สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ การประยุกต์ใช้งาน MCS-51 ในระบบสายพานลำเลียง

MCS-51 APPLICATION WITH THE CONVEYOR

ชื่อนักศึกษา

1. นายเชาวฤทธิ์	พลวัฒน์	รหัสประจำตัว	41031504
2. นายปิยะบุตร	สมวิทูร	รหัสประจำตัว	41031514
3. นายพีรพัฒน์	นาคงาม	รหัสประจำตัว	41031517
4. นายยอดฉัตร	รัตนานุภาพ	รหัสประจำตัว	41031524

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วรวิทย์ สมหา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์วรวิทย์	สมหา	.....
2. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....
3. อาจารย์อำพล	ทองระอา	.....
4. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เวลา 12.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 11 เดือน กค. พ.ศ. 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37171
วัน, เดือน, ปี 5 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

การประยุกต์ใช้งาน MCS-51 ในระบบสายพานลำเลียง

MCS-51 APPLICATION WITH THE CONVEYOR

นายเชาวฤทธิ์ พลวัฒน์

นายปิยะบุตร สมวิทูร

นายพีรพัฒน์ นาคงาม

นายยอดฉัตร รัตนานุภาพ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง การประยุกต์ใช้งาน MCS-51 ในระบบสายพานลำเลียง

MCS-51 APPLICATION WITH THE CONVEYOR

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการทำงานของคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
2. เพื่อออกแบบไดอะแกรมการควบคุมต่างๆ ในระบบ
3. เพื่อสร้างรูปแบบการทำงานระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม
4. เพื่อทดลองและทดสอบระบบเซนเซอร์ในระบบควบคุม
5. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติได้
2. เข้าใจและแก้ไขปัญหาที่เกิดในระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ
3. สามารออกแบบและควบคุมการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม
4. ได้เรียนรู้การใช้อุปกรณ์ทางด้านระบบควบคุมในระบบโรงงานอุตสาหกรรมจริง
5. สามารถทำงานได้จริงในระบบของโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	การประยุกต์ใช้งาน MCS –51ในระบบสายพานลำเลียง	
นักศึกษา	นายเชาวฤทธิ์	พลวัฒน์
	นายปิยะบุตร	สมวิทูร
	นายพีรพัฒน์	นาคงาม
	นายยอดฉัตร	รัตนานุภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วรวิทย์	สมหา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2542	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการนำเอาอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ,ไฟฟ้า และเครื่องกลนำมาสร้างเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ ในกระบวนการขนถ่ายวัสดุ จึงเป็นกระบวนการหนึ่งในระบบการผลิต โดยใช้อุปกรณ์หลัก ๆ อันได้แก่ อุปกรณ์ทางด้านนิวเมติกส์อุตสาหกรรม , มอเตอร์เหนี่ยวนำ , ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ จุดประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เข้ากับระบบทางไฟฟ้าและทางกล เพื่อนำมาสร้างเป็นระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ ทางอุตสาหกรรมโดยหัวใจหลักของระบบนี้ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	MCS-51 Application With The Conveyor
Students	Mr.Chaowarit Polwat
	Mr.Piyabooth Somwitoon
	Mr.Peerapat Nakngam
	Mr.Yodchrt Rattananuphap
Advisor	Mr.Worrawit Somha
Co- Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Academic Year	1999

ABSTRACT

This thesis presents a provide Eletronics, Electrical and Machanic device combined to automatic control system in machanical handing system. It is a process in production system by main device such as Pneumatic device , Induction motor ,Microcontroller etc. The objective for studied to addition Microcontroller system to apply in Electronics system and Machanic system for the industrial automatic system .The Main purpose to used Microcontroller MCS-51 family for control system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านที่ใดให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเรื่องงาน ทั้งในทางฮาร์ดแวร์และทางด้านซอฟต์แวร์ รวมทั้งขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่างๆ ไปจนถึงข้อมูลและ อุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองและด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณบิดา คุณมารดา ซึ่งทำให้พวกเราได้รับการศึกษามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอนึ่งประโยชน์และคุณความดีที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แด่ คุณพ่อ คุณแม่ ครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิประสาทวิชามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและเพื่อนๆ ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมาจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	4
2.3 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051	6
2.4 ฐานเวลาในการทำงานของ ซีพียู ภายใน 8051	7
2.5 อินดั๊กชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟส (Single Phase Induction Motor)	9
2.5.1 มอเตอร์สปลิทเฟส (Split phase motor)	9
2.5.2 มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (Capacitor phase motor)	18
2.6 ตัวเชื่อมต่อผ่านแสง (Optocoupler)	24
2.6.1 พื้นฐานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง	25
2.6.2 คุณสมบัติของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง	27
2.6.3 มาตรฐานทางอุตสาหกรรม	28
2.7 โซ่	32
2.7.1 การใช้งาน	33
2.7.2 ชนิดของโซ่	34
2.7.3 เฟืองโซ่	37
2.7.4 โซ่มาตรฐาน	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 สายพาน	43
2.8.1 ชนิดและวัสดุสายพาน	43
2.8.2 ลักษณะการขับด้วยสายพาน	44
2.8.3 กลศาสตร์ของสายพานแบน	46
2.8.4 การครีพและการสลิป	49
2.8.5 ความเค้นในสายพาน	51
2.8.6 ความกว้างและความยาวของสายพานแบน	52
2.8.7 ล้อสายพาน	58
2.9 โรลลิ่งแบริ่ง	63
2.9.1 ชนิดของแบริ่ง	65
2.10 กระบอกสูบลม	68
2.10.1 กระบอกสูบลมทำงานทางเดียว	70
2.10.2 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง	71
2.10.3 กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่	72
2.11 ลิมิตสวิตช์	72
2.11.1 หลักการเลือกใช้ลิมิตสวิตช์	74
2.12 หัวจับสุญญากาศ	75
2.12.1 การเลือกขนาดจับของสุญญากาศ	76
2.12.2 การเดินวงจรของระบบหัวจับสุญญากาศ	78
2.12.3 การเดินท่อลม	81
2.12.4 การซีลเกลียว	81
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	83
3.1 กล่าวนำ	83
3.2 อุปกรณ์ยึดที่ทำงานด้วยระบบสุญญากาศ	83
3.3 พร็อพพอร์ชันวาลว์ควบคุมทิศทาง	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4 รีดสวิตช์	90
3.4.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน	90
3.5 การประยุกต์ใช้งานเชื่อมต่อผ่านแสง	92
3.5.1 การเชื่อมโยงกับวงจรดิจิตอล	94
3.5.2 การเชื่อมโยงกับวงจรแอนาลอก	96
3.5.3 การเชื่อมโยงกับไตรแอค	97
3.5.4 ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตเอสซีอาร์และโฟโตไตรแอค	99
3.6 DOT MATRIX LCD MODULE	102
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	105
4.1 การทดลองและผลการทดลอง	105
4.2 สรุปผลการทดลอง	108
บทที่ 5 สรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	109
5.1 บทสรุป	109
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	109
5.2.1 แหล่งจ่ายไฟ	109
5.2.2 ชุดควบคุม	109
5.2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	110
5.2.4 เซนเซอร์	111
5.2.5 โปรแกรม	111
5.2.6 ชั้นเก็บ	112
5.2.7 นิวเมติกส์	112
5.2.8 รางเลื่อน	113
5.2.9 สายพานลำเลียง	113
5.2.10 อื่นๆ	114
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	115
ภาคผนวก ข ผังงานและโปรแกรมการควบคุม	125
ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์	179
ภาคผนวก ง คู่มือและการใช้งาน	190
บรรณานุกรม	203
ประวัติผู้แต่ง	204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ของบริษัทอินเทล	5
ตารางที่ 2.2 โซ่โรลเล่อร์ตามมาตรฐาน ISO/R 606-1976	40
ตารางที่ 2.3 มวลของโซ่โรลเล่อร์ต่อความยาว	41
ตารางที่ 2.4 โซ่ฟันตามมาตรฐาน DIN 8190-1954	42
ตารางที่ 2.5 ความกว้างของสายพานแบบส่งกำลัง และความกว้างล้อสายพานที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 22-1975 (E)	53
ตารางที่ 2.6 ความยาวสายพานแบบส่งกำลังตามมาตรฐาน ISO 63-1975 (E)	54
ตารางที่ 2.7 สัดส่วนของสายพานแบบส่งกำลังที่เหมาะสม	55
ตารางที่ 2.8 ประสิทธิภาพของรอยต่อสายพาน	58
ตารางที่ 2.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานแบนมาตรฐาน ISO 99-1975 (E)	59
ตารางที่ 2.10 ผิวโค้งบนหน้าล้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO 100-1975 (E)	61
ตารางที่ 2.11 ตำแหน่งของล้อช่วย	62
ตารางที่ 2.12 ความเร็วขอบของล้อสายพาน	63
ตารางที่ 2.13 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	70
ตารางที่ 2.14 ค่าของแรงที่หัวจับสามารถยกได้ทั้งทฤษฎี (หน่วยเป็น kg.)	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	4
รูปที่ 2.2 แผนภาพบล็อคแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51	6
รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051	7
รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051	8
รูปที่ 2.5 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051 และลำดับของช่วงเวลา State ในการทำคำสั่งหนึ่งไบต์โครงสร้างได้ 3 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน	9
รูปที่ 2.6 โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส	10
รูปที่ 2.7 สเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส	10
รูปที่ 2.8 ลักษณะฝาครอบมอเตอร์สปลิทเฟส	11
รูปที่ 2.9 สวิตช์เซนตริฟูกัล	11
รูปที่ 2.10 ลักษณะของมอเตอร์สปลิทเฟส	12
รูปที่ 2.11 การทำงานของสวิตช์เซนติฟูกัล	12
รูปที่ 2.12 การต่อขดสตาร์ท (S.W.) และขดรัน (R.W.) ของมอเตอร์สปลิทเฟสและสวิตช์เซนตริฟูกัล (C.S.)	13
รูปที่ 2.13 กระแสที่ไหลผ่านขดรัน (Im) และไหลผ่านขดสตาร์ท (Is) เมื่อเทียบกับ เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (E)	14
รูปที่ 2.14 เวคเตอร์ไดอะแกรมแสดงมุมต่างเฟสระหว่างกระแสไฟขดสตาร์ทและขดรัน	15
รูปที่ 2.15 การวงขดลวดชุดรันและชุดสตาร์ทของมอเตอร์สปลิทเฟสชนิดสี่โพล	16
รูปที่ 2.16 ลักษณะขดรันและขดสตาร์ทที่แสดงในแนวเส้นตรงของมอเตอร์สี่โพล	16
รูปที่ 2.17 วิธีต่อขดลวดเพื่อให้สร้างสนามแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้สลับกัน	17
รูปที่ 2.18 วิธีต่อขดรันและขดสตาร์ทร่วมกับสวิตช์เซนตริฟูกัล	17
รูปที่ 2.19 วิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมุติว่าหมุนทวนเข็มนาฬิกา	18
รูปที่ 2.20 วิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมุติว่าหมุนตามเข็มนาฬิกา	18
รูปที่ 2.21 ลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์	19
รูปที่ 2.22 ลักษณะของคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน	20
รูปที่ 2.23 ลักษณะของคาปาซิเตอร์แบบอิเล็กทรอไลติก	20
รูปที่ 2.24 วิธีต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับทดสอบและให้หมุนในทิศทางหนึ่ง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.25 วิธีต่อคาปาซิเตอร์ให้หมุนสวนทางกับรูปที่ 2.24	21
รูปที่2.26 เวกเตอร์ไดอะแกรมแสดงมุมต่างเฟสของกระแสขดสตาร์ท และกระแสขดรันเมื่อต่อคาปาซิเตอร์อันดับกับขดสตาร์ท	22
รูปที่ 2.27 วิธีต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับขดลวดมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทคาปาซิเตอร์รัน	23
รูปที่ 2.28 การต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับขดลวดมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สองค่า	24
รูปที่ 2.29 ภาพตัดขวางแสดงภายในของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์	25
รูปที่ 2.30 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์	26
รูปที่ 2.31 การแสดงค่ากระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ทั่วไปที่แรงดัน V_{CB} 10 V	27
รูปที่ 2.32 วงจรการต่อใช้งานตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์	29
รูปที่ 2.33 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ที่มีเอาต์พุตเป็นกระแสสลับ (AC INPUT)	29
รูปที่ 2.34 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์	30
รูปที่ 2.35 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตเชิงเส้นนำกระแสได้สองทางให้สังเกตที่เอาต์พุตจะเป็น MOSFET	30
รูปที่ 2.36 ผังวงจรตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตเอสซีอาร์	31
รูปที่ 2.37 ผังวงจรตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอค	31
รูปที่ 2.38 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตชมิตต์-ทริกเกอร์	32
รูปที่ 2.39 แสดงการขับเพลาหลายเพลาโดยการใช้โซ่เพียงหนึ่งเส้น	33
รูปที่ 2.40 โซ่โรลเล่อร์ : 1 สลัก, 2 แผ่นต่อด้านนอกและด้านใน , 3 บูชที่อัดแน่นกับแผ่นต่อด้านใน , 4 โรลเล่อร์หมุนได้อิสระบนบูช 3	34
รูปที่ 2.41 โซ่โรลเล่อร์สองชั้นและสามชั้น	35
รูปที่ 2.42 ข้อต่อสำหรับโซ่โรลเล่อร์ จากด้านซ้ายต่อด้วยคอตเตอร์ฟิน ต่อด้วยสปริงรูปตัวยู และต่อด้วยข้อต่อแบบพิเศษ	35
รูปที่ 2.43 โซ่บูช	36
รูปที่ 2.44 โซ่ฟัน	36
รูปที่ 2.45 โซ่ชนิดอื่น (ก) detachable joint chain (ข) steel pin chain	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.46 เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเล่อร์และโซ่บูช	38
รูปที่ 2.47 การเคลื่อนที่ของโรลเล่อร์ขณะส่งกำลัง	38
รูปที่ 2.48 เฟืองโซ่สำหรับโซ่ฟัน	39
รูปที่ 2.49 ลักษณะการขับด้วยสายพาน	45
รูปที่ 2.50 การขับด้วยสายพาน (ก) โอเพนไดรว์ (ข) ครอสไดรว์	46
รูปที่ 2.51 แรงในสายพานแบน	47
รูปที่ 2.52 การต่อด้วยกาว	55
รูปที่ 2.53 การต่อด้วยลวดถัก	56
รูปที่ 2.54 การต่อด้วยห่วงเหล็กกล้า	57
รูปที่ 2.55 การต่อห่วงเหล็กกล้า	57
รูปที่ 2.56 การต่อแผ่นเหล็ก	57
รูปที่ 2.57 การต่อด้วยแผ่นเหล็ก	58
รูปที่ 2.58 ล้อสายพาน	59
รูปที่ 2.59 ส่วนต่างๆของบอลแบริ่ง	64
รูปที่ 2.60 บอลแบริ่งชนิดต่างๆ	66
รูปที่ 2.61 โรลเล่อร์แบริ่งชนิดต่างๆ	68
รูปที่ 2.62 ลักษณะ โครงสร้างของกระบอกสูบลม	69
รูปที่ 2.63 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว	70
รูปที่ 2.64 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง	71
รูปที่ 2.65 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่	72
รูปที่ 2.66 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์	73
รูปที่ 2.67 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า	73
รูปที่ 2.68 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิมิตสวิตช์	74
รูปที่ 2.69 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์	74
รูปที่ 2.70 การหยุดกลไกต่างๆ โดยวิธีที่ถูกต้อง	75
รูปที่ 2.71 โครงสร้างภายในของหัวพ่นลมที่ทำให้เกิดสุญญากาศ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.72 วงจรพื้นฐาน	78
รูปที่ 2.73 วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วแบบปุ่มกด	78
รูปที่ 2.74 วงจรพื้นฐานใช้ไฟฟ้าควบคุม	79
รูปที่ 2.75 วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วใช้ไฟฟ้าควบคุม	79
รูปที่ 2.76 วงจรปรับสุญญากาศที่หัวจับได้	80
รูปที่ 2.77 วงจรที่ติดตั้งสวิตช์สุญญากาศเข้าไปในระบบ	80
รูปที่ 2.78 วงจรที่ติดตั้งหัวจับสุญญากาศหลายตัว	80
รูปที่ 2.79 การพันเกลียวท่อด้วยเทฟลอน	81
รูปที่ 2.80 เปรียบเทียบค่าสุญญากาศในหน่วยต่างๆ	82
รูปที่ 3.1 หัวจับและอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ	84
รูปที่ 3.2 หัวจับสุญญากาศ	84
รูปที่ 3.3 วงจรภายในหัวจับสุญญากาศ	84
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานหัวจับสุญญากาศ	85
รูปที่ 3.5 หัวจับลักษณะต่างๆ	85
รูปที่ 3.6 ลักษณะการดูดจับชิ้นงานของหัวจับสุญญากาศ	87
รูปที่ 3.7 กราฟในการหาค่าของสุญญากาศ	87
รูปที่ 3.8 การกำหนดวาล์วควบคุมทิศทาง	89
รูปที่ 3.9 จุดต่อลมด้านใช้งานของวาล์วควบคุมทิศทาง	90
รูปที่ 3.10 สภาวะปกติของรีดสวิตช์	91
รูปที่ 3.11 ผลของทิศทางสนามแม่เหล็ก	92
รูปที่ 3.12 การต่อตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสของ IRED	92
รูปที่ 3.13 การต่อไดโอด D1 ภายนอกเพื่อป้องกันตัว IRED จากแรงดันที่กลับขั้ว	93
รูปที่ 3.14 การต่อตัวต้านทานภายนอกโดยรูป (ก) ต่อที่ขาคอลเลคเตอร์ ต่อที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์	93
รูปที่ 3.15 แสดงการเปลี่ยนเอาต์พุตจากโฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นโฟโตไดโอดด้วยการต่อเอาต์พุตที่ขาเบส	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.16 การนำเอาตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ ไปใช้เชื่อมโยงวงจรทีทีแอลเกต	95
รูปที่ 3.17 การนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ ไปเชื่อมโยงวงจรซีมิสเกต	95
รูปที่ 3.18 การนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ ไปต่อเชื่อมโยงจากเอาต์พุตของคอมพิวเตอร์กับมอเตอร์กระแสตรง	96
รูปที่ 3.19 แสดงการนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ไปใช้ เชื่อมโยงสัญญาณเสียง (ใช้เชื่อมโยงสัญญาณอนาล็อก)	97
รูปที่ 3.20 วงจรควบคุมไฟเอซีโดยใช้ TRIAC แบบ NON-SYNCHRONOUS ที่ส่วนอินพุตเป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสง	98
รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมไฟเอซีโดยใช้ TRIAC แบบ SYNCHRONOUS ที่ส่วนอินพุตเป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสง	98
รูปที่ 3.22 วงจรควบคุมหลอดไฟแบบมีไส้โดยใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอค	99
รูปที่ 3.23 วงจรที่ได้ดัดแปลงเพิ่มเติมจากวงจรในรูปที่ 3.21 ให้สามารถใช้งานกับโหลดที่มีกำลังสูง ๆ ได้	99
รูปที่ 3.24 วงจรควบคุมโหลดที่มีค่าความเหนี่ยวนำ โดยใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสง เอาต์พุตโฟโตไตรแอคตัวลูก (TR1)	100
รูปที่ 3.25 (ก) โมดูลของตัวสะท้อนแสง (OPTICALLY – COUPLED INTERRUPTER MODULE) และ (ข) แสดงการประยุกต์ใช้วัดความเร็ว	101
รูปที่ 3.26 (ก) โมดูลของตัวสะท้อนแสง (OPTICALLY – REFLECTOR MODULE) และ (ข) แสดงการประยุกต์ใช้วัดรอบ	101
รูปที่ 3.27 การต่อใช้งานกับ ET – BOARD V3.0 , ET- BOARD V3.5	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาและขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้แทนการทำงานด้วยคน จึงมีความสำคัญที่จะต้องมีการศึกษาถึงระบบในการทำงานตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และประหยัด

ในโครงงานที่จัดทำเป็นการศึกษาของระบบควบคุมอัตโนมัติของ โรงงานอุตสาหกรรม โดยการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 มาควบคุมระบบอัตโนมัติดังกล่าวในระบบสายพานลำเลียง

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

ในระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติจะมีคุณสมบัติดังนี้

1) สามารถวางกระป๋องไว้บนสายพานลำเลียง ได้สูงสุดพร้อมกัน 4 กระป๋อง ซึ่งสายพานยังคงเคลื่อนที่ได้

2) ชุดยกกระป๋องสามารถเคลื่อนย้ายกระป๋องจากสายพานลำเลียง ไปยังจุดลิฟท์ได้ครั้งละ 1 กระป๋องโดยทำงานด้วยสุญญากาศ

3) ชุดลิฟท์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นตามแกน Y ได้

4) ชุดยิงกระป๋องเข้าชั้นจัดเก็บสามารถเคลื่อนที่ตามแกน X ได้

5) ชุดยิงกระป๋องสามารถยิงกระป๋องได้ครั้งละ 1 กระป๋อง

6) ชั้นเก็บสามารถเก็บกระป๋องได้สูงสุด 12 กระป๋อง

7) ชั้นเก็บแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นละ 3 ช่อง แต่ละช่องจะบรรจุกระป๋องได้สูงสุด 2 กระป๋อง

8) การสั่งงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C8252 ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด

9) มีการแสดงผลการทำงานแต่ละจุดออกทางจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา สรุปเกี่ยวกับความสามารถประสิทธิภาพของเครื่อง พร้อมทั้งกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน ตลอดจนแนวทางแก้ไขทั้งยังได้เสนอแนะแนวทางการแก้ไขและพัฒนาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ต่อไป

ภาคผนวก ก รูปเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข ผังงานและโปรแกรมควบคุม

ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก ง คู่มือและการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

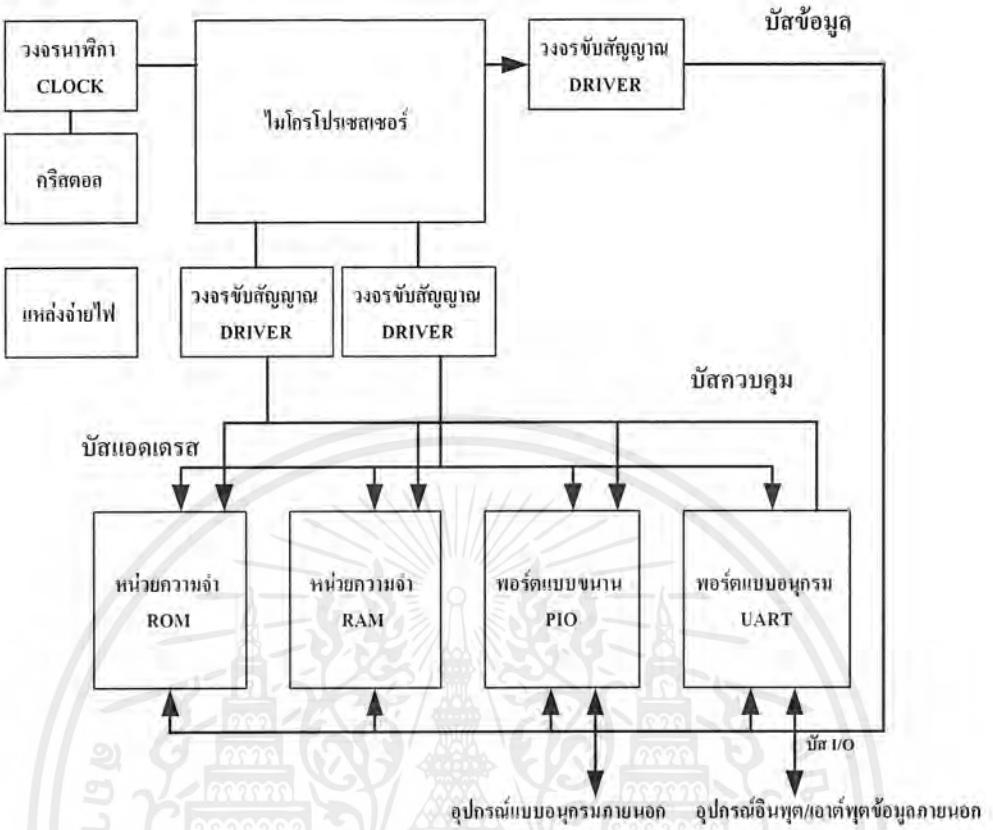
2.1 กล่าวนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาจจะเป็นคำที่ไม่ค่อยคุ้นเคยกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับคำว่าไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งมีการใช้งานแพร่หลายมากกว่า โดยมักจะเรียกว่าเป็นตัวประมวลผลกลางหรือ ซีพียู (CPU) ของระบบ เมื่อมีการนำไปใช้งานจำเป็นจะต้องมีไอซีประกอบภายนอกเพิ่มเติมเข้าไปให้ระบบที่สมบูณณ์ เช่น หน่วยความจำ และพอร์ตควบคุม เป็นต้น ดังแผนภาพใน รูปที่ 2.1 โดยองค์ประกอบของไมโครโปรเซสเซอร์จะเป็นบล็อกทั้งหมดที่อยู่ภายในเส้น ปะบล็อกของการทำงานอื่นๆเป็นไอซีภายนอกที่จะต้องเพิ่มเติมเข้าไปให้ครบตามหน้าที่ที่ต้องการสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็มีหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกัน เพียงแต่องค์ประกอบการทำงานเหล่านั้นหลายส่วนได้รับการออกแบบให้บรรจุอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียวเท่านั้น ดังนั้นการนำไปใช้งานก็ค่อนข้างจะสะดวกเพียงการต่อคริสตอลเพื่อเป็นฐานเวลาและแหล่งจ่ายไฟให้เท่านั้นก็จะเป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์ ในบางครั้งจึงอาจเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็น 1 chip microcomputer ก็ได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์แล้วหน่วยการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถใช้งานได้อย่างค่อนข้างจำกัดมากกว่า ตัวอย่างเช่น มีหน่วยความจำแบบ ROM และ EPROM ภายในขนาดไม่เกิน 4 กิโลไบต์ หน่วยความจำแบบ RAM ขนาด 256 ไบต์ เท่านั้น และมีพอร์ตแบบขนานประมาณ 3 ถึง 4 พอร์ต เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากว่ามีความต้องการจะเพิ่มเติมจำนวนของหน่วยทำงานและข้อมูล เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์มาตรฐานภายนอกได้

ลักษณะงานที่เหมาะสมกับการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งาน มักจะเป็นงานประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมหรือจัดการสัญญาณอินพุต/เอาท์พุตของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และวงจรดิจิตอล ต่างๆ เช่นระบบแสดงผล หรือระบบเตือนภัย ระบบควบคุมภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งงานควบคุมเหล่านี้มักจะไม่มีการคิดคำนวณที่ซับซ้อนมากนักแต่ ต้องการพื้นที่ของแผงวงจรควบคุมที่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

บรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการผลิตจากบริษัทต่างๆจำนวนมากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จากบริษัท อินเทล (Intel Corporation) ในตระกูล MCS-51 ได้มีการนำไปใช้งานกันแพร่หลายมากนับตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา ในระยะที่ผ่านมาก็ได้มีอีกหลายบริษัท เช่น บริษัท Phillips และ Siemens เป็นต้น ได้รับลิขสิทธิ์ในการไปผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพและหน่วยการทำงานต่างๆ มากขึ้น ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์จากผู้ผลิตต่างๆ ที่มีพื้นฐานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของบริษัทอินเทลอยู่เป็นจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น (version) ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในที่แตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมในงานประยุกต์ต่างๆ ตามความต้องการ ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 2.1 โดยมีทั้งลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก (LSI) แบบ HMOS หรือ CHMOS ซึ่งมีคุณลักษณะที่สูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงไมโครคอนโทรลเลอร์ตละกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทล

EMBEDDED CONTROLLERS										
Feature	8051AH	8031AH	8750H	80C51BH	80C31BH	87C51	8052AH	8032AH	8752	8044H
Program Memory (Bytes)	4K	-	4K	4K	-	4K	8K	-	8K	8K
RAM Memory (Bytes)	128	128	128	128	128	128	256	256	256	192
Program Memory Expansion (off Chip)(Bytes)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
Max Clock Frequency (MHz)	12	12	12	16	16	16	16	12	12	12
Typical Instruction Time (uS)	1	1	1	0.75	0.75	0.75	1	1	1	1
16-Bit Timer/Counters	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2
Serial Communications	Synchronous Mode , Asynchronous Mode , 9 or 10 – Bit Programmable									HDLC/ SDLC
No. of I/O Lines	32	16	32	32	16	32	32	16	32	32
Interrupt Sources	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
(Two Priority Levels) Power Requirements 125	125	250	24	24	39	175	175	175	200	
(ICC Max. mA) Programmable Power Modes Idle Power Down	-	-	-	4.0mA 50uA	4.0mA 50uA	4.0mA 50uA	-	-	-	- 30mA

2.3 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051

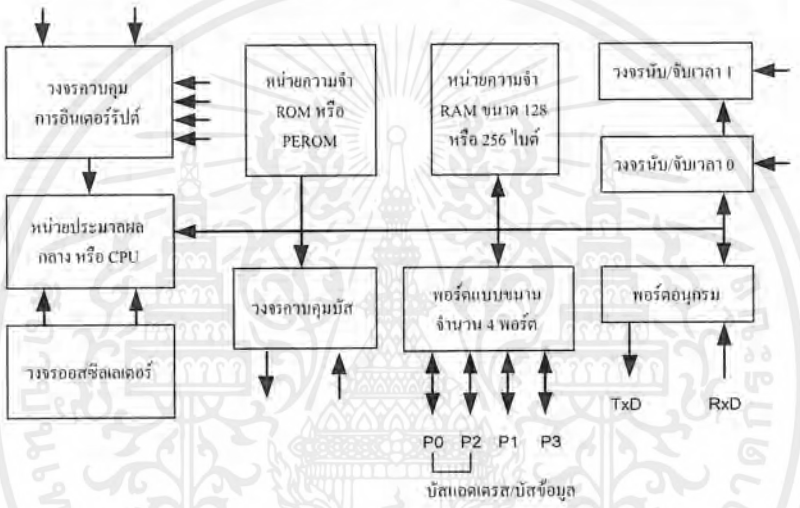
จากแผนภาพในรูปที่2.2แสดงให้เห็นถึงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ที่จัดอยู่ภายในตระกูล MCS-51 นี้ ประกอบด้วย

1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

2) หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)

3) ความสามารถในการอ้างอิงตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

4) ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์



รูปที่ 2.2 แผนภาพบล็อกแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

5) หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)

6) หน่วยความจำแบบ RAM ภายในจำนวน 128 ไบต์

7) พอร์ตอินพุตต่อเอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ

8) วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร

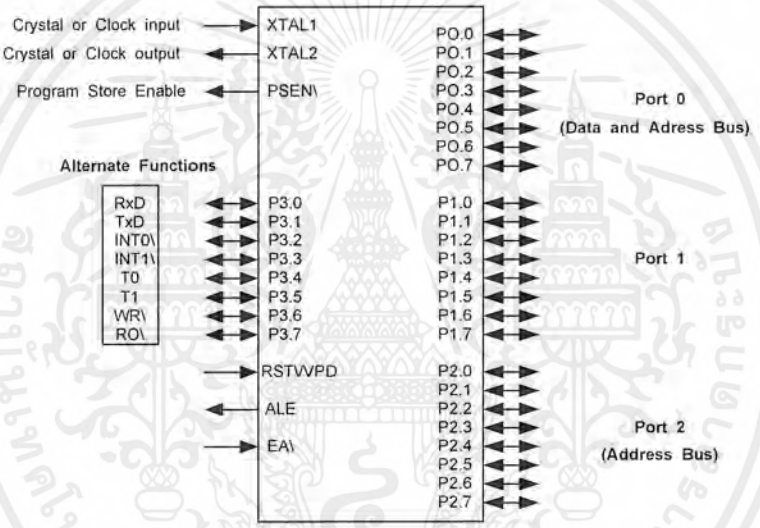
9) วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Dulplex)

10) วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับความสำคัญได้สองระดับ

11) วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบ DIP ขนาด 40 ขา ดังแผนภาพในรูปที่ 2.3 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Functions ในรูปที่ 2.3) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ตัวอย่าง เช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวอย่างเป็น P 3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตและอินพุตตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตของข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม (RxD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ ซึ่งการกำหนดว่าจะทำงานในลักษณะใดก็ขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและโปรแกรมควบคุมของระบบนั้น



รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051

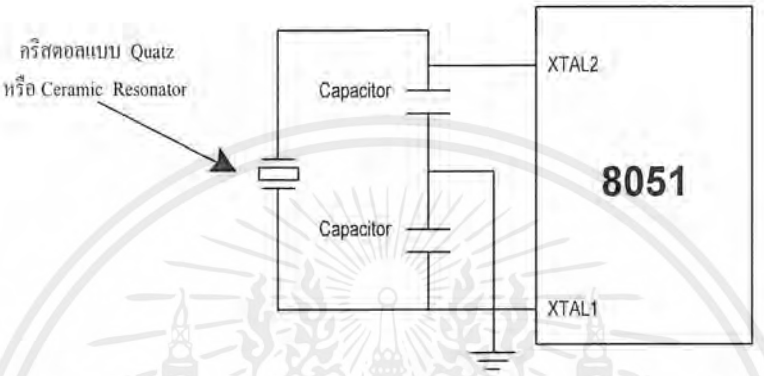
2.4 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051

8051 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน (Sinchronization) โดยปกติแล้วมักจะทำโดยการใช้คริสตอลเชื่อมต่อเข้าขาสัญญาณ XTAL1 และ XTAL2 พร้อมกับตัวเก็บประจุดังลักษณะในรูปที่ 2.4 หรืออาจจะเป็นสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

พัลส์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) และคาบของสัญญาณนาฬิกานี้ เรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ (Oscillator period) คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวนสองคาบ เรียกว่า State (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร S) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นช่วงเวลาพื้นฐานการทำงานย่อยของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การนำคำสั่ง , การถอดความหมาย, การประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการเขียนข้อมูล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ช่วงเวลาของ State จำนวนหกครั้ง จะเรียกว่า แมชชีนไซเคิล (Machine cycle) ดังนั้นค่าหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ค่าของแมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ซึ่งหากว่าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลานานสองถึงสามแมชชีน



รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

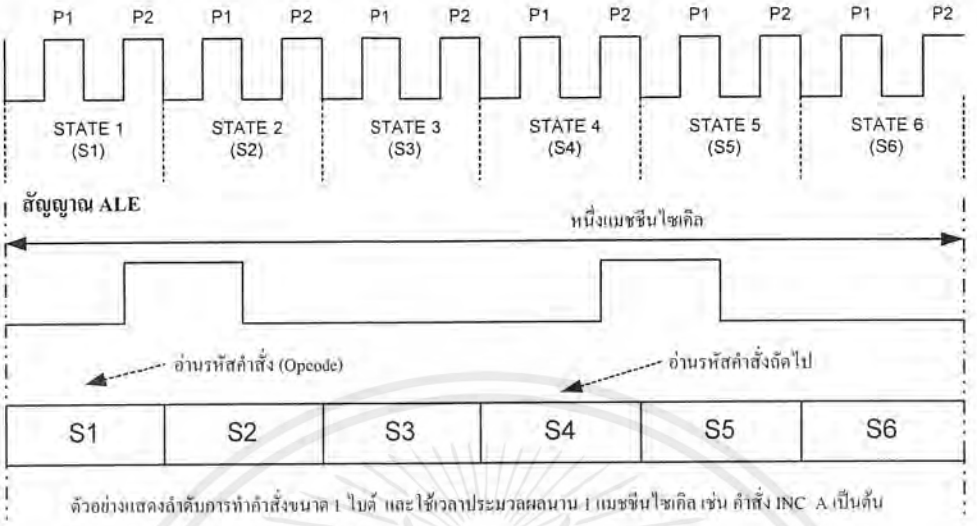
การคำนวณหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นใช้จำนวนแมชชีนไซเคิลเป็นเท่าไรในการประมวลผล เวลาที่ใช้จะคำนวณตามสูตร

$$T = \frac{C \times 12}{\text{Crystal Frequency}}$$

โดย C เป็นค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

Crystal Frequency เป็นค่าความถี่ของคริสตรอลที่ใช้กับ 8051 อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจจะพบเห็นการใช้ค่าของคริสตรอลเป็น 11.059 เมกะเฮิรตซ์ ทั้งนี้โดยมีเหตุผลเนื่องจาก สามารถนำค่าถี่ที่ได้นี้ ไปใช้ในการเป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรม ซึ่งเป็นหน่วยการทำงานภายใน 8051 เอง โดยจะทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 19200 , 9600 , 4800 , 2400 , 1200 และ 300 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051และลำดับของช่วงเวลา State ในการทำคำสั่งหนึ่งไบต์โครงสร้างได้ 3 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน

2.5 อินดั๊กชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟส (Single Phase Induction Motors)

