่เหล็กถาวรขั้วใต้จะอยู่ที่ตำแหน่ง ครึ่งพิช(Pitch) ของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือและการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือก็จะอยู่ที่ ตำแหน่งครึ่งพิช(Pitch)ของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้เช่นกัน



รูปที่ 2.10 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่สเตเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิด เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

2.2.5 วิธีคำนวณหาจำนวนสเต็ปต่อรอบ(Steps per revolution)มุมใน 1 สเต็ป (Step angle) และพิช(Pitch)

$$\text{Step per rev.} = n \times m \times f \quad (2.1)$$

กำหนดให้

n คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ทั้งหมดที่สเตเตอร์(นับจำนวนฟันทั้งหมด)

m คือ จำนวนของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์(เลือกจากขั้วเดียว)

f คือ ค่าคงที่ของวิธีขับหรือการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆ

$$\text{Step angle} = 360^\circ / \text{Step per Rev.} \quad (2.2)$$

$$\text{Pitch} = 360^\circ / m$$

กำหนดให้

m คือ จำนวนของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์(เลือกจากขั้วเดียว)
การเคลื่อนที่ของโรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปครั้งละ $1/4$ ของพิช ดังนั้นสามารถคำนวณหา Step angle ได้อีกวิธี
หนึ่งดังนี้

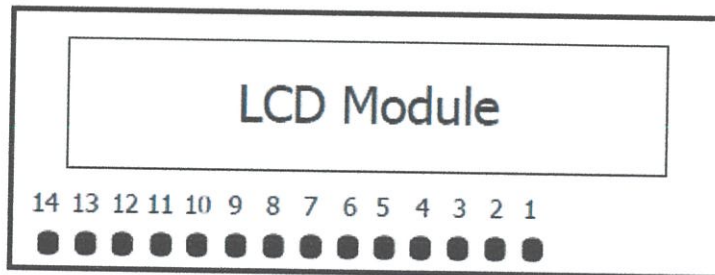
$$\text{Step angle} = 1/4\text{Pitch} \quad (2.3)$$

2.3 โมดูล LCD (Liquid Crystal Display)

เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงชนิดหนึ่งที่ยิมนำ ไปใช้เป็นตัวแสดงผลข้อความหรือตัวเลขมากกว่านำไปใช้เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงสว่าง เนื่องจากมันมีความเข้มของแสงต่ำมาก และกินกำลังไฟฟ้าต่ำมากด้วยเช่นกัน จึงนิยมนำ LCD มาใช้ในเครื่องคิดเลขและนาฬิกาดิจิตอล LCD เป็นจอแสดงผลที่ได้รับความนิยมอย่างสูง ในปัจจุบัน LCD ถูกนำมาใช้งานแทนที่ 7-SEGMENT เป็นจำนวนมากเนื่องจาก LCD สามารถแสดงตัวอักษรและรายละเอียดได้มากกว่า 7-SEGMENT ทำให้มีการนำไปใช้งานในเครื่องมือต่างๆ มากขึ้น เพราะการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับเครื่องมือต่างๆ โดยผ่าน LCD นั้นมีความสะดวก ซึ่งในที่นี้จะขอลด่าถึงเฉพาะ LCD ที่นำมาใช้ในการทดลองของ ETT ซึ่งเป็นแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดเท่านั้น

LCD แบบตัวอักษร (Character)ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด มีขาต่อใช้งาน 14 ขาดังแสดงรายละเอียดการจัดขาตั้งรูปที่ 2.11 ส่วนหน้าที่ของขาที่ใช้งาน โมดูล LCD มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.11 แสดงการวางตำแหน่งขาสัญญาณของจอแสดงผลแอลซีดี

ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อและหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ LCD

ขาที่	ชื่อขา	หน้าที่ใช้งาน
1	GND	ต่อกับกราวด์ของวงจร
2	+VDD	ต่อกับไฟเลี้ยง +5V
3	Vo	เป็นขาสำหรับป้อนแรงดันเพื่อปรับความสว่างของจอแสดงผลแอลซีดี
4	Rs	เป็นขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือรีจิสเตอร์ข้อมูล 0 : จะติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง 1 : จะติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูลเพื่อนำ ข้อมูลไปแสดงผล
5	R/W	เป็นขาเลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ โมดูล LCD
6	E	เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลให้โมดูล LCD ทำงาน
7-14	D0-D7	เป็นขาข้อมูล 8 บิต โดยใช้ขา 7 คือ D0 ไล่ไปจนถึงขา 14 คือ D7

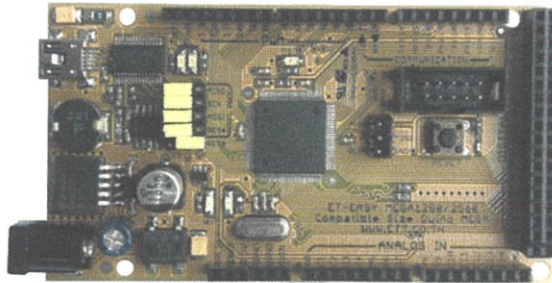
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของบริษัท Atmel รองรับการเขียนโปรแกรมภาษาซีของ Arduino โดยชิพรุ่นนี้มีหน่วยความจำแฟลชสำหรับเก็บเขียนโปรแกรม 128 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำแรม 8 กิโลไบต์ มี EEPROM อีก 4 กิโลไบต์สำหรับใช้เป็นที่ยกข้อมูลถาวรได้เมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และยังมีขา I/O สำหรับต่อใช้งานทั่วไป 86 ขา มี PWM (สำหรับควบคุมอัตราการหมุนของมอเตอร์) ที่กำหนดความละเอียดได้ระดับ 16 บิตให้ใช้งานถึง 12 ช่องสัญญาณ มีช่องสื่อสารแบบอนุกรม 4 พอร์ต และสามารถแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) อีก 16 ช่องสัญญาณ ซึ่งจะเห็นว่ามีความสามารถพื้นฐานที่มากพอสำหรับงานควบคุมที่หลากหลาย

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และ นำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือ เชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ PC ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้มากมาย ทั้งแบบ Digital และ Analog เช่น การรับค่าจากสวิตช์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) แบบต่างๆ รวมไปถึง การควบคุมอุปกรณ์ Output ต่างๆตั้งแต่ LED, หลอดไฟ,มอเตอร์, รีเลย์ ฯลฯ โดยระบบฮาร์ดแวร์ของ Arduino สามารถสร้างและประกอบขึ้นใช้งานได้เอง ในกรณีที่ผู้ใช้พอมีความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์อยู่บ้าง หรือ สามารถซื้อแผงวงจร

สำเร็จรูปที่มีการผลิตออกจำหน่ายกันในราคาที่ไม่แพง สำหรับเรื่องของโปรแกรมที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนานั้น สามารถ Download มาใช้งานกันได้ฟรีโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ โดย Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมและมีเอกสารข้อมูลรวมทั้งตัวอย่างต่างๆ ให้ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเรียนรู้เป็นจำนวนมาก เนื่องจาก Arduino เป็นระบบการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open Source ซึ่งมีการตีพิมพ์เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องออกมาเผยแพร่ให้ได้รับรู้เป็นระยะๆ รวมทั้งการเปิดเผย Source Code และตัวอย่างต่างๆ ให้ผู้ใช้นำไปใช้งาน หรือ พัฒนาคัดแปลงต่อยอดได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้คนทั่วไปให้ความสนใจและนำไปศึกษาทดลองใช้งานกันมากมาย มีการนำไปดัดแปลงและสร้างเป็นโครงงาน แบบต่างๆ กันเป็นจำนวนมาก จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เริ่มต้นที่สามารถนำเอาตัวอย่างและโครงงานต่างๆ ที่คนอื่นทำไว้แล้ว มาใช้อ้างอิงเป็นแนวทางในการศึกษาเรียนรู้ได้โดยง่ายและที่สำคัญคือ ฟรี ไม่เสียค่าใช้จ่าย

ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)



รูปที่ 2.12 แสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280

ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega1280

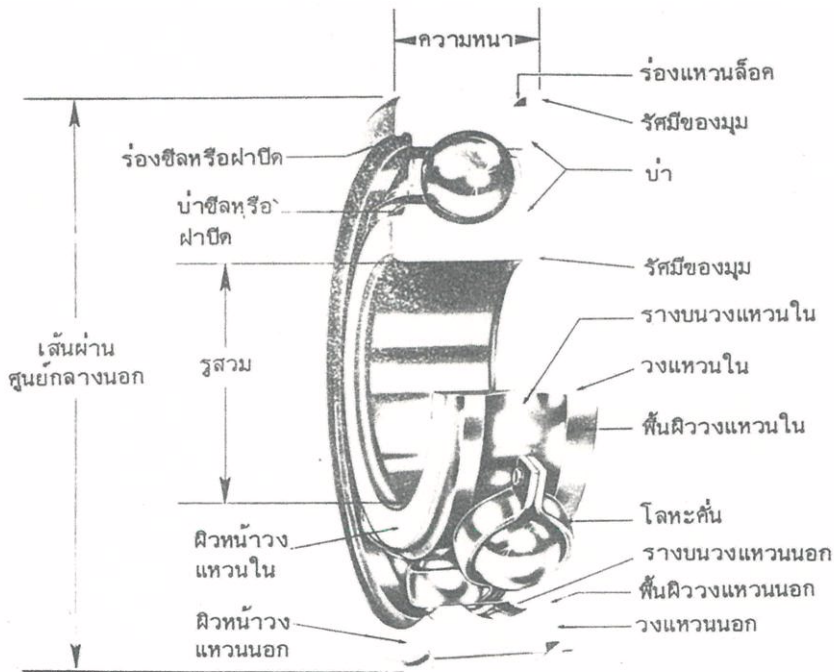
- (1) ราคาไม่แพง เนื่องจากมี Source Code และวงจร แจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้งานได้เอง
- (2) โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduino รองรับการทำงานทั้ง Windows, Linux และ Macintosh OSX
- (3) มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้งานจริงๆ ที่มีความซับซ้อนมากๆ ได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้นแล้ว
- (4) มีการเปิดเผยวงจรและ Source Code ทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ตามความต้องการทั้ง Hardware และ Software

บทที่ 3

หลักการออกแบบกลไกเครื่องจำหน่ายสินค้า

3.1 โรลลิงแบร์ริง

โรลลิงแบร์ริง(Rolling bearings)หมายถึงแบร์ริงชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบบกลิ้ง(Rolling contact)แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน(sliding contact) เนื่องจากแบร์ริงชนิดนี้มีค่าเสียดทานน้อยมากดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า Antifriction bearing ตัวอย่างเช่น บอลแบร์ริง(ball bearing)หรือดัลบลูกปืนดังรูป 3.1 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลมลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่งโดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนต่างๆ ของบอลแบร์ริง[18]

เนื่องจากการใช้โรลลิงแบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไป สมาคมผู้ผลิตโรลลิงแบร์ริง (AFBMA :Anti -Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถเลือกแบร์ริงจากแคตล็อกของผู้ผลิตหนึ่งและทำการเปลี่ยนแบร์ริงนี้โดยดลือกจากผู้ผลิตหนึ่งได้ โดยที่แบร์ริงที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้ว่าสมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกแบร์ริงตามความต้องการของการรับแรงและอายุใช้งานเอาไว้แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการ

วางมาตรฐานการเลือกเบริงของตนเองแตกต่างจากของ AFBMA แต่อย่างไรก็ตามแค่คาล็อกของผู้ผลิตก็มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้ทำการเปลี่ยนค่ามาเทียบกับค่าของ AFBMA ได้

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งเบริงผู้ออกแบบก็ควรพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียเมื่อเปรียบเทียบกับเจอนัลเบริงดังนี้

ข้อดีของโรลลิ่งเบริงเปรียบเทียบกับเจอนัลเบริง

- (1) มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting friction torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินทางเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
- (2) ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขชั้นหรือจารบีมาจากโรงงานด้วยแล้ว เกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
- (3) ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
- (4) ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (axial space) น้อย
- (5) สามารถรับแรงรูน (thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial-load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งเบริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง straight roller bearing สำหรับเจอนัลเบริงรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
- (6) สามารถที่จะทราบได้ว่าเบริงกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
- (7) มีเคลือบรันช์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟือง และ ลูกเบี้ยว เป็นต้น
- (8) สามารถใช้รองรับเพลลาในตำแหน่งใดๆ ได้ เช่น ใช้รองรับเพลลาซึ่งวางเรียงเป็นมุมแนวระดับ เป็นต้น
- (9) ทำการติดตั้งได้ง่าย

ข้อเสียของโรลลิ่งเบริงเปรียบเทียบกับเจอนัลเบริง

- (1) ใช้เนื้อที่ทางรัศมี radial space มากกว่า
- (2) โดยปกติแล้วราคาแพงกว่า
- (3) ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่า เนื่องจากมีการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนบ้างในบางขณะ
- (4) อายุการใช้งานสั้นกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูง และกระทำซ้ำกัน (repeated load) จึงทำให้วัสดุเกิดความล้า
- (5) เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

3.1.1 ความเสียดทานของโรลลิ่งเบริง

ความเสียดทานของโรลลิ่งเบริงส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวน ค่าเฉลี่ยดูได้จากตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหาย[18]

ชนิดของแบริ่ง	ขณะ เริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลแบริ่ง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
spherical roller bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
cylindrical roller bearing	0.0020	-	0.0011	-

โดยปกติแล้วค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ แรง ความเร็ว การหล่อลื่น และ ซีลของแบริ่ง ดังนั้นในกรณีผู้ออกแบบเห็นว่าความเสียหายในแบริ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรกลที่กำลังออกแบบอยู่ ก็ควรจะปรึกษากับผู้ผลิต โดยตรง ถึงมาความเสียหายนี้จะมี ความสำคัญน้อยมากสำหรับงานทั่วไป แต่สมการทางทฤษฎีที่ใช้สำหรับคำนวณกำลังงานที่สูญเสียไป เนื่องจากความเสียหาย ซึ่งควรทราบไว้คือ

$$w_p = \frac{2\pi n T}{60} = \frac{\pi f F_r d n}{60} \quad (3.1)$$

$$w_p = \frac{\pi f F_a d n}{60} \quad (3.2)$$

โดยที่

w_p = กำลังงานเป็น W

T = โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียหายเป็น Nm

n = ความเร็วของเพลาเป็น rpm

d = ขนาดรูสวม bore ของแบริ่งเป็น m

F_r = แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวรัศมีเป็น N

F_a = แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวแกนเป็น N

f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

สำหรับกำลังงานที่มีหน่วยเป็นกำลังม้าซึ่งยังมีการใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายก็จะ คำนวณได้จากสมการ

$$h_p = \frac{Tn}{63000} = \frac{f F_r d n}{126000} \quad (3.3)$$

โดยที่ F_r มีหน่วยเป็น lb และ d มีหน่วยเป็น in

3.1.2 อายุการใช้งานของแบริ่ง

แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผลต่างๆและ ไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกิดความสามารที่แบริ่งจะรับไว้ได้แล้วแบริ่งจะเสียหาย เนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้นดังจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียหายจะมีเศษผง โลหะหลุด

ออกมาเป็นจำนวนมากทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ซ(ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นของเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทางอิลาสติซิตี) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของแบร์ริงจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับลงมาเป็นศูนย์ (repeated stress) อยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (endurance limit) ของวัสดุแบร์ริง ดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้น โดยความล้า ซึ่งก็แสดงว่า อายุการใช้งานของแบร์ริงมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าของความเค้นที่กระทำซ้ำ จากผลการทดลอง Lundberg และ Palmgren ซึ่งได้ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่า อายุใช้งาน L แปรผันเป็นสัดส่วนกับแรงในแนวรัศมี P (ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน P จะเป็นแรงในแนวรัศมี ข้อมูล(equivalent radial load)ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป) นั่นคือ

$$L \propto \frac{1}{P^k} \quad (3.4)$$

โดยที่

$k=3$ สำหรับบอลแบร์ริง

$K=10/3 \cong 3.33$ สำหรับโรลเลอร์แบร์ริง

อายุการใช้งาน L นี้มักจะเป็นจำนวนนับเป็นจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วรอบของเพลาอันหนึ่ง หรือนับเป็นจำนวนล้านรอบ mr (millions of revolution) จากสมการ $L \propto \frac{1}{P^k}$ จะได้ว่า

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^k \quad (3.5)$$

จากสมการ 7.4 จะเห็นได้ว่าถ้าแรงลดลงหนึ่งเท่าแล้ว อายุใช้งานของบอลแบร์ริงจะเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$\frac{L_1}{L_2} = 2^3 = 8 \text{ เท่า}$$

สำหรับโรลเลอร์แบร์ริงอายุการใช้งานจะเพิ่มขึ้นอีก

$$\frac{L_1}{L_2} = 2^{3.33} = 10.06 \text{ เท่า}$$

ดังนั้นผู้เลือกใช้โรลเลอร์แบร์ริงจึงต้องระมัดระวังในการคำนวณหาขนาดของแรงที่กระทำต่อแบร์ริงให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

3.1.3 การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์แบร์ริงอย่างทันสมัยแต่ก็ปรากฏว่าแบร์ริงชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมามากมายได้วิธีการและเครื่องมือขึ้นเดียวกันจะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันมากทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้งและความเรียบร้อยของผิวหน้าลูกกลิ้ง เป็นต้น ดังนั้นอายุการใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างถึงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการ

ทางด้านสถิติเข้าช่วยทางสมาคม AFBMA จึงได้ตั้งนิยามและจัดตั้งวิธีการเลือกแบร์ริงขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้คือ

(1) อายุใช้งานของโรลลิ่งแบร์ริงหมายถึงจำนวนรอบ(หรือจำนวนชั่วโมงที่มีความเร็วคงที่)ซึ่งแบร์ริงหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง

(2) อายุประเมิน (rating life) ของโรลลิ่งแบร์ริงจำนวนหนึ่งซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึงจำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงความเร็วคงที่ ซึ่งแบร์ริง 90 % จากจำนวนนี้สามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าและใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{10}

ผู้ผลิตบางบริษัทอาจใช้อายุงานเฉลี่ยเป็นอายุประเมินก็ได้ อายุใช้งานเฉลี่ยนี้หมายถึงจำนวนรอบที่ 50% ของแบร์ริงที่เหมือนกันจำนวนหนึ่งสามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความล้าขึ้นและใช้แทนอายุใช้งาน L_{50} ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ L_{10} โดยประมาณคือ

$$L_{50} = 5L_{10} \quad (3.6)$$

(3) แรงสถิตประเมิน (basic static load rating) หมายถึงแรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งและใช้แทนด้วย C_0 ค่าของ C_0 สำหรับแบร์ริงอนุกรมมิติต่างๆดูได้จากตารางในภาคผนวก ก.1 ,ก.2 และ ก.3 ค่า C_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุใช้ทำแบร์ริง จำนวนแถวของลูกกลิ้งในแบร์ริง จำนวนลูกกลิ้งต่อแถว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้ง และวงแหวน

โดยปกติแล้วแรงสถิตประเมินไม่ค่อยจะมีผลต่อการเลือกแบร์ริงมากนัก แต่ถ้าแบร์ริงรับแรงสูงและอยู่นิ่งเป็นระยะเวลานานก็อาจจะทำให้เกิดการยุบตัวอย่างถาวรเป็นแห่งๆได้ ดังนั้นบางครั้งจึงต้องมีการตรวจสอบว่าแรงที่มากกระทำมีค่ามากเกินกว่า C_0 หรือไม่

(4) แรงพลวัตประเมิน (basic dynamic load rating) บางครั้งอาจจะเรียกว่า สมรรถนะแรงพลวัต (basic dynamic capacity) ของโรลลิ่งแบร์ริง หมายถึงแรงที่กระทำในแนวรัศมี ซึ่งแบร์ริงที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุการประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันใน เป็นตัวหมุนและวงแหวนอันนอกอยู่นิ่ง และใช้แทนด้วย C ซึ่งได้แสดงอยู่ในตารางในภาคผนวก ก.1 ,ก.2 และ ก.3

แรงพลวัตประเมิน C นี้เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดแบร์ริงเพื่อให้รับแรงและมีอายุการใช้งานจริงมาเป็นแรงอายุใช้งานที่แสดงไว้ในแค็ตตาล็อก(คือแรงในแนวรัศมีที่ทำให้มีอายุประเมินเท่ากับหนึ่งล้านรอบ)หรือในทางกลับกันคือเลือกแบร์ริงจากแค็ตตาล็อกแล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าที่ต้องการใช้ทำงานจริง และดูว่าอายุประเมินจะได้ตามอายุใช้งานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ สมการ 3.5 ดังนี้

ให้ L_{10} เป็นอายุใช้งานจริงซึ่งมีหน่วยเป็นล้านรอบ (mr) และ P เป็นแรงในแนวรัศมีที่แบร์ริงที่จะต้องรับ ขณะใช้งานจริง จากสมการ 3.5 จะเห็นว่า

$$\begin{array}{l}
 L_1 = L_{10} \quad P_1 = P \\
 L_2 = 1 \text{ mr} \quad P_2 = C \\
 \text{ดังนั้น} \quad L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^K \quad (3.7)
 \end{array}$$

จากสมการ 3.7 ทำให้ทราบว่าแบร็งที่เลือกมาจากอายุประเมินจำนวนหนึ่งล้านรอบนั้น จะสามารถทำงานได้ ก็ล้านรอบขณะใช้งานจริง

3.2 โซ่ส่งกำลัง[18]

การขับเคลื่อนโซ่มีโซ่อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับเคลื่อนสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่(sprocket) ซึ่งติดตั้งบนเพลาคับและเพลตาม อัตราทดของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง การขับเคลื่อนโซ่นี้จะไม่มีการสลีปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

เนื่องจากการขับเคลื่อนโซ่มีความไวใจได้และถูกต้องตามหลังเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ

การขับเคลื่อนโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับเคลื่อนสายพานและการขับเคลื่อนเฟือง ทางด้านราคาสมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมกันหลายๆเพล่า ซึ่งมีทิศทางการหมุนตามหรือสวนทางกันก็ได้

ข้อดีของการขับเคลื่อนโซ่

- (1) ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
 - (2) ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่ด้านตั้งเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุการใช้งานของแบร็งที่รองรับเพล่าเพิ่มมากขึ้น
 - (3) ไม่มีการสลีปในการส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
 - (4) มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่ากันความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
 - (5) ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
- ใช้ได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

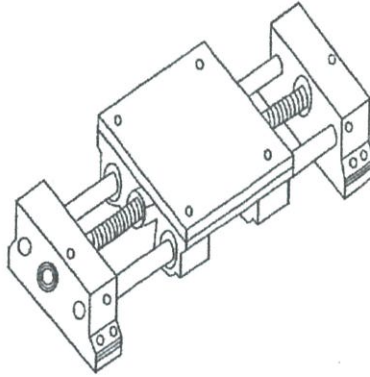
ข้อเสียของการขับเคลื่อนโซ่

- (1) มีเสียงดัง
- (2) ถ้าทำงานที่ความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
- (3) ไม่มีความอ่อนค้วในการส่งกำลัง เพล่าจะต้องขนานกัน

- (4) ส่งกำลังแบบครอสไดรฟ์ไม่ได้
- (5) มีราคาแพงกว่าการขับเคลื่อนด้วยสายพาน
- (6) ต้องมีการหล่อลื่น

3.3 สกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลัง (Power screws) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในเครื่องจักรกลเพื่อเปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อน นอกจากนี้จะใช้การเปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อนแล้ว สกรูส่งกำลังยังใช้ในการยกน้ำหนักที่ตัวสกรูอยู่ด้วย การออกแบบสกรูส่งกำลังจะต้องคิดถึงความแข็งแรงของตัวสกรูที่จะรับแรงกดและแรงดึง ความสามารถในการรับแรงเฉือนของตัวสกรู ความแข็งแรงและการสึกหรอของเกลียว ตลอดจนกำลังที่ต้องการ



รูปที่ 3.2 แสดงสกรูส่งกำลัง

เมื่อกำหนดให้

ระยะพิตช์ p คือจำนวนรอบที่ทำให้สกรูเคลื่อนที่ไปในระยะทางที่กำหนด (รอบ/นิ้ว หรือ รอบ/มิลลิเมตร)