อินดั๊กชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟสหรือมอเตอร์ไฟสลับหนึ่งเฟสมีหลายอย่างด้วยกันส่วนมากจะเป็นขนาดเล็ก (แรงม้าต่ำ) หรือที่เรียกว่ามีขนาดเป็นเศษส่วนของแรงม้า(Fractional Horse Power) มีใช้ในงานทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนทั่วๆไป ตลอดจนเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ แต่ถ้ามีขนาดเอาต์พุตตั้งแต่ 20 แรงม้าขึ้นไป จะมีใช้ในในงานพิเศษเฉพาะอย่างเท่านั้น อินดั๊กชั่นมอเตอร์หนึ่งเฟสที่จะกล่าวถึงก็คือ มอเตอร์สปลิทเฟส , มอเตอร์คาปาซิเตอร์ , มอเตอร์รีพัลชั่น , มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล และ มอเตอร์เช็ดเด็ดโพล รายละเอียดของมอเตอร์ไฟสลับแต่ละแบบจะได้กล่าวต่อไป

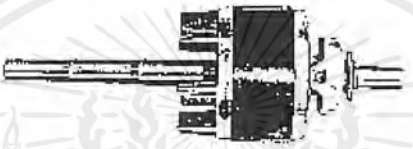
2.5.1 มอเตอร์สปลิทเฟส (Split Phase Motor)

มอเตอร์สปลิทเฟสเป็นมอเตอร์จำพวกเอาต์พุตต่ำที่มีขนาดต่ำกว่าหนึ่งแรงม้าหรือ ที่เรียกว่าเศษส่วนของแรงม้า มีใช้งานมากมายเช่น เครื่องซักผ้า ปั๊มน้ำขนาดเล็กๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ส่วนประกอบ มีโรเตอร์ สเตเตอร์ ฝาครอบหัวท้าย และสวิตช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล

โรเตอร์ โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟสดังรูปที่ 2.6 ซึ่งประกอบด้วยแกน(Core) ที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวบางๆที่เรียกว่า แผ่นลามิเนท ส่วนประกอบอันที่สามคือ ขดลวดสไควเรลเกจซึ่งทำด้วยแท่งทองแดงหรือแท่งอลูมิเนียมหรือแท่งโลหะผสมดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งแท่งตัวนำเหล่านี้ก็จะอัดเข้าไปในสล๊อทของโรเตอร์ และแท่งตัวนำเหล่านี้จะเชื่อมติดเข้าด้วยกันด้วยแหวนตัวนำทั้งสองข้างของแกน และยังครีบพัดลมระบายความร้อนด้วย อย่างไรก็ตามตัวนำที่ฝังอยู่ในแกนโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อ



รูปที่ 2.6 โรเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส

สเตเตอร์ สเตเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์ประกอบด้วยแกนที่ทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวลามิเนทและสล๊อตมีลักษณะเป็นแบบกึ่งปิด (semeclosed slots) โครงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว และมีขดลวดสองชุด ลวดที่ใช้พันขดลวดจะเป็นชนิดที่หุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า ขดลวดนี้จะพันลงไปในสล๊อทของสเตเตอร์ ขดลวดชุดหนึ่งเรียกว่า ขดลวดเมน (main winding) หรือขดรัน (running winding) และขดลวดช่วย (auxiliary winding) หรือขดลวดสตาร์ท (starting winding) ขดรันจะพันด้วยลวดทองแดงที่โตกว่าขดสตาร์ท ลักษณะสเตเตอร์ดังรูปที่ 2.7

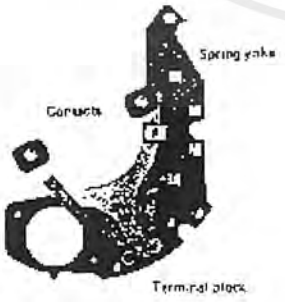
รูปที่ 2.7 สเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝาครอบ ฝาครอบหรือฝาปิดหัวท้าย (end plate) ยึดติดกับสเตเตอร์ให้แน่นด้วยสกรูและโบลท์ (screw และ bolt) หน้าที่หลักของฝาครอบก็คือ รองรับโรเตอร์ที่เพลาด้วยแบริ่งให้ได้ศูนย์กลางไม่ให้โรเตอร์สัมผัสกับสเตเตอร์ ลักษณะของฝาครอบดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ลักษณะฝาครอบมอเตอร์สปลิทเฟส

สวิตช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัล สวิตช์ชุดนี้ติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์มีหน้าที่ตัดขดสตาร์ทออกจากวงจร ภาพหลังจากที่โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด แบบที่ใช้กันอยู่ทั่วๆไปประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่หรือส่วนหมุน ดังรูปที่ 2.4 ปกติแล้วสวิตช์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่กับโรเตอร์และฝาครอบด้านใน (ฝาครอบหน้าหมายถึงฝาครอบด้านที่ไม่มีเพลายื่นออกไป) ส่วนอยู่กับที่จะมีหน้าสัมผัสสองอัน เหมือนสวิตช์ SPST หรือสวิตช์หนึ่งขั้วสับทางเดียว และยึดติดกับฝาครอบหน้าด้านใน สำหรับส่วนเคลื่อนที่จะยึดติดกับโรเตอร์

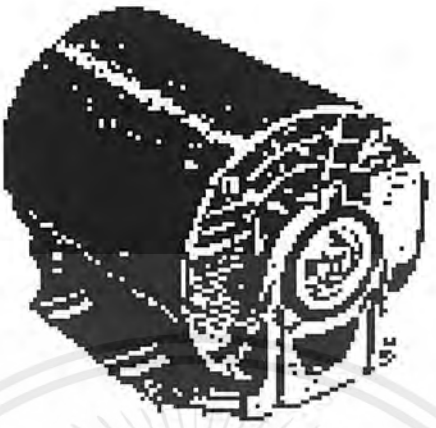


(ก) ส่วนอยู่กับที่

(ข) ส่วนเคลื่อนที่

รูปที่ 2.9 สวิตช์เซนตริฟูกัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลักษณะของมอเตอร์สปลิทเฟส

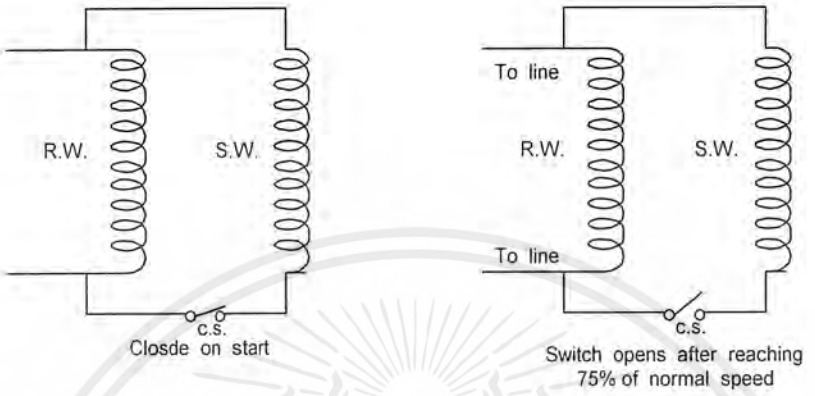
การทำงานของสวิตช์เซนตริฟูกัลนี้ กล่าวได้ดังนี้คือ ขณะที่มอเตอร์ยังไม่ทำงานคือโรเตอร์อยู่กับที่ หน้าสัมผัสของส่วนที่อยู่กับที่จะปิดด้วยแรงกดของสปริงจากส่วนเคลื่อนที่ดังรูปที่2.11 (ก) แต่พอมอเตอร์ทำงานและโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด แรงเหวี่ยงสู่ศูนย์กลางของโรเตอร์จะมากกว่าแรงกดของสปริง จึงทำให้หน้าสัมผัสทั้งสองเปิด เป็นเหตุให้ขดสตาร์ทถูกปลดออกจากวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 2.11 (ข) แต่ถ้าความเร็วของมอเตอร์ลดต่ำลงจนถึงจุดๆหนึ่ง กระทั่งหยุดนิ่ง สวิตช์อัตโนมัตินี้จะปิดวงจรของขดลวดสตาร์ทอีก

(ก) สวิตช์ปิดเมื่อโรเตอร์อยู่กับที่ (ข) สวิตช์เปิดเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูง

รูปที่ 2.11 การทำงานของสวิตช์เซนตริฟูกัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หลักการทำงาน ในขณะที่ป้อนแรงดันไฟสลับให้กับมอเตอร์ ขดลวดทั้งสองของมอเตอร์คือ ขดสตาร์ทและขดรันจะต่อขนานกัน ดังรูปที่ 2.12 ตอนเริ่มทำงานให้พิจารณาที่



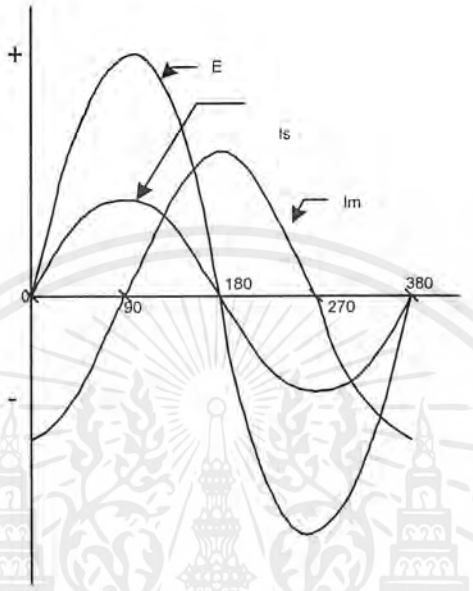
(ก) ขณะมอเตอร์เริ่มหมุน (ข) เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วปกติ

รูปที่ 2.12 การต่อขดสตาร์ท (S.W.) และขดรัน (R.W.)ของมอเตอร์สปลิทเฟส และสวิตช์เซนตริฟูกัล (C.S.)

รูปที่ 2.12 (ก) ก่อน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าขดรันพันด้วยลวดเส้นใหญ่ ความต้านทานจะต่ำและขดรันนี้จะพันด้านล่างของสล๊อท ดังนั้นอินดั๊กแตนซ์จะสูง จึงเป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดรันนี้ล้าหลังแรงดันที่ป้อนให้เกือบ 90 องศา ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดสตาร์ทกับแรงดันที่ป้อนให้ทั้งนี้ก็เพราะว่าขดสตาร์ตพันด้วยลวดเส้นแล้วจึงมีความต้านทานสูงและขดสตาร์ทจะพันอยู่ด้านบนของสล๊อทจึงทำให้อินดั๊กแตนซ์ต่ำการที่ขดสตาร์ทมีความต้านทานสูง แต่มีอินดั๊กแตนซ์ต่ำนี้เอง จึงทำให้กระแสเกือบจะมีเฟสเดียวกันกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ จากรูปที่ 2.13 กระแส Im และ Is ซึ่งเป็นกระแสไหลผ่านขดรันและขด สตาร์ทจะมีมุมเฟสต่างกันเกือบ 90 องศา ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งสองส่วนนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในลักษณะเดียวกับมอเตอร์ไฟสลับสองเฟสที่ได้กล่าวมาแล้ว สนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์นี้จะตัดกับตัวนำในโรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาที่โรเตอร์และทำให้เกิดแรงบิดขึ้นมาที่โรเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุนได้ ทิศทางการหมุนของโรเตอร์จะหมุนไปในทิศทางเดียวกันกับสนามแม่เหล็กหมุนของโรเตอร์ขณะที่มอเตอร์กำลังเร่งความเร็วขึ้นเรื่อยๆ สวิตช์อัตโนมัติเซนตริฟูกัลก็ยังต่อวงจรสตาร์ทอยู่ จนกระทั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของมอเตอร์สูงขึ้นประมาณ 75% ของความเร็วเต็มพิกัด (rate speed) สวิตช์เซนตริฟูกัลจะตัดวงจรขดสตาร์ทออก ปล่อยให้ขดรันทำงานต่อไปเพียงชุดเดียว ดังรูปที่ 2.12 (ข)



รูปที่ 2.13 กระแสที่ไหลผ่านขดรัน (Im) และไหลผ่านขดสตาร์ท (Is) เมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้า (E)

หลักการทำงานของมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้อาศัยหลักการทำงานแบบมอเตอร์สองเฟส คือ ในตอนเริ่มเดิน จะต้องให้มีขดลวดสองชุด และทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองชุดมีมุมต่างเฟสกันมากๆ ประมาณเกือบ 90 องศาไฟฟ้า แต่พอมอเตอร์ทำงานแล้วจึงตัดหรือปลดขดลวดชุดสตาร์ทออกและปล่อยให้ขดลวดชุดรันทำงานต่อไปเพียงชุดเดียวหรือเฟสเดียว จึงเรียกมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้ว่า มอเตอร์สปลิทเฟส

สมมุติว่าสวิตช์เซนตริฟูกัลเกิดบกพร่อง คือหน้าสัมผัสไม่ยอมสัมผัสหรือแตะกัน เมื่อป้อนไฟให้กับมอเตอร์ใหม่ภายหลังจากมอเตอร์หยุดหมุนแล้ว มอเตอร์จะไม่หมุนเพราะมีขดรันชุดเดียวเท่านั้นที่ต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าหรือเมื่อป้อนไฟให้กับมอเตอร์แล้วมอเตอร์ไม่หมุนและมีเสียงฮัมแสดงว่าสวิตช์เซนตริฟูกัลไม่ต่อวงจรขดสตาร์ท ดังนั้นในตอนเริ่มเดินมอเตอร์จะต้องมี ขดลวดสองชุดเสมอ

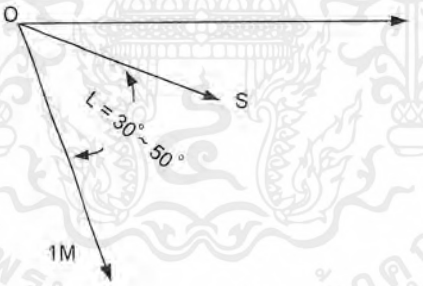
ถ้ามอเตอร์มีขดลวดเพียงชุดเดียว เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้แล้วจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์เหมือนกัน เพียงแต่เกิดสนามแม่เหล็กสลับกับจากขั้วเหนือเป็นขั้วใต้และจากขั้วใต้เป็นขั้วเหนือ แต่จะไม่เกิดสนามแม่เหล็กหมุน จะไม่เกิดแรงบิดขึ้นมา และมอเตอร์จะไม่หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามอเตอร์เริ่มเดินด้วยโหลดหนักมากๆอาจจะทำให้มอเตอร์ไม่สามารถเร่งความเร็วขึ้นจนถึงขั้นสวิตช์เซนตริฟูกัลตัดขดสตาร์ทออกได้ หรือถ้าป้อนแรงดันให้มอเตอร์ต่ำๆ มอเตอร์ก็อาจจะไม่สามารถเร่งความเร็วขึ้นจนสวิตช์เซนตริฟูกัลตัดขดสตาร์ทออกได้

ปกติแล้วเส้นลวดของขดสตาร์ทจะพันด้วยลวดเส้นเล็กทั้งนี้ก็เพื่อให้ขดลวดชุดนี้ทำงานในช่วงเริ่มเดินเท่านั้น คือประมาณ 3-4 วินาทีเท่านั้น แต่ถ้าขดสตาร์ทต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้านานกว่านี้ เช่นนานถึง 60 วินาที ขดลวดชุดนี้อาจเกรียมหรือไหม้ได้ ดังนั้นในสภาพปกติ มอเตอร์จะเร่งความเร็วขึ้นถึง 75% ของความเร็วเต็มพิกัดในเวลาประมาณ 3-4 วินาที

ในความเป็นจริงแล้วกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดสตาร์ทและขดรันนั้น จะมีมุมต่างเฟสกันไม่ถึง 90 องศาไฟฟ้า คือกระแสไฟที่ไหลผ่านขดสตาร์ทจะไม่มีเฟสเดียวกับแรงดันที่ป้อนให้ แต่จะล้าหลังแรงดันเล็กน้อย เพราะในขดสตาร์ทก็มีอินดั๊กแตนซ์เหมือนกัน และกระแสไฟที่ไหลผ่านขดรันจะมีมุมต่างเฟสกับแรงดันไม่ถึง 90 องศาไฟฟ้าเพราะมีความต้านทานรวมอยู่ด้วย ดังนั้นมุมต่างเฟสระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดสตาร์ทและขดรันจึงมีมุมต่างเฟสกันประมาณ 30 - 50 องศาไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.14 ข้างล่าง การที่มุมต่างเฟสระหว่างกระแสที่ไหลผ่านขดสตาร์ทและขดรันน้อย จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แรงบิดในตอนเริ่มเดินต่ำ

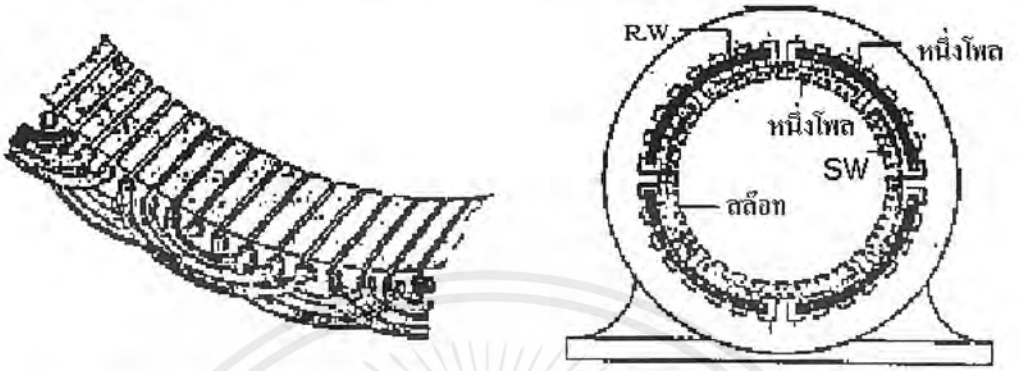


รูปที่ 2.14 เวคเตอร์ไดอะแกรมแสดงมุมต่างเฟสระหว่างกระแสไฟขดสตาร์ทและขดรัน

3) การต่อมอเตอร์สปลิทเฟสใช้งาน ในมอเตอร์หนึ่งเฟสแบบนี้ อาจจะมีหลายชนิดด้วยกันคือชนิดสองโพล ชนิดสี่โพล ชนิดหกโพล เป็นต้น ดังนั้น ถ้าเป็นชนิดสองโพลจะมีขดรันสองชุดและขดสตาร์ทสองชุด ถ้าเป็นชนิดสี่โพลจะมีขดรันสี่ชุดและขดสตาร์ทสี่ชุด ถ้าเป็นชนิดหกโพลจะมีขดรันหกชุดและขดสตาร์ทหกชุด เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ สมมุติว่าขณะนี้พิจารณามอเตอร์สปลิทชนิดสี่โพล ส่วนทดสอบจะอยู่ด้านนอกของสล๊อทและมีสี่ชุดเหมือนกัน ขดลวดแต่ละชุดในขดรันจะมีปลายสายชุดละสองปลาย และขดลวดแต่ละชุดในขดสตาร์ทจะมีปลายสายชุด

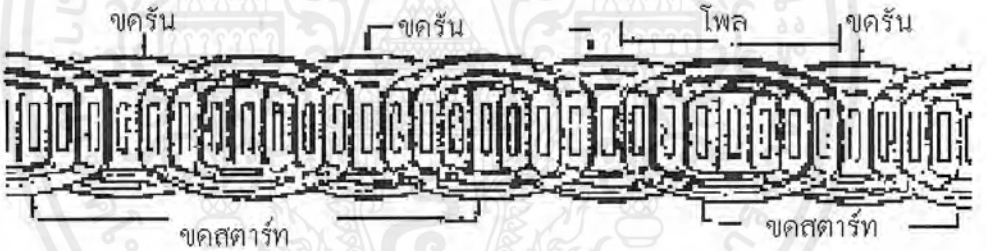
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละสองปลายเช่นเดียวกัน ถ้าจัดแผ่นขดลวดมอเตอร์ในรูปที่ 2.15(ข) ใหม่ ให้มีลักษณะดังในรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าขดรันชุดที่ 1 กับขดรันชุดที่ 2 นั้นจะพันลงในสล๊อทให้ห่างกัน 180 องศาไฟฟ้า



(ก) ลักษณะการพันขดลวดสเตเตอร์ (ข) ลักษณะของขดลวดเมื่อมองด้านข้าง

รูปที่ 2.15 การวางขดลวดชุดรันและชุดสตาร์ทของมอเตอร์สปลิทเฟสชนิดสี่โพล

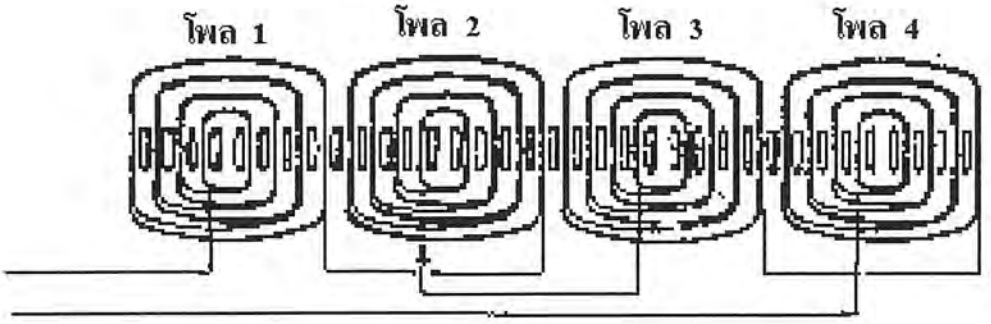


รูปที่ 2.16 ลักษณะขดรันและขดสตาร์ทที่แสดงในแนวเส้นตรงของมอเตอร์ชนิดสี่โพล

และพันทดสอบลงระหว่างขดรันทั้งสองขด ซึ่งหมายความว่าขดสตาร์ทนี้จะพันลงในสล๊อทห่างจากขดรัน 90 องศาไฟฟ้านั่นเอง เมื่อแยกเอาเฉพาะขดรันหรือขดสตาร์ทออกมาเพื่อแสดงวิธีต่อขดลวดจะเห็นได้ดังรูปที่ 2.17 วิธีต่อง่ายๆคือ โดยการต่อปลายของขดลวดชุดที่ 1 หรือโพลที่ 1 เข้ากับปลายของขดลวดโพลที่ 2 ต่อไปเอาต้นของขดลวดของโพลที่ 2 ต่อเข้ากับต้นของขดลวดของโพลที่ 3 ต่อไปเอาปลายของขดลวดโพลที่ 3 ต่อเข้ากับปลายของขดลวดโพลที่ 4 ในที่สุดจะเหลือหลายสายอีก 2 ปลายคือต้นของโพลที่ 1 และต้นของโพลที่ 4 วิธีต่อขดลวดแบบนี้ก็เพื่อให้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้สลับกันไป ซึ่งการต่อขดลวดมอเตอร์ทั้งชุดรันและชุดสตาร์ทจะต่อเหมือนกัน

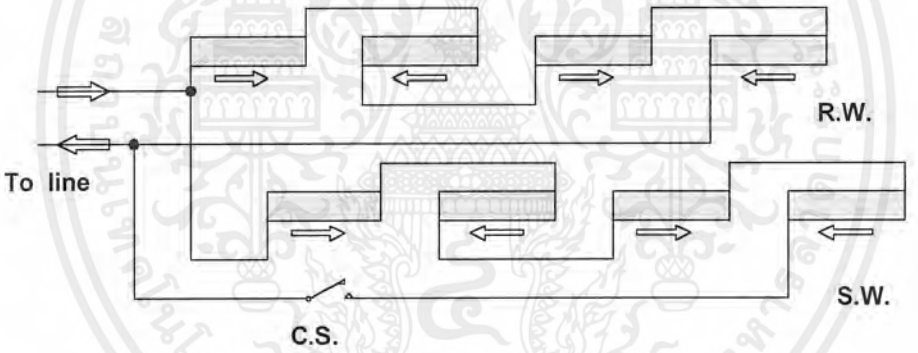
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.17 วิธีต่อขดลวดเพื่อให้สร้างสนามแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือและขั้วใต้สลับกัน

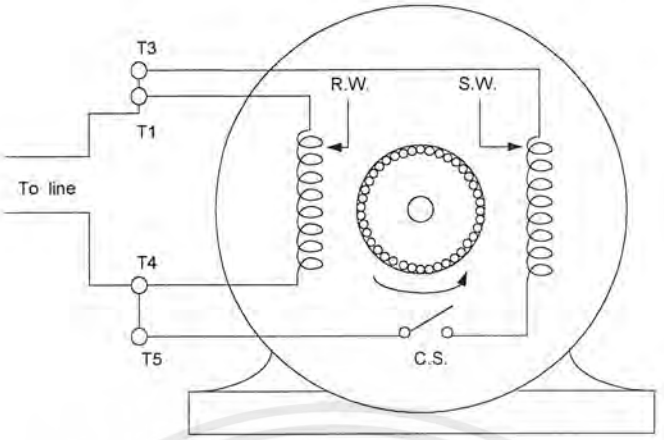
เมื่อเอาขดลวดแต่ละชุดมาเขียนเป็นแท่งสี่เหลี่ยมและต่อให้ถูกต้องดังได้อธิบายไว้ข้างบนแล้ว และถ้าต่อสวิตช์เซนตริฟูกัลร่วมกับขดลวดสตาร์ทแล้วจะได้วงจรดังรูปที่ 2.18 ข้างล่าง ถ้าจะต่อ วงจรให้อยู่ในลักษณะสตีมเมติกไดอะแกรมก็จะได้ดังรูปที่ 2.12



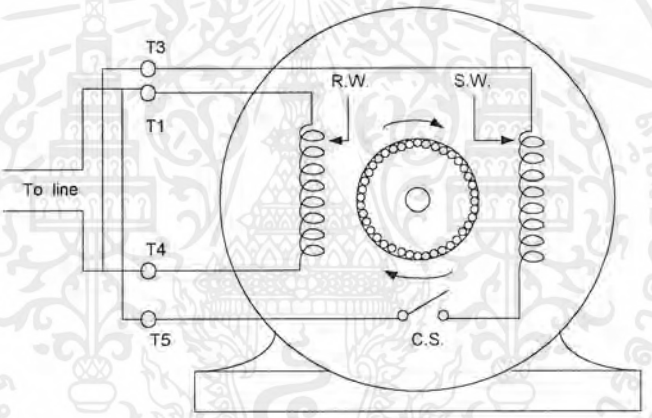
รูปที่ 2.18 วิธีต่อขดรันและขดสตาร์ทร่วมกับสวิตช์เซนตริฟูกัล

วิธีการต่อมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางนั้นกระทำได้คือ โดยการสลับปลายสายของขดลวดเพียงคู่หนึ่งคู่ใดเพียงคู่เดียว เช่นสลับปลายสายของขดสตาร์ท ส่วนปลายสายของขดรันให้คงต่อเหมือนเดิม หรือสลับปลายสายของขดรัน ส่วนปลายสายของทดสอบให้คงต่อเหมือนเดิม จากรูปที่ 2.19 สมมุติว่าวิธีต่อแบบนี้ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา แต่ถ้าปลายสายของทดสอบดังรูปที่ 2.20 จะทำให้มอเตอร์หมุนในอีกทิศหนึ่งคือตามการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา ตามปกติแล้วต้องต่อมอเตอร์ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อหันด้านที่มีเพลาให้อยู่ตรงข้ามกับผู้ที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
37171



รูปที่ 2.19 วิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมุติว่าหมุนทวนเข็มนาฬิกา



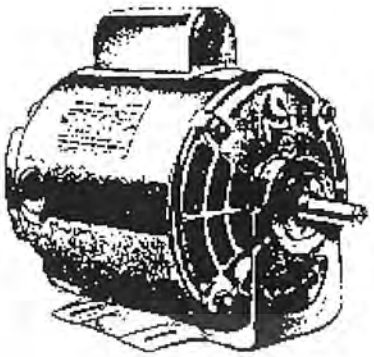
รูปที่ 2.20 วิธีต่อขดลวดมอเตอร์แล้วสมมุติว่าหมุนตามเข็มนาฬิกา

2.5.2 มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (Capacitor motor)

มอเตอร์คาปาซิเตอร์จะมีขนาดตั้งแต่ 1/20 ถึง 10 แรงม้า และมีใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น เครื่องทำความเย็น เครื่องซักผ้า ปั๊ม เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

1) ส่วนวนประกอบ มอเตอร์แบบนี้มีส่วนประกอบเหมือนกับมอเตอร์สปลิทเฟสดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ สเตเตอร์ ,โรเตอร์ , ฝาครอบ และสวิตช์เซนตริฟูกัล นอกจากนี้แล้วจะมีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมาอีกโดยทั่วๆไปแล้วคาปาซิเตอร์จะติดอยู่ด้านบนของตัวมอเตอร์ มีฝาครอบมิดชิดลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์ดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ลักษณะของมอเตอร์คาปาซิเตอร์

2) คาปาซิเตอร์ คาปาซิเตอร์ที่ใช้ร่วมกับมอเตอร์แบบนี้มีหลายแบบด้วยกัน ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงคาปาซิเตอร์แต่ละแบบให้เข้าใจเสียก่อนดังนี้

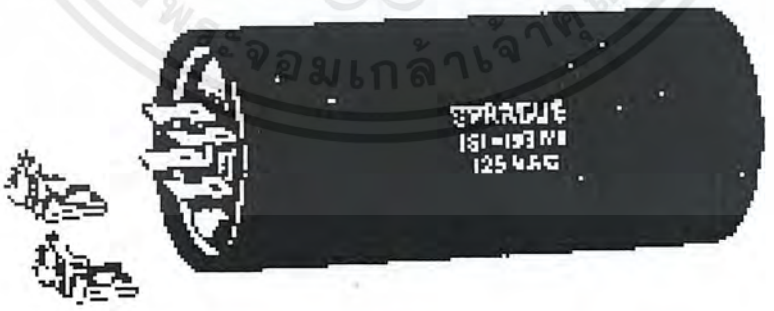
คาปาซิเตอร์ทำด้วยแผ่นโลหะตัวนำซึ่งปกติจะใช้แผ่นอลูมิเนียมสองแผ่นวางขนานกันแล้วเอาฉนวนไฟฟ้าวางคั่นกลางเพื่อไม่ให้แผ่น อะลูมิเนียมทั้งสองต่อถึงกันทางไฟฟ้า ฉนวนไฟอาจจะเป็นกระดาษหรือผ้าก๊อส แล้วม้วนแผ่นตัวนำทั้งสองและฉนวนคั่นกลางไปพร้อมกัน อาจจะม้วนให้มีรูปทรงกระบอกหรือรูปสี่เหลี่ยมก็ได้แล้วบรรจุลงในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่องพลาสติก ต่อสายไฟออกจากแผ่นตัวนำทั้งสองเพื่อนำไปต่อร่วมกับขดลวดมอเตอร์ต่อไป ซึ่ง คาปาซิเตอร์นี้มีคุณสมบัติที่จะเก็บประจุไฟฟ้าได้ และทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนำหน้าแรงดันที่ป้อนให้ 90 องศาไฟฟ้า ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นตัวนำเรียกว่าไดอิเล็กตริก คาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์มีสองชนิดด้วยกันคือ

2.1) คาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน (Oil - filled Capacitor) คาปาซิเตอร์ชนิดนี้ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นตัวนำทำด้วยแผ่นกระดาษบางๆ ชุบด้วยน้ำมันฉนวนไฟฟ้า แล้วม้วนทั้งแผ่นตัวนำและแผ่นกระดาษที่ชุบด้วยน้ำมันให้มีรูปทรงกระบอกหรือรูปสี่เหลี่ยม แล้วบรรจุลงในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่องพลาสติกที่บรรจุด้วยน้ำมัน ดังรูปที่ 2.22 คาปาซิเตอร์ชนิดนี้สามารถต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 ลักษณะของคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน

2.2) คาปาซิเตอร์ชนิดอีเล็กทรอไลติก (Electrolytic Capacitor) ฉนวนคั่นกลางระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมทั้งสองจะทำด้วยผ้าก๊อสชุบด้วยสารเคมีที่เรียกว่าอีเล็กทรอไลท์จนอิ่มตัว อิเล็กทรอไลท์จะสร้างไขขึ้นมาคั่นกลางระหว่างแผ่นอลูมิเนียมทั้งสอง ซึ่งไขที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นฉนวนไฟฟ้าด้วย แล้วจึงม้วนทั้งแผ่นตัวนำและฉนวนไปพร้อมกันให้มีรูปทรงกระบอก หรือรูปสี่เหลี่ยมแล้วบรรจุลงในกล่องอะลูมิเนียมหรือกล่องพลาสติกหรือกล่องกระดาษชนิดดี ดังรูปที่ 2.23 คาปาซิเตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถต่อร่วมอยู่กับวงจรไฟฟ้าเป็นเวลานานๆได้ ปกติแล้วจะต่ออยู่ในวงจรในช่วงเวลา 2-3 วินาทีเท่านั้น

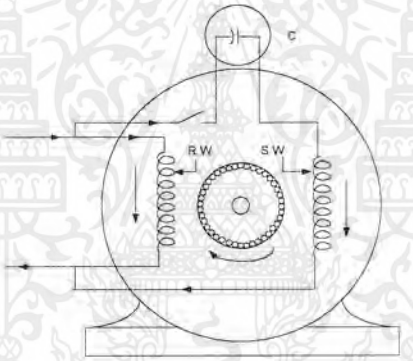


รูปที่ 2.23 ลักษณะคาปาซิเตอร์แบบอิเล็กทรอไลติก

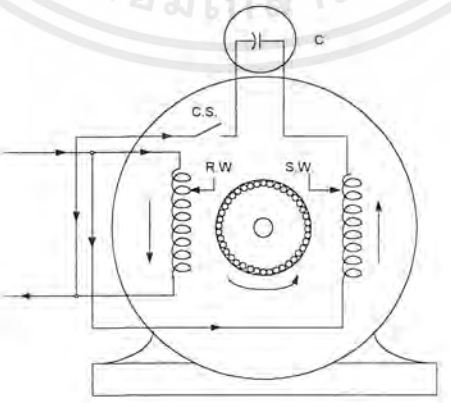
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์คาปาซิเตอร์มีสามแบบด้วยกันคือ

3) มอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor Start Motor) มีส่วนประกอบเหมือนกับมอเตอร์สปลิทเฟสทุกประการ และเพิ่มค่าคาปาซิเตอร์ขึ้นมาอีกหนึ่งอย่าง การที่มีค่าคาปาซิเตอร์เพิ่มเข้ามาในวงจรมอเตอร์ก็เพื่อเพิ่มแรงบิดตอนสตาร์ทให้สูงขึ้น คาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ร่วมกับวงจรทดสอบโดยต่ออันดับเข้ากับหน่วยที่จะทดสอบ ดังนั้น คาปาซิเตอร์ที่ใช้จึงเป็นชนิดอิเล็กทรอไลติก เพราะต้องการให้ต่ออยู่ในวงจรเพียงช่วงเวลาสตาร์ทเท่านั้นวงจรแสดงการต่อคาปาซิเตอร์ ร่วมกับทดสอบจะเห็นได้ดังรูปที่ 2.24 จากรูปที่ 2.24 นี้ เป็นการต่อมอเตอร์ให้หมุนในทิศทางหนึ่ง สมมุติว่าทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้าจะต่อให้หมุนในอีกทิศทางหนึ่งหรือสวนทางกับครั้งแรกก็ต่อกับรูปที่ 2.25 โดยการสลับปลายสายของขดลวดชุดใดชุดหนึ่งเพียงขดเดียว จากรูปที่ 2.25 จะสลับปลายของขดสตาร์ท



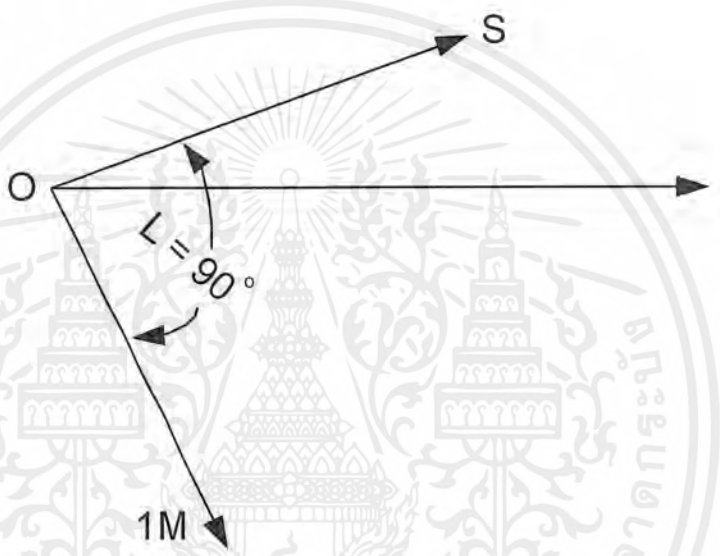
รูปที่ 2.24 วิธีต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับทดสอบและให้หมุนในทิศทางหนึ่ง