หลิศ l คือส่วนกลับของระยะพิตช์

$\Delta\theta$ คือ ระยะทางการเคลื่อนที่แบบหมุน

Δx คือ ระยะทางการเคลื่อนที่

$$\Delta\theta = 2\pi \cdot p \cdot \Delta x \quad (3.8)$$

$$\Delta x = \frac{1}{2\pi \cdot p} \cdot \Delta\theta \quad (3.9)$$

effective gear ratio มีค่าเป็น

$$N_{is} = 2\pi \cdot p \quad (3.10)$$

เราสามารถคำนวณหาค่าความเฉื่อย และทอร์ก ที่เกิดขึ้นในสกรูส่งกำลัง เมื่อมีมวลและแรงกระทำบน nut เราสามารถหาได้จากกฎอนุรักษ์พลังงาน โดยพลังงานจลน์เมื่อมีมวลเป็น m_1 และมีความเร็วเป็น \dot{x} คือ

$$KE = \frac{1}{2} m_i \cdot \dot{x}^2 \quad (3.11)$$

เมื่อ

$$\dot{x} = \frac{1}{2\pi \cdot p} \cdot \dot{\theta} \quad (3.12)$$

ดังนั้น

$$KE = \frac{1}{2} m_i \cdot \left\{ \frac{1}{2\pi \cdot p} \cdot \dot{\theta} \right\}^2 \quad (3.13)$$

$$KE = \frac{1}{2} J_{eff} \cdot \dot{\theta}^2 \quad (3.14)$$

ซึ่งค่า *effective rotary inertia* (J_{eff}) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลมีค่าเป็น

$$J_{eff} = m_i \cdot \frac{1}{(2\pi \cdot p)^2} \quad (3.15)$$

$$J_{eff} = m_i \cdot \frac{1}{(N_{ts})^2} \quad (3.16)$$

$$J_{eff} = (W_l/g) \cdot \frac{1}{(2\pi \cdot p)^2} \quad (3.17)$$

$$J_{eff} = (W_l/g) \cdot \frac{1}{(N_{ts})^2} \quad (3.18)$$

โดยเราสามารถหางานได้จาก

$$Work = F_l \cdot \Delta x \quad (3.19)$$

ซึ่ง

$$\Delta x = \frac{1}{2\pi \cdot p} \cdot \Delta\theta \quad (3.20)$$

ดังนั้น

$$Work = F_l \cdot \Delta x \quad (3.21)$$

$$Work = F_l \cdot \frac{1}{2\pi \cdot p} \cdot \Delta\theta \quad (3.22)$$

$$Work = T_{eff} \cdot \Delta\theta \quad (3.23)$$

ซึ่งค่า ทอร์ก (T_{eff}) สามารถหาได้จากแรง F_l ที่กระทำบน *nut* ดังนี้

$$T_{eff} = F_l \cdot \frac{1}{2\pi \cdot p} \quad (3.24)$$

$$T_{eff} = F_l \cdot \frac{1}{N} \quad (3.25)$$

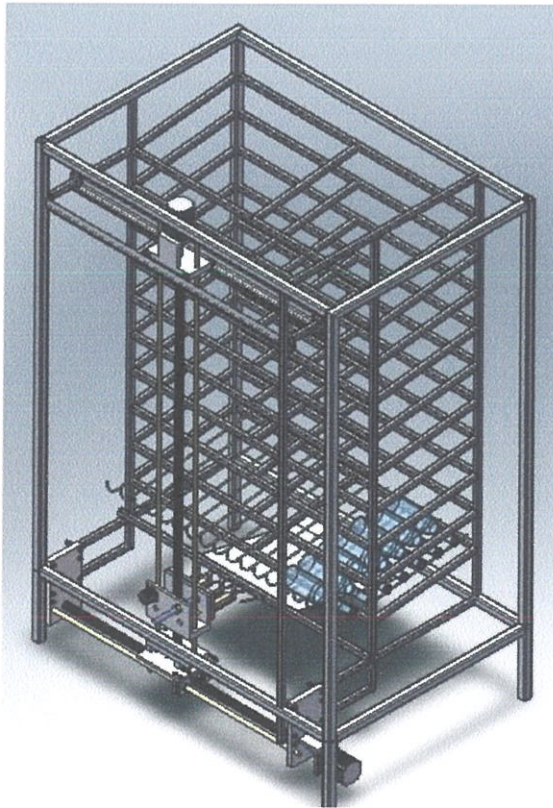
บทที่ 4

การออกแบบ การคำนวณและการสร้าง

4.1 การออกแบบ

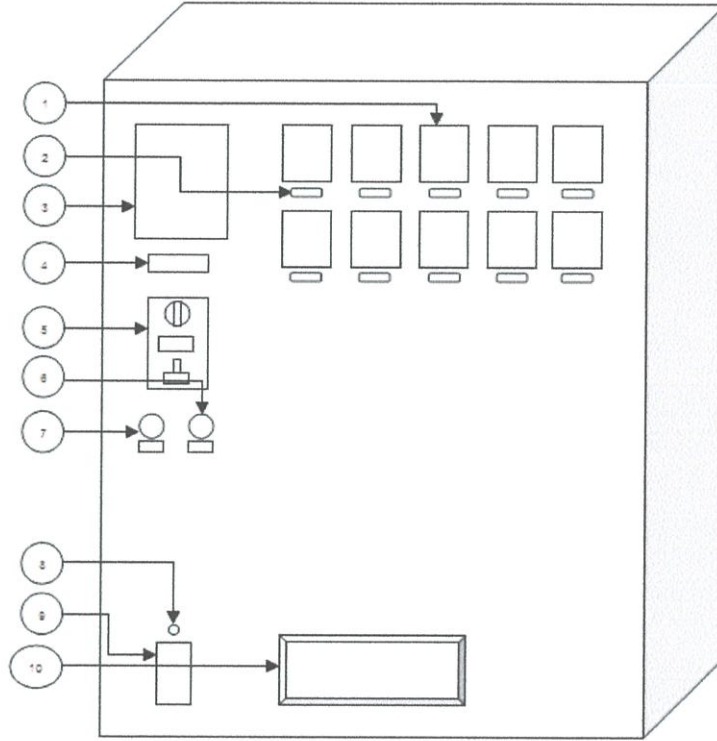
Solidworks เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบที่เกิดจากการนำเอาข้อดี และความคุ้นเคยในการใช้งานของ โปรแกรมอื่นๆ มาผสมผสานจนทำให้เกิดโปรแกรมที่ใช้งานได้ง่าย เป็นโปรแกรมที่เรียนรู้ได้ง่ายสำหรับออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โปรแกรม SolidWorks ช่วยลดเวลาในการเขียนถ่ายทอดแนวคิดด้วยการร่างเส้นร่าง, การทดลองประกอบด้วยระบบสามมิติ, การสร้างแบบจำลองภาพที่เหมือนจริง, การถอดแบบเป็นแบบสั่งงานที่สร้างรายละเอียด ทั้งยังปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานได้ง่าย และสามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมอื่นๆ เพื่อทำงานด้าน CAD/CAM/CAE ได้อย่างสมบูรณ์แบบ[14]

การออกแบบโครงสร้างและกลไกการทำงานของเครื่อง โดยการนำเอาซอฟต์แวร์ Solidwork มาทำการออกแบบ ซึ่งเครื่องที่ทำการออกแบบนั้นมีขนาด กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 120เซนติเมตร สูง 175 เซนติเมตร สามารถวางสินค้าได้ทั้งหมด 8 ชั้น ใช้ Step motor 3ตัว ใช้สกรูส่งกำลัง 1 ตัว เพื่อขับเคลื่อนมือหยิบสินค้า เมื่อออกแบบเสร็จแล้วมีรูปร่างดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดง โครงสร้างและกลไกของเครื่องขายสินค้า

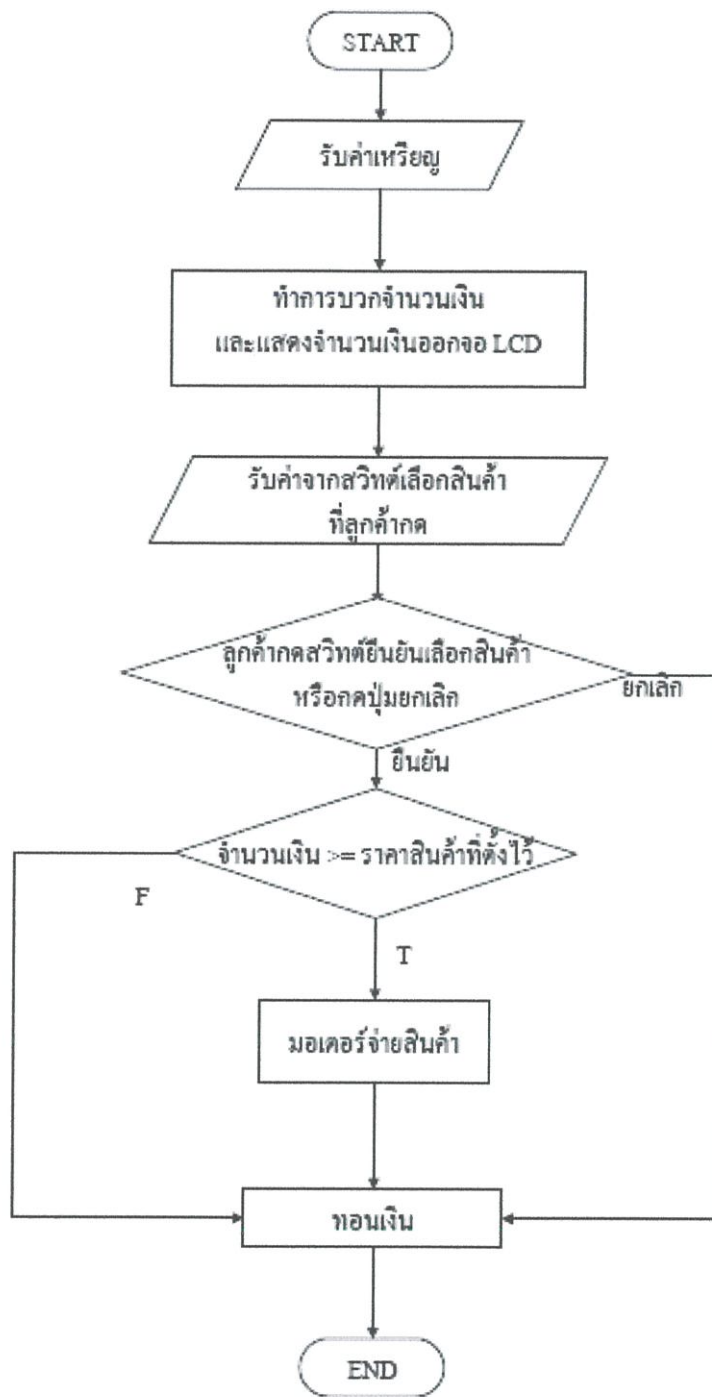
เนื่องจากปัญหาด้านงบประมาณอีกทั้งเครื่องจำหน่ายสินค้าตัวนี้ยังเป็นต้นแบบในการออกแบบ กลไก เราจึงทำการลดขนาดของเครื่องลงเป็นขนาด กว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร สามารถวางสินค้าได้ทั้งหมด 4 ชั้น นอกจากนั้นเรายังได้ออกแบบรูปลักษณะภายนอกของ เครื่องดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ

จากรูปที่ 4.2 มีรายละเอียดดังนี้

1. ตัวอย่างสินค้า
2. ปุ่มกดเลือกสินค้า
3. วิธีใช้เครื่องขายสินค้า
4. LCD แสดงจำนวนเงิน
5. ช่องหยอดเหรียญ
6. ปุ่มกดยกเลิก
7. ปุ่มกดยืนยัน
8. หลอดไฟแสดงสถานะเหรียญทอนหมด
9. ช่องรับเงินทอน
10. ช่องรับสินค้า

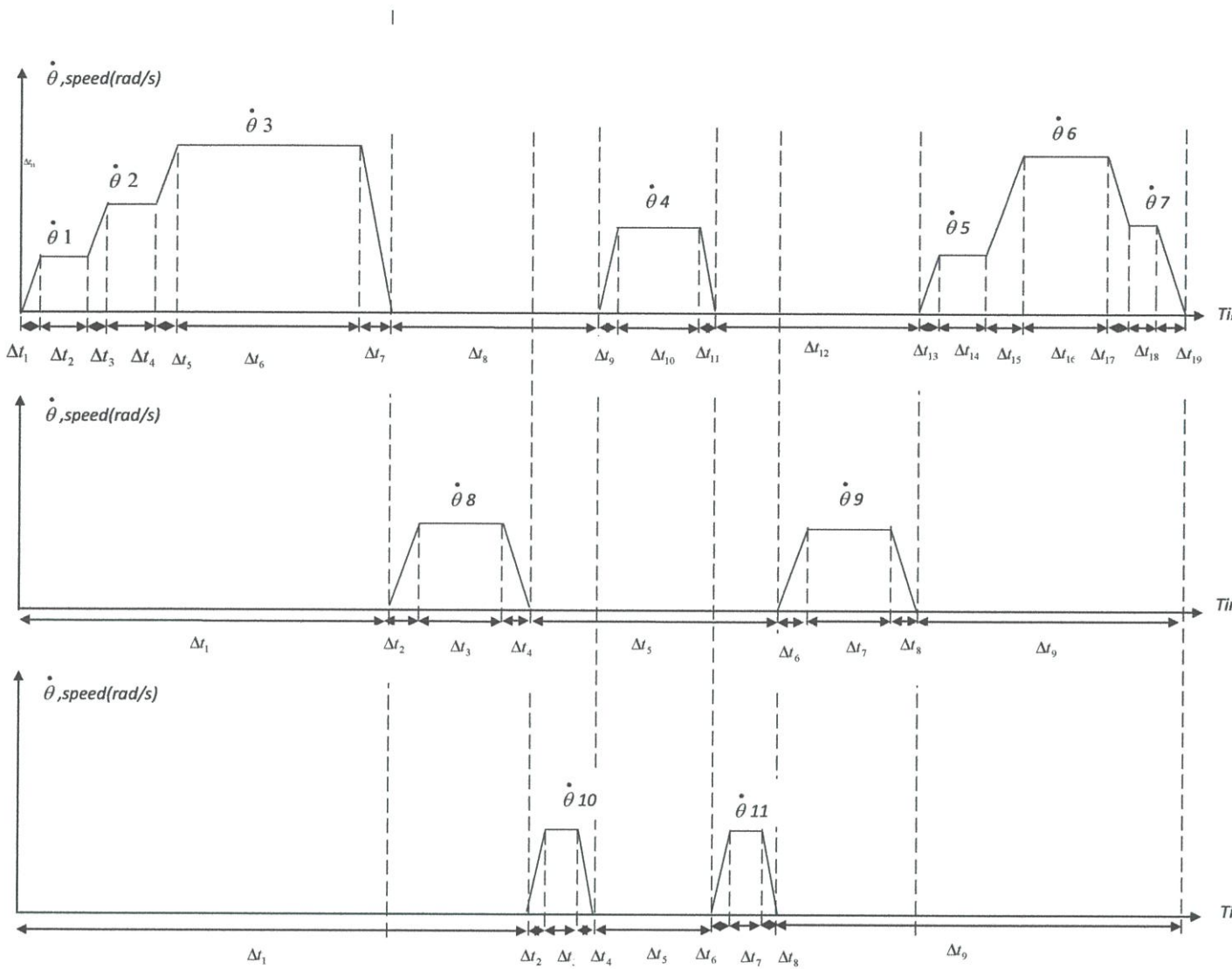


รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้า

4.2 การคำนวณ

ตาราง 4.1 แสดงช่วงเวลาในการควบคุมมอเตอร์แต่ละแกน

ช่วงเวลา	มอเตอร์แกน Y (วินาที)	มอเตอร์แกน X (วินาที)	มอเตอร์แกน Z (วินาที)
ΔT_1	14×10^{-4}	4.211	5.66
ΔT_2	0.28	12×10^{-4}	12×10^{-4}
ΔT_3	11×10^{-4}	1.45	0.432
ΔT_4	0.055	12×10^{-4}	12×10^{-4}
ΔT_5	7.6×10^{-4}	2.89	1.38
ΔT_6	3.876	12×10^{-4}	30×10^{-4}
ΔT_7	7.6×10^{-4}	1.45	1.08
ΔT_8	1.88	12×10^{-4}	30×10^{-4}
ΔT_9	12×10^{-4}	5.49	6.94
ΔT_{10}	1.38		
ΔT_{11}	12×10^{-4}		
ΔT_{12}	2.53		
ΔT_{13}	14×10^{-4}		
ΔT_{14}	0.42		
ΔT_{15}	7.6×10^{-4}		
ΔT_{16}	4.37		
ΔT_{17}	14×10^{-4}		
ΔT_{18}	0.7		
ΔT_{19}	14×10^{-4}		



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความเร็วเชิงมุมและเวลาในการควบคุมมอเตอร์แกน Y (บน) มอเตอร์แกน X (กลาง) มอเตอร์แกน Z (ล่าง)

กำหนดให้

$\dot{\theta}$ คือความเร็วเชิงมุมของมอเตอร์ (rev/s)

$\ddot{\theta}$ คือความเร่งเชิงมุม (rad/s^2)

J_m คือโมเมนต์ความเฉื่อยของมอเตอร์ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_l คือโมเมนต์ความเฉื่อยของball screw ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_{Load} คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของload ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

W_{Load} คือน้ำหนักของload (N)

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

n คือความเร็วรอบของ ball screw (rev/s)

P คือระยะพิตช์ของball screw (rev/m)

η คือประสิทธิภาพของball screw

T คือแรงบิด ($N \cdot m$)

มอเตอร์แกน Y ($1.8^\circ / step$)

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_1

$$\Delta\theta_1 = 1.8^\circ = 0.0314rad, \Delta t_1 = 14 \times 10^{-4} s$$

1 รอบมอเตอร์หมุนไป 200 step

1 step ใช้เวลา 1400 μs

1 รอบใช้เวลา 0.28 s , $n = 1 / 0.28 = 3.57 rev/s$

$$\dot{\theta}_1 = 2\pi n = 2\pi(3.57) = 22.43 rad/s$$

$$\ddot{\theta}_1 = \frac{\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0}{t_1 - t_0} = \frac{22.43 - 0}{(14 \times 10^{-4}) - 0} = 16,022 rad/s^2$$

$$J_m = 200g \cdot cm^2 \leftarrow \text{จาก spec motor}$$

$$= 2 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$

$$J_l = J_{Load} + \left(\frac{W_{Load}}{g}\right) \left(\frac{1}{n^2 \cdot \eta}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} MR^2\right) + \left(\frac{W_{Load}}{g}\right) \left(\frac{1}{(2\pi P)^2 \eta}\right)$$

$$= \frac{1}{2} (2)(0.7 \times 10^{-2})^2 + (2.4) \left(\frac{1}{(2\pi(50))^2 (0.9)}\right)$$

$$= 4.9 \times 10^{-5} + 2.7 \times 10^{-5}$$

$$= 7.6 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$

$$J = J_l + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$$

$$T_1 = J \cdot \ddot{\theta}_1 = 9.6 \times 10^{-5} \times 16,022 = 1.53 N \cdot m$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_3

1 รอบใช้ 200 step

1 step ใช้เวลา 1100 μs

$$1 \text{ รอบใช้เวลา } 0.225 \text{ s หรือ } \frac{1}{0.22} \text{ rev/s} = 4.545 \text{ rev/s}$$

$$\dot{\theta}_2 = 2\pi m = 2\pi(4.545) = 28.55 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{\theta}_2 = \frac{\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1}{\Delta t_3} = \frac{28.55 - 22.43}{11 \times 10^{-4}} = 5,563 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_l + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_2 = J \cdot \ddot{\theta}_2$$

$$= 9.6 \times 10^{-5} \times 5,563 = 0.534 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\dot{\theta}_3 = 2\pi m = 2\pi(6.58) = 41.34 \text{ rad/s}$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_5

$$\ddot{\theta}_3 = \frac{\dot{\theta}_3 - \dot{\theta}_2}{\Delta t_5} = \frac{41.34 - 22.43}{(7.6 \times 10^{-4})} = 24,881 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_l + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_3 = J \cdot \ddot{\theta}_3 = 9.6 \times 10^{-5} \times 24,881 = 2.38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_9

$$\dot{\theta}_4 = 2\pi m = 2\pi(4.167) = 26.18 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{\theta}_4 = \frac{\dot{\theta}_4 - 0}{\Delta t_9} = \frac{26.18}{12 \times 10^{-4}} = 21,816 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_l + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_4 = J \cdot \ddot{\theta}_4 = 9.6 \times 10^{-5} \times 21,816 = 2.09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_{13}

$$\dot{\theta}_5 = 2\pi m = 2\pi(3.57) = 22.43 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{\theta}_5 = \frac{\dot{\theta}_5 - 0}{\Delta t_{13}} = \frac{22.43 - 0}{14 \times 10^{-4}} = 16,021 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_l + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_5 = J \cdot \ddot{\theta}_5 = 9.6 \times 10^{-5} \times 16,021 = 1.53 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_{15}

$$\dot{\theta}_6 = 2\pi n = 2\pi(6.58) = 41.34 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{\theta}_6 = \frac{\dot{\theta}_6 - \dot{\theta}_5}{\Delta t_{15}} = \frac{41.34 - 22.43}{7.6 \times 10^{-4}} = 24,881 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_1 + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_6 = J \cdot \ddot{\theta}_6 = 9.6 \times 10^{-5} \times 24,881 = 2.38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

หาแรงบิดที่เกิดเมื่อมอเตอร์เร่งในช่วงเวลา ΔT_{17}

$$\dot{\theta}_7 = 2\pi n = 2\pi(3.57) = 22.43 \text{ rad/s}$$

$$\ddot{\theta}_7 = \frac{\dot{\theta}_7 - \dot{\theta}_6}{\Delta t_{17}} = \frac{22.43 - 41.34}{14 \times 10^{-4}} = -13,507 \text{ rad/s}^2$$

$$J = J_1 + J_m = (7.6 \times 10^{-5}) + (2 \times 10^{-5}) = 9.6 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$T_7 = J \cdot \ddot{\theta}_7 = 9.6 \times 10^{-5} \times (-13,507) = -1.29 \text{ N} \cdot \text{m}$$

∴ แรงบิดที่มากที่สุดคือ $T_3 = T_6 = 2.38 \text{ N} \cdot \text{m}$

ตรวจสอบแรงบิดของมอเตอร์ว่าจะทำให้เพลลาขาดหรือไม่กำหนดให้เพลลาเป็น stainless steel 303 มีค่า

yield strength 241 MPa

$$\tau_y = 0.6 \times 241 = 144.6 \text{ MPa}$$

$$\tau_y = \frac{T_r}{J}$$

$$= \frac{Td/2}{J}$$

$$= \frac{Td/2}{\frac{\pi d^4}{32}}$$

$$\tau_y = \frac{16T}{\pi d^3}$$

จากการคำนวณ

$$T = 2.38 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$144.6 \times 10^6 = \frac{16 \times 2.38}{\pi d^3}$$

$$d^3 = \frac{16 \times 2.38}{144.6 \times 10^6 \times \pi}$$

$$d = \sqrt[3]{0.08383 \times 10^{-6}}$$

$$= 4.38 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

มอเตอร์แกน x

$$F = \mu N = \mu(mg)$$

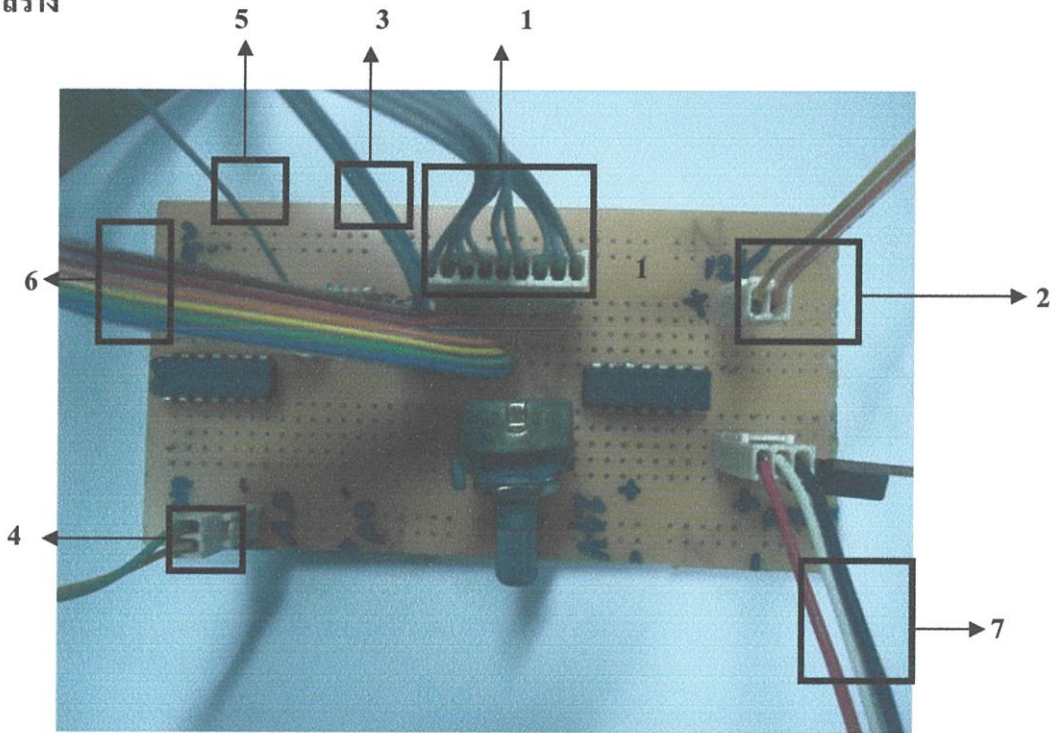
$$= (0.577)(7.57)(9.81)$$

$$= 42.85 N$$

$$T = F \cdot r = 42.85(18 \times 10^{-2})$$

$$= 0.642 N \cdot m$$

4.3 การสร้าง



รูปที่ 4.5 แสดงบอร์ดรวมสายไฟและแปลงสัญญาณที่ได้จากเครื่องหยอดเหรียญ

หมายเลข 1: สายไฟต่อเข้ากับ LCD โดยเรียงจากหมายเลข 1 ถึง 9 คือ

ลำดับที่ 1 ต่อกับขาขาที่ 1 ของLCD

ลำดับที่ 2 ต่อกับขาขาที่ 2 ของLCD

ลำดับที่ 3 ต่อกับขาขาที่ 3 ของLCD

ลำดับที่ 4 ต่อกับขาขาที่ 4 ของLCD

ลำดับที่ 5 ต่อกับขาขาที่ 6 ของLCD

ลำดับที่ 6 ต่อกับขาขาที่ 11 ของLCD

ลำดับที่ 7 ต่อกับขาขาที่ 12 ของLCD

ลำดับที่ 8 ต่อกับขาขาที่ 13 ของLCD

ลำดับที่ 9 ต่อกับขาขาที่ 14 ของLCD

หมายเลข 2: สายไฟต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 12V DC

สีเหลืองขั้วบวก

สีส้มขั้วลบ

หมายเลข 3: สายไฟต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5V DC

มีจุดขั้วบวก

ไม่มีจุดขั้วลบ

หมายเลข 4: สายไฟต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 12V DC

สีเหลืองขั้วบวก

สีส้มขั้วลบ

หมายเลข 5: สายไฟใช้ส่งสัญญาณที่แปลงแล้วจากเครื่องหยอดเหรียญไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับD-20

หมายเลข 6: สายไฟต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งสัญญาณไปยัง LCD

สีฟ้าต่อกับขั้ว D-7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สีเขียวต่อกับขั้ว D-8 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สีเหลืองต่อกับขั้ว D-9 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สีส้มต่อกับขั้ว D-10 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สีแดงต่อกับขั้ว D-11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

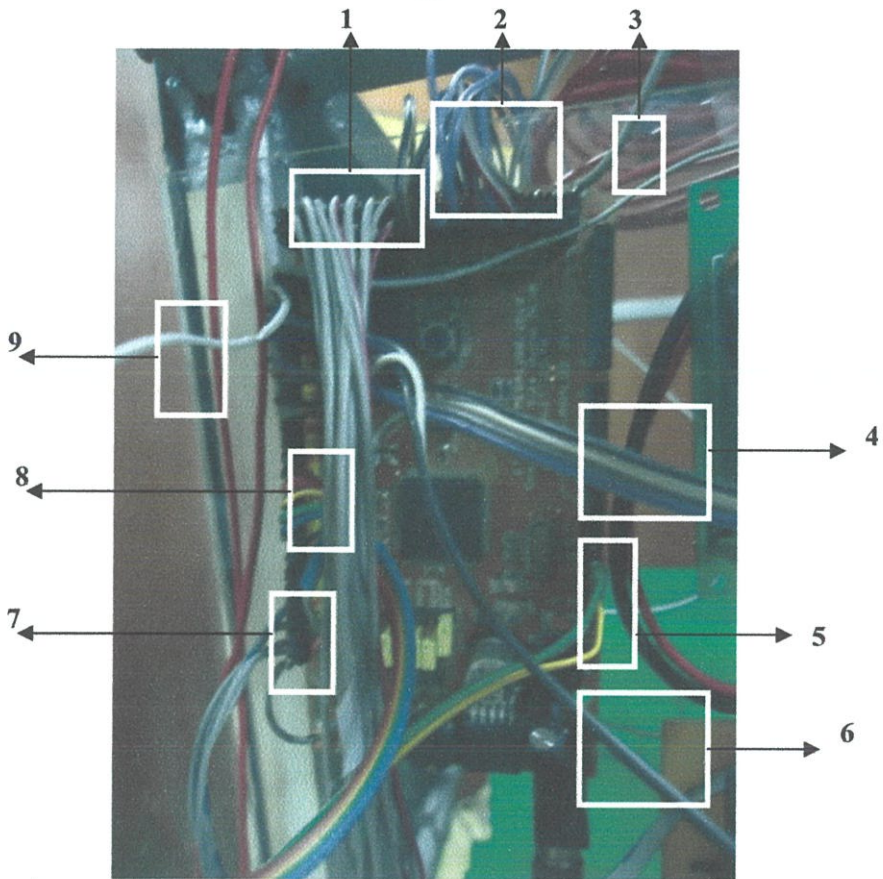
สีน้ำตาลต่อกับขั้ว D-12 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

หมายเลข 7: สายไฟต่อเข้ากับเครื่องหยอดเหรียญ

สีแดง +12V DC

สีดำ GND

สีขาวสายสัญญาณ COIN



รูปที่ 4.6 แสดงการต่อสายไฟเพื่อนำสัญญาณ I/O เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

หมายเลข 1: สายไฟรับค่าจากลิมิตสวิตช์ตรวจสอบสินค้า

หมายเลข 2: สายไฟรับค่าจากสวิตช์เลือกสินค้า

หมายเลข 3: GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งต่อร่วมกับ GND ของแหล่งจ่ายไฟ 5v ที่จ่ายไฟให้กับสวิตช์เลือกสินค้าและลิมิตสวิตช์

หมายเลข 4: สายไฟส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์แกน Y

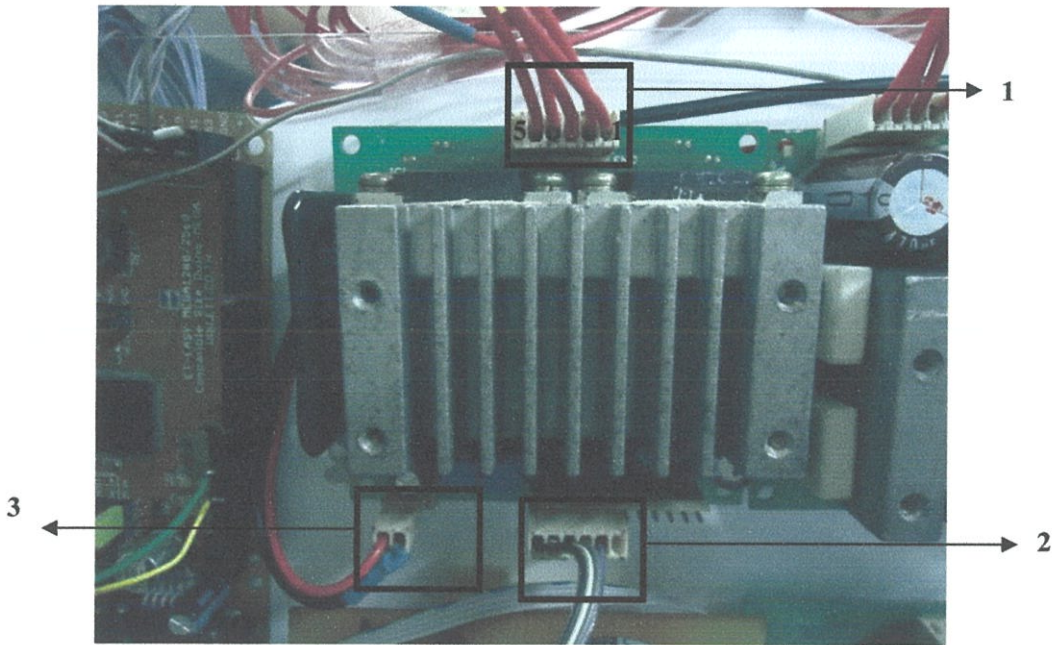
หมายเลข 5: ไฟเลี้ยงวงจร(เหลือง+, สีม-)

หมายเลข 6: สายไฟส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์แกน X

หมายเลข 7: สายไฟส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์แกน Z

หมายเลข 8: สายไฟส่งสัญญาณไปยัง LCD

หมายเลข 9: สายไฟรับสัญญาณที่ได้แปลงสัญญาณจากเครื่องหยอดเหรียญมาแล้ว



รูปที่ 4.7 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน Y

หมายเลข 1: ต่อกับ STEP MOTOR

สายที่ 1 ต่อกับสายสีฟ้าของ STEP MOTOR

สายที่ 2 ต่อกับสายสีแดงของ STEP MOTOR

สายที่ 3 ต่อกับสายสีส้มของ STEP MOTOR

สายที่ 4 ต่อกับสายสีเขียวของ STEP MOTOR

สายที่ 5 ต่อกับสายสีดำของ STEP MOTOR

หมายเลข 2: ต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

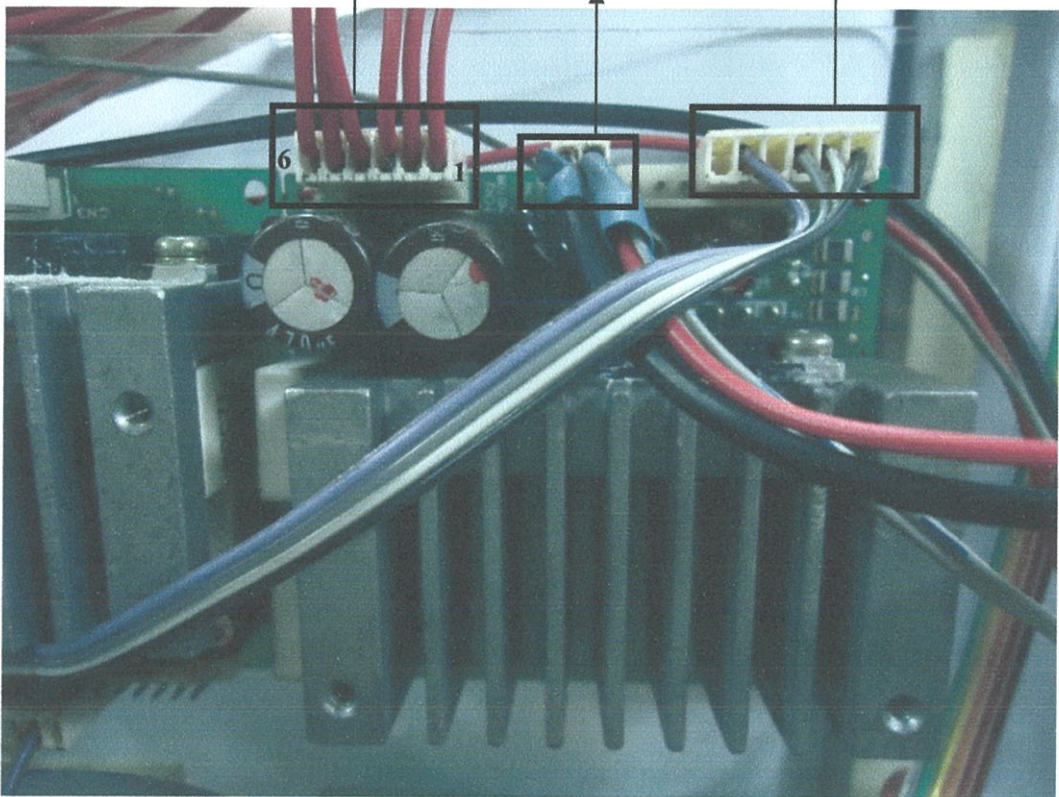
สายสีดำต่อกับ D17 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีขาวต่อกับ GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีเทาต่อกับ D18 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีฟ้าต่อกับ D19 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

หมายเลข 3: ต่อกับไฟเลี้ยง 34V DC (แดง+,ดำ-)



รูปที่ 4.8 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน X

หมายเลข 1: ต่อกับ STEP MOTOR

สายที่ 1 ต่อกับสายสีเขียวของ STEP MOTOR

สายที่ 2 ต่อกับสายสีดำของ STEP MOTOR

สายที่ 3 ต่อกับสายสีฟ้าของ STEP MOTOR

สายที่ 4 ต่อกับสายสีแดงของ STEP MOTOR

สายที่ 5 ต่อกับสายสีเหลืองของ STEP MOTOR

สายที่ 6 ต่อกับสายสีขาวของ STEP MOTOR

หมายเลข 2: ต่อกับไฟเลี้ยง 34V DC (แดง+, ดำ-)

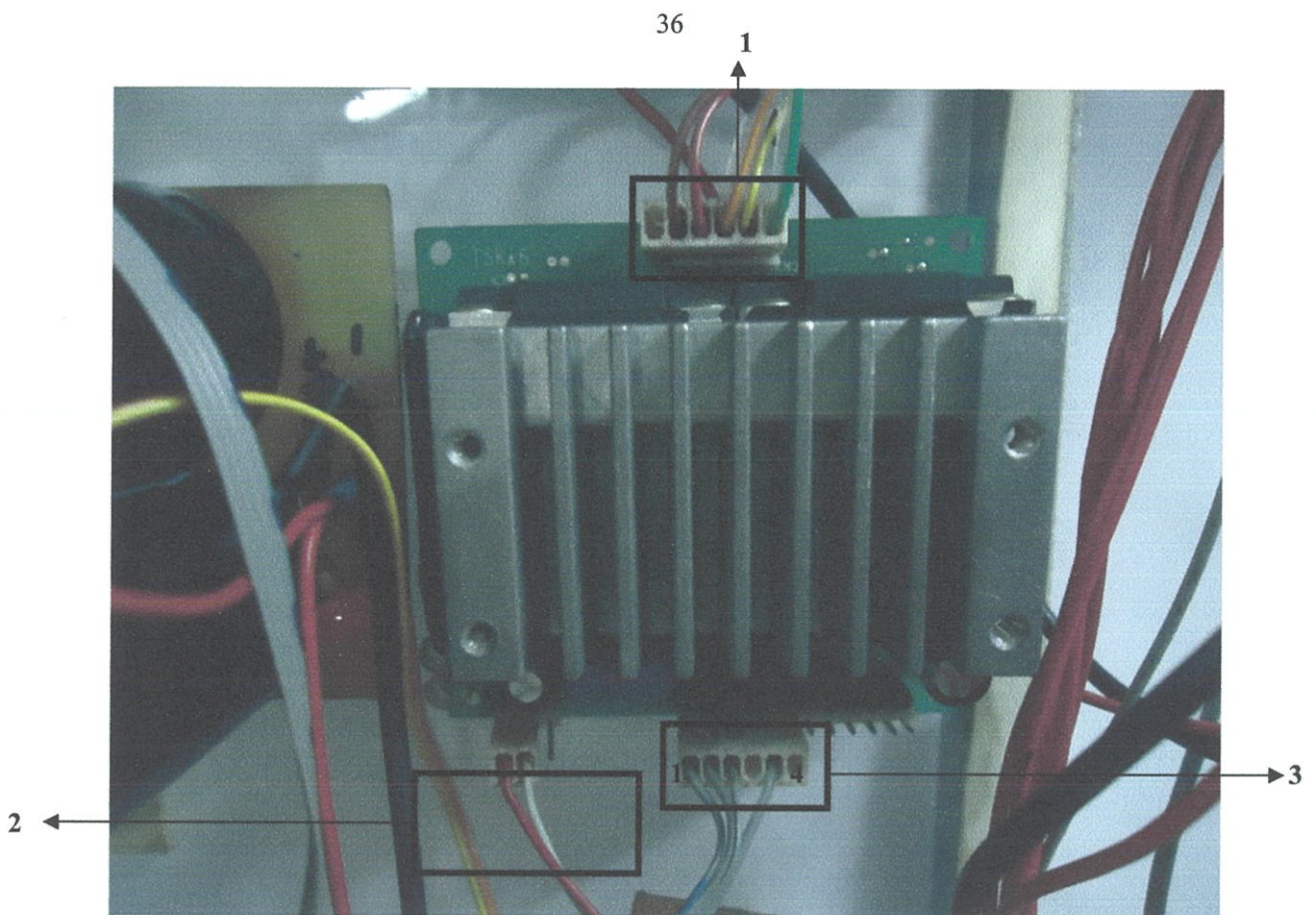
หมายเลข 3: ต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีดำต่อกับ D14 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีขาวต่อกับ GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีเทาต่อกับ D15 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายสีฟ้าต่อกับ D16 ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.9 แสดงบอร์ดขับสเตปมอเตอร์แกน Z

หมายเลข 1: ต่อกับ STEP MOTOR

สายสีเขียวต่อกับสายสีฟ้าของ STEP MOTOR

สายสีเหลืองต่อกับสายสีแดงของ STEP MOTOR

สายสีส้มต่อกับสายสีส้มของ STEP MOTOR

สายที่แดงต่อกับสายสีเขียวของ STEP MOTOR

สายที่น้ำตาลต่อกับสายสีดำของ STEP MOTOR

หมายเลข 2: ต่อกับไฟเลี้ยง 24V DC (แดง+, ขาว-)

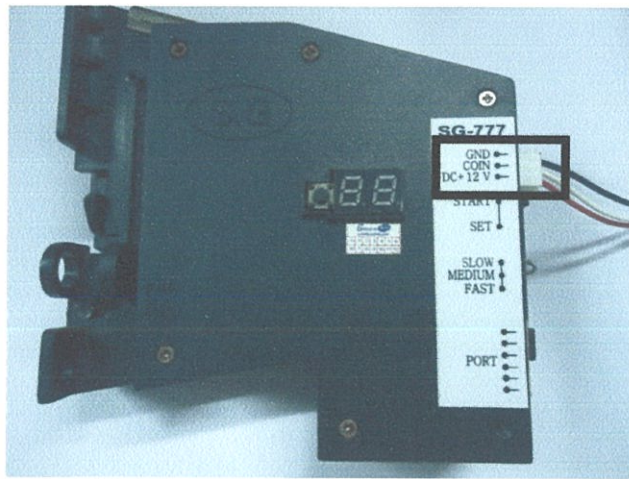
หมายเลข 3: ต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

สายที่ 1 ต่อกับ D11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายที่ 2 ต่อกับ GND ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายที่ 3 ต่อกับ D12 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

สายที่ 4 ต่อกับ D13 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

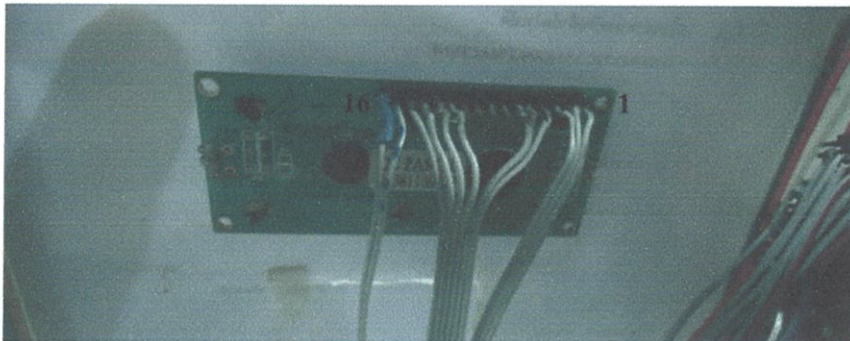


รูปที่ 4.10 แสดงการต่อไฟของเครื่องหยอดเหรียญ

GND. สายสีดำคือสายกราว

COIN. สายสีขาวคือสายส่งสัญญาณไปโครคอนโทลเลอร์

DC+12 V. สายสีแดงคือสายไฟ อินพุต 12 โวลต์



รูปที่ 4.11 แสดงการต่อสายบนจอแอลซีดี

หมายเลข 1 ต่อกับกราวด์วงจร

หมายเลข 2 ต่อกับไฟเลี้ยง +5V

หมายเลข 3 เป็นขาสำหรับป้อนแรงดันเพื่อปรับความสว่างของจอแสดงผลแอลซีดี

หมายเลข 4 เป็นขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือรีจิสเตอร์ข้อมูล

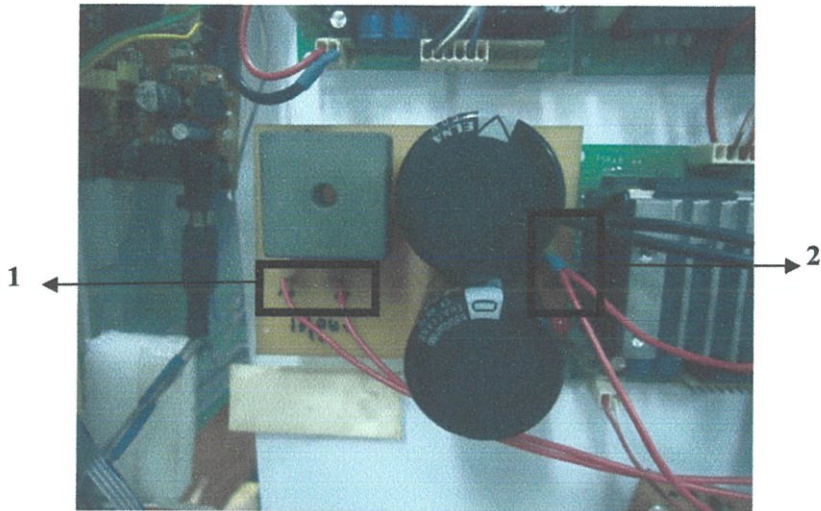
หมายเลข 5 เป็นขาเลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD

หมายเลข 6 เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณพัลส์ Enable ให้โมดูล LCD ทำงาน

หมายเลข 7-14 เป็นขาข้อมูล 8 บิตโดยใช้ขา 7 คือ D0 เรียงลำดับจนขา 14 คือ D7

หมายเลข 15 เป็นขา Anode ของ Backlight LED

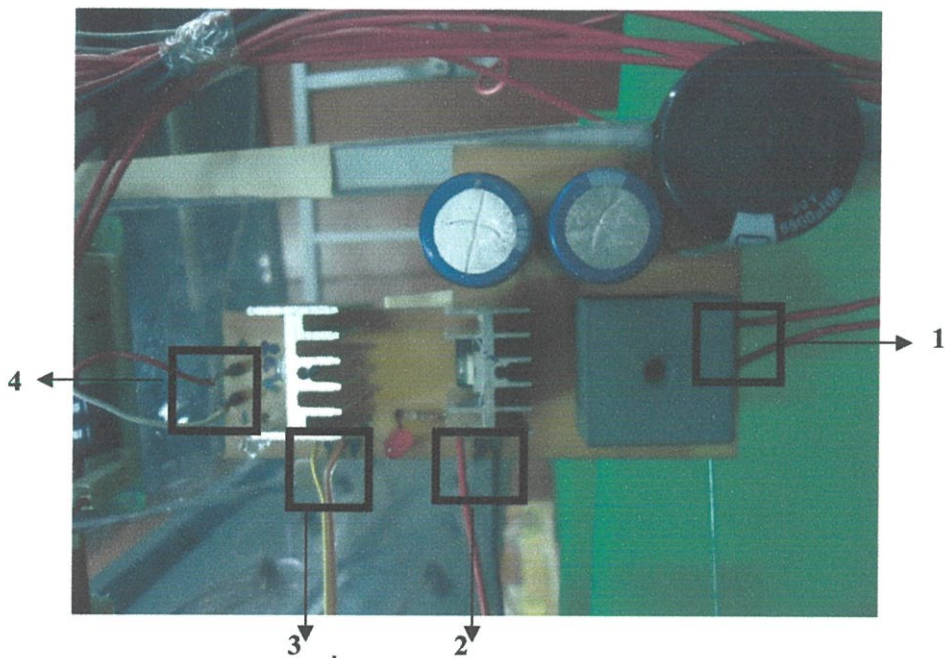
หมายเลข 16 เป็นขาของ Cathode



รูปที่ 4.12 แสดงเพาเวอร์ซัพพลาย

หมายเลข 1 ไฟฟ้า อินพุต จากหม้อแปลงไฟฟ้า 24 โวลต์ (AC)

หมายเลข 2 เอาท์พุต 34 โวลต์ (แดง + , ดำ -)



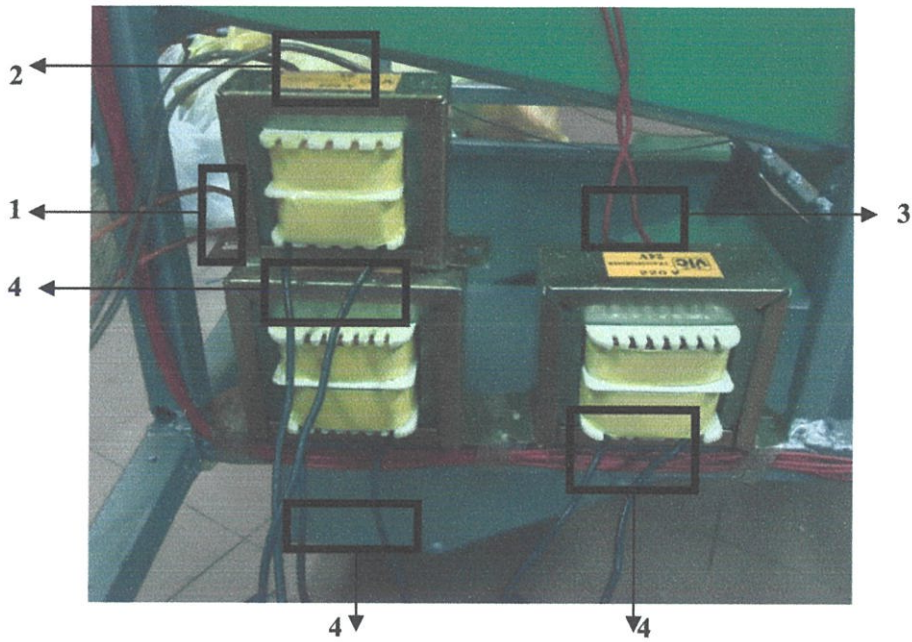
รูปที่ 4.13 แสดงเพาเวอร์ซัพพลาย

หมายเลข 1 อินพุต 18 V (AC)