รูปที่ 2.25 วิธีต่อมอเตอร์คาปาซิเตอร์ให้หมุนสวนทางกับรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เมื่อป้อนแรงดันให้กับมอเตอร์สปลิทเฟสแล้วกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดรันจะล้าหลังแรงดันเป็นมุมใหญ่ แต่ยังไม่ถึง 90 องศาไฟฟ้า และกระแสที่ไหลผ่านขดรันและขดสตาร์ทจะมีมุมต่างเฟสกันประมาณ 30-50 องศาไฟฟ้าเท่านั้น ดังนั้นการที่ต่อคาปาซิเตอร์เข้ากับวงจรจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขดสตาร์ทนำหน้าแรงดันและทำให้กระแสขดสตาร์ทและกระแสขดรันมีมุมต่างเฟสมากขึ้นเกือบ 90 องศาไฟฟ้า จึงเป็นเหตุทำให้แรงบิดขณะสตาร์ทสูงขึ้น เวกเตอร์แสดงมุมต่างเฟสของกระแสขดสตาร์ทและขดรันดังรูปที่ 2.26

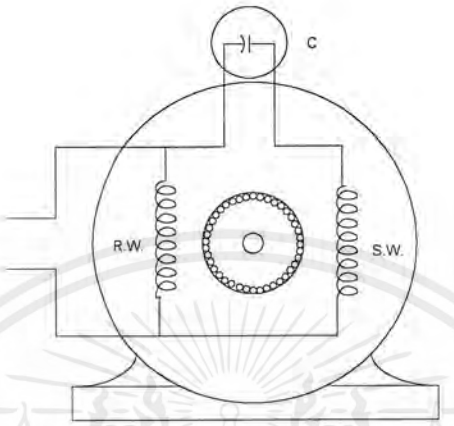


รูปที่ 2.26 เวกเตอร์ไดอะแกรมแสดงมุมต่างเฟสของกระแสขดสตาร์ทและกระแสขดรันเมื่อต่อคาปาซิเตอร์อันดับกับขดสตาร์ท

การที่กระแสไฟที่ไหลผ่านทดสอบและขดรันมีมุมต่างเฟสกันเกือบ 90 องศาไฟฟ้านั้นก็จะสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นมาที่สเตเตอร์เหมือนกับมอเตอร์สองเฟสดังที่ได้กล่าวมาแล้ว มอเตอร์แบบนี้จะให้แรงบิดเริ่มเดินสูงกว่ามอเตอร์สปลิทเฟส แต่ทั้งนี้ค่าของคาปาซิเตอร์จะต้องมีค่าที่เหมาะสมด้วย นอกจากทำให้แรงบิดตอนเริ่มเดินสูงขึ้นแล้ว จะทำให้กระแสในตอนเริ่มเดินลดลง และเพาเวอร์แฟคเตอร์ของมอเตอร์สูงขึ้นด้วย มอเตอร์แบบนี้จะนำไปใช้กับตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เตาเผาน้ำมัน และใช้แทนมอเตอร์สปลิทเฟสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) มอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท-คาปาซิเตอร์รัน (Capacitor Start Capacitor Run Motor)



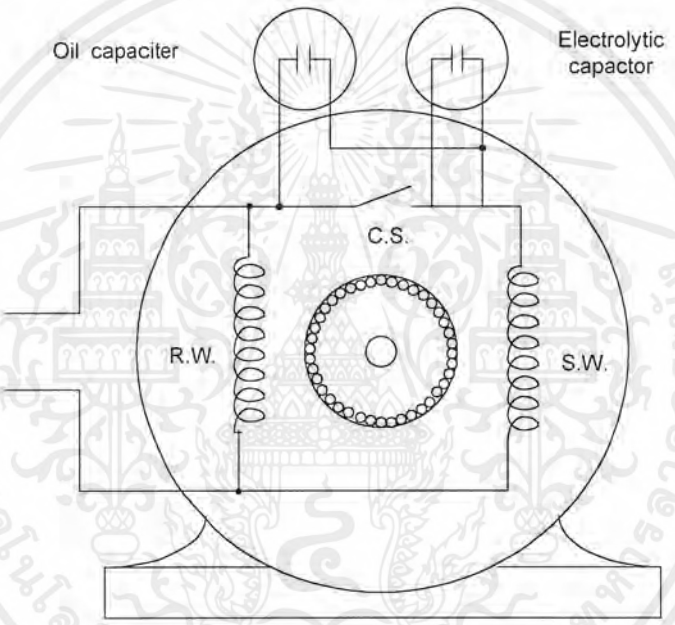
รูปที่ 2.27 วิธีต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับขดลวดมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทคาปาซิเตอร์รัน

คาปาซิเตอร์ชนิดที่ใช้จะเป็นชนิดบรรจุน้ำมัน (Oil – Filled) และต่ออันดับกับขดสตาร์ทตลอดเวลา ดังรูปที่2.27โดยไม่มีสวิตช์เซนตริฟูกัลเหมือนกับมอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท ดังนั้นขณะเริ่มเดินตลอดจนมอเตอร์ทำงานเต็มพิกัดจะมีคาปาซิเตอร์ต่อร่วมกับขดสตาร์ทตลอดเวลา จึงทำให้แรงบิดทั้งขณะสตาร์ทและเวลาทำงานดีสม่ำเสมอโดยตลอด และเพาเวอร์แฟคเตอร์ขณะทำงานที่โหลดเต็มพิกัดจะมีค่าเกือบ 100% มอเตอร์แบบนี้จะมีใช้กับเตาเผาน้ำมัน , เครื่องจักรสำหรับงานไม้ ,เครื่องจักรสำหรับงานโลหะหรือพัดลมบางชนิด ขณะทำงานจะไม่มีเสียงดังเหมือนมอเตอร์แบบอื่น มอเตอร์จะหมุนเรียบมาก สำหรับการต่อให้หมุนกับทิศทางนั้นสามารถปฏิบัติได้เช่นเดียวกับมอเตอร์สปลิทเฟสและมอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท ขดลวดชุดสตาร์ทและชุดรันจะพันด้วยเส้นลวดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

5) มอเตอร์คาปาซิเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สองค่า (Two-Value Capacitor Motor) คาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์แบบนี้มีทั้งชนิดบรรจุน้ำมันหรือ Oil Filled capacitorและชนิดอิเล็กทรอไลติกโดยที่คาปาซิเตอร์ทั้งสองตัวนี้จะต่อขนานกันก่อนแล้วจึงนำไปต่ออันดับกับขดสตาร์ทของมอเตอร์คาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอไลติกจะต่ออันดับกับกันสวิตช์เซนตริฟูกัลก่อนที่จะต่อขนานกับคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน จะเห็นวิธีต่อดังรูปที่ 2.28 ดังนั้นคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมันจะต่ออันดับอยู่กับวงจรขดสตาร์ทตลอดเวลาที่มอเตอร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนคาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอไลติกจะต่ออันดับอยู่กับขดสตาร์ทก็เฉพาะในช่วงสตาร์ทเท่านั้น แต่พอความเร็วของมอเตอร์ได้ 75% ของความเร็วเต็มพิกัดแล้ว สวิตช์เซนตริฟูกัลก็จะปลดคาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอไลติกออกและขนาดของเส้นลวดทองแดงที่ใช้พันขดสตาร์ทมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นลวดทองแดงที่ใช้พันขดรันเหมือนมอเตอร์คาปาซิเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทคาปาซิเตอร์รันสำหรับการต่อให้หมุนกับทิศทางนั้นสามารถปฏิบัติได้เช่นเดียวกับมอเตอร์คาปาซิเตอร์ชนิดอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แรงบิดสตาร์ทดีมากและแรงบิดขณะทำงานก็ดีด้วย มอเตอร์ชนิดนี้นำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับมอเตอร์คาปาซิเตอร์ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว

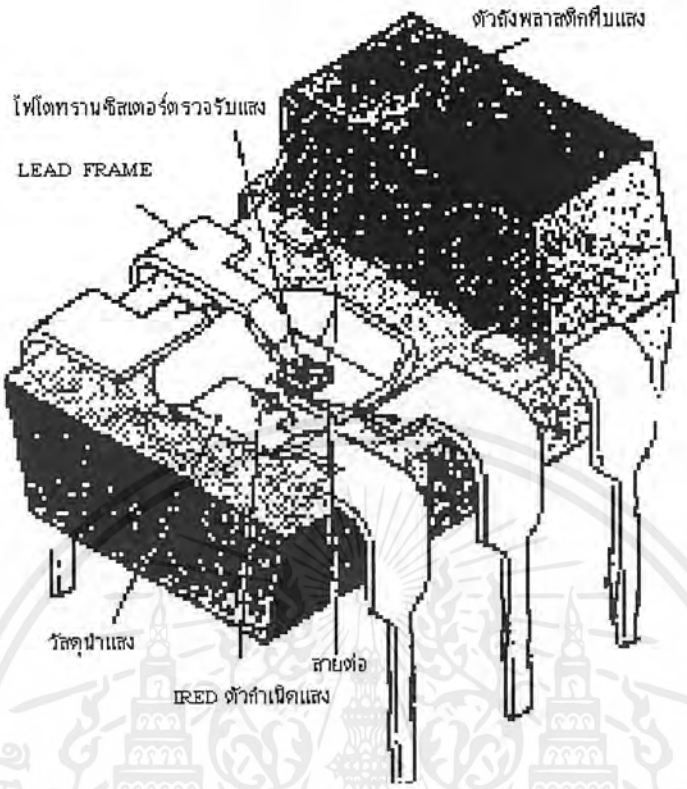


รูปที่ 2.28 การต่อคาปาซิเตอร์ร่วมกับขดลวดมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สองค่า

2.6 ตัวเชื่อมต่อผ่านแสง (Optocoupler)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรสองส่วนที่มีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน ที่จำเป็นต้องมีการแยกกันของวงจรทั้งสองส่วนนี้อย่างเด็ดขาด เช่น ใช้ในวงจรเปลี่ยนค่าระดับลอจิกระหว่าง วงจร ใช้กับสัญญาณ รบกวนที่จะส่งผ่านจากวงจรหนึ่งไปยังวงจรอื่น แยกระดับลอจิกของวงจรออกจากแรงดัน 220VAC และใช้ในการแก้ปัญหาวงรอบของดิน (Ground Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ภาพตัดขวางแสดงภายในของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์

การใช้งานตัวเชื่อมต่อผ่านแสง จะสามารถใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณที่เป็นกระแสตรงได้ดี โดยที่ยังคงความสามารถในการแยกวงจรอินพุตและเอาต์พุตออกจากกันทางไฟฟ้าได้ ในบางกรณีก็จะนำไปใช้แทนรีเลย์หรือหม้อแปลงของวงจรดิจิตอลได้

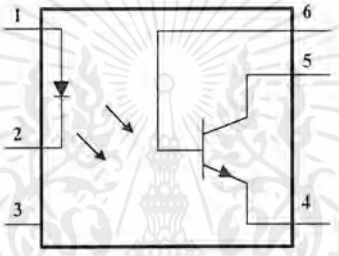
2.6.1 พื้นฐานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง

โครงสร้างของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสงที่เป็น LED เปร่งแสงอินฟาเรด (ปกติจะสร้างจากสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนต์) เพื่อส่งแสงไปยังตัวรับแสงแบบซิลิคอน (Silicon Photo detector) ที่เป็นได้ทั้ง โฟโตทรานซิสเตอร์ , โฟโตไดโอดหรืออุปกรณ์ไวแสงอื่น ๆ ที่ทั้งหมดนี้ประกอบอยู่ในตัวถังแบบทึบแสงเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกมารบกวน ดังที่แสดงได้ในรูปที่ 2.65 ที่เป็นภาพตัดขวางแสดงภายในของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบ 1 แชนเนล ในตัวถังแบบ DIP 6 ขา อินฟาเรด LED หรือ IRED ที่ใช้เมื่อกระแสไฟไหลผ่าน (ไบแอสตรง) จะเปล่งแสง อินฟาเรดในช่วงความยาวคลื่น 900 – 940 นาโนเมตร ตัวรับแสงจะเป็น โฟโตทรานซิสเตอร์แบบ NPN ที่ไวต่อแสงความยาวคลื่น 900 – 940 นาโนเมตร เช่นกัน ทั้งตัว IRED และโฟโตไดโอดจะถูกสร้างบนดาร์หรือชิพ (die หรือ chip) ตัวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้แผ่นชิพของอุปกรณ์แล้วก็จะนำมาประกอบบน Load Frame ที่สร้างจากการนำแผ่นโลหะบางมาให้เป็นรูปแบบต่างๆ โดยส่วนของ Load Frame ที่ต่อภายในจะเป็นฐานรองของ ตัวชิพ ส่วนที่อยู่ภายนอกก็จะเป็นขาต่อของอุปกรณ์ที่ในกรณีนี้ก็จะเป็นขาตัวถังแบบ DIP

หลังจากที่ได้เดินสายต่อจากตัวชิพไปยังขาต่อ (Load Frame) จะเทเรซินโปร่งแสงอินฟาเรดรอบๆ ตัวอุปกรณ์บนชิพทั้งสอง เพื่อให้เป็นช่องให้แสงผ่านหรือ ท่อนำคลื่นแสง (Optical Waveguide) แล้วนำอุปกรณ์ที่ได้ไปหล่อด้วยอีพอกซ์ซึ่งทึบแสงให้เป็นรูปตัวถังแบบ DIP แล้วจึงงอส่วนของขาต่อลงให้เป็นตัวถังแบบ DIP ที่สมบูรณ์แบบ



รูปที่ 2.30 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์

รูปที่ 2.30 เป็นไดอะแกรมของขาต่อ (Pin Diagram) ของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบโฟโตทรานซิสเตอร์ตัวถังแบบ DIP 1 แชนเนลที่เป็นแบบยอดนิยม สาเหตุที่เรียกอุปกรณ์พวกนี้ว่าเป็น "ตัวเชื่อมต่อผ่านแสง" เนื่องจากพลังงานที่ส่งผ่านจากอินพุต (IRED) ไปยังเอาต์พุต (โฟโตทรานซิสเตอร์)จะเป็นแสงอินฟาเรด ส่วนที่เรียกว่าเป็น "อุปกรณ์แยกวงจรทางแสง" (Optoisolator)เนื่องจากไม่มีกระแสไฟฟ้าส่งผ่านระหว่างวงจรทั้งสอง(ระหว่างตัวกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสงจะเป็นฉนวน) นอกจากนี้แล้วยังมีชื่ออื่นๆ อีก เช่น Photocoupler หรือ Photon Coupled Isolator

จากตัวถังแบบ DIP 6 ขา ของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง ที่ขา 6 จะเป็นขาเบสของโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งตามการใช้งานปกติจะปล่อยว่างไว้ ส่วนขา 3 เป็นขาว่าง ในการใช้งานสามารถนำโฟโตทรานซิสเตอร์นี้มาใช้เป็นโฟโตไดโอดโดยการนำขาเบส (ขา 6) มาต่อกับขาอิมิตเตอร์ (ขา 4) ซึ่งถ้าเป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่เป็นตัวถังแบบ DIP 4 ขา หรือเป็นแบบหลายแชนเนลที่ไม่ได้ต่อขาเบสให้ ก็ไม่สามารถทำได้ ตามปกติแล้วตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไดโอดจะใช้งานกับงานที่ต้องการแบนด์วิดช์กว้างและวงจรความเร็วสูง เช่น อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ประสิทธิภาพการเชื่อมต่อที่ต่ำมาก (โฟโตไดโอดจะมีประสิทธิภาพต่ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

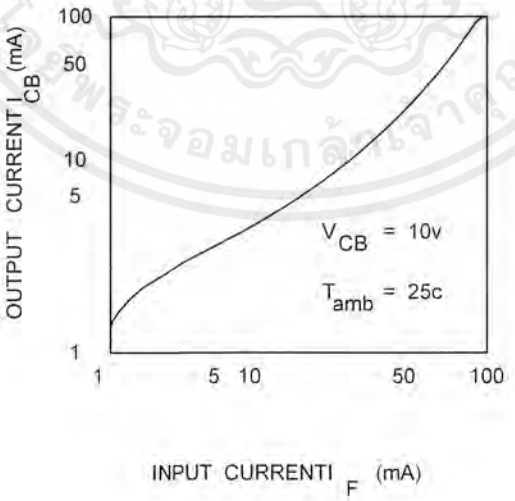
รายชื่อของบริษัทผู้ผลิตตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบใช้งานทั่วไป ได้แก่ Motorola ,Sharp Electronic Corp และ Sicmens Component , Inc ส่วนบริษัท Optek Technology จะจำหน่ายเป็นโมดูลของ Optointerrupter และ Optoreflector ส่วนของ Hewlett-Packards จะเน้นไปที่ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่ใช้ในวงจรสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงมาก ๆ และงานพิเศษ

2.6.2 คุณสมบัติของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง

ค่าคุณสมบัติที่สำคัญที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการเชื่อมต่อผ่านแสงของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงก็จะเป็นค่า อัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CTR : Current Transfer Ratio) ที่เป็นอัตราส่วนของกระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตที่ค่ากระแสไบแอสที่กำหนดไว้ที่มีสมการดังนี้ $CTR = (I_{CEO})/(I_F) \times 100\%$ หน่วยเป็นเปอร์เซนต์ ค่าอัตราส่วนการส่งผ่านกระแสจะมีค่าสูงสุดเมื่อแสงอินฟาเรดของ IRED มีความถี่ (หรือสเปกตรัม) ตรงกับตัวรับแสงที่เอาต์พุท

ตัวอย่างที่ CTR 100% หมายความว่า เมื่อป้อนกระแสให้ IRED 1 mA ก็จะได้กระแสเอาต์พุต 1 mA ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีค่า CTR ต่ำสุดอยู่ในช่วง 20 – 100 % ค่า CTR นอกจากจะขึ้นกับค่ากระแสอินพุตและเอาต์พุตขณะทำงานแล้วยังจะขึ้นกับแรงดันที่ป้อนให้โฟโตทรานซิสเตอร์

รูปที่ 2.31 เป็นกราฟแสดงค่ากระแสเอาต์พุต (I_{CB}) ของโฟโตทรานซิสเตอร์ ต่อกระแสอินพุต (I_F) ของ IRED ของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงโฟโตทรานซิสเตอร์เอาต์พุตแบบทั่วไป ขณะที่แรงดันตกคร่อมขาคอลเลคเตอร์และขาเบส (V_{CB}) มีค่า 10 V



รูปที่ 2.31 การแสดงค่ากระแสเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์แบบทั่วไปที่แรงดัน V_{CB} 10 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติอื่นที่สำคัญที่มีการระบุไว้ ได้แก่

1) Isolation (V_{ISO}) (ค่าแรงดันแบ่งแยก) เป็นค่าแรงดันไฟสลับ (AC) สูงสุดที่สามารถตกคร่อมระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของวงจรโดยยังไม่ทำอันตรายต่ออุปกรณ์ สำหรับตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ จะมีค่า 500 V – 50 kV RMS

2) V_{CE} เป็นค่าแรงดันกระแสตรงสูงสุด ที่สามารถตกคร่อมที่โฟโตทรานซิสเตอร์ส่วนเอาต์พุต สำหรับตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์มีค่าอยู่ในช่วง 30 –70 V

3) If ค่ากระแสที่สูงสุดแบบต่อเนื่องที่สามารถไหลผ่าน IRED ได้ สำหรับตัวเชื่อมต่อผ่านเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์มีค่า 40 – 100 mA

4) Rise Time และ Fall Time เป็นค่าเวลาขอบขาขึ้นและขอบขาลงของพัลซ์ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าแบนด์วิดช์ของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงสำหรับตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ จะมีค่า Rise Time และ Fall Time 2-5 μs

2.6.3 มาตรฐานทางอุตสาหกรรม

เนื่องจากมีโรงงานที่ผลิตตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นจะต้องมีการกำหนดให้มีมาตรฐาน เช่น กำหนดลักษณะตัวถังและขาต่อที่เหมือนกัน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.29 และ 2.30 ที่เป็นมาตรฐานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์แบบ DIP 6 ขา นอกจากนี้ ยังมีบางส่วนที่เป็นแบบ DIP 4 ขา หรือเป็นแบบติดตั้งพื้นผิว

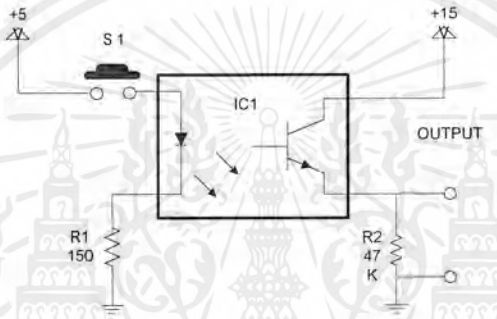
ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบหลายแชนเนลที่มีตัวสั่ง และ รับแสงหลายชุดรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน ที่มีจำหน่ายก็จะเป็นแบบสองและสี่ แชนเนล โดยจะมีวงจรเหมือนดังรูปที่ 2.30 หลาย ๆ ชุดมาต่อรวมในตัวถังเดียวกัน ยกเว้นที่ไม่ได้มีการต่อขาเบสออกมาให้ใช้ ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบหลายแชนเนลจะมีข้อดีตรงที่ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าและความร้อนที่ใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากการที่ต้องวางตัวชิพของตัวส่งและรับลงในตัวถังเดียวกันที่อยู่ใกล้กันมาก

ทาง JEDEC ได้กำหนดมาตรฐานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง โฟโตทรานซิสเตอร์เอาต์พุตแบบหนึ่งแชนเนลราคาถูก โดยการกำหนดให้มีตัวนำเป็น “4N” ที่ได้แก่ 4N25 – 4N28 และ 4N35 – 4N37 และอาจจะมีบางบริษัทได้พัฒนาปรับปรุงบางส่วนเพิ่มและได้ผลิตจำหน่ายในชื่อที่ต่างกันออกไป

เนื่องจากในบางกรณีที่ใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงกับวงจรที่ใช้กับไฟบ้าน (AC) จึงต้องมีการทดสอบเรื่องความปลอดภัยโดยมีหน่วยงานทดสอบที่มีชื่อได้แก่ Under–writter Laboratories (UL) และ Canadian Standards Association (CSA) ที่ผู้ผลิตตัวเชื่อมต่อผ่านแสงจะผลิตตามมาตรฐานที่กำหนดให้นอกจากนี้อาจมีบางส่วนที่ผลิตตามมาตรฐานของ Verband Deutsh Electrotechniker (VDE) ของประเทศเยอรมัน ซึ่งจำเป็นมากสำหรับสินค้าที่จะจำหน่ายในประเทศแถบยุโรป

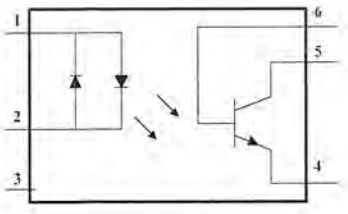
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.32 เป็นตัวอย่างวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบง่ายๆ ที่สามารถควบคุมกระแสของโฟโตทรานซิสเตอร์ได้โดยการควบคุมกระแสที่ไหลผ่าน IRED โดยที่วงจรทั้งสองส่วนนี้แยกจากกัน การทำงานเมื่อ S1 เปิดวงจรไม่มีกระแสไหลผ่าน IRED IRED ไม่ทำงานไม่มีพลังงานแสงส่งไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานไม่มีกระแสไหลเป็นเสมือนการเปิดวงจรทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเอาต์พุต R2 มีค่า เป็น 0 โวลท์ เอาต์พุตเป็น 0 โวลท์ เมื่อ S1 ปิดวงจรมีกระแสไหลผ่าน IRED และ R1 ทำให้มีแสงอินฟาเรดตกกระทบ โฟโตทรานซิสเตอร์ทำให้นำกระแส มีค่าแรงดันเอาต์พุตตกคร่อม R2



รูปที่ 2.32 วงจรการต่อใช้งานตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์

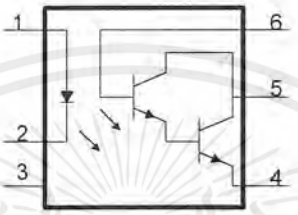
จากวงจรอย่างง่ายในรูปที่ 2.32 ที่ทำงานแค่เปิดปิดสัญญาณเท่านั้น (หรือทำงานเป็นวงจรดิจิตอลที่มี 2 สถานะ) แต่จะสามารถปรับปรุงวงจรให้ทำงานในแบบแอนาลอกที่รับอินพุตและให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณต่อเนื่องได้ ซึ่งในกรณีนี้ตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ก็จะมีอัตราขยาย ดังที่จะอธิบายในส่วนท้ายของบทความนี้



รูปที่ 2.33 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์
ที่มีอินพุตเป็นกระแสสลับ (AC INPUT)

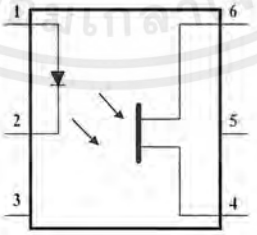
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงอีก 6 ตัวที่แสดงในรูปที่ 5 – 10 เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงแบบต่าง ๆ ที่อินพุตเป็น IRED ส่วนเอาต์พุตเป็นตัวตรวจจับแสงแบบต่างๆ เริ่มที่รูปที่ 2.33 เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ที่รับอินพุตได้สองทิศทาง ที่อินพุตเป็น IRED แบบเกลเลี่ยมอาร์เซไนต์สองตัวที่ขนานสลับข้าง เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงสัญญาณกระแสสลับได้หรือเพื่อป้องกันอินพุตจากการต่อกลับขั้วโดยจะมี CTR ค่า ต่ำสุดโดยทั่วไป 20 %



รูปที่ 2.34 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์

รูปที่ 2.34 เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ ที่มีค่าอัตราขยายที่สูงมาก ทำให้ได้กระแสเอาต์พุตมากกว่าแบบโฟโตทรานซิสเตอร์ธรรมดา โดยทั่วไปจะมี CTR ค่าต่ำสุด ที่แรงดันตกคร่อมขาคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ที่ 30 – 35 V) ถึง 500% ซึ่งมากเป็น 10 เท่าของแบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ธรรมดา แต่ข้อเสียตรงที่ความไวในการทำงานก็จะลดลง 10 เท่าตามไปด้วย ทำให้ไม่สามารถใช้กับวงจรที่มีความเร็วสูงได้ โดยได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์นี้ในเบอร์ 4N29-4N33 และ 6N138-6N139 และยังมีจำหน่ายในแบบที่เป็น 2 หรือ 4 แชนเนลด้วย

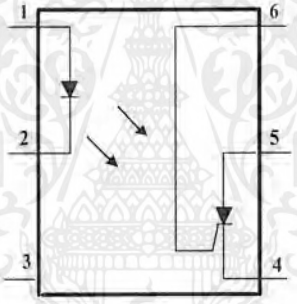


รูปที่ 2.35 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตเชิงเส้นนำกระแสได้สองทาง ให้สังเกตที่เอาต์พุตจะเป็น MOSFET

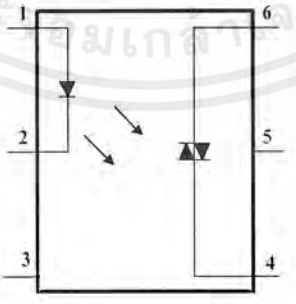
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.35 เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตเชิงเส้นสองทิศทาง ที่ส่วนเอาต์พุต กระแสสามารถไหลได้สองทิศทาง ที่มีอินพุตเป็น IRED เอาต์พุตเป็น MOSFET โดยทั่วไปจะมีค่า isolating voltage 2500 VRMS แรงดันพังทลาย (Brcakdown voltage) 15-30 V ค่าเวลาขอบขาขึ้นและขอบขาลง 15 us

ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่เอาต์พุตเป็นไทริสเตอร์จะมีอยู่สองแบบดังที่แสดงในรูปที่ 2.36 และ 2.37 โดยในรูปที่ 2.36 เป็นแบบเอาต์พุตเป็นโฟโตเอสซีอาร์ (Photo SCR หรือ Opto SCR) โดยทั่วไปจะมีค่า Isolating Voltage 1000 – 4000 VRMS , blocking voltage ต่ำสุด 200 – 400 V ค่ากระแสเทรินออนสูงสุด (Maximun Turnon current (I_{FT}) 10 mA ส่วนรูปที่ 2.37 เป็นแบบ เอาต์พุตเป็นโฟโตไตรแอค ส่วนของไทริสเตอร์เอาต์พุตโดยทั่วไปจะมีค่า Forward Blocking Voltage (V_{DRM}) ที่ 400V

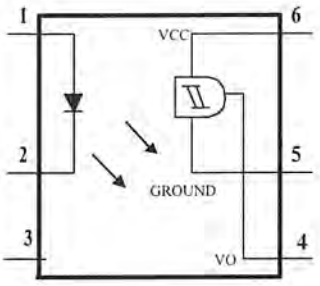


รูปที่ 2.36 ผังวงจรตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตเอสซีอาร์



รูปที่ 2.37 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 ผังวงจรของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตชมิตต์ –ทริกเกอร์

รูปที่ 2.38 เป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่เอาท์พุตเป็นชมิตต์-ทริกเกอร์ (chmitt trigger) ที่ส่วนเอาต์พุตจะเป็นไอซีแบบชมิตต์ ทริกเกอร์ที่มีการใช้ในวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณรูปคลื่นไซน์หรือรูปพัลส์รูปอื่นๆ ให้เป็นพัลซ์สี่เหลี่ยมที่เอาต์พุตที่เป็นส่วนประกอบหลักในวงจรกำเนิดคลื่น (multivibrator) ไอซีพวกนี้มีค่า isolation voltage 2500-4000V มีค่ากระแสเทรินออนจาก 1 - 10 mA แรงดันทำงานต่ำสุดสูงสุดที่ 3 – 26 V ใช้งานกับพัลส์แบบ NRZ (Non Return to Zero) ความเร็วสูงสุด 1 MHz

2.7 โซ่

การขับด้วยโซ่มีใช้อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (Sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มีการสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

เนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไว้ใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ

การขับด้วยโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับด้วยสายพานและการขับด้วยเฟือง ทางด้านราคาสมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมกันหลาย ๆ เพลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีการขับด้วยโซ่

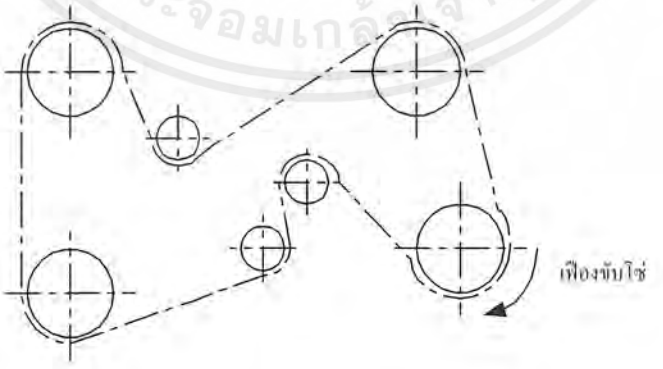
1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของแบริ่งที่รองเพลาเพิ่มมากขึ้น
3. ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
4. มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพานและถ้าต้องการการส่งกำลังเท่ากัน ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
5. ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น
6. ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับด้วยโซ่

1. มีเสียงดัง
2. เนื่องจากความเร็วขอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลาจะต้องขนานกัน
4. ส่งกำลังแบบครอสไดรว์ไม่ได้
5. มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน
6. ต้องมีการหล่อลื่น

2.7.1 การใช้งาน

จากรูปที่ 2.39 จะพบว่า ในการขับด้วยโซ่อาจขับเพียงหนึ่งเฟืองโซ่



รูปที่ 2.39 แสดงการขับเพลาหลายเพลาโดยการใช้โซ่เพียงหนึ่งเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือหลายเฟืองโซ่ก็ได้ และอาจหมุนในทิศทางเดียวกันกับเฟืองโซ่ขับหรือสวนทางกันได้ แต่อย่างไรก็ตามมีข้อสมมติฐานว่าเฟืองโซ่จะต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน และเพลาจะต้องขนานกันและอยู่ในแนวระดับด้วย ความเร็วขอบของเฟืองโซ่สามารถใช้ได้ถึง 20 – 25 m/s

สิ่งจำกัดในการส่งกำลังด้วยโซ่เมื่อใช้งานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงก็คือการสึกหรอของข้อต่อ และความต้านแรงล้า (Fatigue Strength) ของวัสดุชิ้นส่วนโซ่ นอกจากนี้แล้ว ถ้าใช้งานด้วยความเร็วสูงจะต้องคำนึงถึงแรงที่จะเกิดขึ้นในโซ่ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางในการขับโดยใช้โซ่หลายเส้นขนานกันเป็นสองชั้น (Double Strand) หรือสามชั้น (Triple Strand) อาจทำให้แรงที่กระทำกับโซ่ไม่กระจายไปเท่า ๆ กันตลอดความกว้างของโซ่ และถ้าหล่อลื่นไม่ดีพอ ก็จะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้โซ่สึกหรอได้มาก

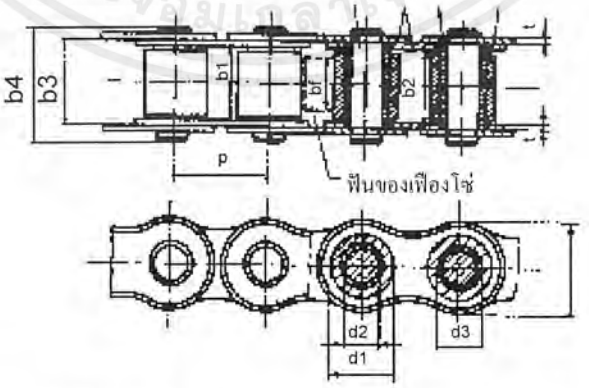
โซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่จะมีลักษณะคล้ายรูปหลายเหลี่ยมบนเฟืองโซ่ ทำให้แขนของแรงในแนวสัมผัสกับเฟืองโซ่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ส่งกำลัง นอกจากนี้ในระหว่างที่โซ่เคลื่อนที่โซ่เคลื่อนเข้าหาและเคลื่อนออกจากโซ่ ข้อต่อโซ่แต่ละข้อจะเกิดการหมุนเทียบกับข้อต่อโซ่ข้างเคียงเป็นมุม 2 α การหมุนนี้จะทำให้เกิดความเสียดทานขึ้น เป็นผลทำให้สูญเสียกำลังและโซ่สึกหรอ ผลต่อมาก็คือระยะพิตช์ของโซ่เพิ่มขึ้นจนอาจหลุดออกจากเฟืองโซ่ได้

2.7.2 ชนิดของโซ่

โซ่แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 3 ชนิดคือ

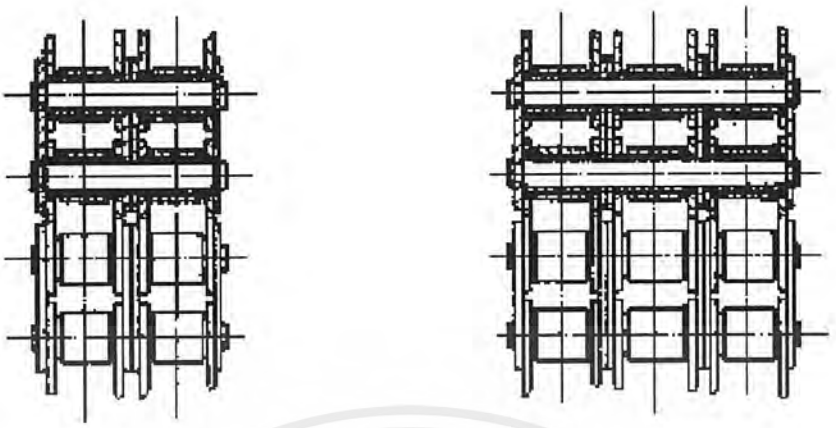
1) โซ่โรลเล่อร์ (Roller Chains)

โซ่ชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลัก และบูช (Bushes) โรลเล่อร์กลวงสวมอยู่กับบูช ดังรูปที่ 2.40 เมื่อใช้รับแรงมากอาจใช้แบบสองชั้นและสามชั้นดังรูปที่ 2.41



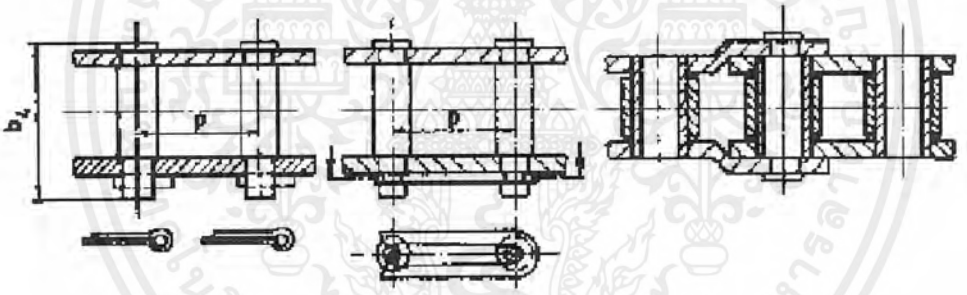
รูปที่ 2.40 โซ่โรลเล่อร์ : 1 สลัก , 2 แผ่นต่อด้านนอกและด้านใน ,
3 บูชที่อัดแน่นกับแผ่นต่อด้านใน , 4 โรลเล่อร์หมุนได้อิสระบนบูช 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 โซ่โรลเล่อร์สองชั้นและสามชั้น