หมายเลข 2 เอาท์พุต 5V (DC)(แดง + , ดำ -)

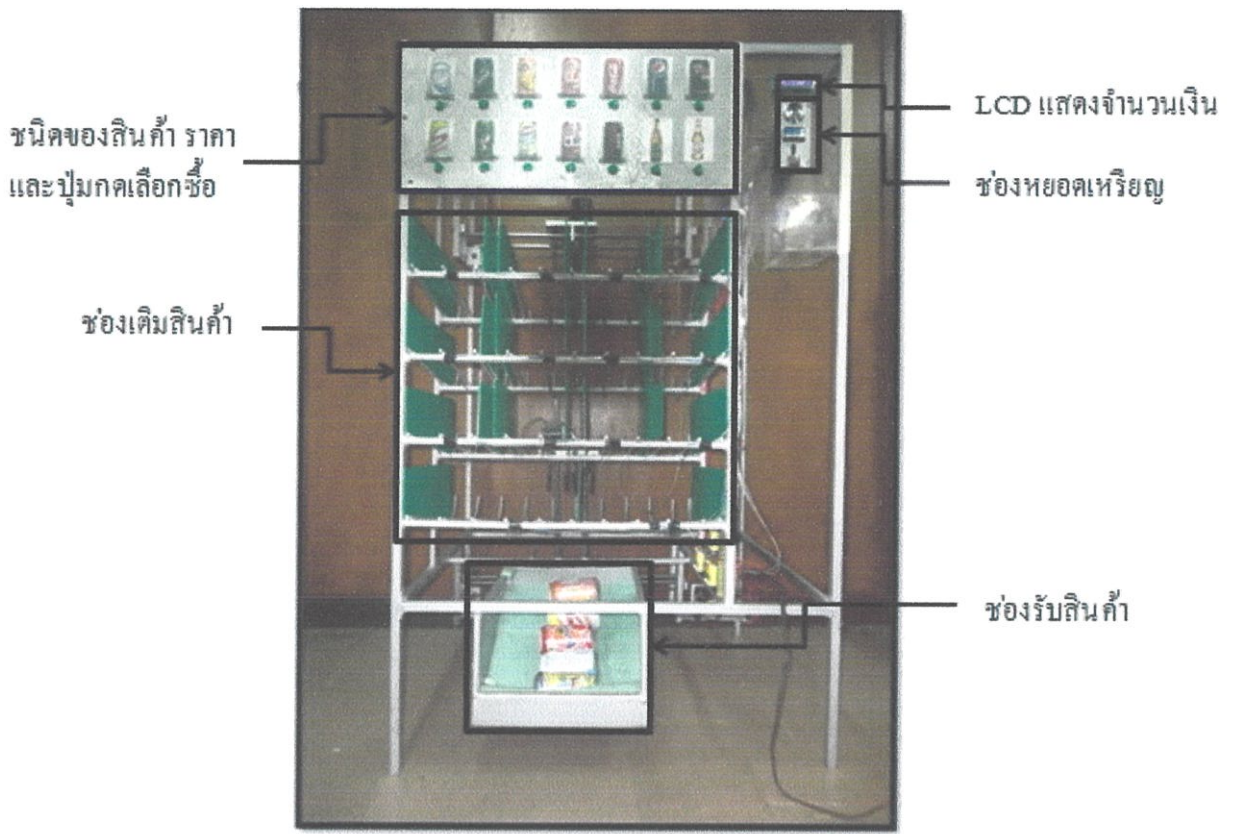
หมายเลข 3 เอาท์พุต 12V (DC)(เหลือง + , ส้ม -)

หมายเลข 4 เอาท์พุต 24V (DC)(แดง + , ขาว -)

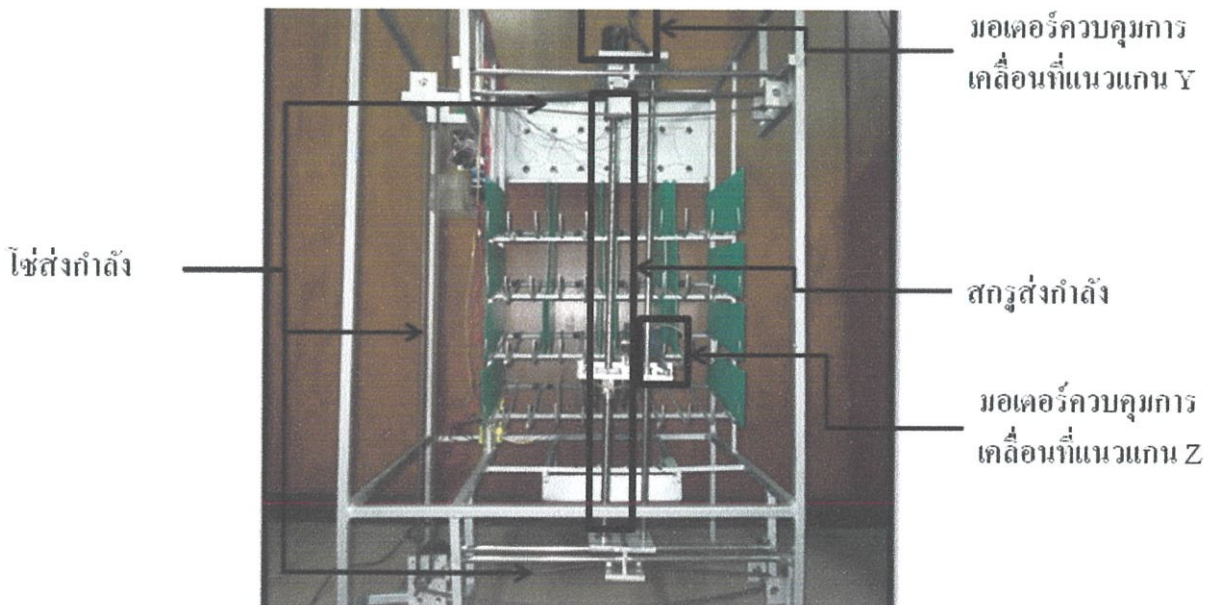


รูปที่ 4.14 แสดงหม้อแปลงไฟฟ้า

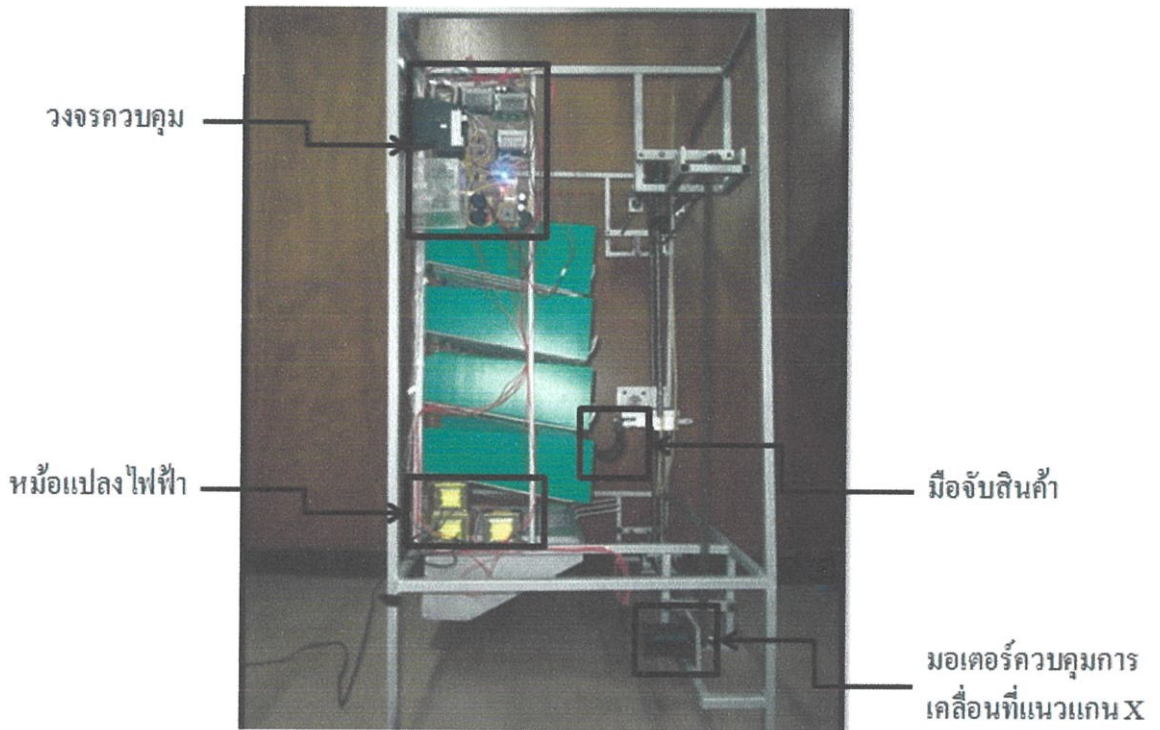
- หมายเลข 1 ไฟเลี้ยง 18V(AC)ต่อเข้ากับเพาเวอร์ซัพพลาย
 หมายเลข 2 ไฟเลี้ยง 9V(AC)ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์
 หมายเลข 3 ต่อไฟเข้ากับเพาเวอร์ซัพพลาย 34 V(DC)
 หมายเลข 4 ไฟ 220V(AC)



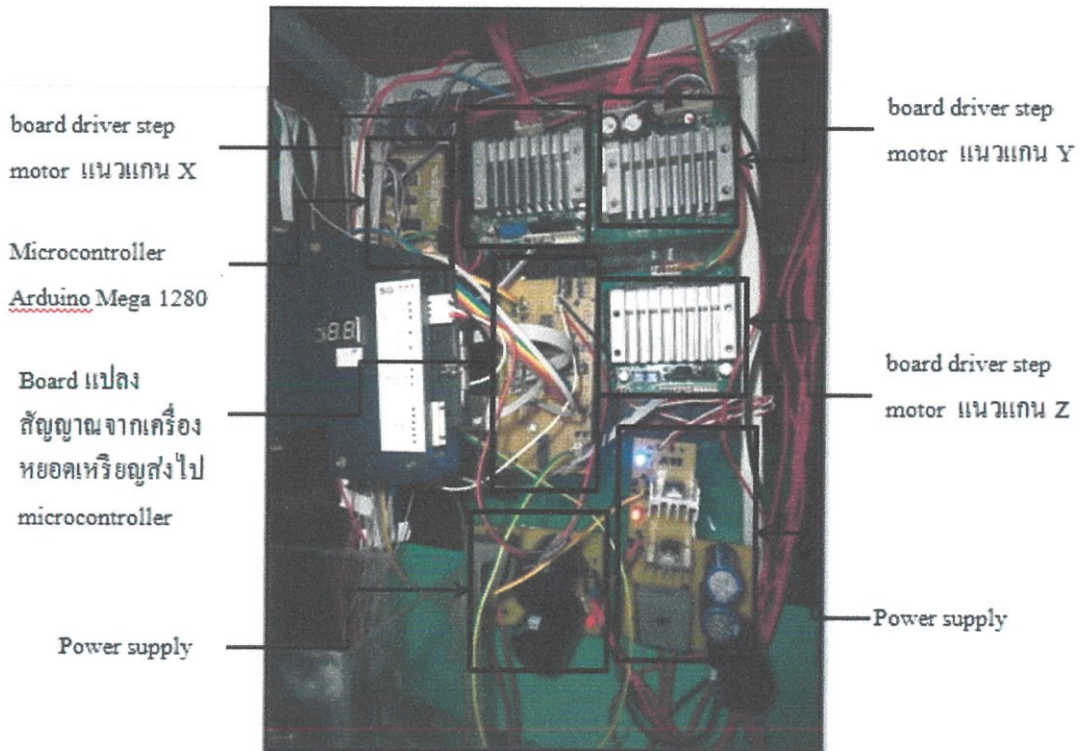
รูปที่ 4.15 ส่วนประกอบเครื่องด้านหน้า



รูปที่ 4.16 ส่วนประกอบเครื่องด้านหลัง



รูปที่ 4.17 ส่วนประกอบเครื่องทางด้านข้าง



รูปที่ 4.18 แสดงส่วนวงจรถควบคุม

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของวงจรในส่วนต่างๆของโครงการ เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นมานี้ว่า สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ตอนต้นหรือไม่ เนื่องจากการทดลองจะทำให้เราทราบปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งทราบผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามเงื่อนไขหรือขอบเขตที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยในการทดลองจะแบ่งเป็นส่วน ได้แก่ ทดสอบระบบไฟฟ้า ทดสอบระบบกลไกและทดสอบการทำงานโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ

5.2 ระบบไฟฟ้า

เราทำการทดสอบระบบไฟฟ้าด้วยวิธีการหยุดเหรียญแล้วสังเกตที่หน้าจอ LCD ว่าแสดงผลถูกต้องตามจำนวนเหรียญที่หยอดลงไปหรือไม่พร้อมทั้งทำการกดสวิทช์เลือกสินค้าและตรวจสอบจำนวนบนจอ LCD ว่าได้ลดลงเท่าราคาสินค้าหรือไม่ ดังตารางที่ 5.1

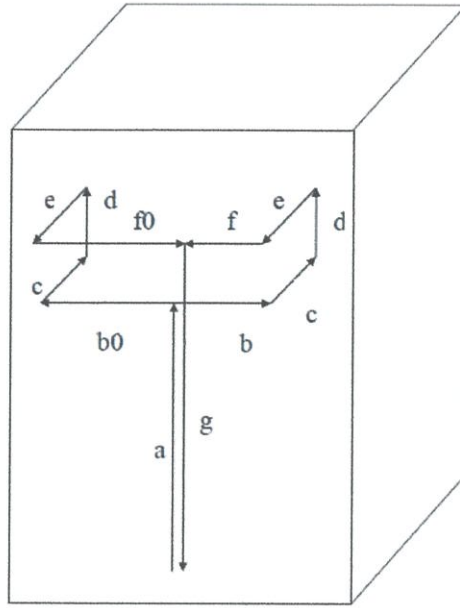
ตารางที่ 5.1 แสดงการทดลองระบบไฟฟ้า

หมายเลข สวิทช์	ราคาสินค้า	จำนวนเงินที่หยอด	จำนวนเงินที่แสดงบนจอ LCD	
			ก่อนเลือกสินค้า	หลังเลือกสินค้า
1	15	20	20	5
2	14	20	20	6
3	14	20	20	6
4	14	20	20	6
5	14	20	20	6
6	14	20	20	6
7	14	20	20	6
8	14	20	20	6
9	14	20	20	6
10	14	20	20	6
11	14	20	20	6
12	14	20	20	6
13	45	50	50	5
14	48	50	50	2

จากการทดลองเราสรุปได้ว่าโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแสดงค่าได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในกรณีที่หยอดเงินน้อยกว่าราคาสินค้าจอแอลซีดีจะแสดงผลว่า money is not enough และในกรณีที่สินค้าหมดจอแอลซีดีจะแสดงผลว่า out of order

5.3 ระบบกลไก

ระบบกลไกเราทำการทดสอบโดยทำการเลือกสินค้าในช่องต่างๆกัน ซึ่งมีทั้งหมด 14 ช่อง หาจำนวนสแตมป์ของมอเตอร์ที่ใช้ในการวิ่งไปจับสินค้า เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นในการกำหนดการเคลื่อนที่ของมือจับสินค้าเราจึงสร้างรูปที่ 5.1 ประกอบการทดลองหาจำนวนสแตมป์ ซึ่งจำนวนสแตมป์ที่ใช้ในการกำหนดการเคลื่อนที่ของมือจับสินค้าจะแสดงให้เห็นตามตารางที่ 5.2



รูปที่ 5.1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ในการหยิบสินค้า

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงจำนวนสแต็ปในการหยิบสินค้า

	a	b	b0	c	d	e	f	f0	g
1	5330	1210	-	360	1153	360	1210	-	6483
2	5330	372	-	360	1153	360	372	-	6483
3	5330	-	720	360	1153	360	-	720	6483
4	5330	-	1506	360	1153	360	-	1506	6483
5	3820	1210	-	360	1153	360	1210	-	4973
6	3820	372	-	360	1153	360	372	-	4973
7	3820	-	720	360	1153	360	-	720	4973
8	3820	-	1506	360	1153	360	-	1506	4973
9	2374	1210	-	360	1153	360	1210	-	3527
10	2374	372	-	360	1153	360	372	-	3527
11	2374	-	720	360	1153	360	-	720	3527
12	2374	-	1506	360	1153	360	-	1506	3527
13	876	890	-	360	1153	360	890	-	2029
14	876	-	1500	360	1153	360	-	1500	2029

ตัวเลขด้านซ้ายมือ 1 – 14 คือช่องของสินค้า

ตัวแปรด้านบนเป็นตัวแปรที่แสดงทิศการเคลื่อนที่ของมือจับสินค้าอ้างอิงจากรูปที่ 5.1

ตัวเลขในตารางเป็นค่าจำนวนสตีปของมอเตอร์ที่เรานำไปใช้ในการควบคุม

5.4 การทดสอบการทำงานโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ

การทดสอบการทำงาน โดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติจะทำการทดสอบกับสินค้าทั้งหมด 14 ชนิด โดยทำการทดสอบชนิดละ 20 ครั้ง เพื่อทดสอบความถูกต้องของการทำงานในทุกๆ ส่วน โดยรวมว่าสามารถกดเลือกและขายสินค้าชนิดที่เลือกได้หรือไม่ เมื่อเลือกแล้วสินค้ามาอยู่ที่ช่องรับสินค้าหรือไม่ และเก็บค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในสินค้าแต่ละชนิดของเครื่องว่ามีค่าผิดพลาดกี่เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดสอบการทำงาน โดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ

ช่องสินค้าที่	จำนวนครั้งที่ทดลอง	จำนวนครั้งที่ผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	20	0	0
2	20	0	0
3	20	0	0
4	20	0	0
5	20	0	0
6	20	0	0
7	20	0	0
8	20	0	0
9	20	0	0
10	20	0	0
11	20	0	0
12	20	0	0
13	20	0	0
14	20	0	0
รวม	280	0	0

จากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องขายสินค้าอัตโนมัตินั้นทำงานได้เป็นที่น่าพอใจการเขียนโปรแกรมควบคุมทำได้ดีมากซึ่งทำให้เครื่องสามารถรับคำสั่งจากสวิตช์เลือกสินค้าแล้วทำการจับสินค้าโดยไม่มีข้อผิดพลาด

บทที่ 6

สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้บริโภคและลดต้นทุนการผลิตให้กับผู้ผลิตและจำหน่ายซึ่งเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติมีส่วนควบคุมต่างๆประกอบไปด้วยสามส่วนใหญ่ๆสามารถแบ่งได้คือ ส่วนควบคุมทางไฟฟ้า ส่วนควบคุมกลไก และสามส่วนแบบของโครงสร้าง โดยเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติที่ออกแบบสร้างขึ้นมานี้สามารถจำหน่ายสินค้าได้ทั้งแบบกระป๋องและแบบขวด โดยแบบขวดสามารถบรรจุจำหน่ายได้ชั้นละ สองแถว แถวละห้า ขวด โดยแบบกระป๋องนั้นสามารถบรรจุจำหน่ายได้ชั้นละ 4 แถวแถวละ 5 กระป๋อง ซึ่งเครื่องที่เราออกแบบสร้างขึ้นกำหนดให้มี 4 ชั้น โดยสามชั้นแรกเป็นแบบกระป๋องและอีกหนึ่งชั้นเป็นแบบขวดซึ่งการออกแบบของเรานั้นสามารถวางสินค้าจำหน่ายได้ทั้งหมด 14 ชนิดและสามารถเพิ่มจำนวนชนิดสินค้าได้ด้วยการเพิ่มชั้นขึ้นมาและพัฒนาต่อยอดให้เครื่องนี้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สมบูรณ์แบบและพร้อมวางจำหน่ายได้

ทั้งนี้คณะผู้จัดทำได้เสนอปัญหาที่พบวิธีการแก้ไขพร้อมทั้งแนวทางการพัฒนาในลำดับต่อไป

6.1 อุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน

เนื่องจากเราทำการดีไซน์เครื่องออกแบบและทำการสร้างประกอบเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติด้วยตนเองจึงขาดความชำนาญในหลายๆด้าน อาทิ เช่น

6.1.1 เรื่องของแบบซึ่งไม่ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้เพราะงบประมาณในการทำงาน

6.1.2 การเชื่อม เชื่อมไม่ได้ขนาดตรงตามที่ต้องการรวมถึงความสวยงาม

6.1.3 ในการซื้อตัวประกอบสกรูส่งกำลังเราต้องใช้เพลานในหน่วยมิลลิเมตร ซึ่งบางแห่งไม่มีจำหน่ายจึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการซื้อ

6.1.4 การเลือกใช้วัสดุ เนื่องจากว่าวัสดุที่เราเลือกใช้นั้นยังไม่เหมาะสม

6.1.5 การต่อวงจรขาดความชำนาญและมีความผิดพลาด

6.2 ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อใช้งานเครื่องในระยะเวลาานาน

6.2.1 เครื่องที่เราสร้างขึ้นนั้นใช้ลิมิตสวิตช์ในการตรวจสอบจำนวนสินค้าซึ่งชำรุดง่าย

6.2.2 วัสดุในการส่งแรงขับเคลื่อนในที่นี้ปัญหาของเครื่องเรานั้นคือ โซ่ซึ่งเมื่อใช้งานไปนานๆ จะเกิดความหย่อนยานส่งผลให้เครื่องทำงานเสียงดัง

6.3 วิธีการแก้ไข

6.3.1 ทำการเปลี่ยนจากลิมิตสวิตช์มาเป็นเซนเซอร์แสงซึ่งประสิทธิภาพดีกว่า

6.3.2 ทำการเปลี่ยนจากโซ่มาเป็นสายพาน

6.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

เนื่องจากว่าเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติที่เราออกแบบจัดทำขึ้นมานั้นเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อเป็นแบบในการนำไปพัฒนาต่อยอดซึ่งเครื่องของเรานั้นเป็นการแสดงให้เห็นในเรื่องของการทำงานของกลไกการเคลื่อนที่และเป็นการทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตดังนั้นเครื่องของเราจึงยังไม่สามารถนำไปวางจำหน่ายสินค้าได้ ฉะนั้นควรจะนำเครื่องไปพัฒนาต่อเพื่อที่จะให้เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำไปผลิตวางจำหน่ายได้จริงโดยสามารถทำได้ดังนี้

6.4.1 ทำการเพิ่มระบบเงินทอนเข้าไป

6.4.2 หากต้องการเพิ่มจำนวนชนิดของสินค้าที่จะจำหน่ายให้กับเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติสามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนชั้นขึ้นมาตามความต้องการ

6.4.3 หากต้องการจะจำหน่ายเครื่องดื่มประเภทแช่เย็นก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มระบบทำความเย็นเข้าไป

6.4.4 ถ้าต้องการนำไปขายสินค้าโดยไม่มีระบบทำความเย็นก็สามารถขายได้เช่น น้ำปลา ซอส น้ำมันพืช เป็นต้น

6.4.5 ออกแบบรูปลักษณะให้สวยงามเหมาะสมและทันสมัยยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก

มิติมาตรฐานและแรงประเมิน โรลิ่งเบริง

ตาราง ก1 มิติมาตรฐานและแรงประมินของโรลลิ่งแบร์ริง (C₀, C เป็น kN)

ขนาด d mm	O.D. dia. D mm	ขนาดชนิด 02											ขนาดชนิด 22			ขนาดชนิด 32		
		ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ความหนา B mm	Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing	
			C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C		C ₀	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19												
5	16	5	-	-	0.94	1.85												
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85												
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51												
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51												
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49												
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	5.52
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	-	15.9	6.36	9.03
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	-	17.5	8.19	11.30
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	-	20.6	11.30	15.17
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67	-	-	-	20.6	12.73	16.46
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25	-	-	-	23.8	18.33	22.87
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	-	-	-	27.0	24.92	30.57
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	53.40	65.41	30.2	36.18	41.03
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07	28	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	105.91	121.00	39.7	68.53	72.53
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73	43	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60
														221.10	235.80	55.6	127.30	127.30

ตาราง ก2 มิติมาตรฐานและแรงประเมนของโรลลิ่งเบริง (C₀, C เป็น kN)

ขนาด d mm	O.D. D mm	ความหนา รูกลวง mm	อนุกรม 03											อนุกรม 23				อนุกรม 33					
			ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball-Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Double-Row Nonfilling - Notch Ball Bearing	
				C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C	C ₀	C
4	16	0.50	5																				
5	19	0.50	6																				
6																							
7																							
8																							
9																							
10	35	0.61	11	-	-	3.76	6.23																
12	37	1	12	2.36	7.25	4.63	7.48																
15	42	1	13	2.63	7.34	5.43	8.72																
17	47	1	14	3.65	9.66	6.54	10.41	-	-	-	-	-	-	19	3.98	11.12	-	-	22.2	-	-	11.97	16.15
20	52	1	15	4.00	9.57	7.79	12.24	3.54	13.35	-	-	-	-	21	5.30	14.28	-	-	22.2	7.79	12.24	14.24	19.00
25	62	1	17	6.01	13.84	10.64	16.29	12.77	18.78	12.77	22.83	26.70	29.81	24	7.48	18.73	-	-	25.4	10.64	16.29	19.40	25.19
30	72	1	19	7.74	16.46	14.86	21.58	17.09	23.90	17.53	30.08	37.82	42.27	27	10.01	24.12	-	-	30.2	14.86	21.58	27.14	33.33
35	80	1.50	21	9.83	19.36	17.89	25.59	20.56	28.21	23.90	39.29	43.61	48.06	31	12.77	30.35	-	-	34.9	17.89	25.59	32.66	39.43
40	90	1.50	23	12.19	22.74	22.34	31.33	25.68	34.44	28.21	45.83	57.40	60.96	33	15.71	34.49	71.64	90.78	36.5	22.34	31.33	40.81	48.06
45	100	1.50	25	15.93	29.37	29.95	40.58	34.40	44.94	40.18	63.19	76.98	75.65	36	19.89	41.96	91.67	111.25	39.7	29.95	40.58	54.73	62.74
50	110	2	27	17.49	33.42	35.64	47.61	40.94	52.51	49.39	75.65	81.43	85.88	40	23.50	49.39	117.92	140.62	44.4	35.64	47.61	64.97	73.42
55	120	2	29	22.52	39.16	41.83	55.18	48.06	60.52	60.52	92.11	96.12	101.46	43	28.03	57.85	145.07	168.21	49.2	41.83	55.18	76.54	84.55
60	130	2	31	26.61	43.88	48.50	62.74	55.62	69.42	68.97	103.68	111.25	115.70	46	32.93	67.19	171.77	197.13	54.0	48.50	62.74	88.55	97.01
65	140	2	33	29.37	47.61	55.62	71.20	64.08	78.32	76.09	113.92	135.72	137.95	48	38.63	73.87	187.34	214.04	58.7	-	-	101.90	109.47
70	150	2	35	35.51	57.40	63.19	80.10	72.98	88.11	92.56	133.94	151.30	153.52	51	44.50	84.10	220.27	248.31	63.5	-	-	115.70	123.26
75	160	2	37	38.36	60.96	71.64	87.22	82.32	95.67	113.92	162.42	169.10	173.55	55	46.72	87.22	250.09	277.68	68.3	-	-	130.83	134.39
80	170	2	39	42.23	68.08	80.10	94.78	92.11	103.68	113.92	162.42	191.35	191.35	58	57.85	106.35	286.58	317.73	68.3	-	-	146.40	145.51
85	180	2.50	41	48.50	75.20	89.44	101.90	102.79	112.14	135.72	190.90	-	-	60	61.41	108.13	306.16	339.98	73.0	-	-	142.40	142.84
90	190	2.50	43	56.07	89.89	99.22	109.91	113.92	120.15	148.18	206.92	-	-	64	68.53	117.48	379.14	403.17	73.0	-	-	158.42	153.97

ตาราง ก3 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลลิ่งแบร์ริง (C₀, C เป็น kN)

รูสวน d mm	อนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0										อนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1									
	O.D. D mm	รัศมี ฟิลเลต สูงที่สุด mm	อนุกรมมิติ 10				อนุกรมมิติ 30				O.D. D mm	รัศมี ฟิลเลต สูงที่สุด mm	อนุกรมมิติ 31							
			ความหนา B mm	Single-Row Deep-Groove Ball Bearing	Angular Contact Small-Angle Ball Bearing		ความหนา B mm	Double-Row Cylindrical Roller Bearing		Spherical* Roller Bearing			ความหนา B mm	Spherical* Roller Bearing						
				C ₀	C	C ₀		C	C ₀	C				C ₀	C	C ₀	C			
4																				
5																				
6																				
7	19	0.30	6	-	1.51															
8	22	0.30	7	-	2.51															
9	24	0.30	7	-	2.60															
10	26	0.30	8	1.96	3.51															
12	28	0.30	8	2.22	3.92															
15	32	0.30	9	2.51	4.29															
17	35	0.30	10	2.78	4.63															
20	42	0.60	12	4.45	7.21															
25	47	0.60	12	4.94	7.74	-	-	16	10.86	16.42										
30	55	1	13	6.90	10.19	-	-	19	14.06	20.51										
35	62	1	14	8.50	12.28	10.90	14.46	20	19.62	27.01										
40	68	1	15	9.30	12.90	12.37	15.53	21	24.07	32.31										
45	75	1	16	12.15	16.15	14.95	18.42	23	28.97	37.96										
50	80	1	16	13.08	16.78	16.73	19.62	23	31.86	40.27										
55	90	1	18	17.00	21.76	22.12	25.81	26	42.45	52.51										
60	95	1	18	18.29	22.65	23.36	26.43	26	46.28	55.62										
65	100	1	18	19.62	23.50	25.81	27.99	26	50.28	58.74										
70	110	1	20	24.39	29.28	31.06	34.18	30	66.75	75.65										
75	115	1	20	26.12	30.39	34.35	36.22	30	66.75	75.20										
80	125	1	22	31.28	36.67	42.01	44.28	34	82.77	92.56										
85	130	1	22	33.55	38.09	44.10	45.39	34	89.44	97.01										
90	140	1.50	24	39.11	44.50	52.51	54.29	37	103.68	113.03										
95	145	1.50	24	41.87	46.72	55.18	55.62	37	111.25	118.81										
100	150	1.50	24	41.87	46.28	57.85	56.96	37	119.26	124.15										

* แบบซี่แบบ spherical roller สำหรับอนุกรมมิติ 30 มีขนาดเริ่มจากรูสวน 120 mm

+ แบบซี่แบบ spherical roller สำหรับอนุกรมมิติ 31 มีขนาดเริ่มจากรูสวน 110 mm

§ มุมสัมผัส α น้อยกว่า 20° ให้ถือว่าเป็นแบบ small angle

ภาคผนวก ข
บอร์ดฯ ส.ต.ป. ๒๕๖๓

VEXTA**OPERATING MANUAL**

Thank you for purchasing Oriental Motor products.
To obtain the best performance from your equipment, please
read this manual thoroughly before use.

5-Phase Stepping Motor/Driver Package
CSK Series

C-MOS Input Type

CSK543-NA	CSK543-NB
CSK544-NA	CSK544-NB
CSK545-NA	CSK545-NB
CSK564-NA	CSK564-NB
CSK566-NA	CSK566-NB
CSK569-NA	CSK569-NB

Photocoupler Input Type

CSK543-NAP	CSK543-NBP
CSK544-NAP	CSK544-NBP
CSK545-NAP	CSK545-NBP
CSK564-NAP	CSK564-NBP
CSK566-NAP	CSK566-NBP
CSK569-NAP	CSK569-NBP

Contents

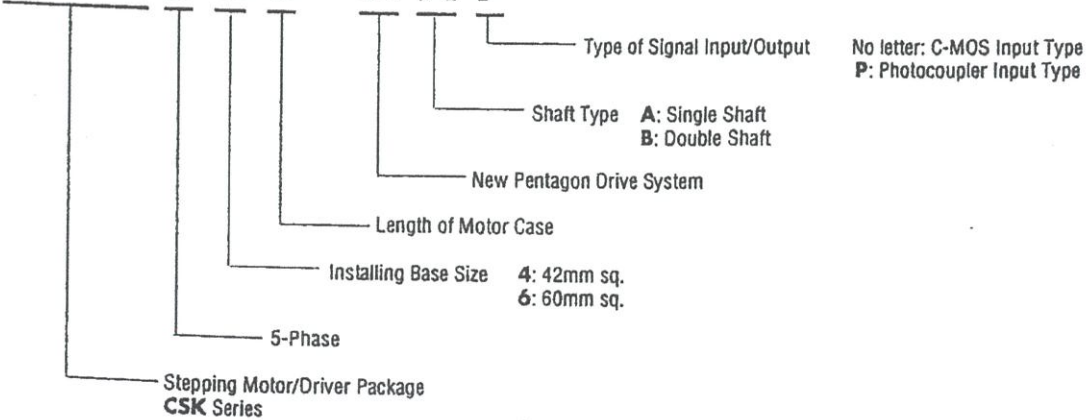
Components	2	Adjusting the Driver Output Current ...	10
Before Use	3	Installation	14
Connections	4	Specifications	16
Input/Output Signals	8	Dimensions	20
		Trouble Shooting	22

Type of Signal Input /Output	Package Model		Motor Model		Driver Model
	Single shaft	Double Shaft	Single Shaft	Double Shaft	
C-MOS Input Type	CSK543-NA	CSK543-NB	PK543-NA	PK543-NB	CSD5807N
	CSK544-NA	CSK544-NB	PK544-NA	PK544-NB	
	CSK545-NA	CSK545-NB	PK545-NA	PK545-NB	
	CSK564-NA	CSK564-NB	PK564-NA	PK564-NB	CSD5814N
	CSK566-NA	CSK566-NB	PK566-NA	PK566-NB	
	CSK569-NA	CSK569-NB	PK569-NA	PK569-NB	
Accessories: Connector Housing: 1-171822-2 (AMP) 1 piece 171822-5 (AMP) 1 piece Contact: 170204-2 (AMP) 20 pieces Operating Manual					

Type of Signal Input /Output	Package Model		Motor Model		Driver Model
	Single shaft	Double Shaft	Single Shaft	Double Shaft	
Photocoupler Input Type	CSK543-NAP	CSK543-NBP	PK543-NA	PK543-NB	CSD5807N-P
	CSK544-NAP	CSK544-NBP	PK544-NA	PK544-NB	
	CSK545-NAP	CSK545-NBP	PK545-NA	PK545-NB	
	CSK564-NAP	CSK564-NBP	PK564-NA	PK564-NB	CSD5814N-P
	CSK566-NAP	CSK566-NBP	PK566-NA	PK566-NB	
	CSK569-NAP	CSK569-NBP	PK569-NA	PK569-NB	
Accessories: Connector Housing: 171822-3 (AMP) 1 piece 1-171822-2 (AMP) 1 piece 171822-5 (AMP) 1 piece Contact: 170204-2 (AMP) 25 pieces Operating Manual					

■ Product Number Code

CSK569-NAP



Before Use

1. Heat Generation

Under some operating conditions, the motor and driver can generate intense heat. Use the product such that the temperature, when it is mounted in a unit does not exceed 100°C for the motor case and 85°C for the driver heat sink.

2. Motor/Driver Combinations

Do not use the motor/driver assembly you have purchased in other combinations.

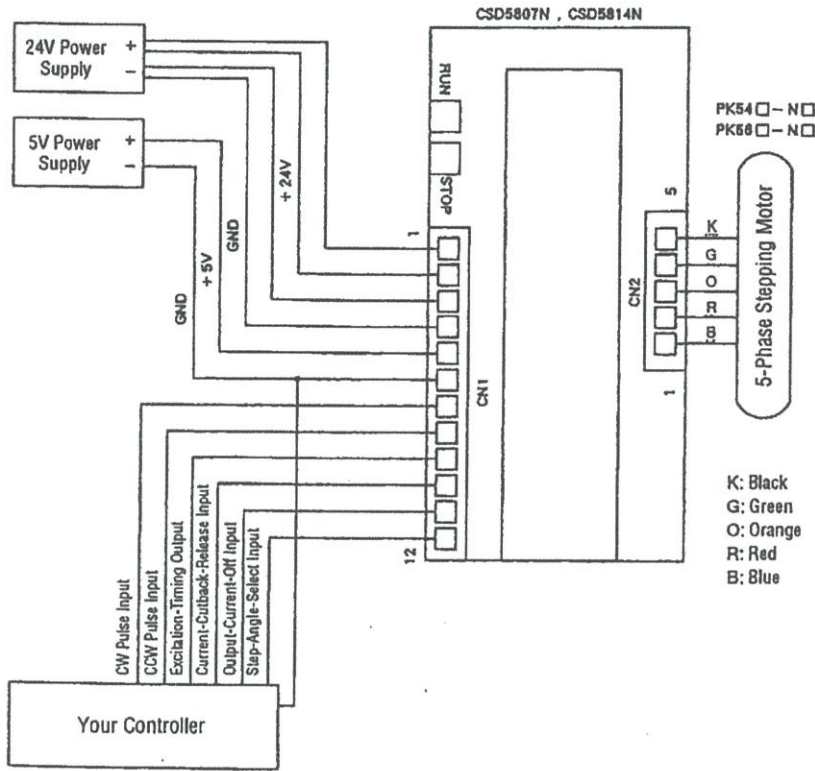
3. Handling the Motor

Never disassemble the motor or loosen the screws. Once the motor has been disassembled or the installation screws loosened, performance drops markedly.

Connections

1. C-MOS Input Type Model: CSK54□-N□ and CSK56□-N□

■ Connecting Diagram



Assembling the Connector

- * The suitable wire size for the CN1 and CN2 connectors is AWG20 to AWG26. Use a wire rated at AWG20 to AWG22 for the power supply line.
- * Use a dedicated assembling tool (AMP722560-1, etc.) when assembling the connectors.

Precaution on Connection

- * Assemble the connectors firmly using a dedicated assembling tool. Always check the conductivity of the connector using a tester. Misassembling or miscontact will damage the motor and driver.
- * Keep signal lines as short as possible.
- * Signal lines should be kept away from power lines (power supply lines and motor lines). Do not bind the signal lines and power lines together.
- * If electrical noise generated by the motor lead wires cause problems, try shielding the motor lead wires with conductive tape or wire mesh.

Before Turning On the Power

- * Always check the connection of the power line (arranged +24V, +24V, GND, GND, +5V, GND left to right as seen facing the connector CN1).
- * Is the connector properly and firmly connected?

■ Power and Signal Inputs

Driver Model: CSD5807N and CSD5814N

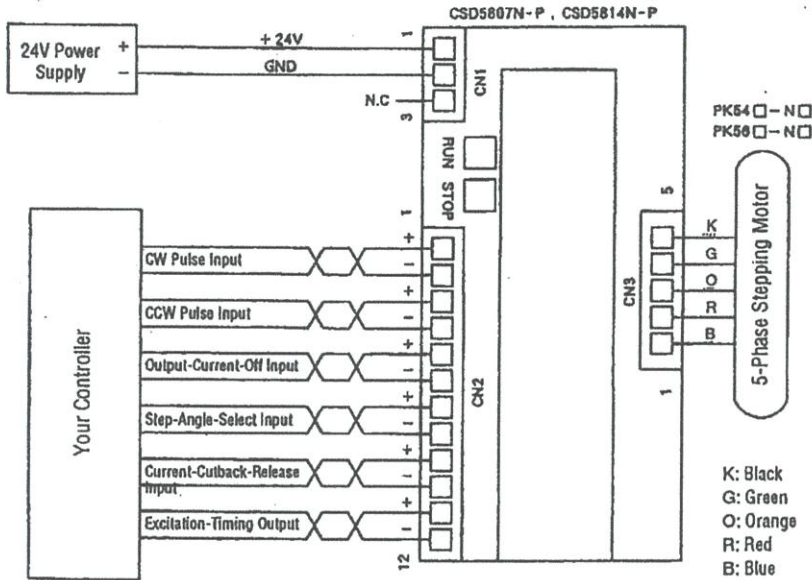
Connector No.	Pin No.	Name of Signals	Functions	Electrical Characteristics	
CN1	1	+24V	*Connect + and - wires of 24V DC.	24V±10% 2A min. Ripple Voltage: 5Vp-p or less	
	2	Power Supply for Motor			
	3				GND
	4				
	5	+5V	*Connect + and - wires of 5V DC. *Use stabilized power supply.	5V±5% 0.1A min.	
	6	GND			Power Supply for Logic Circuit
	7	CW Pulse Input	*The motor rotates one step at rising edge of the pulse. *The motor will not operate properly when inputting a pulse signal while either the CW or CCW pulse is at "L" level. * "H" level is selected when these terminals leave unconnected.	L: 0 ~ 1.5V H: 3.5 ~ 5V Pulse width: 3 μs min. Pulse duty: 50% max.	
	8	CCW Pulse Input			
	9	Excitation-Timing Output	*A signal is output whenever the motor excitation sequence returns to step "0" in synchronization with the input pulse signal. *A signal is output every 10 pulses in full step mode and every 20 pulses in half step mode.	30V DC max. 15mA max. Open-Collector Output	
	10	Automatic-Current-Cutback-Release Input	*At "L" level, automatic-current-cutback-at-motor-standstill function is cancelled. *When this terminal leave unconnected, "H" level is selected and output current is reduced to one half of the rated value during motor stops.	L: 0 ~ 1.5V H: 3.5 ~ 5V	
	11	Output-Current-OFF Input	*At "L" level, current to the motor stops, allowing the motor shaft to be rotated by hand. *When this terminal leave unconnected, "H" level is selected and normal operation is available.	L: 0 ~ 1.5V H: 3.5 ~ 5V	
	12	Step-Angle-Select Input	*Full step at "L" level and half step at "H" level *When this terminal leave unconnected, "L" level (i.e. full step) is selected.	L: 0 ~ 1.5V H: 3.5 ~ 5V	

Note: GND of 24V and 5V is internally connected.

2. Photocoupler Input Type

Model: **CSK54□-N□P** and **CSK56□-N□P**

■ Connecting Diagram



Assembling the Connector

- * The suitable wire size for the CN1, CN2 and CN3 connectors is AWG20 to AWG26.
Use a wire rated at AWG20 to AWG22 for the power supply line.
- * Use a dedicated assembling tool (AMP722560-1, etc.) when assembling the connectors.

Precaution on Connection

- * Assemble the connectors firmly using a dedicated assembling tool. Always check the conductivity of the connector using a tester. Misassembling or miscontact will damage the motor and driver.
- * Use twisted-pair wires for signal lines and keep them as short as possible.
- * Signal lines should be kept away from power lines (power supply lines and motor lines). Do not bind the signal lines and power lines together.
- * If electrical noise generated by the motor lead wires cause problems, try shielding the motor lead wires with conductive tape or wire mesh.

Before Turning On the Power

- * Always check the connection of the power line (arranged +24V, GND, N.C left to right as seen facing the connector CN1).
- * Is the connector properly and firmly connected?

■ Power and Signal Inputs

Driver Model: CSD5807N-P and CSD5814N-P

Connector No.	Pin No.	Name of Signals	Functions	Electrical Characteristics	
CN1	1	+24V	Power Supply	*Connect + and - wires of 24V DC.	24V±10% 2.1A min.
	2	GND			
	3	N.C		—	—
CN2	1	+CW	CW Pulse Input	*When a negative logic pulse is input to the CW - terminal, the motor rotates one step clockwise at rising edge of the pulse.	L: 0 ~ 0.5V H: 4 ~ 5V Pulse width: 5 μs min. Pulse Rise/Pulse Fall Time: 2 μs max. Pulse duty: 50% max. Input Impedance: 220 Ω Input Current: 20mA max.
	2	-CW			
	3	+CCW	CCW Pulse Input	*When a negative logic pulse is input to the CCW - terminal, the motor rotates one step counterclockwise at rising edge of the pulse.	
	4	-CCW			
	5	+H.OFF	Output-Current-OFF Input	*At "L" level (photocoupler is ON), current to the motor stops and the motor shaft can be rotated by hand.	L: 0 ~ 0.5V H: 4 ~ 5V Input Impedance: 220 Ω Input Current: 20mA max.
	6	-H.OFF			
	7	+HULL/HALF	Step-Angle-Select Input	*Half step at "L" level (photocoupler is ON) and full step at "H" level .	
	8	-HULL/HALF			
	9	+C.D.INH	Automatic-Current-Cutback-Release Input	*At "L" level (photocoupler is ON), the automatic-current-cutback-at-motor-standstill function is cancelled.	
	10	-C.D.INH			
	11	+TIMING	Excitation-Timing Output	*A signal is output whenever the motor excitation sequence returns to step "0" in synchronization with the input pulse signal. (Output transistor is ON) *A signal is output every 10 pulses in full step mode and every 20 pulses in half step mode.	24V DC max. 10mA max. Photocoupler Open-Collector Output
	12	-TIMING			

Input/Output Signals

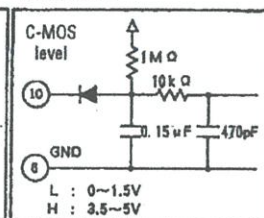
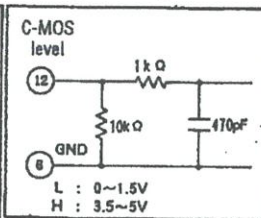
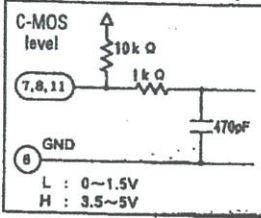
1. C-MOS Input Type Model: CSK54□-N□ and CSK56□-N□

Input/Output Signal Circuit

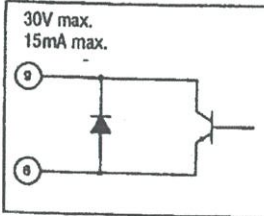
CW Pulse Input, CCW Pulse Input, Output-Current-Off Input

Step-Angle-Select Input

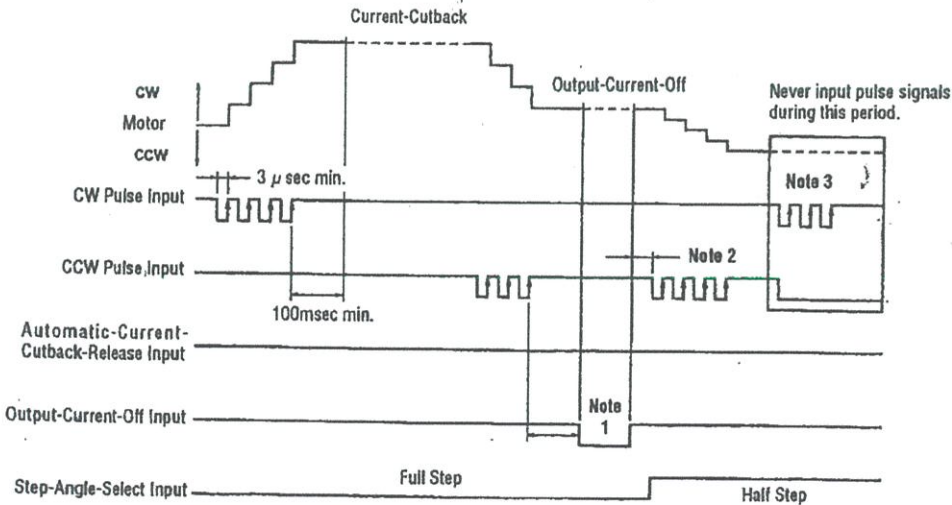
Automatic-Current-Cutback-Release Input



Excitation-Timing Output



Timing Chart



Note 1: It is recommended to wait a period of time before inputting the output-current-off signal to allow the motor oscillations to end. This time varies with the load inertia, the load torque and the starting pulse rate, etc. Signal input must be stopped before the motor stops.

Note 2: Never input pulse signals immediately after switching the output-current-off signal to "H" level or the motor may lose synchronism. In general, an interval of 100msec. (minimum) is required.

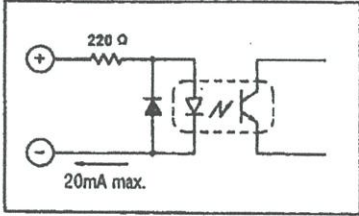
Note 3: The motor will not operate properly when inputting a pulse signal while either the CW or CCW pulse is at "L" level.

2. Photocoupler Input Type

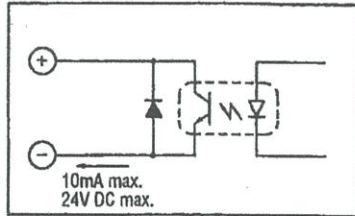
Model: CSK54□-N□P and CSK56□-N□P

■ Input/Output Signal Circuit

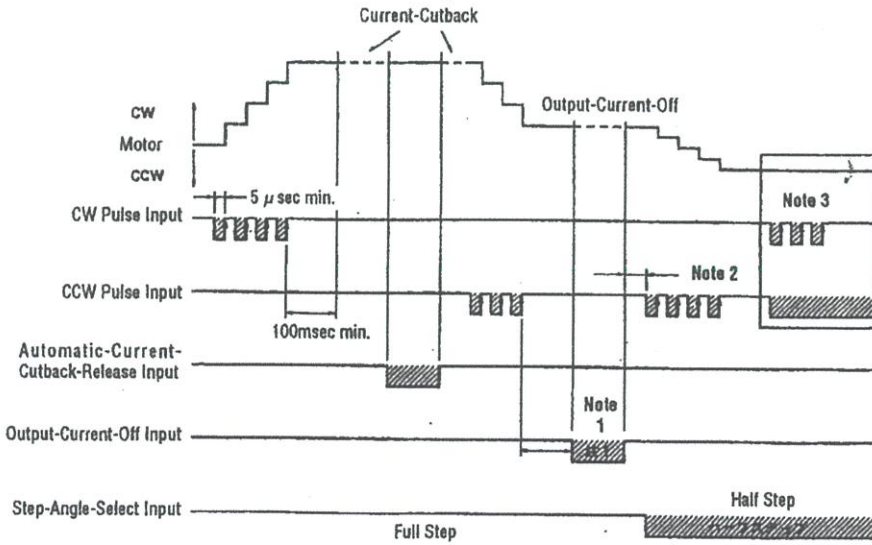
CW Pulse Input, CCW Pulse Input, Output-Current-Off Input, Step-Angle-Select Input, Automatic-Current-Cutback-Release Input



Excitation-Timing Output



■ Timing Chart



▨ : The Photocoupler diode lights in shaded area.