ที่ปลายต่อกันของโซ่ อาจใช้อุปกรณ์ในการต่อดังรูปที่ 2.42

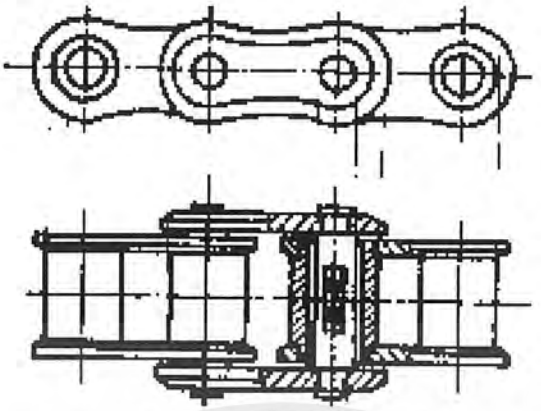


รูปที่ 2.42 ข้อต่อสำหรับโซ่โรลเล่อร์ จากด้านซ้ายต่อด้วยคอตเตอร์ฟิน ต่อด้วยสปริงรูปตัวยู และต่อด้วยข้อต่อแบบพิเศษ

2.) โซ่บูช (bushed chains)

โซ่ชนิดนี้แตกต่างกับโซ่โรลเล่อร์ก็ตรงที่ไม่มีโรลเล่อร์ (รูปที่ 2.43) ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้บูชและสลักมีขนาดใหญ่ได้มากกว่าโซ่โรลเล่อร์โดยที่ระยะพิตช์เท่ากัน โซ่บูชจึงรับแรงได้มากกว่าและแข็งแรงกว่า แต่เนื่องจากในการใช้งานจะเกิดเสียงดัง และการสึกหรอมาก โดยทั่วไปแล้วจึงนิยมใช่โซ่โรลเล่อร์มากกว่าโซ่บูช

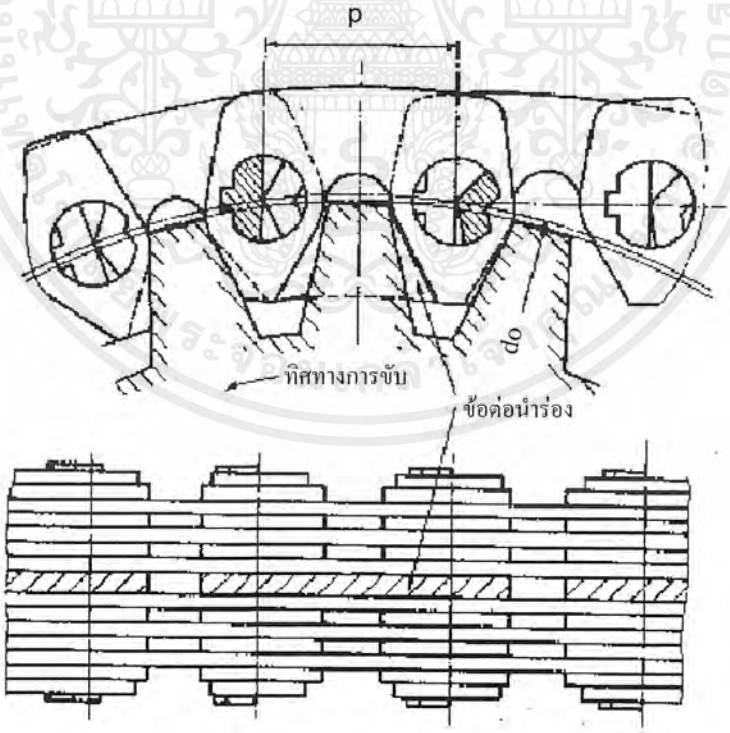
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 โซ่บูช

3) โซ่ฟัน (toothed chains)

โซ่ชนิดนี้อาจเรียกว่า silent chain ก็ได้ โซ่ฟันประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดติดกันด้วยสลักดังรูปที่ 2.44 แผ่นต่อแต่และแผ่นจะมีฟันสองฟัน ในขณะส่งกำลังข้อต่อ



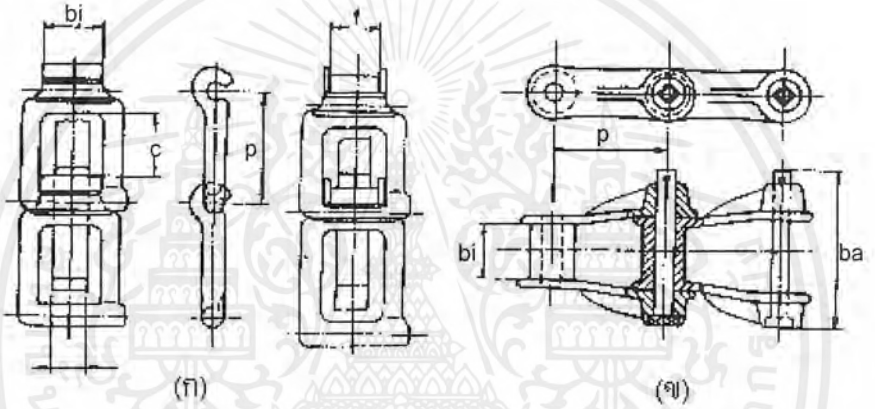
รูปที่ 2.44 โซ่ฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่จะทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของข้อโซ่ ทำให้โซ่แนบสนิทกับฟันบนเฟืองโซ่ จึงมีการสึกหรอน้อย ซึ่งเฟืองโซ่ควรจะมีฟันไม่น้อยกว่า 12 ฟัน โซ่ฟันใช้ขับด้วยความเร็วสูงกว่าโซ่โรลเล่อร์ทำงานได้โดยเกือบจะไม่มีเสียงดัง แต่มีน้ำหนักมากกว่าโซ่โรลเล่อร์ ราคาแพงกว่า และ ต้องการให้มีการบำรุงรักษาที่ดีกว่าโซ่โรลเล่อร์

4) โซ่ชนิดอื่น

เมื่อใช้ส่งกำลังด้วยความเร็วต่ำ (ไม่เกิน 2 m/s) หรืองานที่ไม่ต้องการความแม่นยำ เช่นในการขับเครื่องจักรกลการเกษตร ก็มักใช้โซ่ที่มีลักษณะเป็นพิเศษดังรูปที่ 2.45



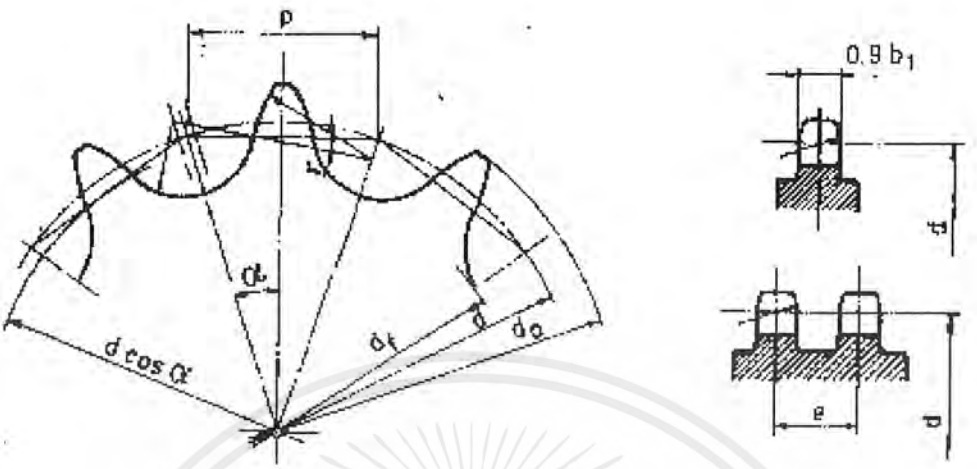
รูปที่ 2.45 โซ่ชนิดอื่น (ก) detachable joint chain (ข) steel pin chain

2.7.3 เฟืองโซ่

เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ d ดังรูปที่ 2.46 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ ซึ่งก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่ เซอร์คิวลาพิตช์ Pc ของวงกลมพิตช์ซึ่งวัดตามส่วนโค้งของวงกลมพิตช์ จึงมีค่ามากกว่าระยะพิตช์ p ของโซ่ สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์ α เป็นค่าคงที่ ซึ่ง

$$\sin\alpha = \frac{p}{d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



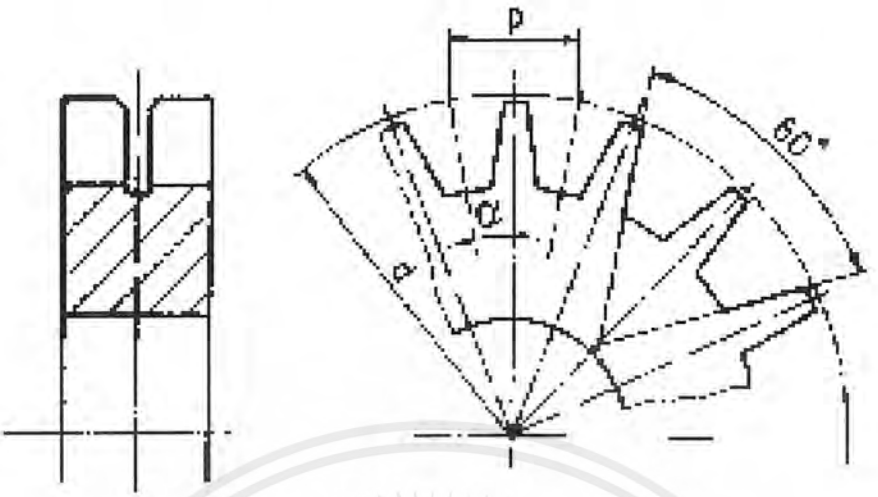
รูปที่ 2.46 เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเล่อร์และโซ่บูช

ลักษณะของเฟืองโซ่จะต้องทำให้การเคลื่อนที่ของโรลเล่อร์เป็นไปได้สะดวก ซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเล่อร์ได้ดังรูปที่ 2.47 นอกจากนี้อาจจะมีลักษณะแตกต่างไปอีกตามความต้องการของบริษัทผู้ผลิต เพื่อให้โซ่มีมุมกด γ ตามความต้องการ

รูปที่ 2.47 การเคลื่อนที่ของโรลเล่อร์ขณะส่งกำลัง

เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเล่อร์และโซ่บูชดังมุมกด γ โตมากจะทำให้โซ่ยืดออกใกล้เคียงกันทุกข้อ แต่จะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะขับมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.48 เฟืองโซ่สำหรับโซ่ฟัน

เฟืองโซ่สำหรับโซ่ฟัน มีฟันเป็นเส้นตรง มุมระหว่างฟันจะเท่ากับ 60 ปลายฟันจะทำให้มนเพื่อป้องกันการสึกหรอในขณะขับ

2.7.4 โซ่มาตรฐาน

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) ได้กำหนดมาตรฐานของโซ่โรลเล่อร์สำหรับใช้ส่งกำลังไว้ใน ISO/R 606-1967 (E) ซึ่งครอบคลุมถึงโซ่โรลเล่อร์ตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) และมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (ANST) โดยใช้อักษร B และ A ต่อท้ายเพื่อแสดงถึงที่มาของโซ่จากอังกฤษและสหรัฐอเมริกาตามลำดับ

การใช้ชื่อโซ่โรลเล่อร์ ISO กำหนดให้ใช้ตัวเลขสองตัวแทนระยะพิตช์ของโซ่โดยบอกเป็นจำนวนเศษในสิบหกส่วนของหนึ่งนิ้ว ตามด้วยอักษร B หรือ A แล้วตามด้วยตัวเลขหลังยติภังค์ (hyphen) ดังนี้คือ 1 แทนโซ่หนึ่งชั้น 2 แทนโซ่สองชั้น 3 แทนโซ่สามชั้น ตัวอย่างเช่น

โซ่โรลเล่อร์ ISO/R 606 16B-2 หมายความว่าโซ่โรลเล่อร์ที่มีระยะพิตช์เท่ากับ 16 / 16 คือ 1 in หรือ 25.40 mm เป็นโซ่ตามมาตรฐาน B และมีสองชั้น

ขนาดโซ่โรลเล่อร์มาตรฐาน ISO จะดูได้จากตารางที่ 2.2 และมวลของโซ่ต่อความยาว ดูได้จากตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 โซ่โรลเล่อร์ตามมาตรฐาน ISO / R 606 – 1976 (E)

โซ่	พิตช์	d_1	b_1	D_2	b_3	แรงแตกหัก Kn		
ISO	P	max	min	Max	min	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น
05B	8.00	5.00	3.00	2.31	4.90	4.51	7.85	11.18
06B	9.525	6.35	5.72	3.28	8.66	8.93	16.97	24.92
08A	12.70	7.95	7.95	3.96	11.31	13.83	27.66	41.50
08B	12.70	8.51	7.75	4.45	11.43	17.85	31.20	44.54
10A	15.875	10.16	9.53	5.08	13.97	21.78	43.56	65.33
10B	15.875	10.16	9.65	5.08	13.41	22.27	44.54	66.81
12A	19.05	11.91	12.70	5.94	17.88	31.20	62.39	93.59
12B	19.05	12.07	11.68	5.72	15.75	28.94	57.88	86.82
16A	25.40	15.88	15.88	7.92	22.74	55.62	111.25	166.87
16B	25.40	15.88	17.02	8.28	25.58	42.28	84.56	129.84
20A	31.75	19.05	17.02	8.28	25.58	42.28	84.56	129.84
20B	31.75	19.05	19.05	9.53	27.59	86.82	173.64	260.46
24A	38.10	22.23	19.56	10.19	29.14	64.55	129.10	193.65
24B	38.10	25.40	25.40	11.10	35.59	124.59	249.17	373.76
28A	44.45	25.40	25.40	14.63	38.05	97.90	195.81	293.71
28B	44.45	27.94	25.40	12.70	37.32	169.12	338.25	507.37
32A	50.80	28.58	30.99	15.90	46.71	129.10	258.20	387.30
32B	50.80	29.21	31.75	14.27	45.34	222.49	444.98	667.47
40A	63.50	36.68	30.99	17.81	45.70	169.12	338.25	507.37
40B	63.50	39.37	38.10	19.84	55.02	347.08	694.16	1041.23
48A	76.20	47.63	38.10	22.89	58.88	262.61	525.23	787.84
48B	76.20	48.26	47.63	23.80	67.95	500.60	1001.21	1501.81
56B	88.90	53.98	45.72	29.24	70.69	400.54	800.99	1201.43
64B	101.60	63.50	53.34	34.32	81.46	542.89	1085.77	-
72B	114.30	72.39	60.96	39.40	92.15	712.01	1423.92	-
			68.58	44.48	103.94	898.89	1797.78	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 มวลของโซ่โรลเล่อร์ต่อความยาว

โซ่	มวลของโซ่ , kg/m			โซ่	มวลของโซ่ , kg/m			
ISO	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	ISO	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	สี่ชั้น
06B	0.39	0.74	1.10	06A	0.33	0.65	0.98	
08B	0.68	1.34	1.99	08A	0.61	1.22	1.83	2.44
10B	0.85	1.70	2.55	10A	0.98	1.96	2.95	3.93
12B	1.16	2.31	3.45	12A	1.59	3.05	4.54	6.10
16B	2.71	5.42	8.13	16A	2.50	5.00	7.50	10.00
20B	3.70	7.40	11.10	20A	3.68	7.35	11.03	14.70
24B	6.70	13.75	20.75	24A	5.54	11.07	16.61	22.14
28B	8.25	16.80	25.40	28A	7.52	15.00	22.60	30.10
32B	9.22	18.45	27.67	32A	9.67	19.34	26.02	38.69
40B	15.48	31.55	47.62	40A	15.48	30.95	46.43	61.90
48B	24.71	50.00	75.45	48A				
56B	33.20	67.60		56A				
64B	44.64	89.29		64A				
72B	59.50			72A				

สำหรับโซ่ฟันยังมิได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศ ดังนั้นในที่นี้จึงจะใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (DIN) แทนเพื่อประกอบในการคำนวณขนาดโซ่ฟันมาตรฐาน DIN จะดูได้จากตารางที่ 2.4 การให้ชื่อจะบอกเป็นระยะพิตช์ของโซ่คูณกับความกว้างระบุของโซ่ เช่น 12.7 x 30 DIN 8190 หมายถึงโซ่ฟันที่ระยะพิตช์ 12.7 mm มีความกว้างระบุ 30 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 โซ่ฟันตามมาตรฐาน DIN 8190-1954

พิตช์ P (mm)	ความกว้างระบุ b_N(mm)	ความกว้างใช้งาน b(mm)	ความกว้างด้านนอก e(mm)	แรงแตกหัก kN		มวล kg/m
				A(mm) ไม่ชุบแข็ง	B(mm) ชุบแข็ง	
12.70	25	23.5	28.0	14.22	28.45	1.3
	30	29.5	34.0	17.66	35.32	1.6
	40	42.0	46.5	25.51	51.01	2.1
	50	48.5	53.0	29.43	58.86	2.6
15.875	25	23.5	28.5	15.70	31.39	1.9
	30	29.5	34.5	20.60	41.20	2.4
	40	42.0	47.0	29.43	58.86	3.2
	50	48.5	53.5	34.34	68.67	3.9
	65	65.0	69.0	45.13	90.25	5.1
19.05	30	29.5	35.0	27.47	54.94	3.0
	40	42.0	48.5	39.24	78.48	3.8
	50	48.5	54.0	46.11	92.21	4.8
	65	64.0	69.5	61.80	123.61	6.2
	75	76.5	82.0	73.58	147.15	7.4
25.40	50	52.0	59.0	85.35	122.63	7.0
	65	64.5	71.5	96.14	137.34	8.5
	75	76.5	83.5	128.51	183.45	10.1
	90	89.0	96.0	137.34	196.20	11.4
	100	101.0	108.0	171.68	245.25	13.2
38.10	65	64.5	72.5	130.47	186.39	13.2
	75	76.5	84.5	171.68	245.25	15.2
	1003	101.0	109.0	230.54	329.62	20.2
	125	125.0	133.0	288.41	412.02	25.0
	150	150.0	158.0	377.69	539.55	30.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) โซ่ฟันตามมาตรฐาน DIN 8190-1954

พิตช์ P(mm)	ความกว้างระบุ b_N(mm)	ความกว้างใช้งาน b(mm)	ความกว้างด้านนอก e(mm)	แรงแตกหัก kN		มวล kg/m
				A(mm) ไม่ชุบแข็ง	B(mm) ชุบแข็ง	
50.80	75	78.0	88.0	233.48	33.54	19.5
	100	102.0	112.0	312.94	447.34	25.7
	125	128.0	138.0	391.42	559.17	32.0
	150	152.0	162.0	443.41	633.73	38.2
	175	176.0	186.0	542.49	774.99	44.5

2.8 สายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลาอันหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือ โดยใช้เฟือง , ใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนนักเนื่องมาจากการสลิป (Slip) และการครีพ (Creep) ของสานพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

2.8.1. ชนิดและวัสดุสายพาน

สานพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือสายพานแบน(Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม (V-Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และ ไทม์มิงเบ็ลท์ (Timing Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

วัสดุที่ใช้ทำสายพานจะต้องมีค่าความต้านแรงสูง(Strength) สามารถบิดตัวได้ดี และจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่งใช้งานกันมากก็คือหนัง (Oak-tanned Leather) แต่ถ้าเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่นอยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้น มีไอของสารเคมี หรือมีน้ำมันอยู่ด้วย ก็มักใช้สายพานแบบ Chrome Leather เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งานได้นานพอสมควร จึงมักใช้ค่าความเค้นในการออกแบบสายพานต่ำกว่า ความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไปจะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานหนังจะมีค่าประมาณ 0.40-0.50 และความเร็วใช้งานของสายพานควรจะอยู่ในช่วง 1000-2000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่งคือสายพานยาง (Rubber Belts) สายพานประเภทนี้จะมีฝ้ายหรือผ้าใบเป็นไส้ภายในและมียางหุ้มอยู่ภายนอก ยางที่ใช้หุ้มจะเป็นยางที่อบด้วยกำมะถันในอุณหภูมิสูง (Vulcanised) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานยางเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีน้ำมันหรือแสงแดด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังแล้ว สายพานยางจะมีราคาถูกกว่าแต่อายุการใช้งานสั้นกว่าสายพานยางทนต่อสภาพบรรยากาศในการใช้งานได้ดีกว่าสายพานหนัง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายยางจะมีค่าประมาณ 0.30-0.40 และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 20 N ต่อชั้น ต่อความกว้างสายพาน 1 mm

สายพานบาลลาตา (Balata Belts) เป็นยางคล้ายสายพานยาง แต่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอบด้วยกำมะถัน ทนต่อกรดและความชื้นได้ดี แต่อุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40 C° สายพานชนิดนี้มีความต้านทานแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25 %

สานพานผ้าถัก (Textile Belts) ทำจากฝ้ายหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แล้วยึดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบด้วยน้ำมันลินซีด (Linseed) เพื่อทำให้สายพานกันน้ำได้มักใช้กับงานประเภทชั่วคราว

สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยืดตัวได้ดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยืดตัวทำให้เกิดการสลิปบนล้อสายพาน (Pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยืดสายพานให้ตึงไว้ก่อนใช้งานทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสลิปของสายพาน

2.8.2 ลักษณะการขับด้วยสายพาน

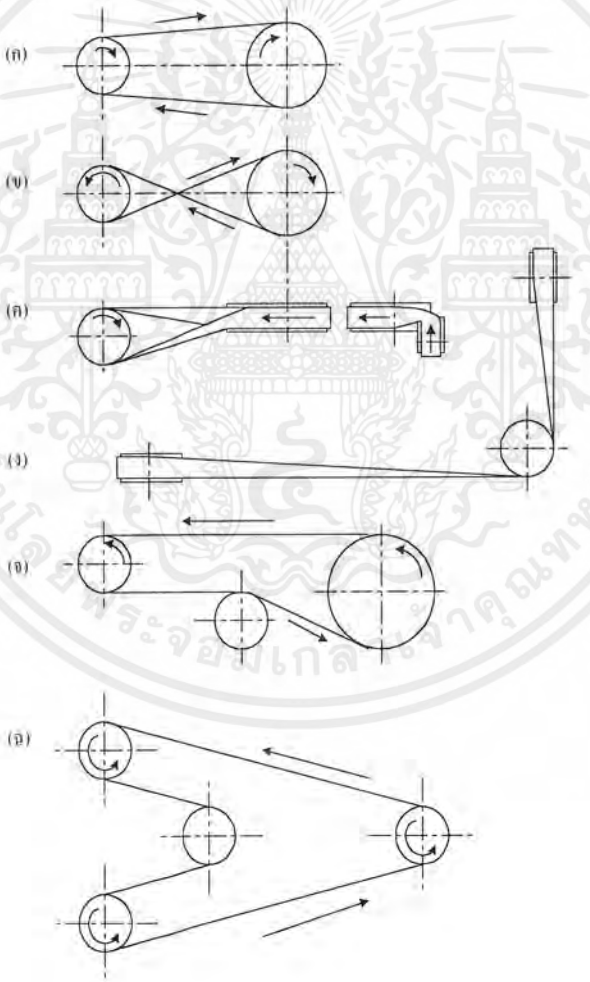
เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่าง ๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูปที่ 2.49

เมื่อต้องการขับเพลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เพลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกันก็จะทำได้ในลักษณะดังรูปที่ 2.49 (ก) ซึ่งเรียกว่าโอเพนไดรว์ (Open Drive) และถ้าเพลาอยู่ห่างกันมากควรจะให้สายพานด้ายล่างตึง (tight) และด้านบนหย่อน (slack) แต่ถ้าต้องการให้เพลาทั้งสองหมุนสวนทางกันก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูปที่ 2.49 (ข) ซึ่งเรียกว่าครอสไดรว์ (Crossed Drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานถูกัน ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไปจึงควรจะให้ศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่ายี่สิบเท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรว์ (Quarter Turn Drive) ดังรูปที่ 2.49 (ค) ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องกว้างมากกว่าความยาวสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ไดรว์ (Mute Drive)ดังรูปที่ 2.49(ง) ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์เทอนไดรว์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้

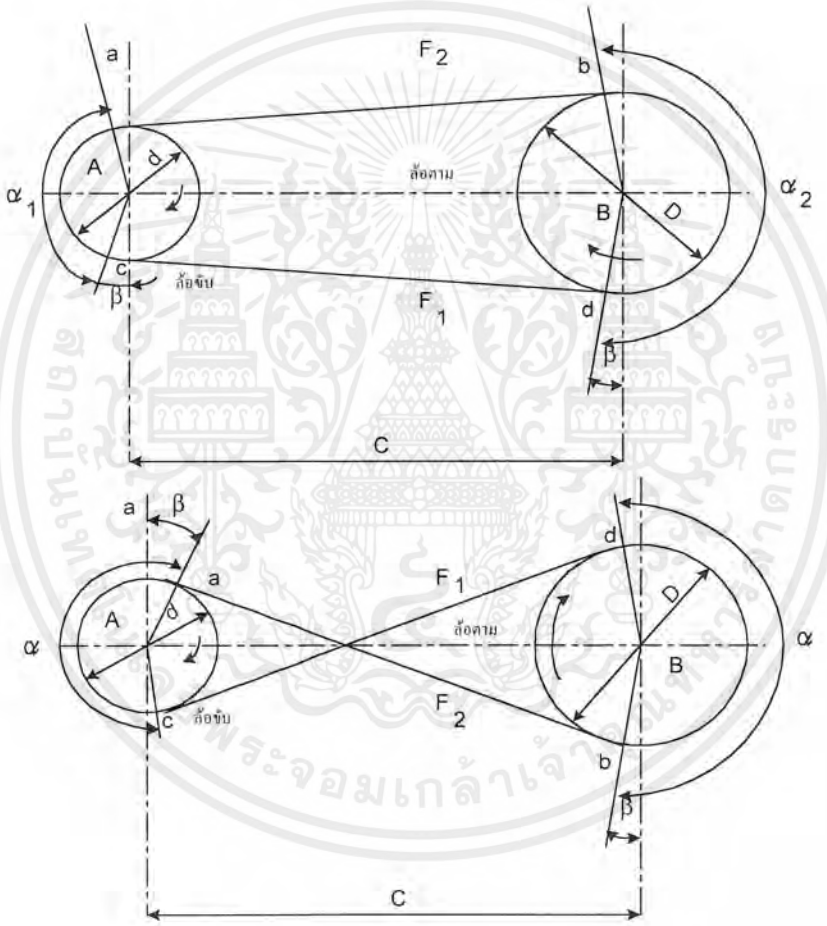


รูปที่ 2.49 ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่สามารถใช้ขับในลักษณะโอเพนไดรว์ได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส (Arc of Contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (idler) ดังรูปที่ 2.49 (จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วย ส่วนการขับแบบริเวอส์ไดรว์ (Reverse Drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลาย ๆ อันพร้อมกัน

2.8.3 กลศาสตร์ของสายพานแบน



รูปที่ 2.50 การขับด้วยสายพาน (ก) โอเพนไดรว์ (ข) ครอสไดรว์

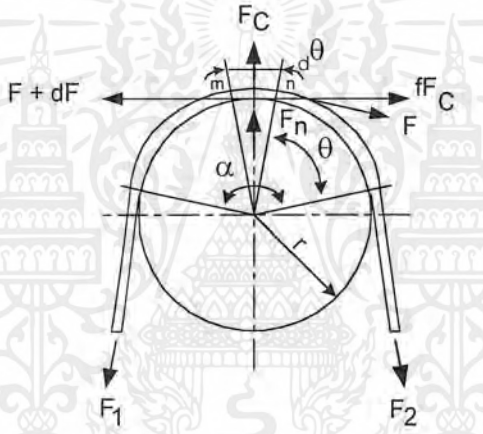
พิจารณารูปที่2.50 จะเห็นได้ว่าสายพานจะเกิดการยืดจากล้อสายพานหนึ่งไปยังล้อสายพานอีกล้อหนึ่ง ขณะที่สายพานหยุดนิ่งแรงดึงในสายพานจะเท่ากันตลอดทั้งเส้น เมื่อเพลาที่ติดอยู่กับล้อสายพาน A เริ่มหมุน จะเกิดโมเมนต์บิดในทิศทางตามลูกศร แต่จะเกิดการต้านทานที่ล้อตาม คือ ล้อสายพาน B ทำให้สายพานช่วง c-d เพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ F_1 (แรงดึงในด้านตึง) และแรงดึงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพานช่วง a-b ลดลงจนมีค่าเท่ากับ F_2 (แรงดึงในด้านหย่อน) แรงดึงเหล่านี้จะมีทิศทางตรงกันข้าม แต่เนื่องจาก F_1 มีค่ามากกว่า F_2 จึงมีแนวโน้มที่จะทำให้ล้อสายพาน B หมุนในทิศทางตามลูกศรด้วยแรงดึง F ซึ่ง

$$F = F_1 - F_2$$

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง F_1 และ F_2 ขึ้นอยู่กับค่าส่วนโค้งสัมผัสของสายพาน สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสายพานกับผิวหน้าล้อสายพาน และแรงหนีศูนย์กลางในสายพาน ซึ่งวิเคราะห์หาค่าได้ดังนี้คือ



รูปที่ 2.51 แรงในสายพานแบน

พิจารณาสายพานแบนความยาว m-n ดังรูปที่ 2.51 รองรับมุมที่จุดศูนย์ลาง $d\theta$ แรงที่กระทำกับสายพานยาว m-n จะประกอบด้วย

แรงดึง F และ F + dF ในสายพาน แรงปฏิกิริยา F_n เนื่องจากการสัมผัสกันระหว่างสายพานและล้อสายพานแรงเสียดทาน fF_n และแรงหนีศูนย์กลาง F_C

ถ้าสายพานมีน้ำหนัก w N/mm^3 มีพื้นที่หน้าตัด A mm^2 และถ้าล้อสายพานมีรัศมี r mm ดังนั้นน้ำหนักของสายพานยาว m-n คือ $wArd\theta$ และ

$$F_c = mr\varpi^2 = \frac{(wAed\theta)r\varpi^2}{g} = \frac{wAv^2}{g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุมของล้อสายพานเป็น rad/s

v = ความเร็วสายพาน เป็น mm/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เป็น mm/s^2

เนื่องจาก $d\theta$ เป็นมุมเล็กมากจึงอาจประมาณได้ว่า $\cos\theta = 1$ และ $\sin\theta = \theta$ red ดังนั้น เมื่อรวมแรงในแนวระดับจะได้

$$fF_n = dF$$

และรวมแรงในแนวดิ่งจะได้

$$F_c + F_n = (F + \frac{1}{2}dF)d\theta$$

เมื่อจำกัด Fn ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$dF = f(F + \frac{1}{2}\ dF)d\theta - fF_c = (F + \frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g})fd\theta$$

หรือ

$$\frac{dF}{F\frac{1}{2}dF - \frac{wAv^2}{g}} = fd\theta$$

อินติเกรต (integrate) สมการนี้จาก θ = 0 ถึง α และจาก F =F_2 ถึง F = F_1 จะได้

$$In\frac{F_1 - \frac{wAv^2}{g}}{F_2 - \frac{wAv^2}{g}} = \alpha\ f$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\alpha f}$$

โดยที่ Fc = แรงหนีศูนย์กลาง = wAv^2/g เป็น N

α = มุมสัมผัส (angle of contact) เป็น rad

f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำลังที่ส่งได้โดยสายพานแบนคือ

$$W_p = (F_1 - F_2)v = Fv \quad W$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

การคำนวณหามุมสัมผัส α และความยาวสายพาน L ในแต่ละกรณี ทำได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้คือ

สำหรับการขับโอเพนไดรว์ ดังรูปที่ 2.87 (ก)

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}(\frac{D-d}{2C}) \quad rad$$

$$\alpha_2 = \pi + 2\sin^{-1}(\frac{D-d}{2C}) \quad rad$$

$$\beta = \sin^{-1}(\frac{D-d}{2C}) \quad rad$$

$$L = (4C^2 - (D-d)^2)^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}(D\alpha_1 + d\alpha_2)$$

โดยที่ C เป็นระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน

สำหรับการขับแบบครอสไดรว์ ดังรูปที่ 2.87 (ข)

$$\alpha = \pi + 2\sin^{-1}(\frac{D-d}{2C}) \quad rad$$

$$\beta = \sin^{-1}(\frac{D+d}{2C}) \quad rad$$

$$L = (4C^2 - (D-d)^2)^{\frac{1}{2}} + \frac{\alpha}{2}(D+d)$$

2.8.4 การครีพและการสลิป

ความแตกต่างระหว่างการครีพและการสลิปของสายพานจะเห็นได้อย่างชัดเจนโดยการพิจารณาการขับด้วยสายพาน เมื่อสายพานส่วนหนึ่งเคลื่อนที่เข้าหาล้อขับ สายพานจะเคลื่อนที่ไปตามโค้งสัมผัสบนล้อสายพาน ด้วยความเร็วที่เท่ากับความเร็วขอบของล้อสายพาน (ถ้าแรงดึงในสายพานมากเพียงพอที่จะเอาชนะแรงภายนอกได้) เมื่อสายพานส่วนนี้ใกล้จะออกจากล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดึงในสายพานจะลดลงเท่ากับแรงดึงในด้านหย่อนเป็นผลให้สายพานหดสั้นลง ในทำนองเดียวกันสายพานที่เคลื่อนที่ตามออกไปก็จะหดสั้นลงด้วย ดังนั้นความเร็วจริงของสายพานที่เคลื่อนที่ออกจากล้อขับจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วขณะเข้าสู่ล้อสายพานในทำนองเดียวกัน ความเร็วของสายพานจะเพิ่มขึ้นในช่วงส่วนโค้งสัมผัสของล้อตามเมื่อแรงดึงในสายพานเพิ่มขึ้นเท่ากับแรงดึงในด้านตึง และสายพานที่เคลื่อนที่ตามออกมาก็จะยืดตัวจนมีความยาวเท่าเดิม ปรากฏการณ์ที่สายพานเปลี่ยนความเร็วเป็นความเร็วที่ช้าลงบนล้อขับและเพิ่มความเร็วบนล้อตาม เรียกว่าการครีพ (creep)

เมื่อแรงภายนอกเพิ่มขึ้นโดยไม่เพิ่มแรงดึงชั้นต้นในสายพาน สายพานทุกส่วนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดึงในตัวสายพานเมื่อเริ่มเข้าสู่โค้งสัมผัส ถ้าแรงนอกมากเพียงพอส่วนโค้งที่เกิดการครีพอาจเท่ากับส่วนโค้งสัมผัส ดังนั้นจึงเกิดการสลิป (Slip) ขึ้น การสลิปอาจเกิดขึ้นบนล้อสายพานเพียงล้อเดียว ส่วนการเกิดครีพจะเป็นจะต้องเกิดขึ้นเท่ากันบนล้อสายพานทั้งสองล้อ

การออกแบบการขับด้วยสายพานที่ดี เมื่อทำงานในสภาวะปกติไม่ควรมีการสลิปแต่การครีพจะเกิดเสมอไม่ว่าจะเป็นสายพานชนิดใด การเกิดครีพและสลิปทำให้สูญเสียกำลังงานและความเร็ว แต่การสูญเสียที่เกิดจากการครีพมีค่าน้อยมาก การสลิปอาจทำให้เกิดความร้อนมากเพียงพอที่จะทำให้ผิวหน้าของสายพานเสียหายได้ ดังนั้นควรระมัดระวังไม่ให้เกิดการสลิป ด้วยวิธีการดึงสายพานให้ตึงเพียงพอก่อนการใช้งานเพื่อกำจัดการสลิป

เมื่อให้ d และ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม n_1 และ n_2 เป็นความเร็วรอบของล้อขับและล้อตามแล้ว

ความเร็วขอบของล้อขับ V_1 มีค่าเท่ากับ

$$V_1 = \pi d n_1$$

ความเร็วขอบของล้อตาม V_2 มีค่าเท่ากับ

$$V_2 = \pi D n_2$$

เมื่อไม่มีการสลิป สายพานบางมากและไม่มีการยืดแล้ว $V_1 = V_2$ อัตราทด m_ω เท่ากับ

$$m_\omega = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อมีการสลิป

$$V_2 = \pi D n_2 = V_1 \frac{100-\phi}{100} \approx 0.985 V_1$$

โดยที่การสลิป

$$\phi = 100 \frac{V_1 - V_2}{V_1} \approx 1 \text{ ถึง } 2\%$$

อัตราทดคือ

$$m_\omega = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d} \frac{100}{100-\phi} \approx 1.015 \frac{D}{d}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลจากการสลิป 1 ถึง 2 % จะไม่ทำให้อัตราทดเปลี่ยนแปลงไปมากนัก ในทางปฏิบัติจึงถือว่าใช้งานได้อย่างถูกต้องเพียงพอ แต่ต้องระวังมิให้มีการสลิปมากกว่านี้

2.8.5 ความเค้นในสายพาน

ส่วนต่าง ๆ ของสายพานจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วความเค้นเหล่านี้จะประกอบไปด้วย ความเค้นดึงเนื่องจากแรงดึงขั้นต้น (initial tension) ความเค้นเนื่องจากการส่งกำลังและแรงหนีศูนย์กลาง และความเค้นดัดเนื่องจากสายพานเคลื่อนผ่านล้อสายพาน