Note 1: It is recommended to wait a period of time before inputting the output-current-off signal to allow the motor oscillations to end. This time varies with the load inertia, the load torque and the starting pulse rate, etc. Signal input must be stopped before the motor stops.

Note 2: Never input pulse signals immediately after switching the output-current-off signal to "H" level or the motor may lose synchronism. In general, an interval of 100msec. (minimum) is required.

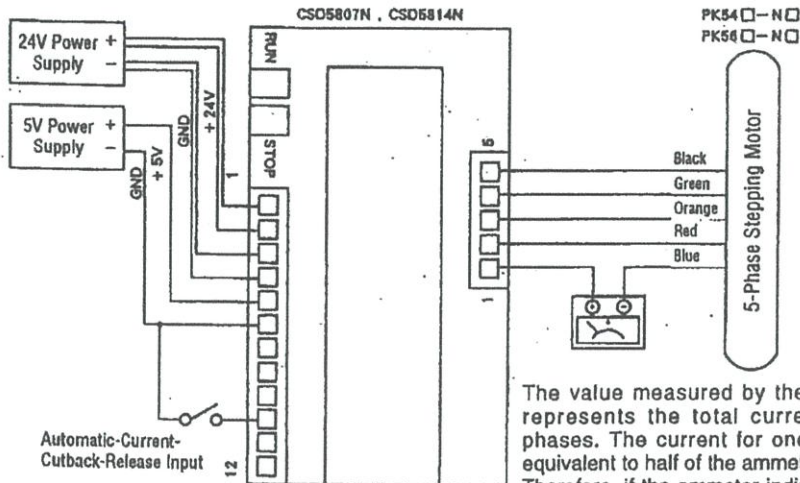
Note 3: The motor will not operate properly when inputting a pulse signal while either the CW or CCW pulse is at "L" level.

Adjusting the Driver Output Current

1. C-MOS Input Type Model: CSK54□-N□ and CSK56□-N□

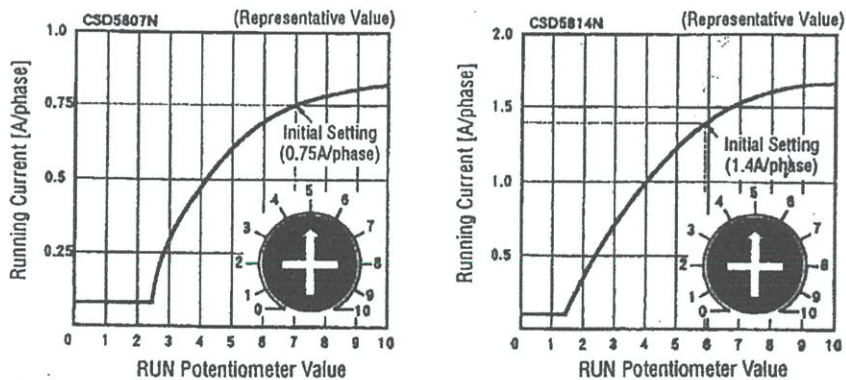
The rated output current is set at the factory. When it is necessary to change the current setting, follow the procedures described below.

■ Connecting an Ammeter



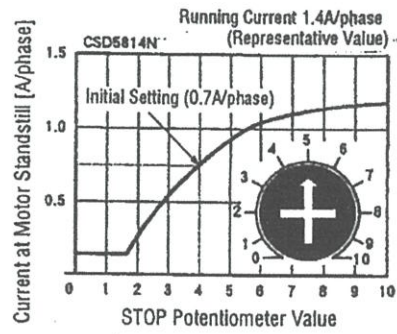
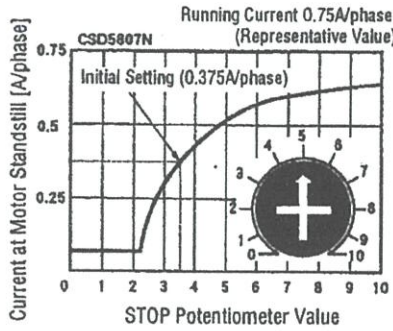
The value measured by the ammeter represents the total current in two phases. The current for one phase is equivalent to half of the ammeter value. Therefore, if the ammeter indicates 1.5A, the motor current has been adjusted to 0.75A per phase.

■ Adjusting the Running Current



1. Short circuit the automatic-current-cutback-release terminal and the GND terminal. (Cancel the automatic-current-cutback-at-motor-standstill function.)
2. Do not input any other signals.
3. After hooking-up the motor and ammeter to the driver as shown in the diagram above, first apply 5V DC, then apply 24V DC.
4. Adjust the motor running current with the RUN potentiometer.
5. When the RUN potentiometer has been turned to the full clockwise position, the output current of the driver will be 0.8A/phase (CSD5807N) or 1.6A/phase (CSD5814N). Even though the driver will output the current, do not operate the driver beyond the rated current, 0.75A/phase (CSD5807N) or 1.4A/phase (CSD5814N).

■ Adjusting the Current at Motor Standstill



1. After hooking-up the motor and ammeter to the driver as shown in the diagram above, first apply 5V DC, then apply 24V DC.
2. Disconnect the automatic-current-cutback-release terminal and the GND terminal. (Activate the automatic-current-cutback-at-motor-standstill function.)
3. Adjust the current at motor standstill with the STOP potentiometer.
4. The current has been set to 50% of the RUN current when shipping.

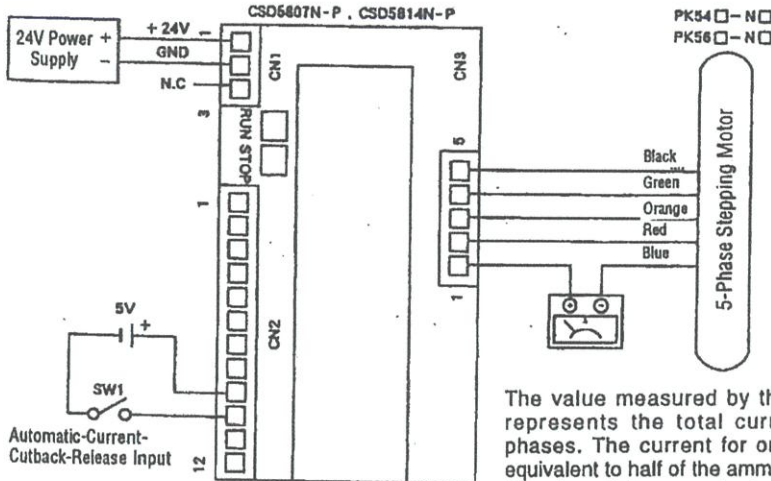
Note: The current should be adjusted when the driver is not receiving any other input signals. The current value is changed with each input of a pulse.

2. Photocoupler Input Type

Model: **CSK54□-N□P** and **CSK56□-N□P**

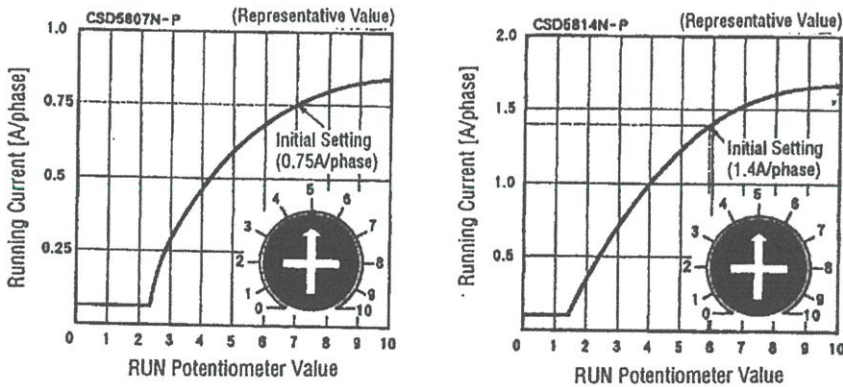
The rated output current is set at the factory. When it is necessary to change the current setting, follow the procedures described below.

■ Connecting an Ammeter



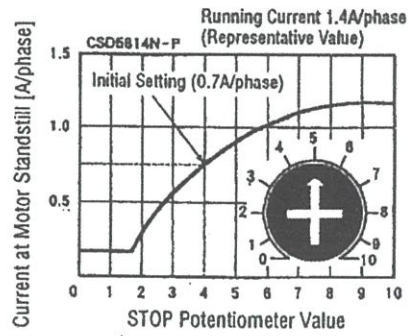
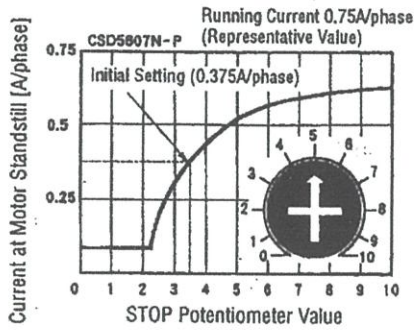
The value measured by the ammeter represents the total current in two phases. The current for one phase is equivalent to half of the ammeter value. Therefore, if the ammeter indicates 1.5A, the motor current has been adjusted to 0.75A per phase.

■ Adjusting the Running Current



1. Turn on the switch SW1 for automatic-current-cutback-release function. (Cancel the automatic-current-cutback-at-motor-standstill function.)
2. Do not input any other signals.
3. After hooking-up the motor and ammeter to the driver as shown in the diagram above, apply 24V DC.
4. Adjust the motor running current with the RUN potentiometer.
5. When the RUN potentiometer has been turned to the full clockwise position, the output current of the driver will be 0.8A/phase (CSD5807N-P) or 1.6A/phase (CSD5814N-P). Even though the driver will output the current, do not operate the driver beyond the rated current, 0.75A/phase (CSD5807N-P) or 1.4A/phase (CSD5814N-P).

■ Adjusting the Current at Motor Standstill



1. After hooking-up the motor and ammeter to the driver as shown in the diagram above, apply 24V DC.
2. Turn off the switch SW1 for automatic-current-cutback-release function. (Activate the automatic-current-cutback-at-motor-standstill function.)
3. Adjust the current at motor standstill with the STOP potentiometer.
4. The current has been set to 50% of the RUN current when shipping.

Note: The current should be adjusted when the driver is not receiving any other input signals. The current value is changed with each input of a pulse.

Installation

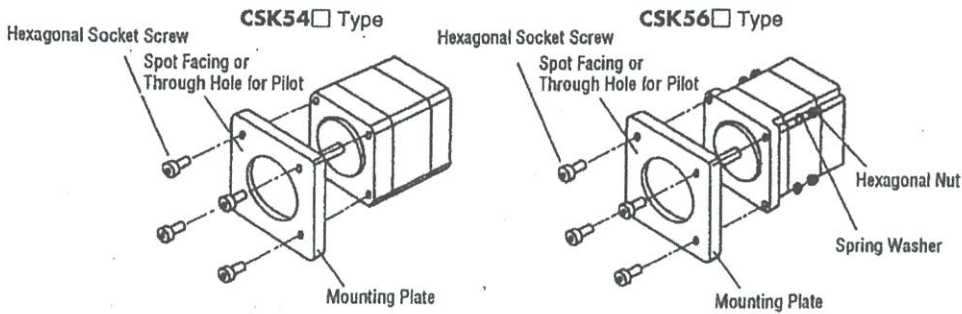
1. Precaution on Installation

Installing motors and drivers in place that meet following conditions.

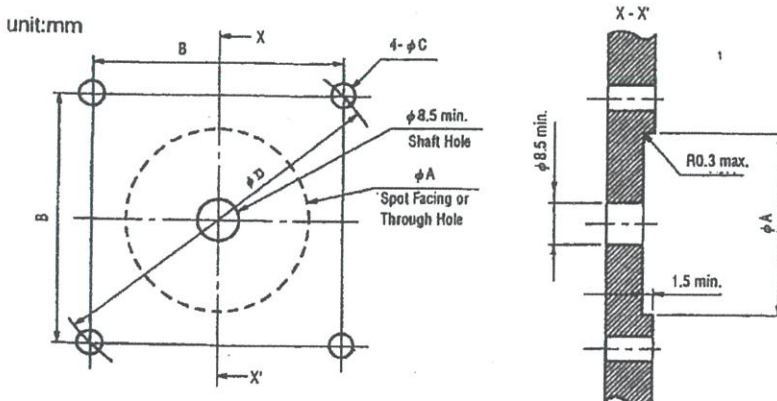
- * Install the motor tightly against a metal surface with good thermal conductivity such as steel or aluminum.
- * Free from dust, oil mist, salt or corrosive gas.
- * Free from excessive vibration or shocks.
- * Leave at least 25mm of open space between each side of the driver and any other apparatus or structures.
- * In the case that the drivers are located close to a large noise source such as high voltage lines, high voltage machines or power units, etc., take steps to prevent noise interference, either by inserting noise filters or connecting the driver to a separate circuit.
- * Good ventilation and radiation.
- * Ambient temperature is 0°C to +40°C.
- * Take care that pieces of conductive material (filings, pins, pieces of windings, etc.) not to enter the drivers.

2. Installing the Motor

Install the motor tightly against a mounting plate referring to the panel cut out shown below.



■ Panel Cutout for Motor Mounting



■ Thickness of Mounting Plate unit:mm

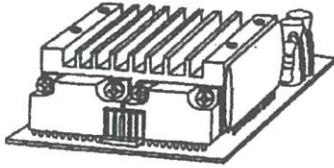
Model	Thickness of Mounting Plate	ϕA	B	ϕC	ϕD
CSK543	2 minimum	22H8	31 ± 0.1	3.5	43.8 ± 0.2
CSK544	3 minimum	22H8	31 ± 0.1	3.5	43.8 ± 0.2
CSK545	4 minimum	22H8	31 ± 0.1	3.5	43.8 ± 0.2
CSK56□	5 ~ 10	36H6	50 ± 0.35	4.5	70.7 ± 0.3

3. Installing the Driver

Install the driver in the following manner to control overheating, as much as possible.

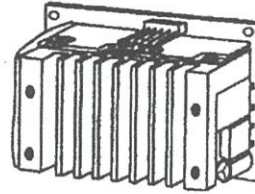
■ Horizontal Installation:

Position the heat sink on the upper surface.



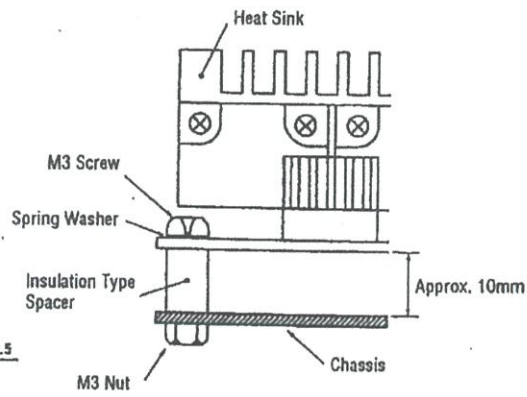
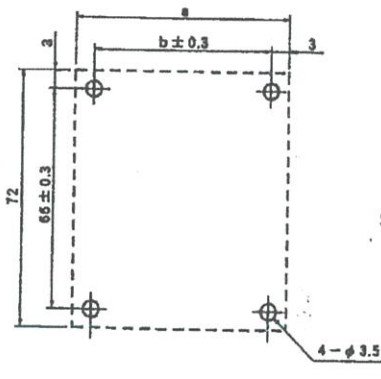
■ Vertical Installation:

Position the terminal blocks on the upper surface.

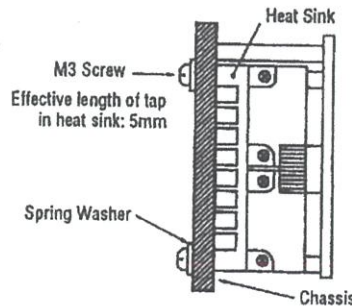
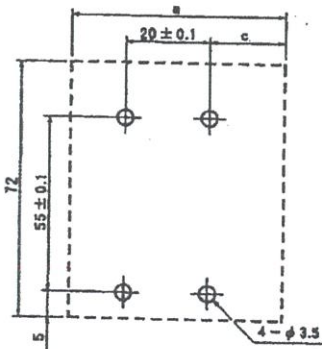


■ Mounting through the Circuit Board

unit:mm



■ Mounting with the Heat Sink



Caution: When using screws to install the driver not to touch any component. The length of screws should be 5mm plus the thickness of the chassis.

	Dimensions	a	b	c
C-MOS Input Type	CSK54□-N□, CSK56□-N□	56	50	23.5
Photocoupler Input Type	CSK54□-N□P, CSK56□-N□P	57	61	24.5

Specifications

■ C-MOS Input Type

Package Model		Single Shaft	CSK543-NA	CSK544-NA	CSK545-NA
		Double Shaft	CSK543-NB	CSK544-NB	CSK545-NB
Motor Unit	Motor Model	Single Shaft	PK543-NA	PK544-NA	PK545-NA
		Double Shaft	PK543-NB	PK544-NB	PK545-NB
	Maximum Holding Torque	N·m	0.13	0.18	0.24
		kgcm	1.3	1.8	2.4
	Rotor Inertia	kg·m ²	35×10^{-7}	54×10^{-7}	68×10^{-7}
		gcm ²	35	54	68
	Resistance per Phase	Ω/Phase	1.7	2.2	2.2
	Mass	kg	0.21	0.27	0.35
	Step Angle		0.72°		
	Insulation Resistance		100MΩ or more under normal ambient temperature and humidity when the megger reading between the windings and the frame is DC500V.		
Dielectric Strength		Under normal ambient temperature and humidity, sufficient to withstand 0.5kV at 50Hz applied between the windings the frame for one minute.			
Insulation Class		Class B (130°C)			
Ambient Temperature		-10°C ~ +50°C			
Driver Model		CSD5807N			
Voltage		24V DC ±10% 1.3A minimum 5V DC ±5% 0.1A minimum			
Output Current		0.1 ~ 0.75A/phase			
Excitation Mode		Full Step: 0.72°/step Half Step: 0.36°/step			
Driver Unit	Input/Output Signals	Pulse Signal Input	2-Pulse Input, C-MOS Negative Logic Input		
		Automatic-Current-Cutback-Release Input	C-MOS Negative Logic Input		
		Output-Current-Off Input	C-MOS Negative Logic Input		
		Step-Angle-Select Input	C-MOS Positive Logic Input		
		Excitation-Timing Output	Open-Collector Output, 30V DC 15mA maximum		
		Mass	kg	0.12	
Ambient Temperature		-10°C ~ +40°C			

Note: The value given for holding torque is the value operated with rated current and 5 phase excitation.

Package Model		Single Shaft	CSK564-NA	CSK566-NA	CSK569-NA
		Double Shaft	CSK564-NB	CSK566-NB	CSK569-NB
Motor Unit	Motor Model	Single Shaft	PK564-NA	PK566-NA	PK569-NA
		Double Shaft	PK564-NB	PK566-NB	PK569-NB
	Maximum Holding Torque	N·m	0.42	0.83	1.66
		kgcm	4.2	8.3	16.6
	Rotor Inertia	kg·m ²	175 × 10 ⁻⁷	280 × 10 ⁻⁷	560 × 10 ⁻⁷
		gcm ²	175	280	560
	Resistance per Phase	Ω/Phase	0.7	1.1	1.7
	Mass	kg	0.6	0.8	1.3
	Step Angle		0.72°		
	Insulation Resistance		100MΩ or more under normal ambient temperature and humidity when the megger reading between the windings and the frame is DC500V.		
Dielectric Strength		Under normal ambient temperature and humidity, sufficient to withstand 1kV at 50Hz applied between the windings the frame for one minute.			
Insulation Class		Class B (130°C)			
Ambient Temperature		-10°C ~ +50°C			
Driver Model		CSD5814N			
Voltage		24V DC ±10% 2A minimum 5V DC ±5% 0.1A minimum			
Output Current		0.1 ~ 1.4A/phase			
Excitation Mode		Full Step: 0.72°/step Half Step: 0.36°/step			
Driver Unit Input/Output Signals	Pulse Signal Input		2-Pulse Input, C-MOS Negative Logic Input		
	Automatic-Current-Cutback-Release Input		C-MOS Negative Logic Input		
	Output-Current-Off Input		C-MOS Negative Logic Input		
	Step-Angle-Select Input		C-MOS Positive Logic Input		
	Excitation-Timing Output		Open-Collector Output, 30V DC 15mA maximum		
	Mass	kg	0.12		
Ambient Temperature		-10°C ~ +40°C			

Note: The value given for holding torque is the value operated with rated current and 5 phase excitation.

■ Photocoupler Input Type

Package Model		Single Shaft	CSK543-NAP	CSK544-NAP	CSK545-NAP	
		Double Shaft	CSK543-NBP	CSK544-NBP	CSK545-NBP	
Motor Unit	Motor Model	Single Shaft	PK543-NA	PK544-NA	PK545-NA	
		Double Shaft	PK543-NB	PK544-NB	PK545-NB	
	Maximum Holding Torque	N · m	0.13	0.18	0.24	
		kgcm	1.3	1.8	2.4	
	Rotor Inertia	kg · m ²	35 × 10 ⁻⁷	54 × 10 ⁻⁷	68 × 10 ⁻⁷	
		gcm ²	35	54	68	
	Resistance per Phase	Ω/Phase	1.7	2.2	2.2	
	Mass	kg	0.21	0.27	0.35	
	Step Angle		0.72°			
	Insulation Resistance		100MΩ or more under normal ambient temperature and humidity when the megger reading between the windings and the frame is DC500V.			
	Dielectric Strength		Under normal ambient temperature and humidity, sufficient to withstand 0.5kV at 50Hz applied between the windings the frame for one minute.			
	Insulation Class		Class B (130°C)			
	Ambient Temperature		-10°C ~ +50°C			
	Driver Unit	Driver Model		CSD5807N-P		
Voltage			24V DC ±10% 1.3A minimum			
Output Current			0.1 ~ 0.75A/phase			
Excitation Mode			Full Step: 0.72°/step Half Step: 0.36°/step			
Input/Output Signals		Pulse Signal Input		2-Pulse Input, Photocoupler Input Input Impedance 220 Ω, Input Current 20mA maximum Pulse Width 5 μ sec minimum, Pulse Rise/Fall Time 2 μ sec minimum L: 0 ~ 0.5V, H: 4 ~ 5V		
		Output-Current-Off Input		Photocoupler Input		
		Step-Angle-Select Input		Input Impedance 220 Ω, Input Current 20mA maximum L: 0 ~ 0.5V, H: 4 ~ 5V		
		Automatic-Current-Cutback-Release Input				
		Excitation-Timing Output		Photocoupler Open-Collector Output, 24V DC 10mA maximum		
Mass		kg	0.12			
Ambient Temperature		-10°C ~ +40°C				

Note: The value given for holding torque is the value operated with rated current and 5 phase excitation.

Package Model		Single Shaft	CSK564-NAP	CSK566-NAP	CSK569-NAP
		Double Shaft	CSK564-NBP	CSK566-NBP	CSK569-NBP
Motor Unit	Motor Model	Single Shaft	PK564-NA	PK566-NA	PK569-NA
		Double Shaft	PK564-NB	PK566-NB	PK569-NB
	Maximum Holding Torque	N · m	0.42	0.83	1.66
		kgcm	4.2	8.3	16.6
	Rotor Inertia	kg · m ²	175 × 10 ⁻⁷	280 × 10 ⁻⁷	560 × 10 ⁻⁷
		gcm ²	175	280	560
	Resistance per Phase	Ω/Phase	0.7	1.1	1.7
	Mass	kg	0.6	0.8	1.3
	Step Angle		0.72°		
	Insulation Resistance		100MΩ or more under normal ambient temperature and humidity when the megger reading between the windings and the frame is DC500V.		
Dielectric Strength		Under normal ambient temperature and humidity, sufficient to withstand 1kV at 50Hz applied between the windings the frame for one minute.			
Insulation Class		Class B (130°C)			
Ambient Temperature		-10°C ~ +50°C			
Driver Model		CSD5814N-P			
Voltage		24V DC ±10% 2A minimum			
Output Current		0.1 ~ 1.4A/phase			
Excitation Mode		Full Step: 0.72°/step Half Step: 0.36°/step			
Driver Unit	Input/Output Signals	Pulse Signal Input	2-Pulse Input, Photocoupler Input Input Impedance 220Ω, Input Current 20mA maximum Pulse Width 5 μ sec minimum, Pulse Rise/Fall Time 2 μ sec minimum L: 0 ~ 0.5V, H: 4 ~ 5V		
		Output-Current-Off Input	Photocoupler Input		
	Step-Angle-Select Input	Input Impedance 220Ω, Input Current 20mA maximum			
	Automatic-Current-Cutback-Release Input	L: 0 ~ 0.5V, H: 4 ~ 5V			
	Excitation-Timing Output	Photocoupler Open-Collector Output, 24V DC 10mA maximum			
	Mass	kg	0.12		
Ambient Temperature		-10°C ~ +40°C			

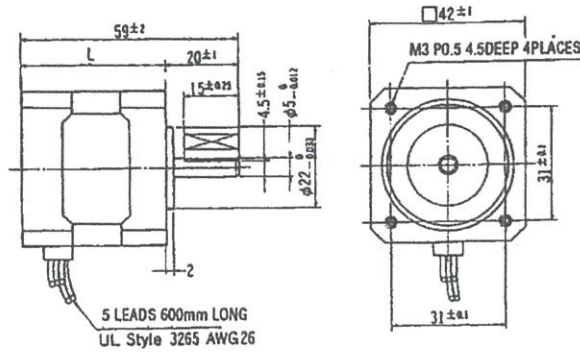
Note: The value given for holding torque is the value operated with rated current and 5 phase excitation.

Dimensions

unit:mm

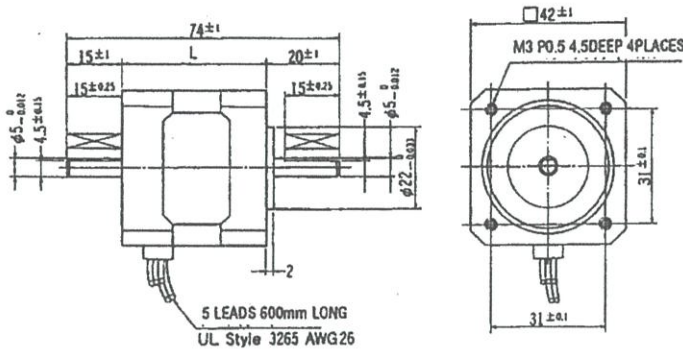
■ Motor

PK54□-NA (Single Shaft) * scale 1/2



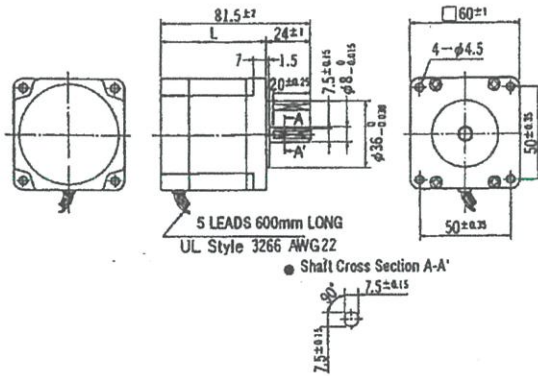
Model	L
PK543	33
PK544	39
PK545	47

PK54□-NB (Double Shaft) * scale 1/2



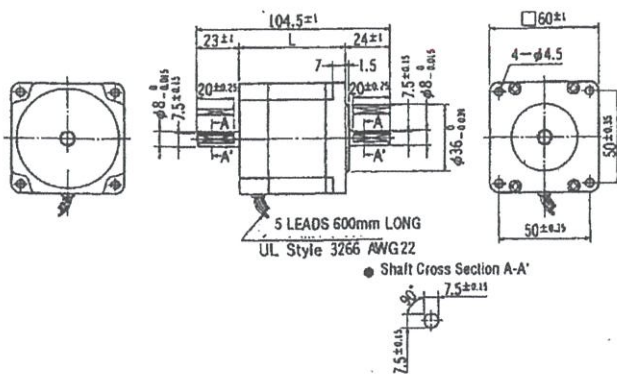
Model	L
PK543	33
PK544	39
PK545	47

PK56□-NA (Single Shaft) * scale 1/4



Model	L
PK564	46.5
PK566	57.5
PK569	87

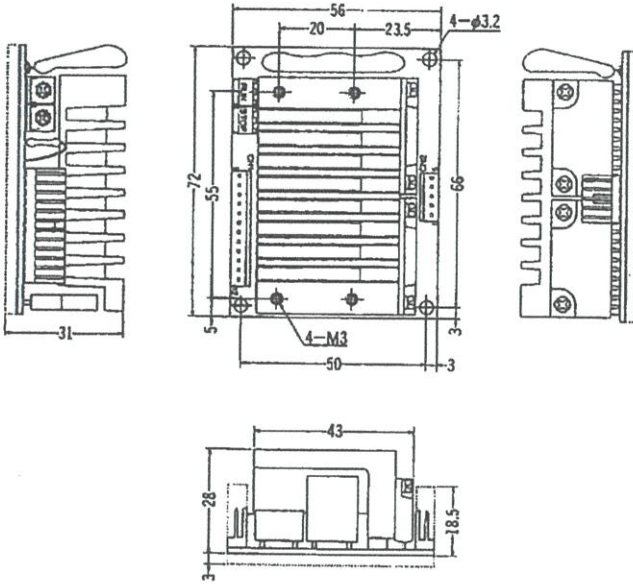
PK56□-NA (Single Shaft) * scale 1/4



Model	L
PK564	46.5
PK566	57.5
PK569	87

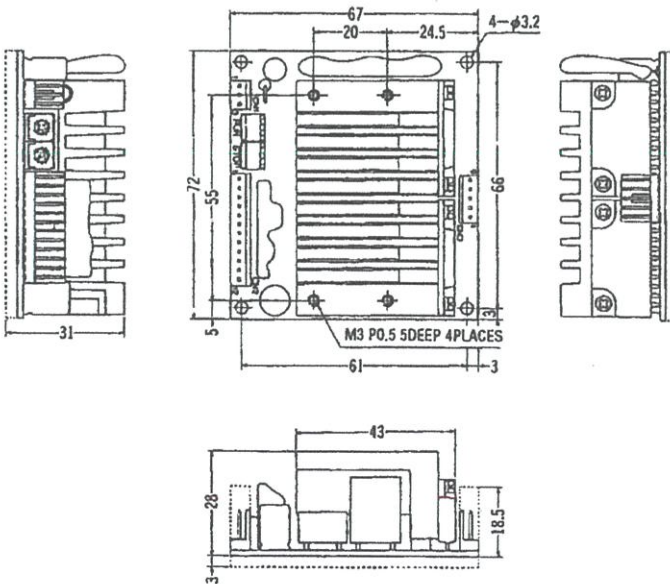
■ Driver
 C-MOS Input Type
 CSD5807N, CSD5814N

* scale 1/2



Photocoupler Input Type
 CSD5807N-P, CSD5814N-P

* scale 1/2



Trouble Shooting

Check the unit once again before requesting service.

When the stepping motor is not functioning properly, perform the following checks and take the following measures. If the motor continues to malfunction, please call your nearest Oriental Motor or our distributors.

Problem	Check Point	Corrective Measures
Motor is not energized or motor has no holding torque. (The motor shaft rotates easily by hand.)	1. Power supply	* Check that the power is connected.
	2. Output-Current-Off input	* Check that the connector is properly and firmly connected. * When the output-current-off signal is at "L" level, the motor ceases to be energized (has no holding torque).
	3. Motor and driver connection	* Check that the motor and driver are connected properly.
	4. RUN and STOP potentiometers	* These potentiometers are used to adjust the output current to motor. (If they have been turned too far down, return them to their initial settings and then check the results.)
	5. Connectors	* Check that the connector housing is properly connected.
Motor does not rotate. Motor rotates in the opposite direction.	Check the points 1 to 4 above.	
	6. CW pulse and CCW pulse	* Check the connections, voltages and waveform of pulse signal. * Check that the input of the another pulse is at "H" level.
Motor is not functioning properly.	Check the points 3, 4 and 6 above.	
	7. Are the CW and CCW signals input simultaneously?	* When the CW and CCW pulses are input at the same time, the motor will not operate properly.
	8. Are the motor and the load properly centered? Is the load too large?	* Re-tighten the coupling screws or check the load disengaged.
Motor does not move far enough.	9. Does the actual motor step angle conform with the motor step angle required by the device?	* Check the setting of the step angle switch on the driver.
	10. Are the pulse generator settings for the input pulse number appropriate for the amount of motor movement?	* Check the settings.
The motor loses synchronism during acceleration (or during operation).	Check the point 2.	
	11. Is the starting pulse too high?	* Lower the rate and check the results.
	12. Is the acceleration/deceleration time too short?	* Lengthen the time and check the results.
	13. Is there any effect from external electrical noise?	* Check the motor movement independently, without operating any other apparatus which could be potential sources of noise.
There is excessive vibration.	14. There may be excessive motor output torque.	* Try reducing the motor running current.
	15. Try changing the pulse rate.	* If the vibration is reduces after changing the pulse rate, the problem might lie in the resonance of the motor. Try changing the pulse rate or step angle.
The motor is excessively hot.	16. The motor has been operating for too long. (Is the temperature of the motor case less than 100°C?)	* Shorten the motor operating time or lengthen its rest time. * Lower the temperature of the motor case less than 100°C.

Problem	Check Point	Corrective Measures
Automatic-current-cutback-at-motor-standstill function does not work.	17. Is the automatic-current-cutback-release input at "L" level?	* Set the automatic-current-cutback-release input at "H" level.
	18. Is the STOP potentiometer in the maximum position?	* Current cannot be lowered when this potentiometer is in MAX position. Turn this potentiometer to the left. (Adjust to the optimal value by making reference to page 11 or 13.)
	19. After conclusion of the pulse, is the pulse signal returned to "H" level?	* When the pulse signal is maintained at the "L" level (photocoupler is ON) the current cannot be lowered. Be sure to return the pulse signal to the "H" position.

Before using this product

This section covers an overview of the **CSK** Series and explains how to comply with the EC Directives, as well as items included in the package.

Introduction

The **CSK** Series high-torque 2-phase stepping motor is a unit product consisting of a driver of the open-chassis type, photocoupler I/O specification and a 2-phase stepping motor designed for high-torque operation.

We offer the standard type and high torque type with a base motor step angle of 1.8°, and the high-resolution type with a 0.9° step angle.
A geared type is also available.

Main features

● Compact driver

The **CSK** Series adopts a compact driver using DC power supply input, making it ideal for use as an internal component in general industrial equipment.

● Two step angle settings

Either full step or half step can be selected as the step angle setting for the motor. See page 30.

● Adjustable motor-driving currents

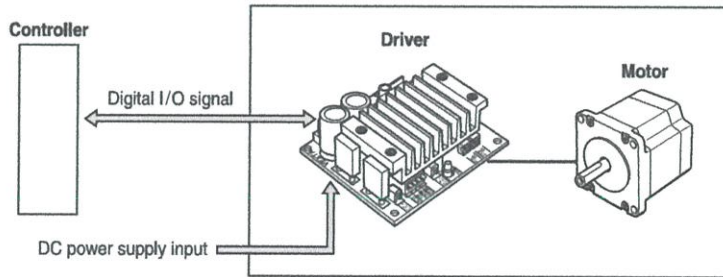
The operating current and standstill current of the motor can be adjusted individually. See page 32.

● High-torque geared motor

The geared type adopts a directly coupled gearhead designed to withstand high torque.

■ System configuration

Operating the **CSK** Series requires a controller equipped with a pulse output function.



As for the voltage supply to the driver, use an EMC-compliant DC power source with reinforced insulation on both the primary and secondary sides.

Checking the product

Open the package and confirm that all of the following items are available.

Should you find any item missing or damaged, contact the Oriental Motor office where you purchased the product.

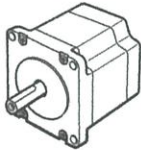
Check the model number of the unit against the model number on the package label.

Check the model number of the motor and driver against the model number shown on the respective nameplates.

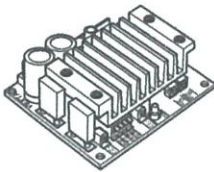
For the motor-driver combinations of the respective models, see "List of combinations" on page 45.

Standard type	CSK24, CSK25, CSK26 types
High torque type	CSK22P, CSK23P, CSK24P types
High-resolution type	CSK24M, CSK26M types

- Motor 1 unit



- Driver 1 unit



- Motor cable 600 mm 1 piece (**CSK22P, CSK23P** and **CSK24P** types only)

*Only unit models come with a motor cable.

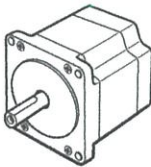
- Connector housings/contacts

Connector	Housing	Contact
● I/O and power supply	1 piece 1-171822-2 12 poles (Tyco Electronics AMP)	20 pieces 170204-2 (Tyco Electronics AMP)
● Motor	1 piece 171822-6 6 poles (Tyco Electronics AMP)	

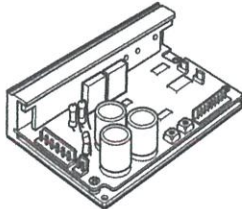
- Operating manual 1 copy

Standard type	CSK29 types
High torque type	CSK26J types

- Motor 1 unit



- Driver 1 unit



- Connector housings/contacts

Connector	Housing	Contact
● I/O	1 piece 1-171822-9 9 poles (Tyco Electronics AMP)	9 pieces 170204-2 (Tyco Electronics AMP)
● Motor	1 piece VHR-6N 6 poles (J.S.T. Mfg Co., Ltd)	8 pieces BVH-21T-P1.1 (J.S.T. Mfg Co., Ltd)
● Power supply	1 piece VHR-2N 2 poles (J.S.T. Mfg Co., Ltd)	

- Operating manual 1 copy

■ How to read the model number

Standard type

CSK 2 6 6 - A P

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

No.	Explanation
①	Name of the series
②	Number of phases: 2
③	4 : 42 mm square 5 : 50 mm square 6 : 56.4 mm square 9 : 85 mm square
④	Motor length
⑤	A : Single shaft B : Double shaft
⑥	Photocoupler input

High torque type, High-resolution type

CSK 2 6 6 M A P

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

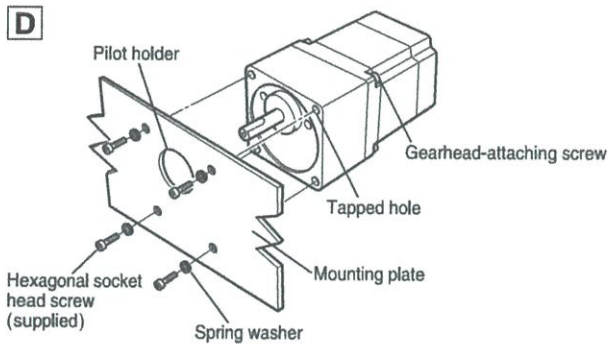
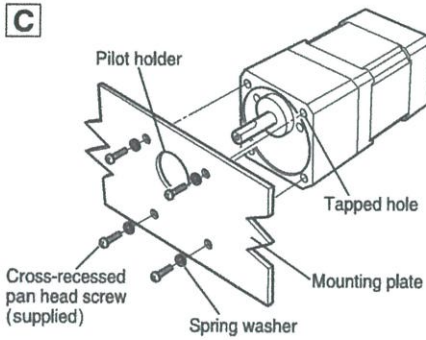
No.	Explanation
①	Name of the series
②	Number of phases: 2
③	2 : 28 mm square 3 : 35 mm square 4 : 42 mm square 6 : 56.4 mm square (High-resolution type), 60 mm square (High torque type)
④	Motor length
⑤	P, J : High torque type M : High-resolution type
⑥	A : Single shaft B : Double shaft
⑦	Photocoupler input

G geared type

CSK 2 6 4 A P - SG 3.6

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧

No.	Explanation
①	Name of the series
②	Number of phases: 2
③	2 : 28 mm square 4 : 42 mm square 6 : 60 mm square 9 : 90 mm square
④	Motor length
⑤	A : Single shaft B : Double shaft
⑥	Photocoupler input
⑦	SH geared type
⑧	Gear ratio

**NOTE**

Do not loosen the gearhead-attaching screws (4 pieces).

Type	Nominal size	Tightening torque	Effective depth	Tapped hole	Type of installation	
Standard type	PK24 type	M3	1 N·m (10 kgfcm)	4.5 mm	M3 P0.5	A
	PK25 type	M4	2 N·m (20 kgfcm)	—	—	B
	PK26 type	M4	2 N·m (20 kgfcm)	—	—	B
	PK29 type	M5	3 N·m (30 kgfcm)	—	—	B
High torque type	PK22P type	M2.5	0.5 N·m (5 kgfcm)	2.5 mm	M2.5 P0.45	A
	PK23P type	M3	1 N·m (10 kgfcm)	4.5 mm	M3 P0.5	A
	PK24P type	M3	1 N·m (10 kgfcm)	4.5 mm	M3 P0.5	A
	PK26J type	M4	2 N·m (20 kgfcm)	—	—	B
High-resolution type	PK24M type	M3	1 N·m (10 kgfcm)	4.5 mm	M3 P0.5	A
	PK26M type	M4	2 N·m (20 kgfcm)	—	—	B
Geared type	PK22SG type	M2.5	0.5 N·m (5 kgfcm)	4 mm	M2.5 P0.45	C
	PK24SG type	M3	1 N·m (10 kgfcm)	7 mm	M3 P0.5	C
	PK26SG type	M4	2 N·m (20 kgfcm)	8 mm	M4 P0.7	D
	PK29SG type	M6	3 N·m (30 kgfcm)	15 mm	M6 P1.0	D

Overhung load and thrust load

The overhung load and thrust load on the motor's output shaft or gear output shaft must not exceed the allowable values listed below.

■ Allowable overhung loads and thrust loads

Type		Overhung load N(kgf)					Thrust load N(kgf)
		Distance from tip of output shaft					
		0 mm	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	
Standard type	PK243 type						0.21*
	PK244 type	20(2)	25(2.5)	34(3.4)	52(5.2)	—	0.27*
	PK245 type						0.35*
	PK256 type						0.53*
	PK258 type						0.89*
	PK264 type	54(5.4)	67(6.7)	89(8.9)	130(13)	—	0.45*
	PK266 type						0.7*
	PK268 type						1*
	PK296 type						1.7*
	PK299 type	260(26)	290(29)	340(34)	390(39)	480(48)	2.8*
PK2913 type						3.8*	
High torque type	PK223P type						0.11*
	PK224P type	25(2.5)	34(3.4)	52(5.2)	—	—	0.14*
	PK225P type						0.2*
	PK233P type						0.18*
	PK235P type	20(2)	25(2.5)	34(3.4)	52(5.2)	—	0.285*
	PK244P type						0.3*
	PK246P type						0.5*
	PK264J type						0.6*
	PK266J type	50(5)	60(6)	75(7.5)	100(10)	150(15)	0.83*
	PK267J type						1.02*
PK269J type						1.43*	
High-resolution type	PK243M type						0.24*
	PK244M type	20(2)	25(2.5)	34(3.4)	52(5.2)	—	0.3*
	PK245M type						0.37*
	PK264M type						0.45*
	PK266M type	54(5.4)	67(6.7)	89(8.9)	130(13)	—	0.7*
PK268M type						1*	
Geared type	PK22SG type	15(1.5)	17(1.7)	20(2)	23(2.3)	—	10(1)
	PK24SG type	10(1)	15(1.5)	20(2)	30(3)	—	15(1.5)
	PK26SG type Gear ratio: 3.6 to 10	30(3)	40(4)	50(5)	60(6)	70(7)	30(3)
	PK26SG type Gear ratio: 18 to 100	80(8)	100(10)	120(12)	140(14)	160(16)	
	PK29SG type	220(22)	250(25)	300(30)	350(35)	400(40)	100(10)

The figures indicated by * are the motor's mass [kg]. The thrust load should not exceed the motor's dead mass.

NOTE

If the overhung load or thrust load has exceeded the allowable values, the motor bearing or output shaft may undergo fatigue failure due to repeated applications of load.

Installing the driver

When installing the driver in an enclosure, be sure to follow the diagram illustrated below.

Provide a minimum clearance of 25 mm in the horizontal direction or 50 mm in the vertical direction between the driver and enclosure or other equipment within the enclosure.

When installing two or more drivers side by side, provide a minimum clearance of 20 mm between drivers.

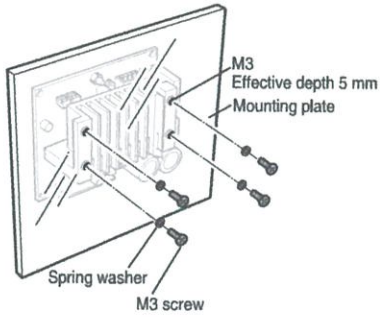
CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P

Mount the printed circuit board or heat sink to the mounting plate.

(Screws and spacers are not supplied.)

Mounting the heat sink

Mount the heat sink to the mounting plate using M3 screws.

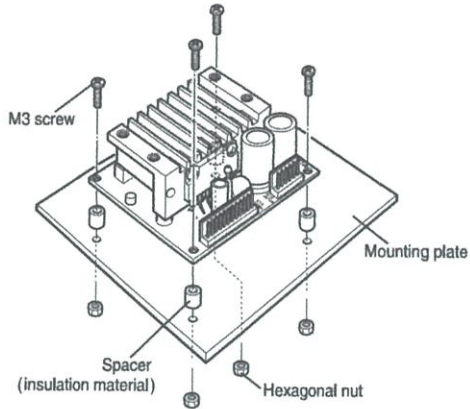


Mounting the printed circuit board

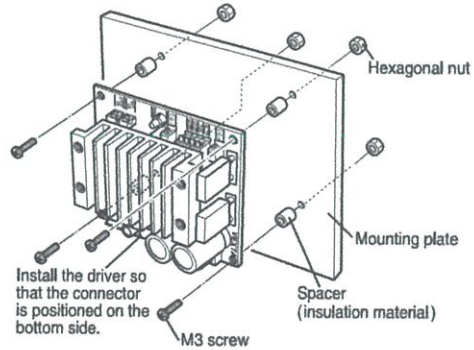
Mount the printed circuit board to the mounting plate using M3 screws.

Insert a spacer (5 mm or thicker) between the printed circuit board and the mounting plate.

● Installation in the horizontal direction



● Installation in the vertical direction



Installing and wiring in compliance with the EMC Directive

Effective measures must be taken with regard to EMI (electromagnetic interference) caused by the **CSK** Series motor and/or driver in the control-system equipment operating nearby and EMS (electromagnetic susceptibility) of the **CSK** Series motor and/or driver. Failure to do so may result in serious impairment of the machine's functionality.

Oriental Motor conducts EMC measurement of its **CSK** Series motors and drivers in accordance with "Installing and wiring for EMC measurement" on page 21.

The user is responsible for ensuring the machine's compliance with the EMC Directive, based on the installation and wiring explained below.

Applicable standards

EMI

Emission Test	EN61000-6-4
Radiated Emission Test	EN55011

EMS

Immunity Tests	EN61000-6-2
Radiation Field Immunity Test	IEC61000-4-3
Fast Transient/Burst Immunity Test	IEC61000-4-4
Conductive Noise Immunity Test	IEC61000-4-6

■ Power source

The **CSK** Series products are specifically designed for DC power source input. Use a DC power source compliant with the EMC Directive.

■ Mains filter

Connect a mains filter on the input side of the transformer so as to prevent the noise generated in the driver from being transmitted externally via the power supply line.

Oriental Motor recommends the following mains filters based on the results of internal testing:

Manufacturer	Model
Tyco Electronics CORCOM	10ESK1
TDK Corporation	ZAG2210-11S

- Install the mains filter as close to the AC input terminal of the DC power source as possible. Also, secure the input/output cables using cable clamps or the like so that the cables won't lift from the surface of the enclosure panel.
- Connect the ground terminal of the mains filter to the ground point over the shortest distance using a cable of the largest possible size.
- Do not wire the AC input cable (AWG18: 0.75 mm²) and the output cable of the mains filter (AWG18: 0.75 mm²) in parallel. If these two cables are wired in parallel, noise inside the enclosure will be connected to the power supply cable via stray capacitance, reducing the effect of the mains filter.

Connection

This section covers the methods of connecting the driver, motor, power and controller, as well as the grounding method, connection examples and I/O interface.

High torque (excluding **CSK26J**) type and geared type **CSK22SG** motors are of the connector type. Use the supplied motor cable.

Optional motor cables, connector set and driver cables (sold separately) are available from Oriental Motor.

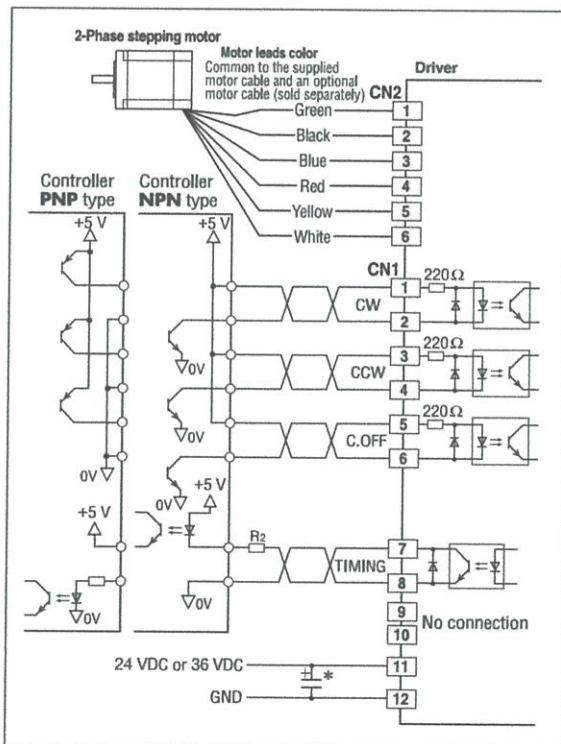
➔ See page 47.

Connection examples

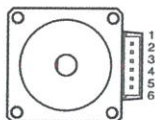
CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P

The driver's power supply voltage can be selected from 24 VDC or 36 VDC.