สำหรับสายพานที่มีพื้นที่หน้าตัด A = bt โดยที่ b เป็นความกว้างสายพานและ t เป็นความหนาของสายพาน จะคำนวณหาความเค้นต่าง ๆ ได้ดังนี้คือ

ความเค้นเนื่องจากแรงดึงชั้นต้น

$$\sigma_1 = \frac{F_i}{A} = \frac{F_i}{bt}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ F_i เป็นแรงดึงขั้นต้น ซึ่งอาจหาค่าได้จากสมการ

$$F_1 + F_2 = 2F_i$$

ในขณะส่งกำลัง Wp จะทำให้เกิดแรงดึงในสายพาน

$$F = \frac{W_p}{v} = F_1 - F_2$$

ดังนั้นความเค้นเนื่องจากการส่งกำลังคือ

$$\sigma_t = \frac{F_C}{A} = \frac{F}{bt}$$

ความเค้นเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง

$$\sigma_c = \frac{F_C}{A} = \frac{wv^2}{g}$$

ความเค้นดัดในสายพานหาค่าได้จากสมการ

$$\sigma_b = E_b \frac{t}{d}$$

โดยที่ E_b โมดูลัสความยืดหยุ่นในการดัด (มีค่าน้อยกว่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการดึง)

2.8.6 ความกว้างและความยาวสายพานแบน

เนื่องจากสายพานที่ใช้งานกันอยู่เดิมทั้งมาตรฐานที่เป็นระบบหน่วยอังกฤษ และระบบหน่วยเมตริก ซึ่งขนาดไม่สอดคล้องกัน ทำให้เกิดปัญหาขึ้นเมื่อต้องการเปลี่ยนสายพานใหม่ ดังนั้นองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) จึงได้กำหนดมาตรฐานความกว้างของสายพานส่งกำลังและความกว้างของล้อสายพานที่สอดคล้องกัน ใน ISO 22-1975(E) โดยไม่คำนึงถึงวัสดุของสายพาน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ขนาดสายพานให้เป็นมาตรฐาน ในการคำนวณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอ้างอิงขนาดสายพานมาตรฐานนี้โดยตลอด ซึ่งจะดูได้จากตารางที่ 2.5 ส่วนความยาวสายพานจะดูได้จากตาราง 2.6 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO 63-1976(E)

ตารางที่ 2.4 ความกว้างของสายพานแบบส่งกำลังและความกว้างล้อสายพานที่สอดคล้องกับมาตรฐานISO 22-1975 (E)

สายพาน		ล้อสายพาน		สายพาน		ล้อสายพาน	
Mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
16	0.63	20	0.8	140	5.6	160	6.3
20	0.8	25	1	160	6.3	180	7.1
25	1	32	1.25	180	7.1	200	8
32	1.25	40	1.6	200	8	224	9
40	1.6	50	2	224	9	250	10
50	2	63	2.5	250	10	280	11.2
63	2.5	71	2.8	280	11.2	315	12.5
71	2.8	80	3.15	315	12.5	355	14
80	3.15	90	3.55	355	14	400	16
90	3.55	100	4	400	16	450	18
100	4	112	4.5	450	18	500	20
112	4.5	125	5	500	20	560	22.4
125	5	140	5.6			630	25.0

หมายเหตุ ในบางครั้งเพื่อผลทางด้านเทคนิค อาจเลือกใช้ล้อสายพานกว้างกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ความยาวสายพานแบบส่งกำลัง ตามมาตรฐาน ISO 63-1975 (E)

Mm	In	mm	in	mm	in	mm	in
500*	20*	850	34	1400*	55*	2800*	112*
530	21	900*	35.5*	1500	60	3150*	124*
560*	22.5*	950	38	1600*	63*	3550*	140*
600	24	1000*	40*	1700	68	4000*	160*
630*	25*	1060	42.5	1800*	71*	4500*	180*
670	27	1120*	45*	1900	76	5000*	200*
710*	28*	1180	47	2000*	80*		
750	30	1250*	50*	2240	89		
800*	32*	1320	53	2500*	100*		

หมายเหตุ ค่าที่แนะนำให้ใช้คือค่าที่มีเครื่องหมาย *

สายพานที่ใช้งานอยู่ทั่วไปอาจสร้างขึ้นเป็นหลายชั้น (Ply) ซึ่งจะช่วยทำให้เลือกใช้สายพานได้แคบลง (เพราะมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น) เพราะบางครั้งความกว้างของล้อสายพานจะเป็นสิ่งหนึ่งที่จำกัดไม่ให้สายพานกว้างมากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเลือกใช้สายพานหนาขึ้น ก็จะทำให้ความเค้นดัดในสายพานเพิ่มมากขึ้น ฉะนั้นจึงไม่อาจที่จะใช้ สายพานหนามากเกินไปได้ กู๊ดเยียร์แนะนำการใช้จำนวนชั้นของสายพานที่พอเหมาะกับความกว้างของสายพานไว้ดังตารางที่ 2.7 ซึ่งช่วยให้เลือกขนาดของสายพานผ้าถักได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

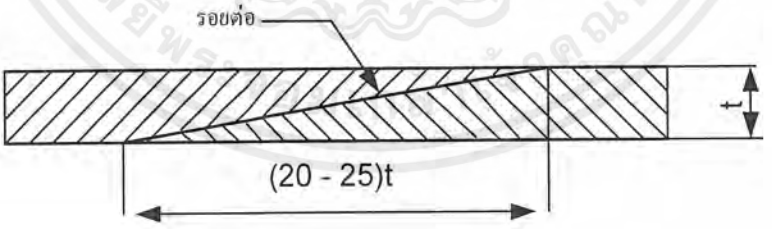
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 สัดส่วนของสายพานแบบส่งกำลังที่เหมาะสม

ความกว้างสายพาน		จำนวนชั้นสายพาน		ความกว้างสายพาน		จำนวนชั้นสายพาน	
In	Mm	น้อยที่สุด	มากที่สุด	in	mm	น้อยที่สุด	มากที่สุด
2	50	3	5	16	400	5	8
3	75	3	6	18	450	5	8
4	100	3	6	20	500	5	9
5	125	4	6	22	550	5	9
6	150	4	6	24	600	6	10
8	200	4	6	26	650	6	10
10	250	4	7	30	750	6	11
12	300	4	7	36	900	7	12
14	355	5	8	42	1050	7	12

ในการใช้งานจำเป็นจะต้องต่อปลายสายพานเข้าด้วยกัน เมื่อสายพานมีรอยต่อจะทำให้ความต้านแรงของสายพานลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีใช้ในการต่อสายพาน ดังต่อไปนี้

การต่อด้วยกาว (Cementing) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในทางปฏิบัติ เป็นวิธีที่ประหยัดและปลอดภัยที่สุดในการต่อสายพานลักษณะการต่อสายพานด้วยกาวดูได้จากรูปที่ 2.52



รูปที่ 2.52 การต่อด้วยกาว

ซึ่งมีข้อดีคือ

1) ปลอดภัยและไว้ใจได้มาก ใช้งานได้นาน และไม่ต้องดูแลมากเหมือนกับการต่อด้วยการยึด ทางกล (Mechanical Fasteners)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ไม่มีอันตรายจากการขาด

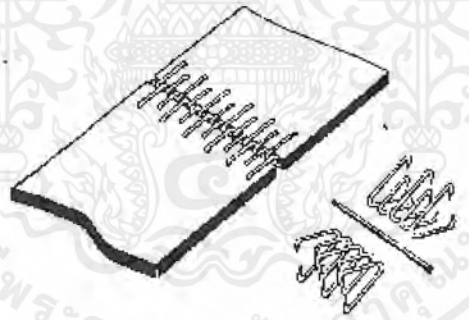
3) รอยต่อเรียบเหมือนกับสานพานปกติ ไม่มีเสียงดังเมื่อเคลื่อนที่ผ่านล้อสายพานและล้อช่วย

4) รอยต่อแข็งแรง ซึ่งอาจทำให้ใช้จำนวนชั้นสายพานลดลง

5) ไม่มีความเค้นดัดในอุปกรณ์ต่อสายพาน เมื่อเคลื่อนที่ผ่านล้อสายพานเล็ก

การต่อด้วยการยึดทางกลที่ใช้งานอยู่ทั่วไป แบ่งออกเป็นสามชนิด ซึ่งกล่าวถึงแนวทางในการเลือกใช้วิธีการยึดต่อไป แต่ในการเลือกใช้ขนาดและวิธีการใช้งานของอุปกรณ์ต่อสายพาน ควรจะได้ปรึกษาผู้ผลิตด้วย การต่อด้วยการยึดทางกลประกอบด้วย

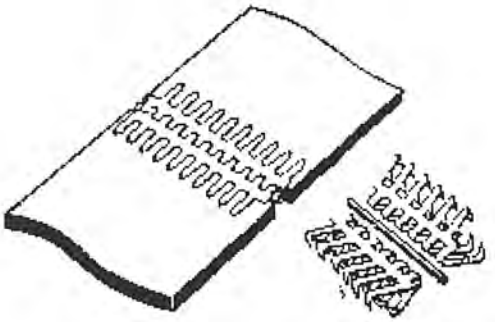
1) การใช้ลวดถัก (Wire Lacing) ดังรูปที่ 2.53 โดยใช้ลวดกดลงไปบนปลายสายพานลวดโผล่เป็นวงออกมาจากปลายสายพานทั้งสองด้าน จากนั้นจึงเอาปลายทั้งสองมาชนกันแล้วใส่สลักสอดผ่านวงลวดนี้ ในการกดลวดลงไปบนสายพานจะต้องใช้เครื่องมือช่วย การต่อด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะกับ การต่อสายพานบางใช้สำหรับต่อสายพานส่งกำลังที่ขับแบบริเวอสไดรว์และใช้ล้อสายพานขนาดเล็ก

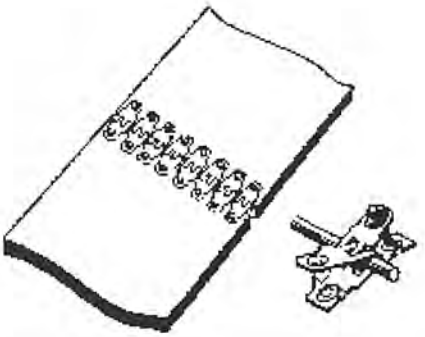


รูปที่ 2.53 การต่อด้วยลวดถัก

2) การใช้ห่วงเหล็กกล้า (Steel Hinge) ดังรูปที่ 2.54 ซึ่งมีชื่อเรียกว่า "Alligator lacing" โดยใช้ค้อนตอกห่วงเหล็กกล้าให้จมลงไปที่ปลายสายพานทั้งสองด้านแล้วจึงสอดสลักผ่านเหล็กกล้าใช้ต่อสายพานแคบได้และเหมาะกับการต่อสายพานส่งกำลังที่ใช้งานหนักกว่าการต่อด้วยลวดถัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

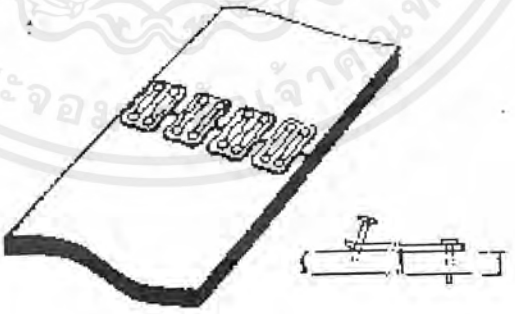




รูปที่ 2.54 การต่อด้วยห่วงเหล็กกล้า **รูปที่ 2.55** การต่อห่วงเหล็กกล้า

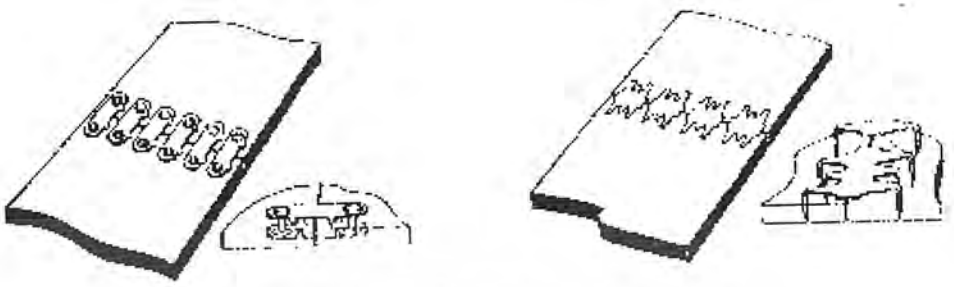
การต่อโดยใช้ห่วงเหล็กกล้าอีกแบบหนึ่งก็คือใช้คลิป (Clips) ที่เป็นแผ่นเหล็กรูปตัวยู ดังรูป ที่ 2.55 คลิปแต่ละตัวยึดติดกับสายพานโดยใช้สลักเกลียว เหมาะกับการใช้ต่อสายพานลำเลียง (belt conveyors) ที่รับแรงปานกลางโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องมีการตัดต่อสายพานบ่อยครั้ง และป้องกันมิให้วัสดุขนาดเล็กที่ลำเลียงโดยใช้สายพานลำเลียงรั่วไหลไปได้

3) การต่อแผ่นเหล็ก (Plate Type) ดังรูปที่ 2.56 ใช้แผ่นเหล็กเป็นรูปโค้งหนึ่งแผ่นหรือหลายแผ่นย้ำติดกับสายพานด้วยหมุดย้ำ โดยจะติดอยู่ด้านบนของสายพาน รัศมีความโค้งของแผ่นเหล็กมักจะพอเหมาะกับรัศมีความโค้งของล้อสายพาน เหมาะกับการใช้ต่อสายพานส่งกำลังที่ไม่ได้ขับแบบริเวอส์ไดรว์



รูปที่ 2.56 การต่อแผ่นเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.57 การต่อด้วยแผ่นเหล็ก

ส่วนการต่อสายพานด้วยแผ่นเหล็กดังรูป 257 เหมาะกับการใช้ต่อสายพานลำเลียง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการต่อสายพานทำให้ความต้านแรงของสายพานลดลงดัชนีที่ใช้วัดค่านี้คือ ค่าประสิทธิภาพรอยต่อ ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันไปตามวิธีการต่อ และมีค่าประมาณดังตารางที่ 2.8

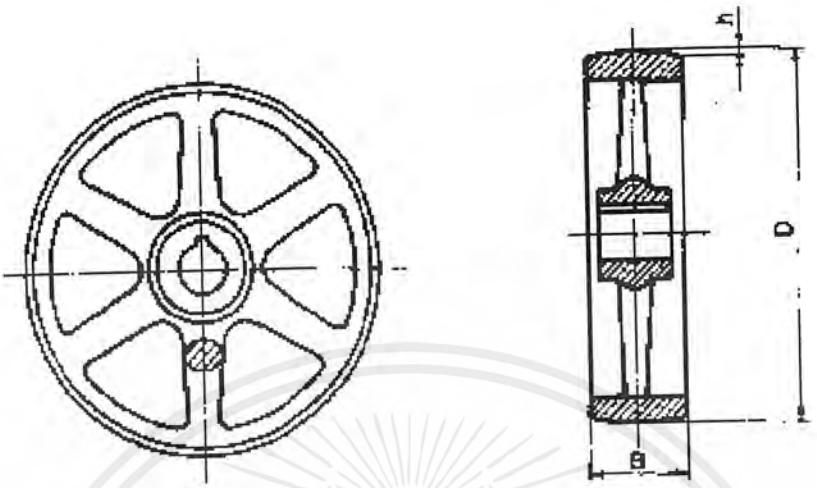
ตาราง 2.8 ประสิทธิภาพของรอยต่อสายพาน

ชนิดของรอยต่อ	ประสิทธิภาพ η %
ต่อด้วยกาว (Cementing) รูป 2.53	75 - 90
ต่อด้วยลวดถัก (Wire Lacing) รูป 2.54	60
ต่อด้วยห่วงเหล็กกล้า (Alligator) รูป 2.55	40 - 70
ต่อด้วยแผ่นเหล็กย้ำหมุด รูป 2.56	50 - 60
ต่อด้วยแผ่นเหล็ก รูปที่ 2.57	60 - 70

2.8.7 ล้อสายพาน

การส่งกำลังโดยสายพานแบนทำได้โดยใช้ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าล้อสายพานกับผิวหน้าสายพาน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับล้อสายพาน เพื่อที่จะนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ลักษณะของล้อสายพานที่ใช้งานทั่วไปดูได้จากรูปที่ 2.58 ล้อสายพานจะยึดติดกับเพลาด้วยลิ่ม ดังนั้นที่ดุมล้อสายพานจึงต้องเจาะร่องลิ่มไว้เพื่อใช้ยึดกับเพลา เพื่อให้ล้อสายพานมีน้ำหนักเบาจึงมักทำเป็นแขนยื่นออกจากดุมล้อไปยังผิวหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.58 ล้อสายพาน

สัมผัสกับสายพานแขนยื่นนี้มีขนาดเรียวลงตลอดและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรีดัง รูปที่ 2.58 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาตรฐานได้จากตารางที่ 2.9

ตาราง 2.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO 99-1975 (E)

ขนาดระบุ			ขนาดพิกัด		
Mm	in	เล็กสุด mm	ใหญ่สุด mm	เล็กสุด in	ใหญ่สุด in
71	2.8	70	72	2.76	2.84
80	3.15	79	81	3.11	3.19
90	3.55	88.8	91.2	3.50	3.59
100	4	98.8	101.2	3.88	3.98
112	4.5	110.8	113.2	4.36	4.46
125	5	123.4	126.6	4.86	4.98
140	5.6	138.4	141.6	5.45	5.53
160	6.3	158	162	6.22	6.38
180	7.1	178	182	7.01	7.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.9 (ต่อ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO 99-1975 (E)

ขนาดระบุ		ขนาดพิกัด			
Mm	in	เล็กสุด mm	ใหญ่สุด mm	เล็กสุด in	ใหญ่สุด in
200	8	198	202	7.80	7.95
224	9	221.5	226.5	8.72	8.92
250	10	247.5	252.2	9.74	9.94
280	11.2	276.8	283.2	10.90	11.15
315	12.5	311.8	318.2	12.28	12.53
355	14	351.8	358.2	13.85	14.10
400	16	396	404	15.59	15.91
450	18	446	454	17.56	17.87
500	20	496	504	19.53	19.84
560	22.4	555	565	21.85	22.24
630	25	625	635	24.61	25.00
710	28	705	715	27.75	28.15
800	31.5	793.7	806.3	31.25	31.74
900	35.5	893.7	906.3	35.18	35.68
1000	40	993.7	1006.3	39.12	39.62
1120	45	1112	1128	43.78	44.41
1250	50	1242	1258	48.90	49.53
1400	56	1392	1408	54.80	55.43
1600	63	1590	1610	62.60	63.39
1800	71	1790	1810	70.48	71.26
2000	80	1990	2010	78.35	79.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สายพานในการส่งกำลังขึ้นอยู่กับขนาดและการจัดวางล้อสายพานเป็นอย่างมาก ดังนั้นการเลือกใช้สายพานอย่างเหมาะสมจึงเกี่ยวข้องกับขนาด ชนิด และผิวหน้าของล้อสายพาน

ผิวโค้งบนหน้าล้อสายพาน (Pulley Crown) h คือผลต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานตรงกึ่งกลางกับตรงขอบ ดังรูปที่ 2.58 ล้อสายพานที่ดีจะต้องมีผิวโค้งบนหน้าล้อสายพาน แต่ถ้ามีมากเกินไปก็จะทำให้กึ่งกลางสายพานเกิดแรงดึงมากเกินไป ทำให้สายพานเสียหายเร็วยิ่งขึ้น ถ้าผิวโค้งบนหน้าล้อสายพานมีค่ามากจนกระทั่งขอบของสายพานไม่สัมผัสกับล้อสายพาน จะทำให้ควบคุมการเคลื่อนที่ของสายพานได้ไม่สะดวก สายพานสึกหรอเร็ว และยังทำให้สายพานขัดสีกับล้อสายพานจนเป็นมัน อันเป็นผลให้เกิดการเสียดทานระหว่างสายพานกับล้อสายพานลดลง ดังนั้นการทำผิวโค้งบนหน้าล้อสายพานจึงต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ดังตารางที่ 2.8 และเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานมีขนาด 400 ถึง 2000 mm ผิวโค้งบนหน้าล้อสายพานจะเปลี่ยนแปลงไปตามความกว้างของล้อสายพาน ดังในตาราง 2.10

ตารางที่ 2.10 ผิวโค้งบนหน้าล้อสายพานแบนตามมาตรฐาน ISO 100 – 1975(E)

เส้นผ่านศูนย์กลาง D mm	H Mm	เส้นผ่านศูนย์กลาง D mm	h Mm
40 - 112	0.3	200 - 224	0.6
125 - 140	0.4	250 - 280	0.8
160 - 180	0.5	315 - 355	1

ล้อสายพานแบบขนาดเล็กมักจะทำจากเหล็กหล่อสีเทา โลหะเบา (Light Metal) พลาสติก ไม้ กระดาษอัด ส่วนล้อสายพานแบบขนาดใหญ่มักจะทำโดยการหล่อ หรือขึ้นรูปโดยใช้เหล็กกล้า โดยมีแขนยื่นออกมาจากดุมล้อ ผิวหน้าของล้อสายพานจะต้องตัดกลึงให้เรียบ เพื่อเพิ่มความเสียดทานและลดการสึกหรอของสายพานเนื่องจากการครีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ตำแหน่งของล้อช่วย

ความกว้าง B	≤125	140 160	180 200	224 250	280 315	355	≥400
เส้นผ่านศูนย์กลาง D	ผิวโค้งบนหน้าล้อสายพาน h						
400	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
450	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
500	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
560	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
630	1	1.5	2	2	2	2	2
710	1	1.5	2	2	2	2	2
800	1	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5
900	1	1.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5
1000	1	1.5	2	2.5	3	3	3
1120	1.2	1.5	2	2.5	3	3	3.5
1250	1.2	1.5	2	2.5	3	3.5	4
1400	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4
1600	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5
1800	2	2.5	3	3.5	4	4	5
2000	2	2.5	3	3.5	4	4	6

ความหมายของขอบล้อสายพาน ควรมีค่าประมาณ

$$(\frac{d}{300})+2mm \qquad \text{ถึง} \qquad (\frac{d}{200})+3mm$$

โดยที่ d เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพาน และจำนวนแขนของล้อสายพานควรมีประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1.7\sqrt{\frac{d}{100}} \geq 4$$

ซึ่งมักจะเป็นเลขคี่ถ้าล้อสายพานแยกออกเป็นสองซีกไม่ได้ แต่เป็นล้อสายพานขนาดใหญ่ อาจทำเป็นสองซีกแล้วยึดติดกันโดยใช้สลักเกลียว ก็จะมีจำนวนแขนเป็นเลขคู่ พื้นที่หน้าตัดของแขนที่เป็นรูปวงรีจะมีอัตราส่วนของด้านประมาณ 1 / 2 ถึง 1 / 2.5 และอัตราเรียวมีค่าประมาณ 5:4

สิ่งสำคัญก็คือจะต้องทำให้ล้อสายพานสมดุลย์เพื่อใช้งานได้ตามความเร็วรอบที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากเมื่อความเร็วรอบสูง ความเค้นที่ขอบล้อสายพานเนื่องมาจากการหมุนจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วขอบของล้อสายพาน ได้เสนอความเร็วขอบของล้อสายพานที่เหมาะสมกับล้อสายพานชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.12

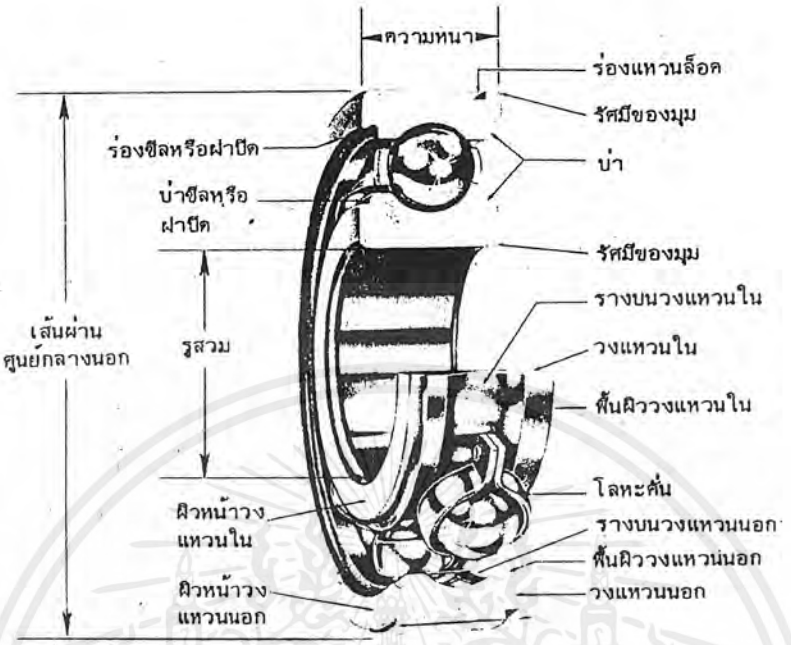
ตารางที่ 2.12 ความเร็วขอบของล้อสายพาน

ชนิดของล้อสายพาน	ความเร็วขอบ , m/s
เหล็กหล่อ	18 - 23
เหล็กกล้าขึ้นรูป	19 - 28
ไม้ทั้งหมด	25 - 30
ขอบเป็นไม้	40 - 50
กระดาษอัดหรือไฟเบอร์	40 - 50

2.9 โรลลิ่งแบริ่ง

โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearings) หมายถึงแบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding Contact)เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอ็นทิฟริคชั่นแบริ่ง (Antifriction Bearing) ตัวอย่างเช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) หรือตลับลูกปืน ดังรูปที่ 2.59 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.59 ส่วนต่าง ๆ ของบอลแบริ่ง

เนื่องจากมีการใช้โรลลิ่งแบริ่งกันอย่างแพร่หลายทั่วไปสมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งแบริ่ง (AFBMA :Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบริ่งเหล่านี้ขึ้น จากมาตรฐานนี้ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสามารถเลือกแบริ่งจากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตหนึ่ง และทำการเปลี่ยนแบริ่งนี้โดยการเลือกจากอีกผู้ผลิตหนึ่งได้ โดยที่แบริ่งที่เลือกจากผู้ผลิตทั้งสองยังคงมีขนาดเท่ากัน ถึงแม้ว่าสมาคม AFBMA ได้วางมาตรฐานวิธีการเลือกแบริ่งตามความต้องการของการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้แต่ก็ยังมีผู้ผลิตที่มีการวางมาตรฐานการเลือกแบริ่งของตนเองแตกต่างออกไปจากของ AFBMA แต่อย่างไรก็ตามแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตก็มีข้อมูลเพียงพอที่จะทำการเปลี่ยนค่ามาเทียบกับค่าของ AFBMA ได้

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้แบริ่ง ผู้ออกแบบก็ควรที่จะพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบเจอร์นัลแบริ่งดังต่อไปนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของโรลลิ่งแบริ่งเปรียบเทียบกับเจอร์นัลแบริ่ง

1) มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (Low Staring Friction Torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง

2) ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขข้นหรือจาระบีมาจากโรงงานด้วยแล้ว เกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย

3) ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย

4) ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (Axial Space) น้อย

5) สามารถรับแรงรุน (Thrust Load) และแรงในแนวรัศมี (Radial Load) ได้พร้อมกับยกเว้นโรลลิ่งแบริ่งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (Straight Roller Bearing) สำหรับเจอร์นัลแบริ่งรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น

6) สามารถที่จะทราบได้ว่าแบริ่งกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดัง ซึ่งผิดไปจากปกติ

7) มีเคลียร์รันซ์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยว เป็นต้น

8) สามารถใช้รับเพลาในตำแหน่งใด ๆ ได้ เช่น ใช้รองรับเพลาซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ

9) ทำการติดตั้งง่าย

ข้อเสียของโรลลิ่งแบริ่งเปรียบเทียบกับเจอร์นัลแบริ่ง

1) ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมี (Radial Space) มากกว่า

2) โดยปกติแล้วราคาแพง

3) ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่า เนื่องจากมีการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนบ้างในบางขณะ

4) อายุการใช้งานสั้นกว่าทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูง และ กระทำซ้ำกัน (Repeated Load) จึงทำให้วัตถุเกิดความล้า

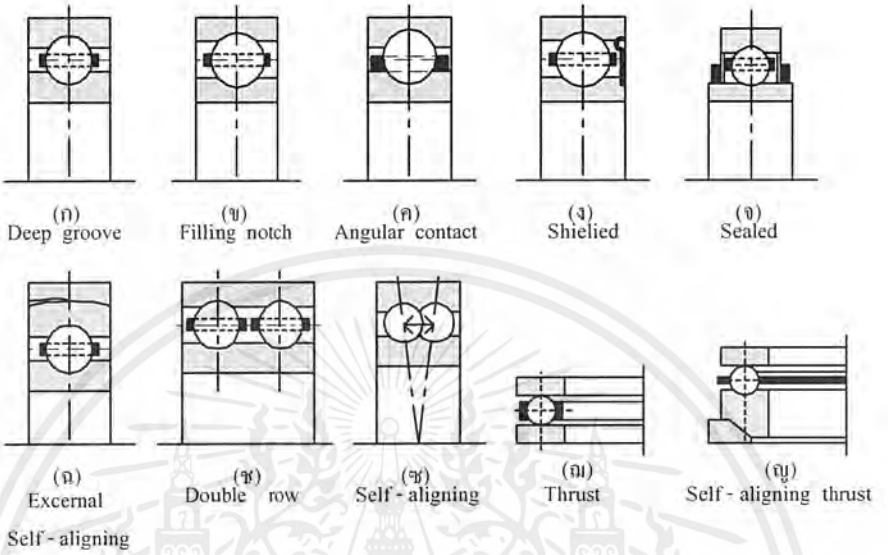
5) เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

2.9.1 ชนิดของแบริ่ง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งแบริ่งจะแบ่งออกได้เป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ บอลแบริ่งซึ่งมีลูกกลิ้ง (Rolling Element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเล่อร์แบริ่ง (Roller Bearing) เป็นรูปทรงกระบอกตรง (Straight Roller) หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียว (Tapered Roller) ก็ได้โดยปกติแล้วแบริ่งเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุนได้ยกเว้นโรลเล่อร์แบริ่งแบบลูกกลิ้ง ทรงกระบอกตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่านั้น แบริ่งทั้งสองพวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.60 และรูปที่ 2.61 ซึ่งกล่าวถึงคุณลักษณะของแบริ่งแต่ละชนิดโดยสังเขปดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.60 บอลแบริ่งชนิดต่าง ๆ

บอลแบริ่งชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (Single-row Deep-Groove) เป็นแบริ่งชนิดมีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม ดังรูป 2.60 (ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน) อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงแนวรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.70 และสามารถรับการเยื้องแนวของเพลาได้ประมาณ $\pm 0.15^{\circ}$ เมื่อต้องการเพิ่มความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งที่บรรจุในรางให้มากขึ้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องตัดผิวหน้าวงแหวนด้านหนึ่งให้มีช่องสำหรับใส่ลูกกลิ้ง (Filling Notch) เพิ่มขึ้นดังในรูปที่ 2.60 (ข) การทำเช่นนี้จะทำให้แบริ่งสามารถรับแรงในแนวรัศมีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 ถึง 40% แต่ว่าความสามารถในการรับแรงในแนวแกนจะลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่สำหรับรับแรงในแนวนี้ลดลงนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแบริ่งชนิดนี้และที่จะกล่าวต่อไปก็ยังมีการใช้แผ่นโลหะปิด ไว้ระหว่างช่องว่างของวงแหวนเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกรวมทั้งช่วยรักษาปริมาณของไขข้นมิให้รั่วไหลออกมาจากแบริ่ง ดังในรูปที่ 2.60 (ง) ส่วนในรูปที่ 2.60 (จ) ก็จะเป็นการใช้แผ่นโลหะปิดเพื่อจุดประสงค์เดียวกันแต่เป็นการปิดแบบตายตัว (Sealed)

บอลแบริ่งชนิด Angular Contact ดังรูปที่ 2.60 (ค) เป็นแบริ่งที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูง โดยมีมุมสัมผัสต่างๆ กัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้น แบริ่งก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลง ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (Double Row) ดังรูปที่2.60 (ช) หรือใช้แบริ่งสองอันหันหน้าเข้าหากัน

บอลแบริ่งชนิดปรับแนวได้เอง (Self-Aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลาอาจมีการเยื้องแนวเป็นมุมค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.60 (ฉ) และ 2.60 (ซ) แบริ่งในรูปที่ 2.60 (ซ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุมได้ถึงประมาณ $\pm 230^{0}$ ส่วนแบริ่งในรูปที่ 2.60 (ฉ) เป็นแบบปรับแนวได้เอง ภายนอก สามารถปรับมุมได้สูงมากโดยการเจียระไนผิวด้านนอกของวงแหวนนอกให้รับกับผิวหน้าของตัวรับแบริ่ง (Bear Housing)

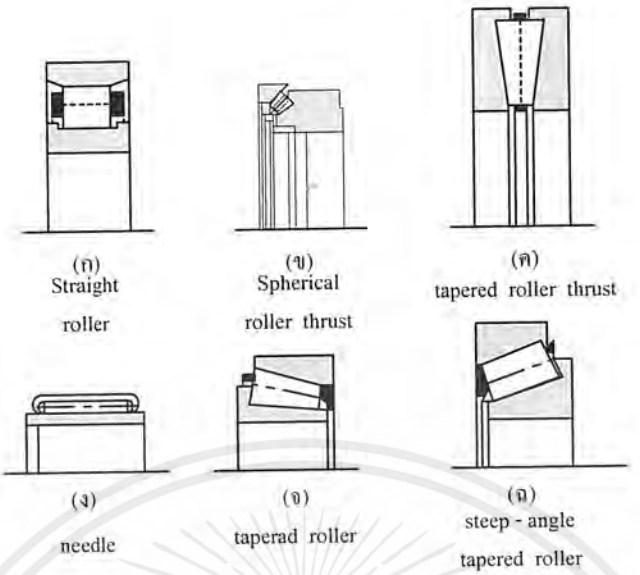
บอลแบริ่งกันรุนปรับแนวได้เอง (Self – Aligning Thrust) ดังรูปที่ 2.60 (ญ) ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีที่เพลาอาจมีการเยื้องแนวเกิดขึ้น

Cylindrical หรือ Straight Roller Bearing ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกกลมตรง ดังรูปที่ 2.61 (ก) โรล์เลอร์แบริ่งแบบนี้รับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่าบอลแบริ่ง เพราะมีพื้นที่ที่รับแรงมากกว่า แต่ไม่สามารถจะรับแรงในแนวแกนได้ หรือถ้ารับได้ก็รับได้ไม่มากนัก ในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงทั้งสองแนวซึ่งมีค่ามากก็ควรเลือกใช้Tapered Roller Bearing ดังในรูปที่2.61 (จ) และ 2.61 (ฉ)

Spherical Roller Thrust Bearing ดังรูปที่ 2.61 (ช) และ Tapered Roller Thring Bearing ดังรูปที่ 2.61 (ค) มีประโยชน์สำหรับ รับแรงในแนวแกนที่มีค่ามากและในที่ซึ่งอาจจะมีการเยื้องแนวได้บ้าง

นิตเดิ้ลแบริ่ง (Needle Bearing) หรือตลับลูกปืนเข็ม ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ Straight Roller Bearing แต่เหมาะสำหรับใช้ในที่ซึ่งมีเนื้อที่ในแนวรัศมีจำกัด ดังในรูปที่ 2.61 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.61 โรลเล่อร์แบริ่งชนิดต่าง ๆ

แบริ่งที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของแบริ่งชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลทั่วไปเท่านั้น ผู้อ่านที่มีความสนใจละเอียดยิ่งขึ้นอีก อาจจะหาดูได้จากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตทั่วไป เช่น NIN STEYR KOYO SKF FAG RHP และ TIMKEN เป็นต้น

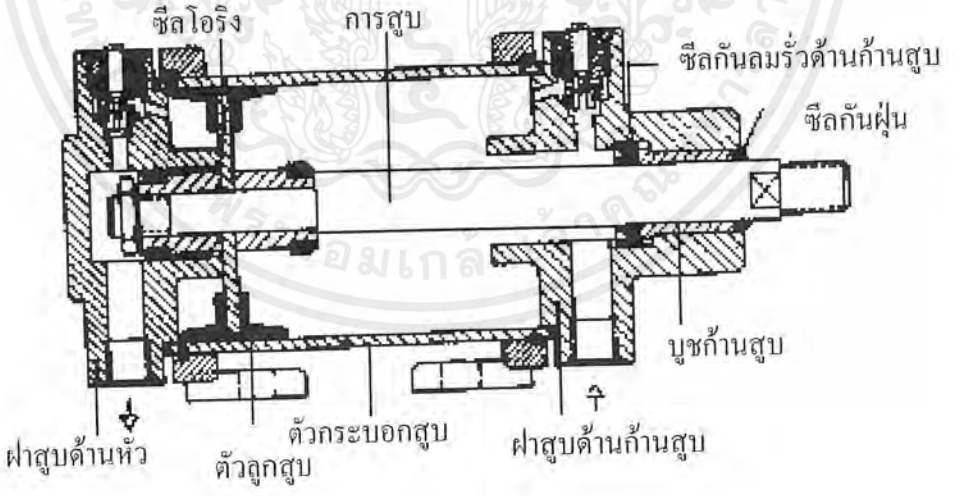
2.10 กระบอกสูบลม

กระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเครื่องจักรกลทั่วไปเท่านั้น ผู้อ่านที่มีความสนใจละเอียดยิ่งขึ้นอีก อาจจะหาดูได้จากแค็ตตาล็อกของผู้ผลิตทั่วไป เช่น NIN , STEYR , KOYO SKF , FAG , RHP และ TIMKEN เป็นต้น

ตัวกระบอกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก , อะลูมิเนียม , ทองเหลือง และสแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียระไนให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกสูบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของกระบอกสูบลมตามรูปที่ 2.62 เป็นกระบอกสูบลมแบบมีระบบลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้กระบอกสูบแบบดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อหยุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกสูบลม โดยการใช้วาล์วเข็ม (Needdle Valve) กับวาล์วกันกลับ (Check Valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกสูบลม ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบาก และจะเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบตามตารางที่ 2.13 ที่ตัวกระบอกสูบจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกลมที่อยู่หน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกันกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้จะสุดระยะชัก คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลมลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเคย การทำให้เกิดแรงกันกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบลมนั่นเอง



รูปที่ 2.62 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

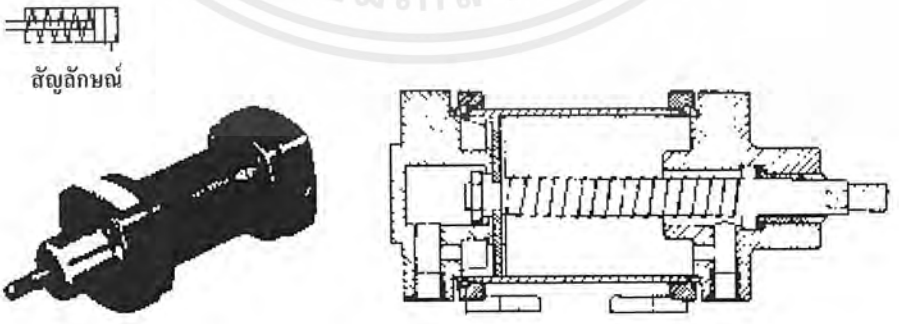
ตารางที่ 2.13 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	ระยะกันกระแทก (mm)
10 50 63	15~20
80 100 125	20~30
140 160 180	25~40

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกสูบลมแบบต่างๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

2.10.1 กระบอกสูบลมทำงานทางเดียว

จะใช้ลมดันทางด้านหัวของลูกสูบเพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมา ส่วนในจังหวะลูกสูบลมเคลื่อนที่กลับนั้น เมื่อปล่อยลมทางด้านหัวลูกสูบระบายทิ้ง สปริงที่อยู่ภายในกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับมาเอง ดูรูปที่ 2.63



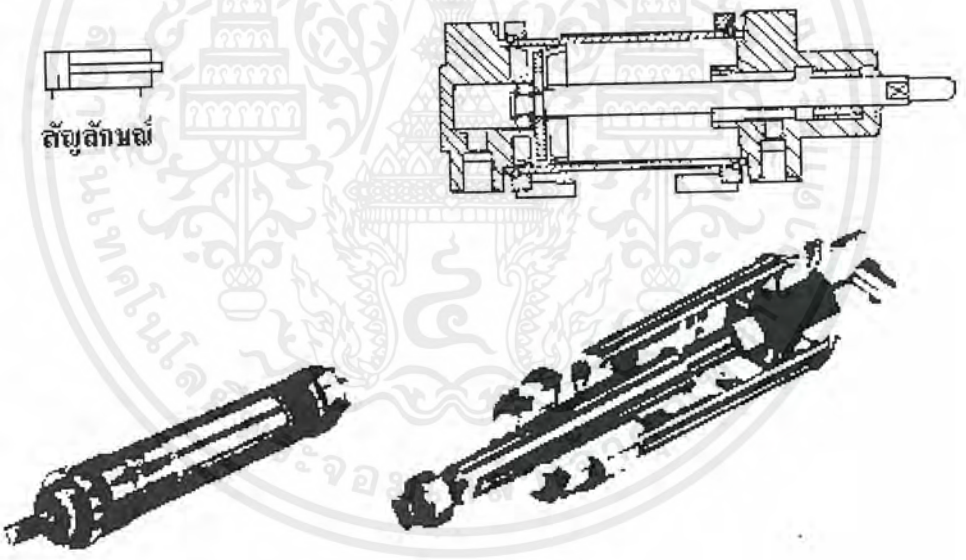
รูปที่ 2.63 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในกระบอกสูบลมจะมีสปริงเพื่อคอยดันให้ก้านสูบกลับ ดังนั้นความยาวของระยะชักจึงมีขอบเขตจำกัดโดยทั่วไประยะชักของกระบอกสูบประเภทนี้ยาวสุดอยู่ระหว่าง 80 ถึง 100 มิลลิเมตร ลักษณะการการนำไปใช้งานจะใช้ดันหรือดึงเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งสปริงดันภายในกระบอกสูบลม ตัวอย่างงานที่ใช้เช่น งานจับยึด งานป้อนหรือผลักชิ้นงาน

2.10.2 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้ารวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบเกิดการโค้งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้จะต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาติให้ใช้งานได้ ซึ่งจะกล่าวในตอนท้ายของบทนี้ นอกจากปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก



รูปที่ 2.64 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม เช่น

กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้ดังรูปที่ 2.64 เป็นกระบอกสูบลมที่มีราคาถูก เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนเร็ว จะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

2.10.3 กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

กระบอกสูบแบบนี้ตัวก้านสูบจะอยู่กับที่ส่วนตัวลูกสูบนั้นจะเคลื่อนที่ เหมาะสำหรับลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาวและถ้านำกระบอกลมชนิดทำงานสองทางมาใช้จะเกิดปัญหา ก้านสูบเล็กเกินไป อาจเกิดการโก่งงอขึ้นได้ ระยะชักของกระบอกสูบแบบนี้สูงสุดถึง 5000 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 400 มิลลิเมตรต่อวินาที (ดูรูปที่ 2.65) การทำงานของกระบอกสูบแบบนี้จะใช้ลมอัดไปดันให้แม่เหล็กเคลื่อนและตัวแม่เหล็กนี้จะดึงให้ลูกสูบเคลื่อนตามไปด้วย ตัวอย่างที่ใช้กระบอกสูบประเภทนี้ได้แก่งานประเภทเคลื่อนย้ายของจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

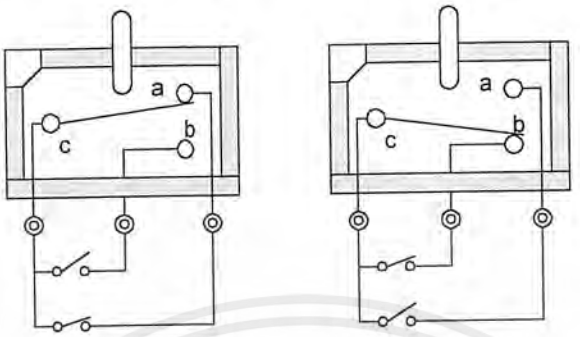
รูปที่ 2.65 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

2. 11 ลิมิตสวิตช์

ลิมิตสวิตช์คล้ายกับสวิตช์ไฟฟ้าทั่วไปซึ่งหลักการทำงานสามารถดูได้จากรูปที่ 2.66 ในตำแหน่งปกติ หมายถึงตำแหน่งที่ยังไม่มีอะไรมากระทำปุ่มกดบนลิมิตสวิตช์ขณะทำงาน ซึ่งตำแหน่งนี้หน้าสัมผัสจะต่ออยู่ระหว่างจุด c กับจุด a เมื่อมีก้านสูบมากดหรือมีอะไรมากระทำที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

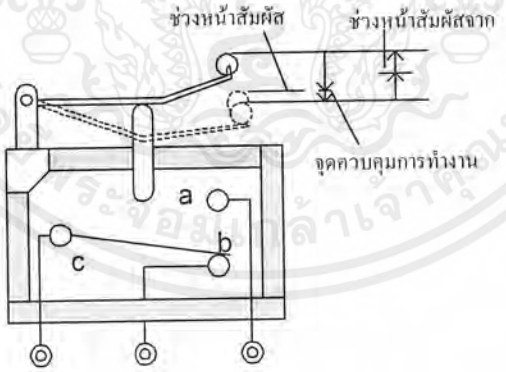
ปุ่มกดจะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b จะสังเกตได้ว่าหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด a จะเป็นปกติปิด และหน้าสัมผัสระหว่างจุดc กับจุด b จะเป็นปกติเปิด



รูปที่ 2.66 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์

หน้าสัมผัสในลิมิตสวิตช์มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ

1) หน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า ดูรูปที่ 2.67 เมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์ จะบังคับหน้าสัมผัสหลุดจากจุด a แต่ในขณะเดียวกันก็ยังไม่ต่อจุด b ทันที จะมีระยะอยู่ช่วงหนึ่งถึงจะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b แต่ถ้าปล่อยขาปุ่มกดก่อนที่หน้าสัมผัสจะต่อจุด b ก็จะทำให้หน้าสัมผัสกลับไปต่อระหว่างจุด c กับจุด a อีก



รูปที่ 2.67 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า

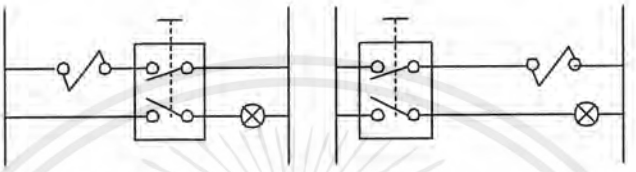
2) หน้าสัมผัสชนิดทำงานทันที แบบนี้จะต่างจากแบบแรก คือเมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์ จะบังคับหน้าสัมผัสหลุดจากจุด a มาต่อจุด b ทันทีด้วยความเร็วของสปริงในตัวของลิมิตสวิตช์ ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วของขาบังคับของลิมิตสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 หลักการเลือกใช้ลิมิตสวิตช์

การเลือกใช้ลิมิตสวิตช์จะต้องใช้ให้ถูกต้องกับงานที่ใช้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ให้พิจารณาตามหลักการดังต่อไปนี้

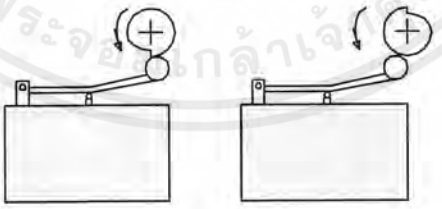
1) ห้ามต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าคนละด้านกับหน้าสัมผัส จะต้องต่อเข้าลิมิตสวิตช์เสียก่อนจึงจะต่อเข้าอุปกรณ์อื่น ๆได้



รูปที่ 2.68 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิมิตสวิตช์

2) ห้ามใช้ลิมิตสวิตช์เกินกำลังจากบริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ ตัวอย่างเช่นลิมิตสวิตช์ถูกออกแบบเพื่อทนกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ไม่ควรนำมาใช้กับมอเตอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแส 10 แอมแปร์พอดี เพราะบางครั้งกระแสไฟฟ้าจะสูงกว่ากำหนด ซึ่งเป็นสาเหตุให้หน้าสัมผัสไหม้ได้

3) การตั้งลิมิสวิตช์ไม่ควรให้เกิดการกระแทกหรือการตีกลับอย่างทันทีทันใด ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการสึกหรอของกลไกในลิมิตสวิตช์และชำรุดเร็วกว่าปกติ ดังรูปที่ 2.69



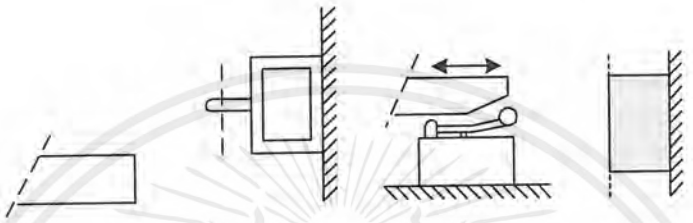
รูปที่ 2.69 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์

4) จะต้องแน่ใจว่ากลไกบังคับปุ่มกดให้ลิมิตสวิตช์ทำงานมีแรงกระทำทน เพียงพอที่จะทำให้ลิมิตสวิตช์ทำงานได้ โดยปกติทั่วไปลิมิตสวิตช์จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 1 ใน 5 วินาที ในการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า บางครั้งในเครื่องจักรถ้าต้องการเร่งการทำงานเพื่อเพิ่มผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตโดยการปรับความเร็วในการผลิตให้เร็วขึ้น เครื่องจักรอาจจะทำงานได้ไม่ดีเหมือนเดิม เพราะลิมิตสวิตช์ไม่สามารถส่งสัญญาณได้นานเพียงพอในการกระตุ้นให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้ทัน

5) อย่าใช้ลิมิตสวิตช์เป็นที่หยุดของก้านสูบหรือกลไกต่างๆ ถ้าต้องการให้มีที่หยุดควร จะใช้กลไกทางกลเป็นตัวหยุด เพื่อความแม่นยำในการหยุดชิ้นงานในจังหวะสุดช่วงชักพอดีโดยไม่มีผลเสียหายกับลิมิตสวิตช์อีกด้วย



รูปที่ 2.70 การหยุดกลไกต่างๆ โดยวิธีที่ถูกต้อง

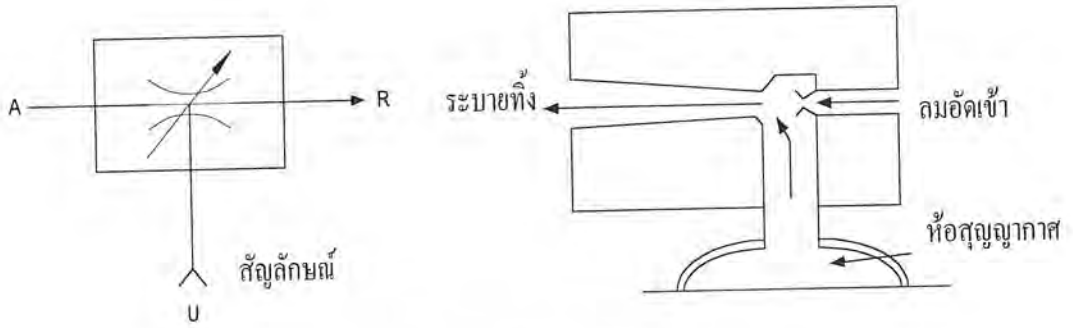
6) อย่าใช้กลไกบังคับการทำงานลิมิตสวิตช์ที่หนักหรือยาวเกินไป ควรใช้กลไกที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบมาให้ ถ้าระยะระหว่างลิมิตสวิตช์และชิ้นงานที่กระทำกับขาของลิมิตห่างเกินไปที่จะใช้ลิมิตสวิตช์มาตรฐานได้ อาจใช้วิธีติดตั้งลิมิตสวิตช์ให้ใกล้เข้ามาหรือออกแบบชิ้นส่วนใหม่จะทำให้ลิมิตสวิตช์มีอายุการใช้งานได้มากขึ้น

7) การนำลิมิตสวิตช์มาใช้งานแต่ละอย่างควรจะศึกษาเกี่ยวกับขนาดและทิศทางของแรงที่มากระทำกับลิมิตสวิตช์ รวมทั้งแรงที่เกิดจากการเสียดทานที่เกิดขึ้นด้วย วิธีที่ทำให้ลิมิตสวิตช์ปลอดภัยจากการใช้งานควรจะใช้กลไกแบบลูกกลิ้งเป็นตัวรับแรงกระทำ

2.12 หัวจับสุญญากาศ

หัวจับสุญญากาศจะอาศัยหลักการเอาลมอัดเป่าผ่านคอคอดดังรูปที่ 2.71 เพื่อทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดสุญญากาศขึ้น อากาศในหัวจับจะถูกดูดออกมาด้วย ดังนั้นในบริเวณดังกล่าวจึงเกิดสุญญากาศขึ้นเช่นกัน ความดันบรรยากาศภายในก็จะดันให้หัวจับ จับชิ้นงานได้แน่น นอกจากนั้นแรงของหัวจับจะมีค่ามากถ้ามีพื้นที่ในการจับมากขึ้นด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.71 โครงสร้างภายในของหัวพ่นลมที่ทำให้เกิดสุญญากาศ

2.12.1 การเลือกขนาดของหัวจับสุญญากาศ

ในการจับยกชิ้นงานโดยทั่วไปชิ้นงานที่จะยกย่อมมีขนาดแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของชิ้นงานนั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเลือกขนาดของหัวจับสุญญากาศให้มีขนาดที่เหมาะสมกับชิ้นงาน ดังจะหาได้จากสมการ

$$W = \frac{PxA}{760}$$

โดยที่ W คือ น้ำหนักของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
P คือ ค่าสุญญากาศที่ใช้ในระบบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท
A คือ พื้นที่หัวจับที่ใช้งานจริง มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

จากสมการ เป็นค่าที่ใช้ในการยกน้ำหนักทางทฤษฎีเท่านั้น ถ้านำมาใช้ในงานจริงควรจะเผื่อค่าความปลอดภัยไว้ด้วย เช่น ถ้าชิ้นงานนั้นเป็นแผ่นเรียบควรเผื่อค่าความปลอดภัยในการใช้งานไว้ 3 เท่า แต่ถ้าชิ้นงานนั้นมีรูพรุนบาง เช่น แผงเสียบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ของโทรทัศน์หรือวิทยุ ก็ควรเผื่อค่าความปลอดภัยไว้ประมาณ 5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 ค่าของแรงที่หัวจับสามารถยกได้ทางทฤษฎี (หน่วยเป็น Kg)

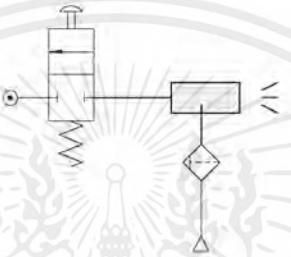
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวจับ	ค่าสุญญากาศ (mmHg)			
(mm)	-300	-400	-500	-600
1	0.003	0.004	0.005	0.006
2	0.012	0.017	0.021	0.025
3.5	0.038	0.051	0.063	0.076
5	0.08	0.10	0.12	0.15
8	0.20	0.26	0.33	0.40
10	0.31	0.41	0.52	0.62
15	0.7	0.9	1.2	1.4
20	1.3	1.7	2.1	2.5
25	2.0	2.6	3.2	3.9
30	2.8	3.7	4.7	5.6
35	3.8	5.1	6.3	7.6
40	5.0	6.6	8.3	9.9
50	8	10	13	16
60	11	15	19	22
80	20	25	33	40
100	31	41	52	62
120	45	60	74	89
150	70	93	116	140
200	124	165	207	248
300	279	371	466	558
400	496	660	828	992
500	775	1031	1294	1550
600	1116	1484	1864	2234
-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 การเดินวงจรของระบบหัวจับสุญญากาศ

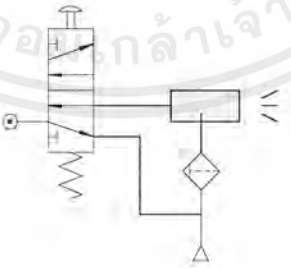
ในชุดอุปกรณ์ทำงานของระบบหัวจับสุญญากาศจะประกอบด้วย หัวพ่นลม และหัวจับสุญญากาศ ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการทำมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น ยาง , ซิลิคอน สำหรับวงจรที่ใช้ดินในระบบหัวจับสุญญากาศมีอยู่หลายแบบด้วยกันแล้วแต่ลักษณะการใช้งานที่จะนำไปใช้ ซึ่งมีอยู่ดังนี้

1) วงจรพื้นฐาน วงจรนี้เป็นวงจรที่ใช้เดินกับหัวจับพื้นฐานทั่วไปคือ วาล์ว 2/2 ลมจะผ่านหัวพ่นลมออกไปทำให้ที่หัวจับเกิดสุญญากาศขึ้นจับชิ้นงานยกขึ้นมาได้



รูปที่ 2.72 วงจรพื้นฐาน

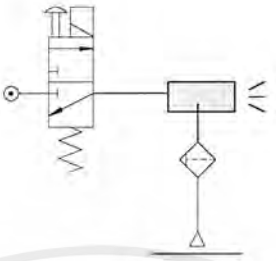
2) วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วแบบปุ่มกด วงจรนี้จะใช้กับงานที่ต้องการปล่อยชิ้นงานได้ รวดเร็วโดยการใช้วาล์ว 5/2 เมื่อต้องการให้หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน ให้กดวาล์ว 5/2 ลมจะผ่านหัวพ่นลมทำให้หัวจับทำงาน แต่เมื่อต้องการปล่อยชิ้นงาน ลมจากแหล่งจ่ายลมจะมาพ่นที่หัวจับ ทำให้ชิ้นงานหลุดออกมาได้



รูปที่ 2.73 วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วแบบปุ่มกด

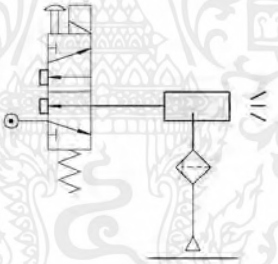
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรพื้นฐานใช้ไฟฟ้าควบคุม วงจรนี้การทำงานเหมือนกับวงจรพื้นฐาน แต่ใช้ไฟฟ้าควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.74 วงจรพื้นฐานใช้ไฟฟ้าควบคุม

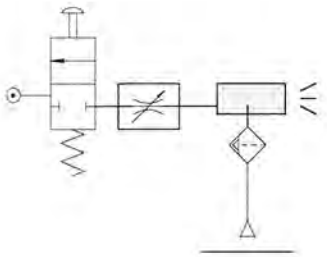
4) วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วใช้ไฟฟ้าควบคุม วงจรนี้คล้ายกับลงจรปล่อยชิ้นงานเร็วแบบปุ่มกด ต่างกันที่วงจรนี้ใช้วงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.75 วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วใช้ไฟฟ้าควบคุม

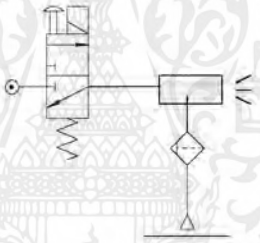
5) วงจรปรับสุญญากาศที่หัวจับได้ เป็นวงจรที่สามารถปรับเวลาในการจับของหัวจับสุญญากาศได้ โดยใช้วาล์วควบคุมปริมาณอัตราการไหลของลมที่ไหลผ่านหัวพ่นลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



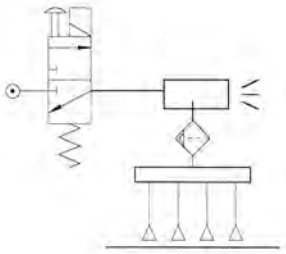
รูปที่ 2.76 วงจรปรับสุญญากาศที่หัวจับได้

6) วงจรที่ติดตั้งสวิตช์สุญญากาศเข้าไปในระบบ เป็นวงจรที่ทำงานคล้ายกับวงจรอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่การที่ติดตั้งสวิตช์สุญญากาศเข้าไปในระบบก็เพื่อที่จะให้แน่ใจว่าหัวจับสุญญากาศจับงานได้แน่พอตามค่าของสุญญากาศที่กำหนดไว้ จึงมีการสั่งให้ทำงานต่อไป



รูปที่ 2.77 วงจรที่ติดตั้งสวิตช์สุญญากาศเข้าไปในระบบ

7) วงจรที่ติดตั้งหัวจับสุญญากาศหลายหัว เป็นวงจรที่ทำงานเหมือนกับวงจรอื่น แต่ในกรณีที่ชิ้นงานใหญ่มากอาจจะต้องใช้หัวจับหลายหัว จึงจะยกชิ้นงานขึ้น จึงต่อเข้าตามวงจรดังรูปที่ 2.78



รูปที่ 2.78 วงจรที่ติดตั้งหัวจับสุญญากาศหลายหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

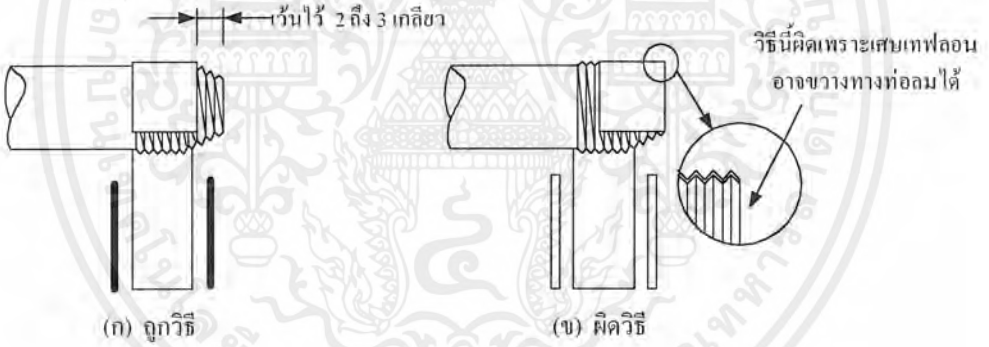
2.12.3 การเดินท่อลม

ท่อลมที่ใช้เดินในระบบควรจะเป็นท่อลมที่ทำจากไนลอน สามารถทนแรงดันได้ถึง 30 kgf/cm ความยาวของท่อลมระหว่างหัวพ่นลมถึงหัวจับสุญญากาศไม่ควรเกินกว่า 1/2 เมตร เพราะถ้ายาวเกินไปจะทำให้หัวจับสุญญากาศทำงานช้าและอาจจะได้แรงในการจับไม่ถึงตามที่กำหนดเอาไว้ ส่วนข้อต่อที่ใช้เพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์จะต้องเป็นชิ้นเกลียวทั้งหมด ไม่ควรใช้ข้อต่อลมแบบเสียบ เพราะในขณะที่เกิดสุญญากาศขึ้นจะทำให้ท่อลมยุบตัวได้

การใช้หัวจับสุญญากาศไม่จำเป็นจะต้องใช้ระบบหล่อลื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในชุดปรับคุณภาพลมจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์ผสมน้ำมันเข้าในระบบ

2.12.4 การซีลเกลียว

มีการซีลคล้ายกับวงจรนิวแมติกทั่วๆไป คือจะใช้เทฟลอนหรือน้ำยาซีลเกลียวเหมือนกัน การพันเกลียวท่อควรเว้นไว้ 2 ถึง 3 เกลียวแล้วจึงพันเกลียวลงไปดังรูปที่ 2.120 (ก) หากใช้น้ำยาซีลเกลียวก็ไม่ควรใช้มากจนเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการขวางทางลมได้

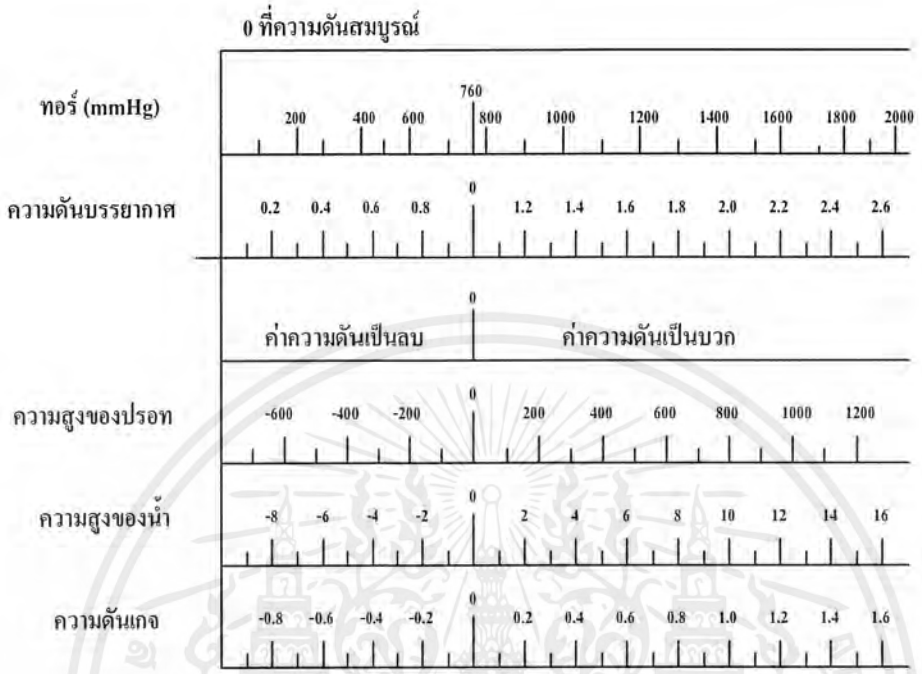


รูปที่ 2.79 การพันเกลียวท่อด้วยเทฟลอน

การเปรียบเทียบค่าสุญญากาศกับหน่วยต่างๆ การกำหนดค่าสุญญากาศในตำราบางเล่มอาจมีการกำหนดหน่วยต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการแบ่งหน่วยให้ได้หน่วยที่ต้องการอาจจะใช้ตารางที่ 2.14 ช่วยในการเปรียบเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.80 เปรียบเทียบค่าสุญญากาศในหน่วยต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

หุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่นำมาใช้ในงานประเภทจับวาง (Pick and Place) โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้การขับเคลื่อนและทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการด้วยกันเมื่อเปรียบเทียบกับการขับเครื่องด้วยระบบไฮดรอลิกส์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า ตัวอย่าง เช่น ต้นทุนในการดำเนินการต่ำกว่าระบบไฮดรอลิกส์ (แต่ให้กำลังที่น้อยกว่า) ความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงาน (แบบเส้นตรง) จะสูงกว่าการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และที่สำคัญก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานที่ส่วนปลายแขนของหุ่นยนต์ (Endeffectors) โดยส่วนมากจะเป็นอุปกรณ์นิวแมติกส์ทั้งนี้ก็เพราะว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีโครงสร้าง หลักการทำงานและการควบคุมที่ค่อนข้างง่ายและสะดวกต่อการนำมาใช้งาน สำหรับอุปกรณ์หยิบจับในระบบนิวแมติกส์นั้นจะมีอยู่หลายแบบด้วยกันดังกล่าวถึงในลำดับต่อๆไป

ส่วนพร็อพอร์ชันวาล์วในระบบนิวแมติกส์การพัฒนาในการนำมาประยุกต์ใช้งานจะค่อนข้างน้อยและล้าหลังกว่าในระบบไฮดรอลิกส์ ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าของไหลหรือลมอัดที่นำมาใช้เป็นต้นกำลังในระบบนิวแมติกส์สามารถยุบตัวได้ (Compressible) รวมทั้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมภายนอกได้ง่ายกว่าของไหลหรือน้ำมันที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกส์จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้การควบคุมกระทำได้ยากกว่าการควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์ จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้การควบคุมกระทำได้ยากกว่าการควบคุมในระบบไฮดรอลิกส์ แต่อย่างไรก็ตามหากเราไม่ต้องการความแม่นยำที่สูงมากนักและยอมรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ ก็สามารถที่จะนำเอาพร็อพพอร์ชันนัลวาล์วมาใช้ในการควบคุมได้

3.2 อุปกรณ์ยึดที่ทำงานด้วยระบบสุญญากาศ (VACUUM GENERATOR & SUCTION CUP)

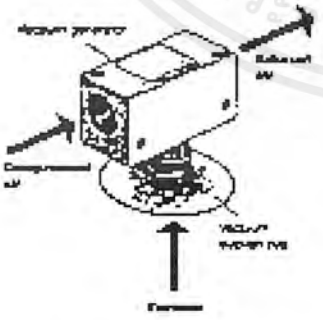
การใช้หัวจับสุญญากาศ (Suction Cup or Pad) จับยึดวัสดุผิวเรียบหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักไม่มากนักมีใช้กันอย่างกว้างขวางในหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรอัตโนมัติสำหรับงานส่งถ่ายวัสดุหรือชิ้นงานต่าง ๆ ตามปกติแล้วระบบสุญญากาศจำเป็นต้องใช้ปั๊มสุญญากาศเป็นต้นกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

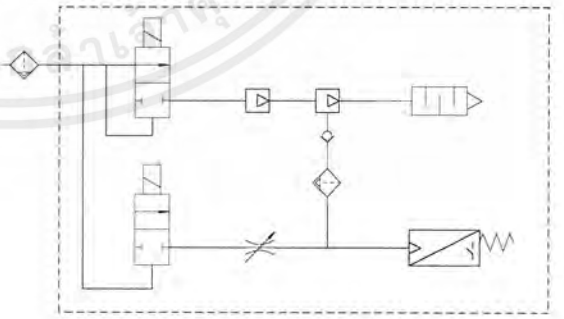
แต่สำหรับหัวจับสุญญากาศในที่นี้นั้นสามารถใช้กับลมอัดปกติที่มีใช้อยู่ในระบบนิวแมติกส์ทั่วไปได้ โดยทั้งนี้จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยที่ใช้ในการสร้างสุญญากาศ (Vacuum Generator or Ejector) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ปั๊มสุญญากาศซึ่งสามารถทำให้ลดภาระหรือค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ลงได้

รูปที่ 3.1 หัวจับและอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ

หลักการทำงาน หัวจับสุญญากาศจะอาศัยความดันลมที่ไหลผ่านคอคอดในอุปกรณ์สร้างสุญญากาศด้วยความเร็วสูงทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดเป็นสุญญากาศขึ้นและอากาศที่จับจะถูกดึงออกมาด้วย ระดับของสุญญากาศจะมีค่ามากหรือน้อยเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับ ความเร็ว ความดัน รวมทั้งขนาดของคอคอดภายในของอุปกรณ์สร้างสุญญากาศที่ลมอัดไหลผ่าน นอกจากแรงที่ได้จะขึ้นอยู่กับระดับของสุญญากาศแล้ว ขนาดของหัวจับก็จะมีผลโดยตรงด้วยเช่นกัน



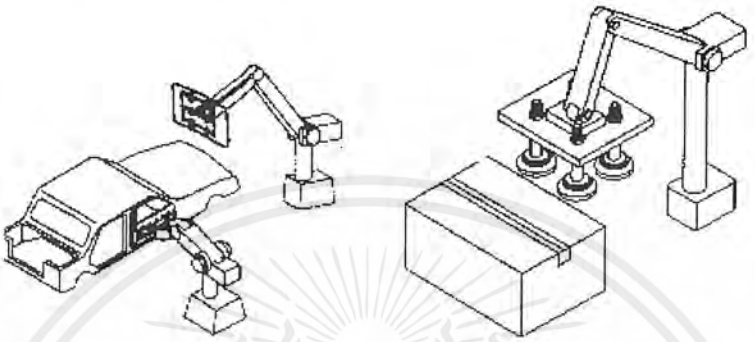
รูปที่ 3.2 หัวจับสุญญากาศ



รูปที่ 3.3 วงจรภายในหัวจับสุญญากาศ

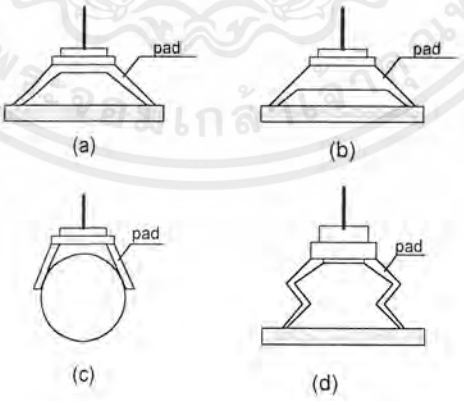
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปที่ 3.3 นั้นเป็นวงจรตัวอย่างการนำเอาหัวสุญญากาศไปประยุกต์ใช้งานโดยมีโซลินอยด์วาล์ว 2/2 ตัวบนจะเป็นตัวควบคุมให้อุปกรณ์สร้างสุญญากาศทำงานหรือไม่ทำงาน ส่วนวาล์ว 2/2 ตัวล่างจะทำงานเมื่อต้องการปล่อยชิ้นงาน นอกจากนั้นในวงจรยังมีเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับสุญญากาศ (ด้านล่างขวามือ) ทั้งนี้ก็เพื่อตรวจสอบดูว่าชิ้นงานถูกดูดติดหรือไม่



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานหัวจับสุญญากาศ

การเลือกชนิดและขนาดของหัวจับสุญญากาศ (Selecting The Suction Cap or Pad) ลักษณะรูปร่าง ขนาด รวมทั้งชนิดของชิ้นงานที่แตกต่างกัน ถามว่าแล้วเราจะเลือกชนิดของหัวจับสุญญากาศได้อย่างไรเพื่อให้ถูกต้องและเหมาะสมกับชิ้นงานต่างๆ เหล่านั้น รูปที่ 3.5 ต่อไปนี้จะเป็น คำตอบถามดังกล่าว



รูปที่ 3.5 หัวจับลักษณะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 (a) หัวจับแบบเรียบ (Flat Type) หัวจับแบบนี้จะใช้กับชิ้นงานทั่วไปที่เป็นแผ่นเรียบซึ่งไม่มีการเปลี่ยนรูปหรือเกิดการโก่งงอตัว