Be sure to check the setting of the power supply voltage switch. ➔ See page 31.



- When the motor is of the connector type and the supplied motor cable or an optional motor cable (sold separately) is not used



When connecting the motor, pay attention to the pin numbers on the motor and those on the driver.

Pin numbers

Driver CN2	1	2	3	4	5	6
Motor	6	4	1	3	5	2

NOTE

- Be certain the digital I/O cables that connect the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.
- To operate the CSD2120-P at a motor speed of 600 r/min or greater using the 36 VDC power supply, connect to the power line an electrolytic capacitor* having a minimum rating of 50 V and capacity of 10000 μ F or greater.
- Secure the connector cable in place so that the connection won't be subjected to stress induced by a bent cable. The cable's radius of curvature should be as large as possible.
- When removing the motor cable of High torque type (excluding **CSK26J**) and **CSK22SG**, pull it out horizontally toward the output shaft. The motor may be damaged if force is applied in any other direction. The optional motor cable for the **CSK23P** and **CSK24P** types employs a connector with a lock. When removing this type of cable, release the connector lock first. Forcibly pulling out the cable without releasing the connector lock may damage the motor.

■ Crimp-fitting the contact

When crimp-fitting the contact, secure a strong connection using a crimping tool as specified by the contact manufacturer.

● Driver

Connector	Contact	Manufacturer	Crimping tool model number
CN1 CN2	170204-2	Tyco Electronics AMP	91556-1

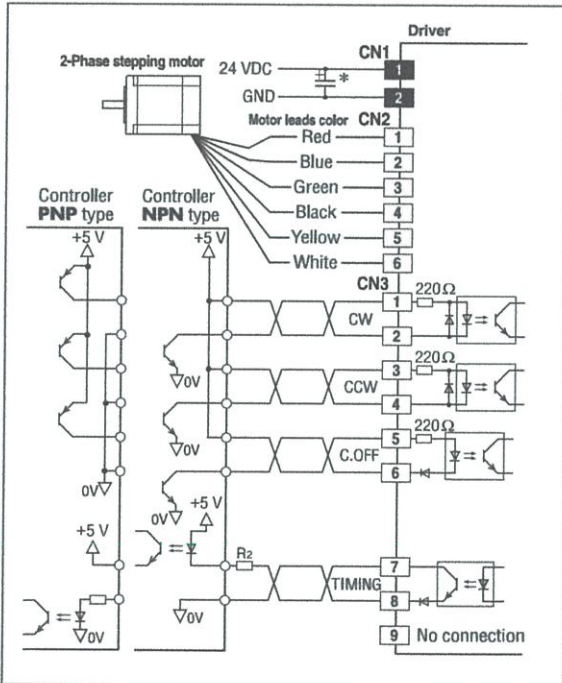
● Motor

Type	Connector housing	Contact	Manufacturer	Crimping tool model number
CSK22P, CSK22SG	51065-0600	50212-8xxx	Molex	57176-5000
CSK23P, CSK24P	51103-0600	50351-8xxx	Molex	57295-5000

An optional connector set (sold separately) are available from Oriental Motor. → See page 47.

CSD2120P2, CSD2130P, CSD2140P, CSD2145P

The driver's power supply voltage is 24 VDC.



NOTE

Be certain the digital I/O cables that connect the driver and controller is as short as possible. The maximum input frequency will decrease as the cable length increases.

NOTE

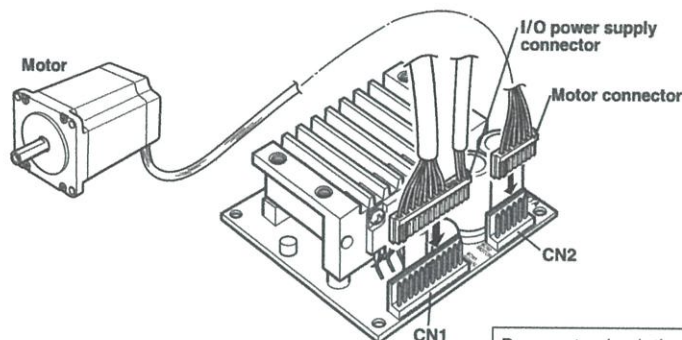
To perform an abrupt deceleration or drive an inertial load 10 times greater than the rotor's inertia, connect to the power line an electrolytic capacitor* having a minimum rating of 50 V and capacity of 12000 μF or greater.

■ Crimp-fitting the contact

When crimp-fitting the contact, secure a strong connection using a crimping tool as specified by the contact manufacturer.

Connector	Contact	Manufacturer	Crimping tool model number
CN1	BVH-21T-P1.1	J.S.T. Mfg Co.,Ltd	YC-160R
CN2	BVH-21T-P1.1	J.S.T. Mfg Co.,Ltd	YC-160R
CN3	170204-2	Tyco Electronics AMP	91556-1

CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P



Be sure to check the setting of the power supply voltage switch. → See page 31.

Connecting the power supply, I/O signals

Insert the I/O power supply connector into the driver's I/O and power supply connector (CN1). Use a cable of AWG20 (0.5 mm²) for the power supply line.

■ Power supply voltage

The driver's input power supply voltage is 24 VDC $\pm 10\%$ or 36 VDC $\pm 10\%$ (containing 10% or less ripple).

Use a power supply that can deliver a stable current capacity of 2.8 A or greater.

■ Connector pin assignments

CN1 SIGNAL

Pin No.	Signal name	Explanation
1	+CW/PLS	In 2-pulse input mode: CW pulse input
2	-CW/PLS	In 1-pulse input mode: PLS(pulse) input
3	+CCW/DIR.	In 2-pulse input mode: CCW pulse input
4	-CCW/DIR.	In 1-pulse input mode: DIR.(rotation-direction) input
5	+C.OFF	Current-off input
6	-C.OFF	
7	+TIMING	Timing output
8	-TIMING	
9	NC	Not used
10		
11	+24/36V	
12	GND	+24 VDC $\pm 10\%$ or +36 VDC $\pm 10\%$

Connecting the motor

Insert the motor connector into the driver's motor connector (CN2).

■ Connector pin assignments

CN2 MOTOR

Pin No.	Signal name	Explanation
1	GREEN	Connect the green motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 6 on the motor.)
2	BLACK	Connect the black motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 4 on the motor.)
3	BLUE	Connect the blue motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 1 on the motor.)
4	RED	Connect the red motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 3 on the motor.)
5	YELLOW	Connect the yellow motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 5 on the motor.)
6	WHITE	Connect the white motor lead. (With a connector-type motor, connect to terminal No. 2 on the motor.)

NOTE

- Pay attention to polarity when connecting the power supply. Connecting the power supply in reverse polarity may damage the driver.
- Firmly insert the connector in position. Incomplete connection of the connector may cause operation failure, or may damage the motor or driver.
- Do not wire the driver's power supply cable in the same conduit in which another power line or the motor cable is wired.
- When you want to turn on the power again or pull out the motor cable connector, do so 5 seconds or more after power has been turned off.

Setting

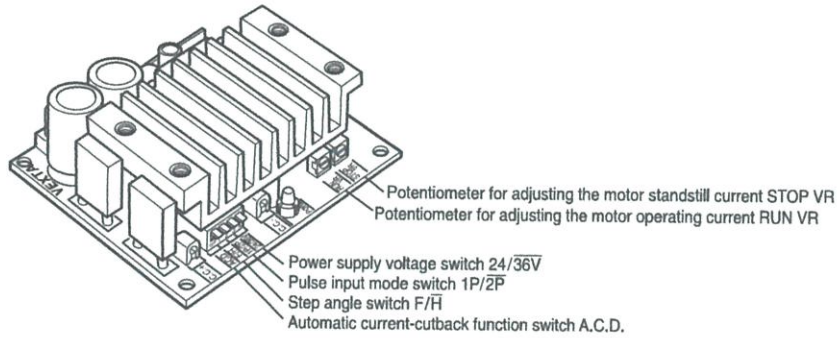
This section covers how to set driver functions and adjust motor currents.

You can set the automatic current-cutback function, step angle and pulse input mode or adjust motor currents using the various switches (jumper sockets) on the driver.

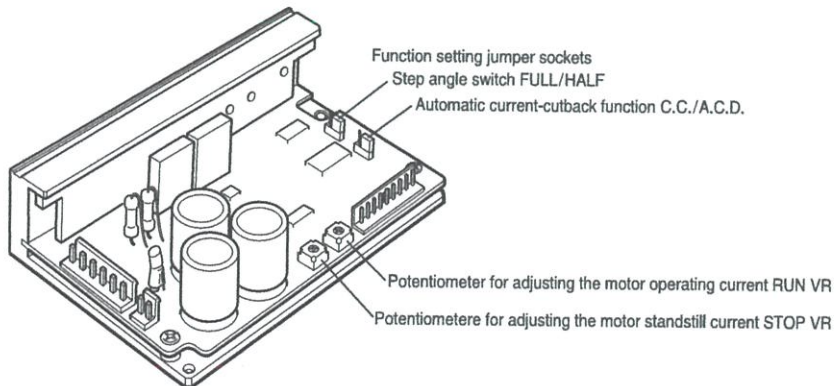
NOTE

- When changing the setting of a driver function, be sure to turn off the power supply beforehand. The new setting becomes effective when the power is turned on again.
- The driver may malfunction or become damaged due to the effects of static electricity. While the driver is receiving current, handle the driver carefully and do not come near or touch the driver.
- When operating a function switch, jumper socket or current adjustment potentiometer, be sure to use an insulated screwdriver.

CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P



CSD2120P2, CSD2130P, CSD2140P, CSD2145P



Automatic current-cutback function

Set the automatic current-cutback function using the automatic current-cutback function switch (jumper socket).

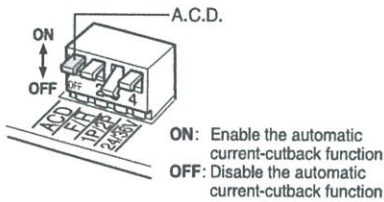
CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P

Automatic current-cutback function switch (A.C.D.)

Factory setting:

ON (enable automatic current-cutback)

- Set this switch to ON to enable the automatic current-cutback function.
- Set this switch to OFF to disable the automatic current-cutback function.



**CSD2120P2, CSD2130P
CSD2140P, CSD2145P**

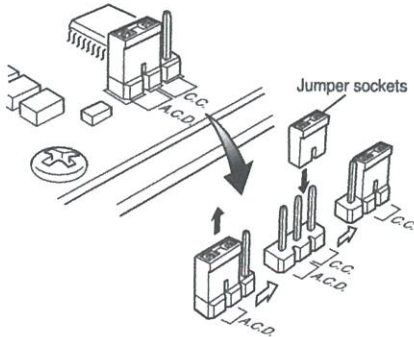
Automatic current-cutback function switch (C.C./A.C.D.)

Factory setting:

A.C.D. (enable automatic current-cutback)

Change the jumper sockets.

- Set this switch to A.C.D. to enable the automatic current-cutback function.
- Set this switch to C.C. to disable the automatic current-cutback function.



Step angle

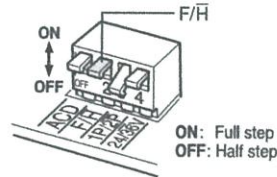
Set the step angle of the motor using the step angle switch (jumper socket).

CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P

Step angle switch (F/H)

Factory setting: ON (full step)

- Set this switch to ON to use the full step setting.
- Set this switch to OFF to use the half step setting.



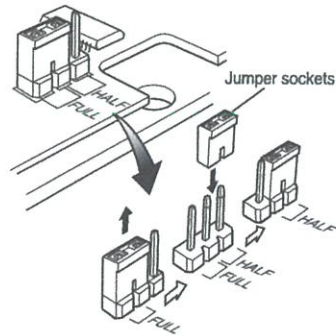
**CSD2120P2, CSD2130P
CSD2140P, CSD2145P**

Step angle switch (FULL/HALF)

Factory setting: FULL (full step)

Change the jumper sockets.

- Set this switch to FULL to use the full step setting.
- Set this switch to HALF to use the half step setting.



Setting the step angle

Type	Full step	Half step
Standard type High torque type Geared type*	1.8°/step	0.9°/step
High-resolution type	0.9°/step	0.45°/step

* The step angle of the geared type varies, depending on the gear ratio.

Pulse input mode

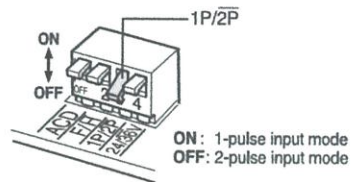
CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P only

Set the pulse input mode using the pulse input mode switch.

Pulse input mode switch (1P/2P)

Factory setting: OFF (2P: 2-pulse input mode)

- Set the switch to OFF to control the motor using two pulse inputs of CW and CCW
 ⇒ **2-pulse input mode**
- Set the switch to ON to control the motor using the pulse input and the rotation-direction input indicating the direction of motor rotation
 ⇒ **1-pulse input mode**



Power supply voltage

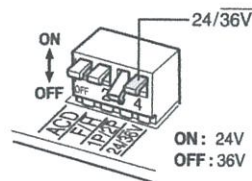
CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P only

Be sure to set the power supply voltage switch according to the driver's power supply input voltage.

Power supply voltage switch (24/36V)

Factory setting: 24V

- Set the switch to ON when the power supply voltage is 24 VDC.
- Set the switch to OFF when the power supply voltage is 36 VDC.



Motor currents

Set the motor currents during operation and in the current-cutback state.

Motor operating current

Factory setting: Motor's rated current

If the load is small and there is sufficient torque, the operating current can be reduced to suppress vibration and temperature rise of the motor.

Motor standstill current

Factory setting: 40 percent of motor operating current

If the motor standstill torque has some margin, the standstill current can be reduced to suppress rise in motor temperature.

NOTE

- Setting the motor operating current too low may affect the motor's starting characteristics and position-retention performance.
- Be sure to adjust the current within the rated current of the motor/driver. Failure to do so may damage the motor/driver.

Setting method

An ammeter or tester is needed to set the motor current.

Note that a tester is required only for the CSD2109-P, CSD2112-P and CSD2120-P.

NOTE

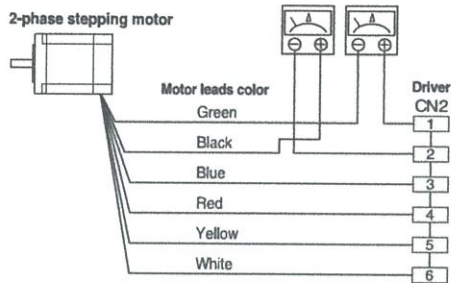
When setting the current for the following products, be sure to use an ammeter. If a tester is used, the indicated voltage on the tester may vary from the actual current set.

CSK243AP-SG50, CSK243BP-SG50
 CSK243AP-SG100, CSK243BP-SG100
 CSK264AP-SG50, CSK264BP-SG50
 CSK264AP-SG100, CSK264BP-SG100

CSD2109-P, CSD2112-P, CSD2120-P

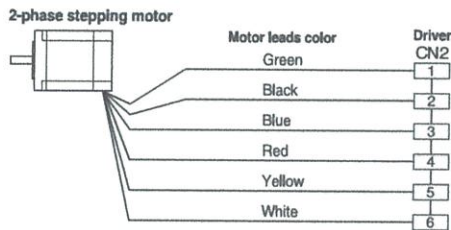
Setting with an ammeter

Connect the driver, motor and DC ammeter.

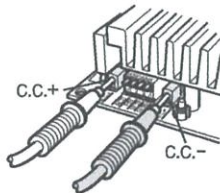


Setting with a tester

Connect the driver and motor.



Insert the tester probes (approx. $\phi 2.1$ mm) into the motor-current check terminals (C.C.+ , C.C.-).



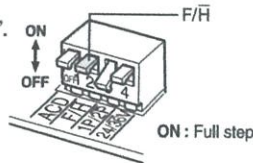
Set the tester to the voltage-measuring range.

- The colors of motor leads shown in the diagrams are for connection using the motor cable supplied with the lead wire type, or an optional motor cable (sold separately). Please refer to the connection method shown on the bottom of page 22 for connection using a cable provided by the user.

Motor operating current

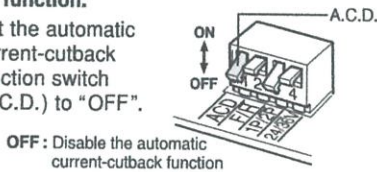
1. Set the step angle to full step.

Set the step angle switch (F/H) to "ON".



2. Disable the automatic current-cutback function.

Set the automatic current-cutback function switch (A.C.D.) to "OFF".

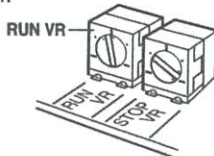


3. Turn on the power supply.

Wait until the motor reaches its operating current.

4. Manipulate the potentiometer for adjusting the motor operating current (RUN VR).

Adjust the potentiometer using an insulated screwdriver.



Be sure to adjust the current to the motor's rated current or below.

The sum of two DC-ammeter readings indicates the current per motor phase.

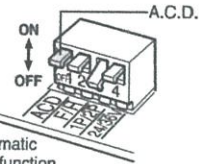
Example: DC ammeter reading 0.5 A 0.45 A
Output current per phase 0.95 A

When a tester is used, the voltage shown on the tester corresponds to the current per motor phase.

Example: Tester reading 0.95 V
Output current per phase 0.95 A

5. Turn off the power supply.

6. Set the automatic current-cutback function switch (A.C.D.) to "ON" again.



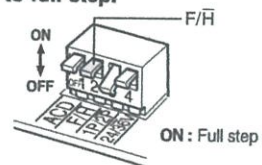
ON: Enable the automatic current-cutback function

This completes the adjustment of the motor operating current.

Motor standstill current

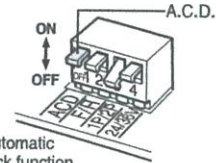
1. Set the step angle to full step.

Set the step angle switch (F/H) to "ON".



2. Enable the automatic current-cutback function.

Set the automatic current-cutback function switch (A.C.D.) to "ON".



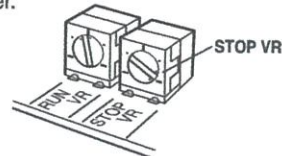
ON: Enable the automatic current-cutback function

3. Turn on the power supply.

Wait until the motor reaches its standstill current.

4. Manipulate the potentiometer for adjusting the motor standstill current (STOP VR).

Adjust the potentiometer using an insulated screwdriver.



The sum of two DC ammeter readings indicates the current per motor phase.

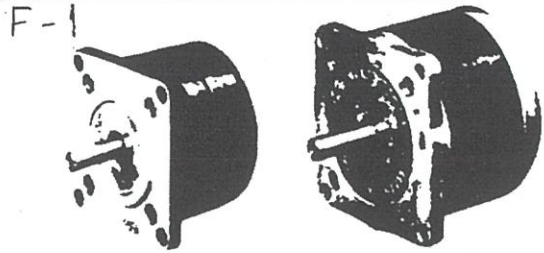
Be sure to adjust the current to 40 percent of the motor's rated current or below.

5. Turn off the power supply.

This completes the adjustment of the motor standstill current.

ภาคผนวก ค
คุณสมบัติสเต็มปีงมอเตอร

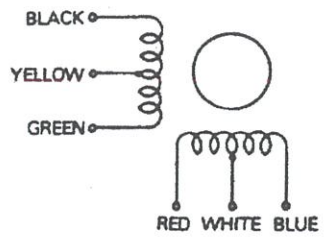
PH Type Stepping Motors



SPECIFICATIONS

Motor		Voltage V. DC	Current per phase A/phase	Holding Torque		Resistance per phase ohm/phase	Inductance per phase mH/phase	Rotor Inertia		Weight	
Single Shaft	Double Shaft			OZ-in	N-cm			OZ-in ²	g-cm ²	lbs.	kg
PH264-01	PH264-01B	4	1.1	40.3	28.4	3.6	3.6	0.3	57	0.88	0.4
PH264-02	PH264-02B	12	0.4	40.3	28.4	30	30	0.3	57	0.88	0.4
PH264-03	PH264-03B	24	0.2	40.3	28.4	120	130	0.3	57	0.88	0.4
PH265-01	PH265-01B	6	0.85	58.3	41.2	7.1	9	0.6	110	1.2	0.54
PH265-02	PH265-02B	12	0.42	58.3	41.2	29	36	0.6	110	1.2	0.54
PH265-03	PH265-03B	24	0.21	58.3	41.2	114	144	0.6	110	1.2	0.54
PH265-04	PH265-04B	5	1.0	58.3	41.2	5	6.3	0.6	110	1.2	0.54
PH265-05	PH265-05B	1.4	3.8	58.3	41.2	0.37	0.5	0.6	110	1.2	0.54
PH266-01	PH266-01B	6	1.2	83.3	58.8	5	8	0.74	135	1.3	0.6
PH266-02	PH266-02B	12	0.6	83.3	58.8	20	32	0.74	135	1.3	0.6
PH266-03	PH266-03B	24	0.3	83.3	58.8	80	128	0.74	135	1.3	0.6
PH268-21	PH268-21B	5.4	1.5	125	88.2	3.6	6	1.1	200	2.1	0.95
PH268-22	PH268-22B	12	0.68	125	88.2	17.7	30	1.1	200	2.1	0.95
PH268-23	PH268-23B	24	0.34	125	88.2	70.6	120	1.1	200	2.1	0.95
PH2610-01	PH2610-01B	6	1.88	150	105.8	3.2	7	1.75	320	2.64	1.2
PH2610-02	PH2610-02B	12	0.94	150	105.8	12.8	28	1.75	320	2.64	1.2
PH2610-03	PH2610-03B	24	0.47	150	105.8	51.0	115	1.75	320	2.64	1.2
PH296-01	PH296-01B	1.8	4.5	174	123	0.4	1.4	3.1	560	3.3	1.5
PH296-02	PH296-02B	5.5	1.25	174	123	4.4	14	3.1	560	3.3	1.5
PH296-03	PH296-03B	14	0.7	174	123	20	60	3.1	560	3.3	1.5
PH299-01	PH299-01B	3	4	306	216	0.75	4.5	6.0	1100	5.5	2.5
PH299-02	PH299-02B	6	2	306	216	3	18	6.0	1100	5.5	2.5
PH299-03	PH299-03B	12	1	306	216	12	72	6.0	1100	5.5	2.5

COLORS OF LEAD WIRES



UPD標準タイプ



UPD534M-A(片軸シャフト)67,000円
UPD534M-B(両軸シャフト)67,000円
 ●基本ステップ角 0.36°
 ●動磁最大静止トルク 1.0kgcm
 □35mmの超ミニサイズで0.36°の高分
 解能タイプ。



UPD533-NA(片軸シャフト)67,000円
UPD533-NB(両軸シャフト)67,000円
 ●動磁最大静止トルク 0.26kgcm
 □世界最小の 33mm全閉タイプ。



UPD544-NA(片軸シャフト)67,000円
UPD544-NB(両軸シャフト)67,000円
 ●動磁最大静止トルク 1.1kgcm
 □42mmのミニサイズ。



UPD554-NA(片軸シャフト)67,000円
UPD554-NB(両軸シャフト)67,000円
 ●動磁最大静止トルク 2.3kgcm
 □50mmの新サイズ。



UPD564-A(片軸シャフト)79,000円
UPD564-B(両軸シャフト)79,000円
 ●動磁最大静止トルク 2.3kgcm
 □60mmの汎用小形タイプ。



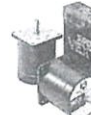
UPD566-A(片軸シャフト)79,000円
UPD566-B(両軸シャフト)79,000円
 ●動磁最大静止トルク 3.7kgcm
 □60mmの汎用タイプ。



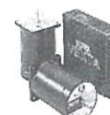
UPD569-A(片軸シャフト)82,000円
UPD569-B(両軸シャフト)82,000円
 ●動磁最大静止トルク 7.6kgcm
 □60mmの汎用高出力タイプ。



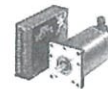
UPD596-A(片軸シャフト)83,000円
UPD596-B(両軸シャフト)83,000円
 ●動磁最大静止トルク 11.8kgcm
 □85mmの中型タイプ。



UPD599-A(片軸シャフト)86,000円
UPD599-B(両軸シャフト)86,000円
 ●動磁最大静止トルク 20kgcm
 □85mmの汎用タイプ。



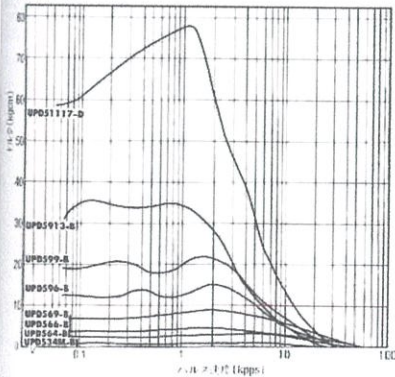
UPD5913-A(片軸シャフト)92,000円
UPD5913-B(両軸シャフト)92,000円
 ●動磁最大静止トルク 38kgcm
 □85mmの高出力タイプ。



UPD51117-AD(片軸シャフト)
 154,000円
 ●動磁最大静止トルク 70kgcm
 □110mmパワーステッピングモーター
 の決定版。

■速度-トルク特性

●フルステップ



●ハーフステップ