รูปที่ 3.5 (b) หัวจับแบบเรียบแต่มีโครง (Flat With Rib) โครงของหัวจับชนิดนี้จะช่วยให้หัวจับไม่เกิดการอ่อนตัวในขณะดูดจับชิ้นงานที่มีโอกาสโก่งงอตัวได้

รูปที่ 3.5 (c) หัวจับแบบลึก (Deep Type) เป็นหัวจับสุญญากาศที่ใช้กับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็น ทรงกลมหรือมีพื้นผิวโค้ง

รูปที่ 3.5 (d) หัวจับแบบกระเปราะ (Bellows Type) หัวจับสุญญากาศแบบนี้จะใช้ในกรณีที่มีการกระแทกในการดูดจับชิ้นงานหรือใช้ในกรณีที่พื้นผิวของชิ้นงานเอียง

หลังจากที่ทราบแล้วว่าเราจะใช้หัวจับสุญญากาศแบบไหนจึงจะเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานปัญหาต่อไปก็คือว่าแล้วขนาด(เส้นผ่านศูนย์กลาง)ของหัวจับสุญญากาศจะมีค่าเป็นเท่าไรจึงสามารถที่จะดูดจับชิ้นงานได้อย่างพอดีไม่มากหรือน้อยจนเกินไปการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศ (Suction Pad Diameter ; ϕD) สามารถกระทำได้สองวิธีด้วยกันกล่าวคือจากการคำนวณ และจากการหาค่าด้วยกราฟ

การคำนวณหาค่าจากการคำนวณ : สมการที่ค่าจะแสดงต่อไปนี้ได้มาจากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์นิวแมติกส์ของประเทศญี่ปุ่น

$$\phi D = \sqrt{\frac{4}{3.14} \times \frac{760}{P' \times 1.033} \times \frac{W'}{n} \times t \times 100}$$

$$\phi D = \sqrt{\frac{4}{3.14} \times \frac{1}{P} \times \frac{W}{n} \times t \times 100}$$

โดยที่ ϕD = เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศ (mm)

W' = แรงที่ได้จากการยกหรือดูดจับ (kgf)

W = แรงที่ได้จากการยกหรือดูดจับ (N)

P' = ความดันสุญญากาศที่เสถียร (mmHg)

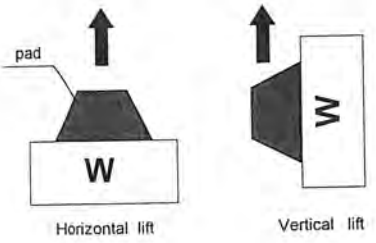
n = จำนวนของหัวจับสุญญากาศที่ใช้

t = ค่าแฟคเตอร์เพื่อความปลอดภัย โดยกำหนดให้

การดูดจับในแนวนอน (horizontal lift) : $\geq$4 (dynamic) ; $\geq$2 (static)

การดูดจับในตั้ง (vertical lift) : $\geq$8 (dynamic) ; $\geq$4 (static)

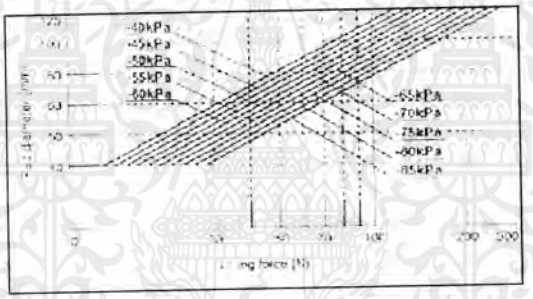
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



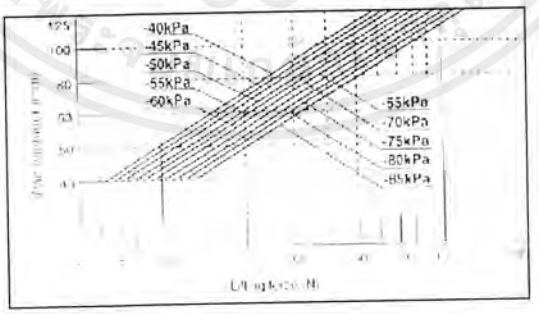
รูปที่ 3.6 ลักษณะการดูดจับชิ้นงานของหัวจับสุญญากาศ

การหาค่าจากกราฟ : กราฟที่จะแสดงต่อไปนี้ก็ได้ข้อมูลมาจากบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์นิวแมติกส์ของประเทศญี่ปุ่นเช่นเดียวกันกับสมการที่ผ่านมา

Selection Graph 1 Selection graph of pad diameter by lift force horizontal (reference value)



Selection Graph 1 Selection graph of pad diameter by lift force vertical (reference value)



รูปที่ 3.7 กราฟในการหาค่าของสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศโดยการใช้กราฟ หากถามว่าแล้วเราจะอ่านค่าจากกราฟที่ให้ไว้ในรูป 3.7 ได้อย่างไร เพื่อความชัดเจนจึงจะขอยกตัวอย่างในเชิงตัวเลขดังต่อไปนี้ สมมติให้ชิ้นงานหนัก 20 Kg (196 N) แล้วใช้หัวจับสุญญากาศจำนวน 5 หัวโดยทำงานที่ความดันสุญญากาศมีค่าเป็น –60 kPa (-450 mmHg) การดูดจับชิ้นงานจะกระทำในลักษณะแนวนอน (Horizontal Lifting) อยากทราบว่าจะต้องใช้หัวสุญญากาศขนาดเป็นเท่าใด วิธีการก็คือก่อนอื่นหาแรงที่ได้จากการดูดจับของหัวสุญญากาศแต่ละตัวเสียก่อนโดยเอา 196÷5 = 39.2N หลังจากนั้นให้ไปดูรูปที่ 3.7 (เนื่องจากเป็นการดูดจับในลักษณะแนวนอน) เมื่อแรงที่ต้องการจากการดูดจับมีค่าเป็น 39.2 N แล้วมีการกำหนดให้ใช้กับความดันสุญญากาศที่ –60 kPa ดังนั้นที่แกน Y หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศก็จะมีค่าที่ 50 mm กว่าๆและในการเลือกใช้งานจะเลือกค่าที่มีค่ามากกว่าซึ่งก็คือ 63 mm นั่นเอง

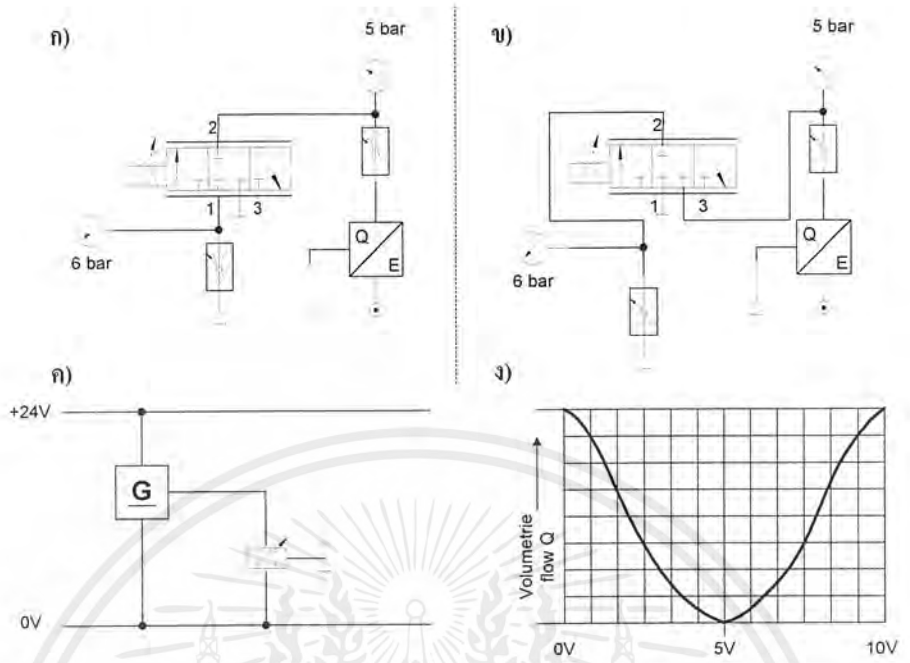
ให้เราสังเกตกราฟในรูปที่ 3.7 แล้วมาตอบคำถามต่อไปนี้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวจับสุญญากาศกับค่าของความดันสุญญากาศจะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร คำตอบคือ จะแปรผกผันกันหรืออีกนัยหนึ่งที่ความดันต่ำ (ติดลบน้อย) หัวจับมีขนาดใหญ่และที่ความดันสูง (ติดลบมาก) หัวจับจะมีขนาดเล็ก

3.3 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง (Proportional Directional Control Valves)

ในการพิจารณาเลือกวาล์วให้เหมาะสมกับลักษณะของการประยุกต์ใช้งาน รวมทั้งการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวาล์ว และที่บริษัทผู้ผลิตต่างกันโดยทั่วไปเราพิจารณาจากคุณสมบัติสถานะอยู่ตัว (Steady State) ของวาล์ว และที่พบเห็นกันโดยส่วนมากก็คือ ฟังก์ชันอัตราการไหลต่อสัญญาณ และความดันต่อสัญญาณ (สัญญาณในที่นี้หมายถึงสัญญาณอินพุตที่ใช้ในการสั่งงาน)

ฟังก์ชั่นอัตราการไหลต่อสัญญาณ (Flow Rate / Signal Function) : สำหรับวาล์วควบคุมทิศทางจะถูกกำหนดโดยวงจรในรูปที่ 3.8 (a) และ (b) สำหรับวงในในรูปที่ 3.8 (a) นั้นใช้ในการวัดอัตราไหลจากพอร์ต (Port) หรือจุดต่อลมที่ 1 ไปยังจุดต่อลมที่ 2 ส่วนวงจรในรูปที่ 3.8 (b) ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลจากจุดต่อลมที่ 2 ไป 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

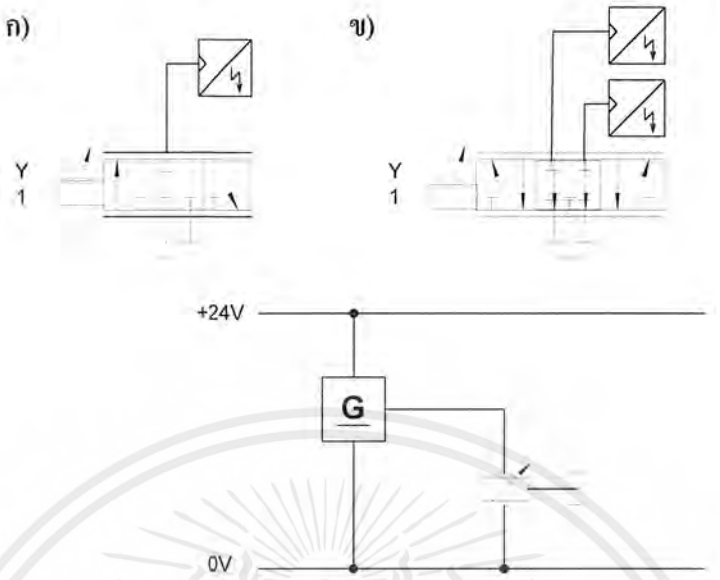


รูปที่ 3.8 การกำหนดวาล์วควบคุมทิศทาง

การวัดอัตราการไหลจะกระทำในขณะที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ใช้ในการขับวาล์วนอกจากนั้นวาล์วควบคุมการไหล (Flow Control Valve) ทั้งสองก็ควรจะตั้งขณะที่ทำการวัดด้วยกล่าวคือ 6 บาร์ใน ทิศทางการไหลก่อนผ่านวาล์ว และ 5 บาร์เป็นการไหลที่ผ่านวาล์วไปแล้ว (สังเกตรูปที่3.8 (ก) และ (ข) ประกอบ)ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่ใช้ในการขับวาล์วกับอัตราการไหลที่ได้สามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 3.8 (ง)

ฟังก์ชั่นความดันต่อสัญญาณ (Pressure / Signal Function) : ในการทำการวัดฟังก์ชั่นความดันต่อสัญญาณ เซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์วัดความดันจะถูกนำเข้ามาต่อกับพอร์ต (Port) หรือจุดต่อลมด้านใช้งานของวาล์วควบคุมทิศทาง (รูปที่3.9 ก และ ข) โดยทั้งนี้สัญญาณที่ใช้ในการขับวาล์วจะต้อง เปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าให้อยู่ในย่านพิกัดเท่านั้น ผลของความดันที่ได้จะถูกนำมาบันทึกเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 จุดต่อลมด้านใช้งานของวาล์วควบคุมทิศทาง

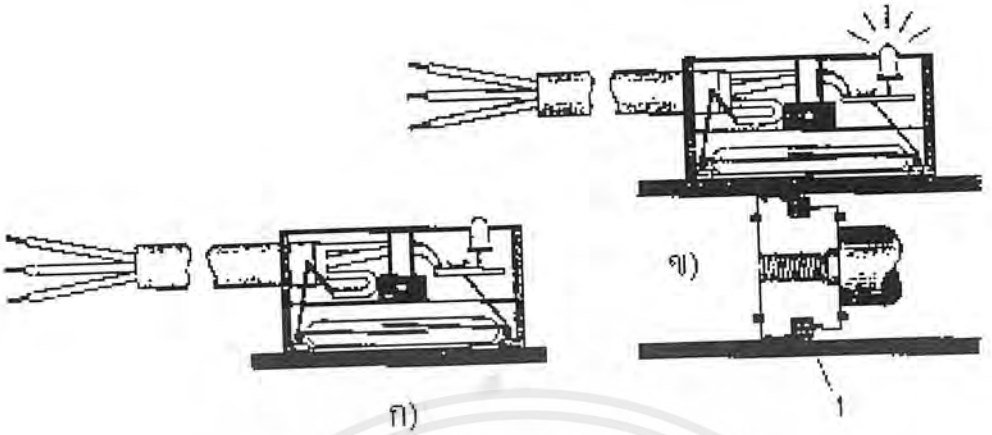
3.4 รีดสวิตช์ (Reed Switch)

รีดสวิตช์คือแมกเนติกส์เซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัส ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วจะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open ; NO) สวิตช์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็กซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่ผลต่อสนามแม่เหล็ก (Ferromagnetic) เช่น เหล็กผสมนิเกิล (Fe-Ni alloy) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็กๆที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย เพื่อทำให้การตัดต่อการส่งกระแสไฟฟ้าทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น

3.4.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน

ในรูปที่ 3.10 ต่อไปนี้จะแสดงตัวอย่างการทำงานของรีดสวิตช์ที่ติดตั้งบนอุปกรณ์ทำงานหรือกระบอกสูบของระบบนิวแมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

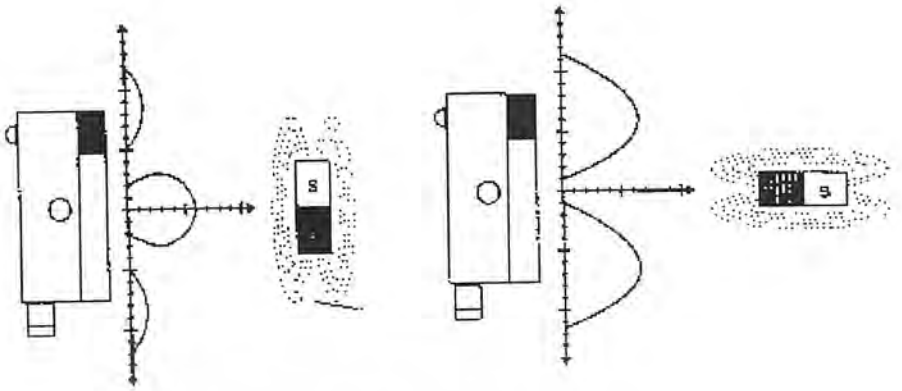


รูปที่ 3.10 สภาวะปกติของรีดสวิตช์

หลักการทำงานในรูปที่ 3.10(ก) เป็นการแสดงสภาวะปกติของรีดสวิตช์ในขณะที่ลูกสูบซึ่งมีแม่เหล็กถาวร (1) ติดตั้งอยู่ ไม่ได้เคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ ในสภาวะนี้หน้าสัมผัสจะเปิดวงจร แต่เมื่อไรก็ตามที่ลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.10(ข) สนามแม่เหล็กจากลูกสูบก็จะส่งผลให้หน้าสัมผัสต่อถึงกันหรือปิดวงจรซึ่งเป็นสภาวะของการทำงานนั่นเอง

ทิศทางของสนามแม่เหล็กในอุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกส์หรือไฮดรอลิกส์นั้นได้มีการออกแบบและถูกกำหนดให้มีผลต่อการทำงานสูงสุดไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่หากเราคิดจะออกแบบและนำไปติดตั้งร่วมกับสนามแม่เหล็กจากแหล่งอื่น จะต้องระมัดระวังและพิจารณาให้ดี เนื่องจากจะมีผลต่อการทำงานของรีดสวิตช์ ผลของทิศทางสนามแม่เหล็กต่อการทำงานของรีดสวิตช์แสดงได้ดังรูปที่ 3.11 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



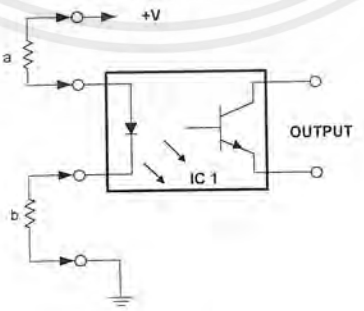
ก)　　ข)

รูปที่ 3.11 ผลของทิศทางสนามแม่เหล็ก

ในรูปที่ 3.11 สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้ รูปที่3.11 (ก) จะเป็นการแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กถาวรซึ่งขั้วแม่เหล็กจะขนานกับตังรีดสวิตช์ โอกาสที่หน้าสัมผัสของรีดสวิตช์จะต่อถึงกันได้มากที่สุดก็คือตำแหน่งตรงกลาง ส่วนรูปที่ 3.11 (ข) การเคลื่อนที่ของขั้วแม่เหล็กจะตั้งฉากกับตังรีดสวิตช์ การติดตั้งในลักษณะนี้จะส่งผลให้หน้าสัมผัสของรีดสวิตช์ต่อถึงกันถึงสองครั้ง

3.5 การประยุกต์ใช้งานตัวเชื่อมต่อผ่านแสง

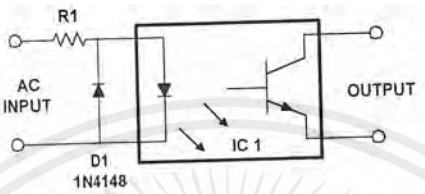
การต่อตัวเชื่อมต่อผ่านแสงในวงจรก็จะเหมือนกับการต่อวงจรที่มีตัว LED กำเนิดแสง และวงจรของโฟโตทรานซิสเตอร์รับแสงที่ต่อแยกจากกัน ในการใช้งานจะต้องต่อตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสของ IRED



รูปที่ 3.12 การต่อตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสของ IRED

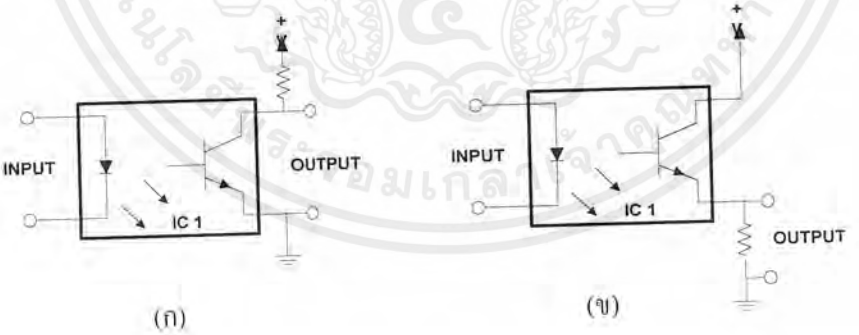
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่ปรับปรุงให้ใช้กับกระแสสลับได้ ซึ่งเราสามารถนำเอาตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ธรรมดามาดัดแปลงได้ด้วยการต่อ ไดโอดภายนอกดังรูปที่แสดงในรูปที่ 3.13 ตัวไดโอดที่ต่อเพิ่มนี้มีหน้าที่ป้องกัน IRED จากแรงดันกระแสสลับในช่วงที่กลับขั้ว



รูปที่ 3.13 การต่อไดโอด D1 ภายนอกเพื่อป้องกันตัว IRED จากแรงดันที่กลับขั้ว

จากการทำงานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่ให้เอาต์พุตเป็นกระแสนี้สามารถเปลี่ยนเอาต์พุตให้เป็นแรงดันได้ ด้วยการต่อต้านทานภายนอกต่ออนุกรมกับขาคอลเลคเตอร์หรือขาอิมิตเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 (ก) ต่อที่ขาคอลเลคเตอร์ รูปที่ 3.14 (ข) ต่อที่ขาอิมิตเตอร์ ค่าความไวของวงจรจะแปรผันตรงกับค่าของตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมนี้



รูปที่ 3.14 การต่อตัวต้านทานภายนอกโดยรูป (ก) ต่อที่ขาคอลเลคเตอร์ รูป (ข) ต่อที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์

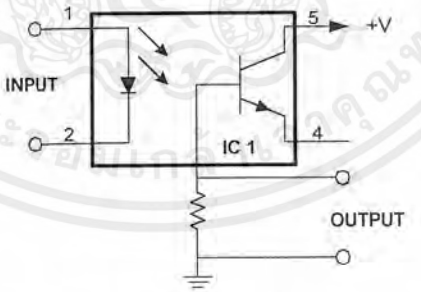
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานสามารถเปลี่ยนเอาต์พุตจากโฟโตทรานซิสเตอร์ให้เป็นโฟโตไดโอดได้ โดยจะทำได้เฉพาะกับแบบที่อยู่ในตัวถังแบบ DIP 6 ขาเท่านั้น โดยดัดแปลงได้โดยย้ายเอาต์พุตที่เคยต่อที่ขาคอลเลคเตอร์หรืออิมมิตเตอร์มาต่อที่ขาเบส (6 ขา) แทน ส่วนขาอีมิเตอร์ ให้ปล่อยว่างไว้หรือจะต่อเข้ากับขาเบสก็ได้ การต่อในแบบนี้จะทำให้ลดค่าเวลาขาขึ้นของสัญญาณอินพุตได้มากทำให้สามารถใช้งานกับสัญญาณอินพุตความเร็วมากๆ ได้ แต่ก็จะเป็นการลดค่า CTR ลงอย่างมากโดยจะลดลงเหลือประมาณ 0.2 %

3.5.1 การเชื่อมโยงกับวงจรดิจิตอล

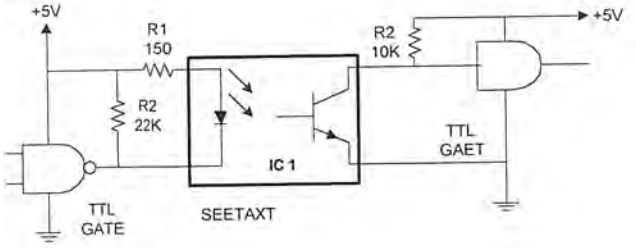
ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงจะเหมาะสมกับการใช้ต่อเชื่อมโยงวงจรดิจิตอลที่มีระดับแรงดันของลอจิกค่าต่าง ๆ โดยสามารถใช้เชื่อมโยงไอซีดิจิตอลตระกูล TTL , ECL หรือ CMOS ด้วยกันหรือใช้เชื่อมโยงข้ามตระกูลกันก็ได้ และยังสามารถใช้เชื่อมต่อระหว่างเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอลของเครื่องซีพีคอมพิวเตอร์ (หรือเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เช่น เครื่องเมนแฟรม เวิร์กสเตชั่น หรือ (PLC) กับโหลดประเภทต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ

รูปที่ 2.16 แสดงการใช้ต่อเชื่อมโยงวงจรดิจิตอล TTL สองวงจรในการต่อก็จะต่อ IRED และตัวต้านทานจำกัดกระแส R1 ระหว่างเอาต์พุตของเกตแบบ TTL กับขั้วบอกของแหล่งจ่ายแรงดัน 5 V แทนที่จะต่อระหว่างเอาต์พุตของ TTL กับกราวด์ เนื่องจากตัวไอซีแบบ TTL สามารถรับกระแสให้ไหลเข้าเอาต์พุต (หรือที่เรียกว่า sink กระแส) ได้มาก (โดยทั่วไปถึง 16 mA) แต่จะจ่ายกระแสเอาต์พุต (source กระแส) ได้น้อยมาก (โดยทั่วไปจ่ายกระแสได้ 400 μA)



รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนเอาต์พุตจากโฟโตทรานซิสเตอร์
เป็นโฟโตไดโอดด้วยการต่อเอาต์พุตที่ขาเบส

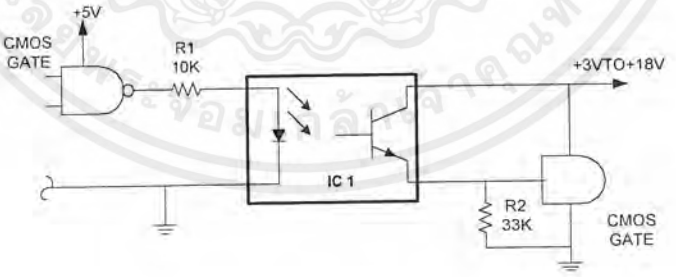
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การนำเอาตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ไปใช้เชื่อมโยงวงจรทีทีแอลเกต

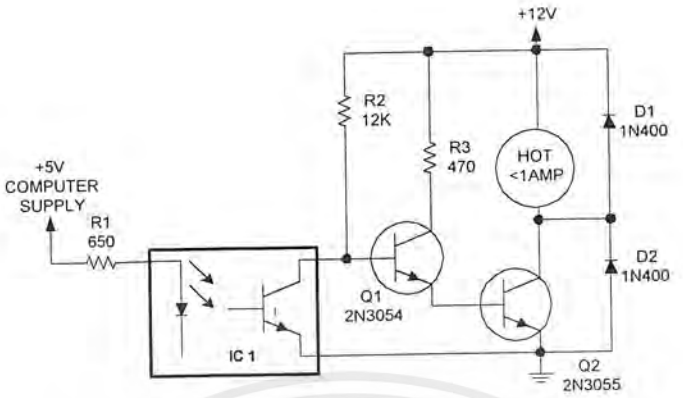
ค่าแรงดันที่ลอจิก 0 ของ TTL ที่เอาต์พุตขณะไม่ได้ต่ออุปกรณ์จะมีค่าน้อยมาก 400 mA ส่วนกรณีของลอจิก 1 ที่ไม่ได้มีการต่อตัวต้านทานพูลอัพค่าที่เหมาะสมก็จะมีค่าแรงดันเอาต์พุตประมาณ 2.4V ซึ่งตามปกติที่เอาต์พุตลอจิก 1 ก็จะไม่มีกระแสไหลผ่าน IRED ไม่มีเอาต์พุต แต่ในกรณีที่เอาต์พุตมีค่าเป็น 2.4 V ก็จะมีกระแสไหลผ่าน IRED ได้ทำให้มีเอาต์พุต ซึ่งเป็นข้อผิดพลาดของวงจรที่แก้ไขได้ด้วยการต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกดังในรูปที่ 13 ก็จะเป็น R3

ส่วนการต่อวงจรที่โฟโตทรานซิสเตอร์เอาต์พุตก็ให้ต่อระหว่างอินพุตกับกราวด์ของไอซี TTL ดังที่แสดงในรูปที่ 15 โดยมีข้อระวังว่าระดับอินพุตลอจิก 0 ของ TTL ที่ถูกต้องจะต้องมีแรงดันต่ำกว่า 800 mV ที่กระแส 1.6 mA หมายเหตุวงจรในรูปที่ 15 นี้เป็นแบบไม่กลับสัญญาณ



รูปที่ 3.17 การนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ไปเชื่อมโยงวงจรซีมอสเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ไปต่อเชื่อมโยงจากเอาต์พุตของคอมพิวเตอร์กับมอเตอร์กระแสตรง

ส่วนของไอซี CMOS ที่สามารถรับและจ่ายกระแสได้หลายมิลลิแอมป์เท่ากัน ทำให้นอกจากจะต่อวงจรในแบบรับกระแสดังรูปที่ 3.16 แล้วยังสามารถต่อแบบให้จ่ายกระแสได้ดังแสดงในรูปที่3.17 ซึ่งทั้งสองกรณีนี้ R2 จะต้องมีค่ามากพอที่ทำให้แรงดันเอาต์พุตของโฟโตทรานซิสเตอร์รับค่าได้ครบทั้งลอจิก 0 และ 1 ตามข้อกำหนดของไอซี CMOS

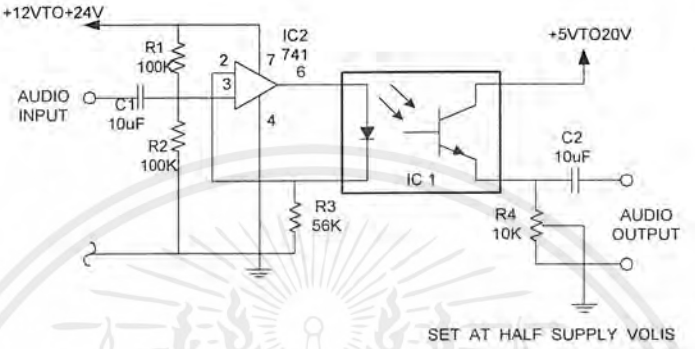
รูปที่ 3.18 แสดงการใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ต่อเชื่อมโยงระหว่างเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอลของเครื่องคอมพิวเตอร์ (5V , 5 mA) กับมอเตอร์แรงดัน 12 V ที่ขณะทำงานจะกินกระแสน้อยกว่า 1A การทำงานขณะที่เอาต์พุตของคอมพิวเตอร์มีลอจิก 1 IRED และโฟโตทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน ทำให้ Q1 และ Q2 จะทำงานทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์มอเตอร์ทำงาน เมื่อเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 IRED และโฟโตทรานซิสเตอร์จะทำงานทำให้ Q1 และ Q2 และมอเตอร์ไม่ทำงาน วงจรนี้มีข้อจำกัดที่มอเตอร์จะต้องกินกระแสไม่เกิน 1A

3.5.2 การเชื่อมโยงกับวงจรแอนะล็อก

เนื่องจาก IRED ของตัวเชื่อมโยงผ่านแสงจะรับได้แต่กระแสตรง (จะมีกระแสไหลเมื่อมีไบแอสตรงเท่านั้น)ในการใช้งานกับสัญญาณแอนะล็อกที่สัญญาณกระแสสลับจะต้องมีการดัดแปลง วงจรบ้าง ด้วยการกำหนดค่ากระแสขณะไม่มีสัญญาณ (standing current) ของ IRED ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณเสียง ออปแอมป์ IC2 จะต่อเป็นวงจร voltage follower ที่มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง โดยแรงดันที่เอาต์พุตขา 6 จะมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุตที่ขา 3 และที่ขา 3 นี้ก็จะมีแรงดันเป็นครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายตามค่าของ R1 และ R2 ที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแบ่งแรงดัน สัญญาณเสียงอินพุตที่ผ่าน C1 ก็จะไปคร่อมกับแรงดันค่าครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายนี้ ออกที่ เอาต์พุตของออปแอมป์ผ่าน IRED ต่อเป็นส่วนป้อนกลับของวงจร voltage follower ทำให้กระแสที่ไหลผ่าน IRED ก็แปรผันตรงกับค่าแรงดันที่อินพุต R3 จะเป็นตัวกำหนดค่ากระแสขณะไม่มีสัญญาณของ IRED โดยจะกำหนดให้มีค่า 1-2 mA



รูปที่ 3.19 การนำตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ไปใช้เชื่อมโยงสัญญาณเสียง(ใช้เชื่อมโยงสัญญาณแอนะล็อก)

ที่เอาต์พุตขณะที่ไม่มีสัญญาณอินพุตซึ่งก็ยังมีกระแสไหลผ่าน IRED ทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโตทรานซิสเตอร์ แล้วไปตกคร่อม R4 ซึ่งจะต้องปรับค่าของ R4 ให้ค่าแรงดันขณะไม่มีสัญญาณนี้มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายเช่นกัน ส่วนของสัญญาณเสียงเอาต์พุตก็จะได้จากแรงดันที่ตกคร่อม R4 แล้วเชื่อมต่อออกไปใช้งานผ่าน C2

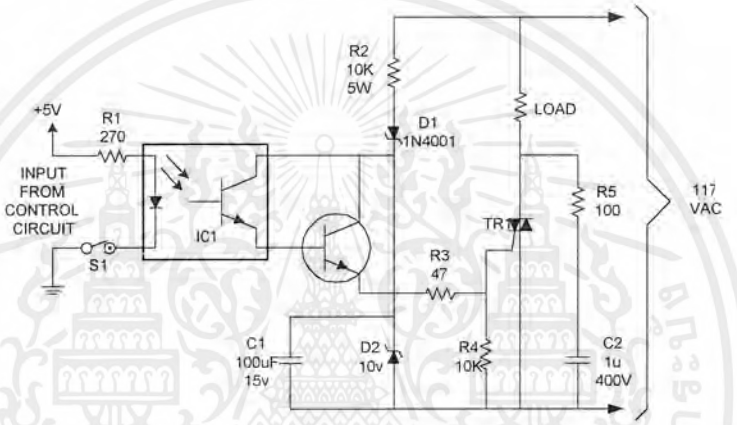
3.5.3 การเชื่อมโยงกับไตรแอค

ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงจะเหมาะสมกับการใช้ต่อเชื่อมโยงเอาต์พุตจากวงจรควบคุมที่มีค่าแรงดันต่ำไปยังวงจรควบคุมไฟกระแสสลับแรงดันสูงที่ใช้ไตรแอคควบคุม เนื่องจากข้อดีของการที่แบ่งแยกวงจรทั้งสองส่วนออกจากกันอย่างเด็ดขาด โดยจะมีการจัดวงจรได้ดังรูปที่ 3.20 สามารถควบคุมหลอดไฟ ฮีตเตอร์ มอเตอร์ หรือโหลดประเภทอื่นได้

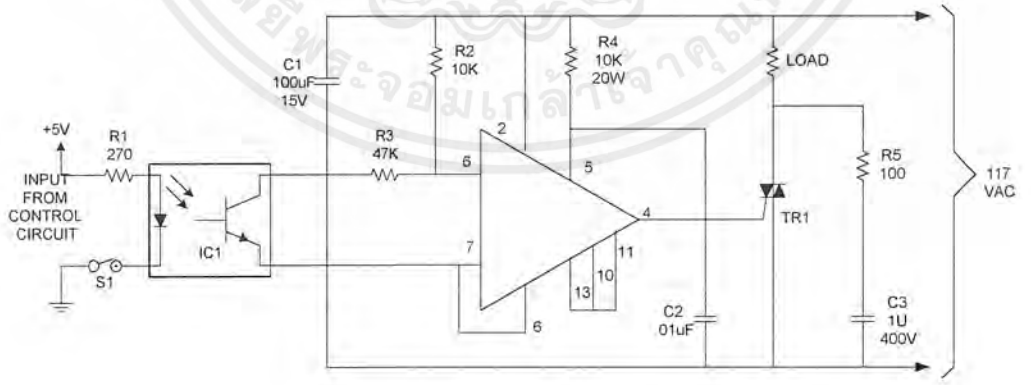
รูปที่ 3.21 และ 3.22 เป็นวงจรควบคุมที่ใช้งานจริง ตัวไตรแอคที่ใช้จะต้องเลือกให้ ทนแรงดันและกระแสให้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้ วงจรในรูปที่ 3.20 จะเป็นแบบ non - ynchronous switching คือการสวิตช์ของตัวไตรแอคจะไม่สัมพันธ์กับรูปคลื่นแรงดัน AC อินพุต ซึ่งถ้าไตรแอคไปสวิตช์ขณะที่แรงดัน AC มีค่าสูงสุด จะทำให้แรงดันมีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด เกิดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระชาก ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวน RFI (radio frequency interference) ไปรบกวนอุปกรณ์อื่น ๆ จากวงจรแรงดัน AC อินพุตที่ผ่าน R2 จะถูกเรคติไฟล์ด้วย D1 ซีเนอร์ไดโอด D2 และ C1 ให้เป็น แรงดันกระแสตรงค่า 10 V แรงดัน 10V นี้จะเป็นแรงดันที่ป้อนให้ขาเกตของไตรแอคโดยผ่าน Q1 เพื่อควบคุมให้ไตรแอคและโหลดทำงานหรือไม่ทำงาน เมื่อ S1 เปิดวงจร ตัวเชื่อมโยงผ่านแสงไม่ทำงานไม่มีกระแสเบสไหลผ่าน Q1 ทำให้ไตรแอคและโหลดไม่ทำงาน ถ้า S1 ปิดวงจร ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงจะทำงานมีกระแสเบสไหลผ่าน Q1 ทำให้ Q1 ทำงานต่อแรงดัน 10 V ผ่าน R3 เข้ากับขาเกตของ ไตรแอค ทำให้ไตรแอคทำงานต่อโหลดเข้ากับไฟ AC



รูปที่ 3.20 วงจรควบคุมไฟเอซีโดยใช้ TRIAC แบบ NON-SYNCHRONOUS ที่ส่วนอินพุตเป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสง



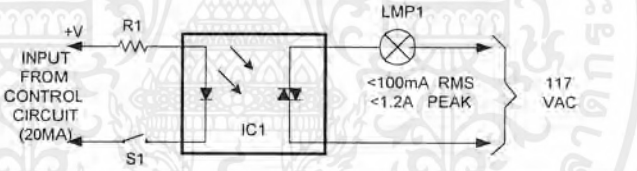
รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมไฟเอซีโดยใช้ TRIAC แบบ SYNCHRONOUS ที่ส่วนอินพุตเป็นตัวเชื่อมต่อผ่านแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

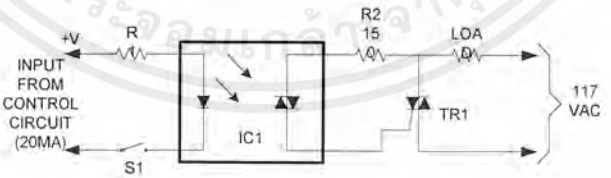
วงจรในรูปที่ 3.21 จะเป็นแบบ synchronous power switching ที่มีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ไอซี CA3059/3079 silicon monolithic zero – voliage switch ของบริษัท Motorola และ Harris ผลจากการต่อไอซีนี้เข้ากับเอาต์พุตของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ จะทำให้วงจรเป็นแบบ Synchronous power switching ที่จะมีกระแสเกตไปกระตุ้นให้ไตรแอคทำงานเมื่อค่าแรงดัน AC ขณะนั้นมีค่าเป็นศูนย์หรือเกือบศูนย์โวลท์ (หรือกระตุ้นตรงจุดที่รูปคลื่นของแรงดันตัดผ่านศูนย์ : zero crossing) วงจรในลักษณะนี้จะมีใช้กันมากในตัว solid state relay สำเร็จรูปที่มีจำหน่ายกันทั่วไป

3.5.4 ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตเอสซีอาร์และโฟโตไตรแอค

ตัวโฟโตเอสซีอาร์และโฟโตไตรเอคที่ส่วนเอาต์พุตของตัวเชื่อมต่อผ่านแสง จะมีค่าอัตราทนกระแสเอาต์พุตที่ไม่มากนัก แต่ก็จะมีอัตราทนกระแสกระชาก (surge-current) ได้มากกว่าค่า RMS ที่ทนได้อย่างในกรณีของเอสซีอาร์ที่พัลซ์กว้าง 100 us มีค่าดิวตี้ไซเกิ้ล (dutycycle) น้อยกว่า 1% ก็จะทนกระแสกระชากได้ถึง 5A ส่วนของไตรแอคก็จนทนการะแสกระชากได้ถึง 1.2 A ที่พัลส์กว้าง 10 us มีดิวตี้ไซเกิ้ลสูงสุด 10 %



รูปที่ 3.22 วงจรควบคุมหลอดไฟแบบมีไส้โดยใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอค



รูปที่ 3.23 วงจรที่ได้ดัดแปลงเพิ่มเติมจากวงจรในรูปที่ 3.22
ให้สามารถใช้งานกับโหลดที่มีกำลังสูง ๆ ได้

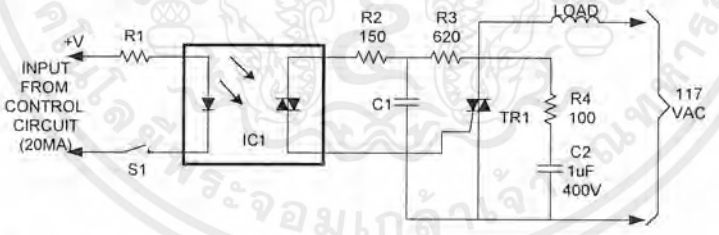
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตเอสซีอาร์และโฟโตไตรแอคที่ส่วน IREDอินพุตก็จะมีการใช้และการจัดวงจรเหมือนกับตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ทั่วไป ส่วนการต่อโฟโตเอสซีอาร์และโฟโตไตรแอคก็จะต่อเหมือนกับการต่อเอสซีอาร์และไตรแอคทั่วๆไป แต่ต้องระวังเรื่องอัตราการทนกระแสของตัวอุปกรณ์เอง รูปที่ 3.22 , 3.23 และ 3.24 แสดงวงจรใช้งานจริงของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอค ค่า R1 ในวงจรทุกรูปจะต้องเลือกให้มีค่าที่ทำให้กระแสไหลผ่าน IRED มีค่าอย่างน้อย 20 mA

ในรูปที่ 3.22 จะต่อโฟโตไตรแอคตรงกับไฟ AC เพื่อควบคุมหลอดไฟแบบไส้ โดยหลอดไฟแบบไส้ที่ใช้นี้จะกินกระแสไม่เกิน 100 mA และมีค่ากระแสพุ่งเข้าสูงสุดน้อยกว่า 1.2 A

รูปที่ 3.23 เป็นวงจรที่ปรับปรุงขึ้น ด้วยการนำเอาต์พุตของโฟโตไตรแอคของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงไปทริกไตรแอคอีกตัว ที่สามารถเลือกให้ทนกระแสและแรงดันค่าต่างๆ ตามต้องการ วงจรในรูปนี้ใช้งานเฉพาะกับโหลดแบบไม่มีค่าความเหนี่ยวนำ (เป็นโหลดที่มีแต่ค่า ความต้านทานเท่านั้น) เช่น โหลดที่เป็นหลอดไฟแบบไส้หรือฮีตเตอร์

รูปที่ 3.24 เป็นการนำวงจรในรูปที่ 3.23 มาดัดแปลงให้สามารถใช้งานกับโหลดที่มีค่าความเหนี่ยวนำ เช่น มอเตอร์ ด้วยการเพิ่ม R2 , C1 และ R3 ที่เป็นวงจรเลื่อนเฟสของกระแสที่ไปทริกขาเกตของไตรแอคให้ทำงานในเวลาที่ถูกต้อง ตัวต้านทาน R4 และ C2 ต่อเป็นวงจร นับเบอร์เพื่อลดผลของกระแสกระชาก



รูปที่ 3.24 วงจรควบคุมโหลดที่มีค่าความเหนี่ยวนำ โดยใช้ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงเอาต์พุตโฟโตไตรแอคตัวลูก (TR1)

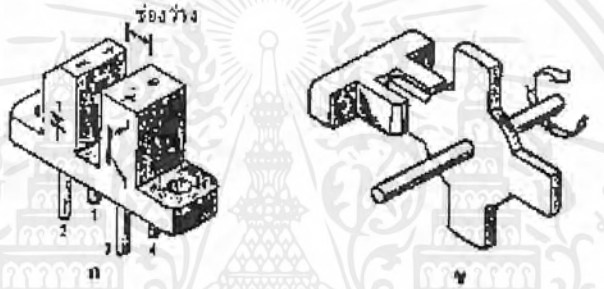
รูปที่ 3.25 (ก) และ 3.26 (ข) แสดงตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่มีตัวถังในรูปแบบอื่นๆ โดยในรูปที่ 3.25 (ก) เป็นโมดูลของตัวตัดต่อแสงผ่านช่องว่าง (slotted coupler-interrupter module ที่จะเรียกย่อว่าตัวตัวตัดต่อแสง) ที่ประกอบไปด้วย IRED และโฟโตทรานซิสเตอร์ที่จัดวางห่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

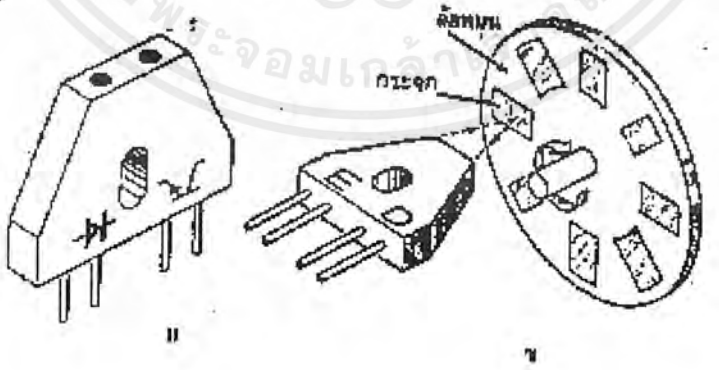
เพื่อสามารถใช้วัตถุมาตัดต่อแสงอินฟาเรดของ IRED ผ่านทางช่องว่างนี้ได้ วัตถุที่จะมาตัดต่อแสงเช่นขี่ล้อรถหรือแผ่นเทปกระดาษ (ที่มีการเจาะรูใช้เก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ในเครื่องรุ่นเก่าๆ)

โดยทั่วไปแล้ว ช่องว่างของตัวตัดต่อแสงนี้จะกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร (0.12 นิ้ว) ตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ที่เอาต์พุตจะมีค่า CTR ต่ำสุดประมาณ 10 % ผังวงจร (schematic) ของตัวตัดต่อแสงนี้จะเหมือนกับรูปที่ 2 เว้นแต่ตัว IREDและโฟโตทรานซิสเตอร์จะประกอบในตัวถังแยกจากกัน

การใช้งานตามปกติแล้วก็จะให้เอาต์พุตIRED ตลอดเวลาก็จะได้เอาต์พุตโฟโตทรานซิสเตอร์ตลอดเวลาเช่นกันแต่เมื่อมีวัตถุมาตัดแสงก็จะทำให้เอาต์พุตของโฟโตทรานซิสเตอร์หายไปตามช่วงเวลาที่มาบังตัดแสง เอาต์พุตที่ได้จึงเป็นพัลส์ตามจำนวนของครั้งที่มีการบังตัดแสง



รูปที่ 3.25 (ก) โมดูลของตัวสะท้อนแสง (OPTICALLY-COUPLED INTERRUPTER MODULE) และ (ข) แสดงการประยุกต์ใช้วัดความเร็ว



รูปที่ 3.26 (ก) โมดูลของตัวสะท้อนแสง (OPTICALLY-REFLECTOR MODULE และ (ข) แสดงการประยุกต์ใช้วัดรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 (ข) แสดงการนำตัวตัดต่อแสงไปใช้วัดรอบของการหมุนโดยในแต่ละช่วงเวลาส่วนที่ยื่นออกมาของล้อก็จะหมุนตัดแสง แล้วมีวงจรที่นับพัลส์เพื่อนับว่าเกิดการหมุนไปกี่รอบ นอกจากนี้แล้ว ยังมีการนำตัวตัดต่อแสงนี้ไปใช้ในวงจรตรวจสอบว่าเทปหมดหรือยัง วงจรตรวจระดับของเหลว ใช้ในเมาส์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ

รูปที่ 3.26 (ก) เป็นโมดูลของตัวเชื่อมต่อผ่านแสงที่อาศัยการสะท้อน โดยแสงอินฟาเรดที่ส่องออกมาจะสะท้อนกับวัตถุที่ต้องการตรวจสอบกลับเข้าไปที่ตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะเหมาะกับงานที่ไม่สามารถนำวัตถุมาหมุนตัดผ่านช่องว่างของตัวตัดต่อแสงในรูปที่ 3.26 ได้ตัวอย่างการใช้งานทั่วไปจะใช้ในการนับวัตถุขนาดใหญ่ที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านสายพานหรือไหลผ่านที่นำวัสดุ ตัว IRED และโฟโตทรานซิสเตอร์ถูกออกแบบให้มีจุดโฟกัสจุดเดียวกันห่างกัน 5 มิลลิเมตร (0.2 นิ้ว) คือ ถ้าว่างตัวสะท้อนแสงห่างจากโมดูลของตัวสะท้อนแสง 5 มิลลิเมตร จึง จะสะท้อนกลับไปโฟโตทรานซิสเตอร์พอดี ดังที่แสดงในรูปที่ 3.26 (ข) แสดงการนำไปใช้วัดรอบ โดยการติดตัวสะท้อนแสงบนพื้นผิวของจานหมุน โดยที่ตัวสะท้อนจะอยู่ห่างกันประมาณ 5 มิลลิเมตร ผิวสะท้อนแสงที่ใช้สามารถใช้เป็นสีสะท้อนแสงทาหรือเป็นเทปสะท้อนแสงก็ได้ นอกจากนี้ ยังมีการใช้งานโมดูลของตัวสะท้อนแสงไปใช้ในตัวตรวจสอบตำแหน่งเทปตัววัดจำนวนรอบของเพลาเครื่องยนต์ ตัววัดความเร็วของเพลาเครื่องยนต์ตัวเชื่อมต่อผ่านแสงทั้งแบบที่เป็นตัวตัดต่อแสงหรือตัวสะท้านแสงจะมีแบบที่เอาต์พุตเป็นโฟโตดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ , โฟโตเอสซีอาร์ และโฟโตไตรแอคให้เลือกใช้

3.6 จอแสดงผล LCD

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VEDIO , เครื่องถ่ายเอกสาร , เครื่องมือวัดคุมต่างๆ เครื่องคอมพิวเตอร์

เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ออกได้เป็นพวกๆดังนี้

1) CHARACTER LCD MODULE

2) GRAPHIC LCD MODULE

3) SEGMENT DISPLSY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆแบ่งได้เป็น

1) DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเองกับแสงก็คือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

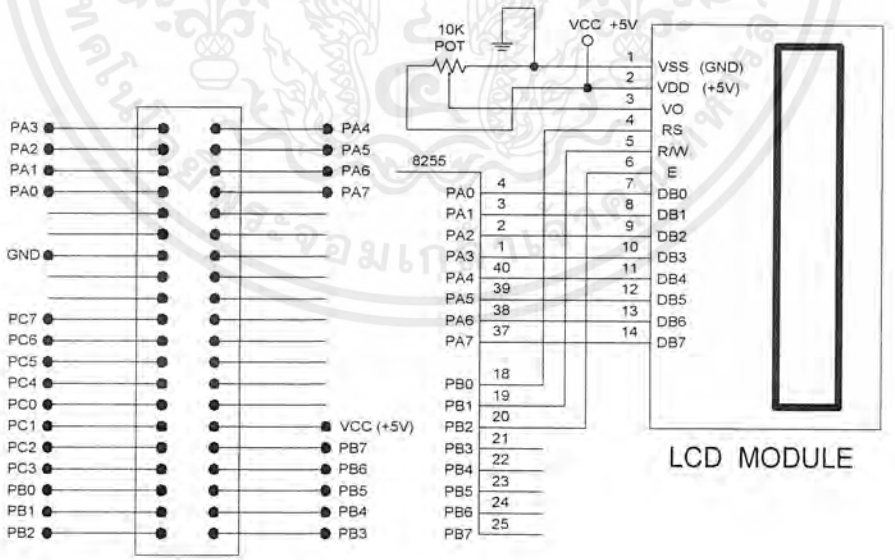
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลัก LCD อีกทีหนึ่งโดยมีเบอร์ที่ นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H , MSM5259

3) CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ และ การเกิดตัวอักษร เป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่และ เบอร์ IC HD1830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

ในการศึกษาการทำงานและใช้งาน LCD MODULE นั้นไม่ใช่เรื่องยากเลยถ้าเราสามารถทำความเข้าใจในส่วนของ CONTEROLLER ได้ก็เพียงพอแล้วและโดยมาก LCD MODULE ในแต่ละบริษัทแล้วจะใช้ตัว CONTROLLER ที่มีหลักการทำงานเหมือนๆกันเป็นส่วนใหญ่และใน LCD MODULE แต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมมากที่สุดตัวหนึ่งที่เป็น CONTROLLER LCD ก็คือ เบอร์ HD44780 โดยรูปแบบการทำงานของมันได้เป็นมาตราฐานให้กับ CONTROLLER LCD ตัวอื่นๆด้วย

HD44780 เป็นไอซี LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆตัวมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4 BIT หรือ 8 BIT ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4 BIT จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้นโดยข้อมูลครั้งเราที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4 BIT บนแล้วข้อมูลที่ ส่งต่อมานั้นเป็นข้อมูล 4 BIT ล่าง



รูปที่ 3.27 การต่อใช้งานกับ ET-BOARD V 3.0 , ET-BOARD V3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรเป็นการต่อ 8255 ให้เข้ากับ LCD โดยเราจะจำลองสัญลักษณ์ต่างๆ ขึ้นมาโดยการใช้ PORT A และ PORT B โดย PORT A นั้นเราให้เป็น DATA PORT และ PORT B นั้นเราให้เป็นสัญญาณควบคุมไปใช้เมื่อเราเริ่มเปิดไฟป้อนให้ HD44780 นั้นจะทำการ RESET ตัวมันเองโดยจะใช้เวลาประมาณ 10 ms หลังจากไฟ VDD ถึง 4.5 VOLT แล้ว โดยจะ SET ตัวเองดังนี้

1) DISPLAY CLEAR จะทำการลบข้อมูลจอภาพ LCD

2) FUNCTION SET โดยจะ SET ค่าภายใน

DL = 1 : เป็นการ SET ให้การติดต่อแบบ 8 BIT

N = 0 : SET เป็น 1 บรรทัดการแสดงผล

F = 0 : 5X7 DOT ต่อหนึ่งต่ออักษร

3) DISPLAY ON/OFF D=0 : DISPLAY OFF

C = 0 : CURSOR OFF

B = 0 : BLINK OFF

4) ENTRY MODE SET I/D = 1 : +1 (เพิ่มค่า COUNTER ขึ้น 1)

S = 0 : NO SHIFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

โครงงานนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการลำเลียงกระป๋องน้ำอัดลม ไปจัดเก็บในชั้นวางกระป๋อง ดังนั้น จึงมีส่วนในการทำงานหลายส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนของสายพานลำเลียง , ส่วนของชุดยกกระป๋อง และส่วนของการจัดเก็บ โดยในแต่ละส่วนจะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้เป็นตัวควบคุม

4.1 การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อเปิดสวิตช์ Power Supply ที่จอ LCD จะแสดงผลว่า

Control converyor
Press key : 2 ND

เป็นอักษรวิ่งจากขวาไปซ้าย แล้ววนกลับมาใหม่ และสายพานลำเลียงจะวิ่ง เมื่อวางกระป๋องไปชนลิมิตสวิตช์ตัวที่ 1 และลิมิตสวิตช์ตัวที่ 2 จะทำให้สายพานหยุดและจะแสดงผลที่จอ LCD ว่า

! Step 1 !
****

แล้วตัวรถยิงกระป๋องจะเลื่อนกลับมาที่จุดเริ่มต้น ขณะเดียวกันจะแสดงผลที่จอ LCD ว่า

! Go to Origin !
**** < x – axit> ****

จะกระทั่งรถยิงกระป๋องจะวิ่งมาชนลิมิต ตัวกระบอกสูบ A จะเคลื่อนที่กลับ โดยจะแสดงผลว่า

! Cylinder IN !
****** Readdy ******

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกระบอกสูบ A เคลื่อนที่ขึ้นมาทำให้ Lead switch ตัวที่ 1 ทำงานตัว Rodless จะเคลื่อนที่กลับไปยังจุดของสายพานลำเลียง ในขณะที่วิ่งจะแสดงผลว่า

Pneumatic Readdy
Rodless -> start

เมื่อ Rodless วิ่งมาชนลิมิตสวิตช์ตัวที่ 1 กระบอกสูบ A จะเคลื่อนที่ออกอีกครั้ง และเมื่อกระบอกสูบ A วิ่งออกมาทำให้ Lead switch ตัวที่ 2 ทำงาน จะแสดงผลว่า

! Cylinder out !
****** Readdy ******

จากนั้นหัว Vacuum จะดูดกระป๋องค้าง ต่อจากนั้นกระบอกสูบ A จะเคลื่อนที่เข้า แสดงผลว่า

! Cylinder IN!
****** Readdy ******

เมื่อกระบอกสูบ A เคลื่อนที่ขึ้นจะทำให้ Lead switch 1 ทำงาน และจะทำให้ Rodless เคลื่อนที่ออก ซึ่งจะแสดงผลว่า

Pneumatic Ready
Rodless -> Ready

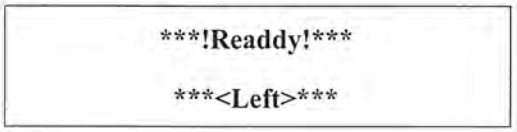
เมื่อ Rodless วิ่งมาชน Limit Switch จะทำให้กระบอกสูบ A เคลื่อนที่ออก ซึ่งแสดงผลว่า

! Cylinder OUT !
"**Readdy******

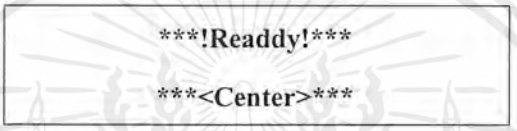
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น หัว Vacuum จะปลดลมออก ทำให้กระป๋องวางลงบนตัวรถยิงกระป๋อง แล้วรถยิงกระป๋องก็จะวิ่งไปตามจุดลิมิตสวิตช์ต่าง ๆ ตามชั้นบนแกน X ซึ่งจะมีแสดงผลดังต่อไปนี้

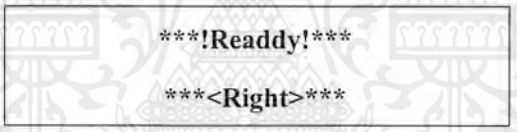
ช่วงที่ 1 แสดงผลว่า



ช่วงที่ 2 แสดงผลว่า

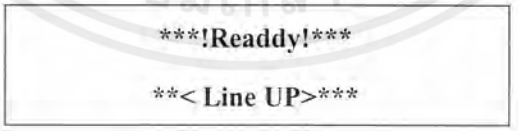


ช่วงที่ 3 แสดงผลว่า

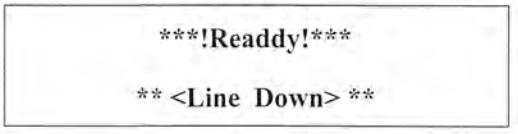


จากนั้น รางเลื่อน แกน Y ก็จะเลื่อนขึ้นหรืออยู่กับที่ ตามคำสั่งว่า จะวางที่ชั้นไหน ที่ชั้น 1 หรือชั้น 2 ซึ่งแสดงผลดังนี้

ชั้น 1 แสดงผลว่า



ชั้น 2 แสดงผลว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น รถเลื่อน จะวิ่งกลับไปชนลิมิตสวิตช์ 3 ซึ่งจะแสดงผลว่า

! Go to Origin !
** < x - axit> **

แล้วการทำงานจะวนรอบไปจนกว่าจะครบค่าที่ได้โปรแกรมไว้

4.2 สรุปผลการทดลอง

การใช้งาน เมื่อเราวางกระป๋องบนสายพานลำเลียง ก็จะเลื่อนไปชนลิมิตสวิตช์เพื่อทำการจัดระยะของกระป๋องแล้ว มอเตอร์ขับสายพานก็จะหยุดการทำงานชั่วคราว จะส่งผลให้กระบอกสูบซึ่งจะทำงานด้วยระบบสุญญากาศเคลื่อนที่มาดูดกระป๋องไปวางบนตัวรถซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวแกน X และ Y นำไปจับเก็บยังชั้นที่ได้เตรียมไว้จะสามารถบรรจุได้ทั้งสิ้น 12 กระป๋อง

ซึ่งสามารถจะควบคุมได้ทั้งแบบ Auto และ Manual ถ้าเรานำโครงงานนี้ไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจะทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานและลดต้นทุนในตการผลิตไปในตัวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการจัดสร้างโครงงานชิ้นนี้ สามารถจัดทำเป็นไปได้ด้วยดี รวมทั้งระบบย่อยแต่ละระบบสามารถทำงานสัมพันธ์กันได้อย่างดี และจากการทดลองนำชิ้นงานจัดเก็บเข้าชั้นสามารถทำงานได้ดี แต่มีปัญหาหลักอยู่ที่ ชุดจัดเก็บ ค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพที่จำกัด เนื่องจากตัวกระบอกสูบที่ใช้อยู่ มีโครงสร้างที่ค่อนข้างใหญ่กว่าตัวรถขับเคลื่อน ทำให้การออกแบบที่ถูกควบคุมด้วย พื้นที่ ที่เหลือจึงเป็นปัญหาหลัก ในส่วนของภาคขับเคลื่อนมอเตอร์และสายพานลำเลียง สามารถทำงานได้ด้วยดี

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1. แหล่งจ่ายไฟ

เนื่องจากใช้ Stepping Motor ชนิด Bipolar ซึ่งกินกระแสค่อนข้างมาก (3 A) แต่ใช้แรงดันเพียง 1.53 V ทำให้ออกแบบลำบาก เพราะแหล่งจ่ายภาคอื่นๆ ใช้เพียง IC 78XX ซึ่งจ่ายกระแสได้สูงสุด 1 A ซึ่งเพียงพอในการใช้งานแล้ว

เมื่อเปิดแหล่งจ่ายไฟ จ่ายให้กับวงจร Drive stepping motor ภาค Supply จะค่อนข้างร้อนมาก วงจร Supply ใช้วงจร Bridge rectifier ธรรมดา ซึ่ง Bridge ที่ใช้ทนแรงดันได้ 400V ทนกระแสได้ 10 A การกรองกระแสได้ไม่เรียบ ได้แรงดัน DC ออกตามต้องการ แต่มีกระแส AC ออกมาด้วย ซึ่ง AC นี้สูงกว่า DC มาก ทดลองเปลี่ยนค่า ซีที่ใช้กรองก็ไม่หาย

แนวทางแก้ไข

เปลี่ยนภาค Stepping Motor ให้เปลี่ยนเป็น Induction motor ทำให้ภาค Supply ที่ใช้ให้เปลี่ยนเป็นหม้อแปลง 110 V AC. ซึ่งตัดปัญหาไปได้

5.2.2. ชุดควบคุม

การออกแบบเลือกใช้ไอซีตามวงจรในหนังสือต่างๆ ซึ่งไม่ค่อยละเอียดและไม่ตรงกับความต้องการจึงต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้ามาก และอีกทั้งการออกแบบมาครั้งแรกๆ ไม่แน่ใจว่าจะถูกต้องใช้ได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข

จึงใช้วิธีการต่อสายขาต่อขาบนบอร์ดเอนกประสงค์ ซึ่งทดลองแล้วใช้ได้ดีพอสมควร การต่อสายบนบอร์ดอเนกประสงค์ใช้เวลามากเพราะงานค่อนข้างละเอียดการเคลื่อนย้ายบ่อยๆ ก็เสี่ยงต่อการเสียหาย

แนวทางแก้ไข

ออกแบบการใช้งานใหม่เป็น PCB board

เนื่องจากขาดประสบการณ์การใช้ Program Protel มาก่อนจึงไม่รู้วิธีการใช้งานดีเท่าที่ควร ทำให้ Board control บอร์ดแรกที่เขียนไม่ดีเท่าที่ควร ขนาดต่างๆ ไม่ได้ รู hole ไม่ได้ขนาดต้องมาเจาะเพิ่มเติม แต่ก็ใช้ได้

แนวทางแก้ไข

ต่อมาได้ทดลองใช้ Protel บ่อย ๆ และหาหนังสือมาอ่านทำให้รู้มากขึ้น การออกแบบ Board control ตัวต่อมาจึงเริ่มดีขึ้น

5.2.3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เริ่มแรกต้องการนำสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาขับสายพาน จึงต้องการมอเตอร์ที่มีทอร์คสูง จึงได้ศึกษาเรื่องมอเตอร์และตัดสินใจใช้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชนิด ไบโพล่า

การเลือกซื้อได้ดูแคตาล็อคมอเตอร์ของบริษัทต่างๆ ซึ่งจะมีราคาแพงมาก

แนวทางแก้ไข

จึงตัดสินใจหาซื้อมอเตอร์ที่ใช้มาแล้ว แถวคลองถม ที่เป็นชนิดไบโพล่า ใช้แรงดัน 1.53V กระแส 3 A จะมีราคาถูกกว่า

การหาวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นเรื่องที่ลำบากมาก เพราะวงจรส่วนใหญ่จะเป็นวงจรที่ใช้ขับชนิด ยูนิโพล่า เพราะชนิด bipolar นี้ไม่เป็นที่นิยม

แนวทางแก้ไข

การหาวงจรขับจึงหาได้จากการเปิดคู่มือ ไอซี ต่างๆ , ECG ฯลฯ เดินดูตามงานที่แสดงหุ่นยนต์ต่างๆ ที่มีการใช้มอเตอร์แล้วจำมาใช้บ้าง ค้นหาตามบริษัทต่างๆ บ้าง จนได้เบอร์ไอซีมาแล้วก็ต้องมาหาวงจรต่อร่วมอีกให้ตรงกับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อวงจรครั้งแรงไม่ได้ผล มอเตอร์ไม่ทำงาน

แนวทางแก้ไข

ทดลองแก้ไขวงจรก็ยังไม่ทำงานจนกระทั้งได้หาคู่มือของ IC Drive stepping มาดู จึงรู้ว่าต้องจ่ายแรงดันไปเลี้ยงไอซีเบอร์นี้สูงกว่าที่จ่ายให้มอเตอร์จึงต้องเปลี่ยน Supply วงจรจะถึงใช้ได้

5.2.4. เซนเซอร์

ต้องการนำเซนเซอร์มาใช้ตรวจจับกระป๋องที่สายพานเป็นจำนวน 2 ชุด จึงเลือกเป็นเซนเซอร์ชนิด Infarade ทดลองใช้อุปกรณ์ชุด AIT เก่าๆ มาประกอบดูเซนเซอร์ ตัดต่อดีแต่ระยะยังไม่ได้ ส่วนเซนเซอร์อีกชุดหนึ่งก็ทำการตรวจจับได้แต่ไม่เสถียรรีเลย์จะมีการตัดต่ออยู่ตลอดเวลา จึงใช้เซนเซอร์ 2 ชุดนี้ในการทดลองโปรแกรม

แนวทางแก้ไข

เมื่อใช้งานจริงจะเปลี่ยนเป็นเซนเซอร์ชนิดอื่นเป็นลิมิตสวิตช์แทน

5.2.5. โปรแกรม

เมื่อเริ่มต้นเขียนโปรแกรมผู้เขียนยังไม่สามารถกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานได้อย่างชัดเจนเนื่องจากอุปกรณ์ภาคต่างๆ ยังไม่ลงตัว การกำหนดพอร์ตใช้งาน จึงยังไม่แน่นอน

แนวทางแก้ไข

ดังนั้นจึงได้แต่เขียนแยกงานเป็นส่วนๆ แบ่งเป็นส่วนของ LCD , คีย์บอร์ด , เซนเซอร์ , สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมแต่ละส่วนได้ จะต้องรู้ถึงการใช้งาน คุณสมบัติต่างๆของอุปกรณ์ที่จะติดต่อ ดังนั้นจึงต้องหาคู่มือของอุปกรณ์มาอ้างอิง

LCD เมื่อหาคู่มือมาได้แล้วทำการต่อวงจรปรับความเข้มแสงที่หน้าจอ และต่อวงจรเข้ากับชุดควบคุมแล้วทดลองเปิดไฟเลี้ยงปรากฏว่า LCD ติดแถวบนเพียงแถวเดียว คีย์บอร์ด เป็น Keymatrix ขนาด 4x4 แต่มีทั้งหมด 9 ขา ซึ่งอีกขาใช้ต่อลงกราวด์ ของวงจรส่วน 4 ขา แรกต้องต่อ R pullup ไว้ด้วย ทดลองเขียนโปรแกรมรับค่าก็ใช้ได้

แนวทางแก้ไข

แต่เมื่อหาโปรแกรมมาโหลดลงชิฟ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วก็แสดงผลเป็น 2 แถวดังนั้นการที่ LCD ไม่ติดตอนแรกอาจจะมาจากยังไม่ได้ส่งข้อมูลการทำงานไปให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ ใช้สัญญาณไฟจากตัวเซนเซอร์ส่งไปยังชุดควบคุม ต้องต่อขาที่ออกจากรีเลย์ของชุดเซนเซอร์ให้ถูกเลือกว่าต้องการชนิด No หรือ Nc ที่จะต่อเข้าชุด Control

แนวทางแก้ไข

เขียนโปรแกรมเลือกรับค่าทั้งแบบ No และ Nc

สเต็ปปิ้งมิเตอร์ ที่ตัวชุดไดรว์จะมี 6 ขา คือขา Data 4 ขา และอีก 2 ขาเป็น Enable ให้เลือกทำงานอีกทั้งการสั่งงานมอเตอร์ยังมีทั้งแบบ Half Drive , Full Drive ขึ้นอยู่กับความต้องการ Torque และต้องเลือกขับทั้งหมุนซ้ายและหมุนขวาได้จึง

แนวทางแก้ไข

ทดลองเขียนโปรแกรมโดยอาศัยวิธีการ Look up Table ซึ่งง่ายต่อการเปลี่ยนทิศทางการหมุน

5.2.6. ชั้นเก็บ

ชั้นเก็บนี้เป็นส่วนที่เพิ่มขึ้นมาทีหลังเพื่อให้ Plant นี้สมบูรณ์ เดิมทีต้องการให้เก็บกระป๋องได้ 0 ถึง 99 กระป๋อง แต่เมื่อลองวัดขนาด Plant แล้ว 99 กระป๋องจะต้องสร้างชั้นเก็บที่ เมื่อได้ขนาดตามต้องการแล้วก็ทำการเขียนแบบชั้นเก็บ แต่เมื่อทำการประกอบโดยใช้อลูมิเนียมมายิงลีเวทยึดโครง แต่ถึงแม้จะมีการออกแบบชั้นเก็บและกำหนดขนาดไว้แล้วก็ตาม เมื่อนำมาประกอบจริงการตัดโครงอลูมิเนียมจะไม่ค่อยตรง เมื่อตะไบก็จะทำให้ขนาดเสีย บางครั้งตัดอะลูมิเนียมมาโดยไม่ได้คำนึงถึงความหนาก็ทำให้ขนาดเสีย การเจาะสว่านเพื่อยิงลีเวทถ้าไม่ตรงก็ทำให้โครงของชั้นเก็บเบี้ยวไป

แนวทางแก้ไข

จึงลดขนาดมาให้เหลือ 12 กระป๋อง ซึ่งแบบที่สร้างใหม่จะมี 2 ชั้น ชั้นละ 3 ช่อง แต่ละช่องจะเก็บได้ 2 กระป๋อง

5.2.7. นิวเมติกส์

การขึ้นโครงนิวเมติกส์ขึ้นอยู่กับระยะชักของก้านสูบรวมกับหัว Vacuum กับความสูงของสายพานเพื่อให้หัว Vacuum จับกระป๋องได้พอดี และระยะที่วางจะต้องพอดีกับชุดรางเลื่อน

แนวทางแก้ไข

ดังนั้นการกำหนดขนาดจึงเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าคำนวณผิดพลาด จะต้องแก้ไขโครงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองการทำงานของชุดนิวเมติกส์มีความยากลำบาก เพราะต้องใช้ถังลมเป็นตัวจ่ายลม และต้องสร้างลำดับการทำงานเป็นขั้นตอนให้ถูกต้อง

แนวทางแก้ไข

ดังนั้นจึงต้องขึ้นโครงนิวแมติกส์ให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนถึงจะทดลองให้เป็นลำดับขั้นตอนได้

5.2.8. รางเลื่อน

รางเลื่อนใช้เป็นตัวยกกระป๋องเก็บเข้าชั้นต่างๆ ดังนั้นรางเลื่อนนี้จะวิ่ง 2 แกน เริ่มแรกจะให้ตัวเลื่อนนี้เป็นรถเกาะรางทั้ง 2 แกน แต่แกนจะต้องรับน้ำหนักของมอเตอร์ที่วางอยู่บนตัวรถทั้ง 2 แกน ดังนั้นจะมีน้ำหนักมาก จะทำให้เป็นการเพิ่มโหลดให้กับมอเตอร์ด้วย

แนวทางแก้ไข

ดังนั้นจึงเปลี่ยนแกน ยกขึ้นเป็นลักษณะของลิฟซึ่งจะวางมอเตอร์ไว้ที่พื้นแล้วใช้วิธีนับโซ่ขึ้นและลง ทำให้แกนนอนเลื่อนขึ้นลงตาม ส่วนแกนนอนใช้รถเป็นตัววางกระป๋องและเป็นตัววิ่ง

การวางโครงจะต้องละเอียดมากเพราะต้องให้โซ่มีความตึงพอดีกับเฟืองทั้ง 2 ด้านการวางโซ่เป็นรางในอลูมิเนียมจะต้องตรง วัดความกว้างของรางให้พอดีกับล้อรถ คำนวณความหนาของเฟือง อลูมิเนียม และเหล็กเส้นกลมด้วย

แนวทางแก้ไข

ต้องใช้อุปกรณ์ที่ละเอียดมาวัด เช่น เวอร์เนีย ฉากระดับน้ำ การตัดเหล็กต้องให้ได้ระดับได้ฉากด้วย ถ้ามีตัวไหนผิดพลาดก็พยายามแก้ไขที่ตัวโครงอะลูมิเนียมแทนเพราะตัดประกอบง่ายแก้ไขง่ายกว่าเหล็กหรือเฟือง

5.2.9. สายพานลำเลียง

สายพานลำเลียง เป็นตัวเลื่อนกระป๋องที่จะมาจากระบบอื่นก่อนหน้านี้การหาลูกปืนให้พอดีกับแกนเหล็กเป็นเรื่องที่ลำบากมาก ต้องให้โรลเล่อร์ด้านหนึ่งหมุนฟรีได้ แต่อีกด้านหนึ่งให้โรลเล่อร์หมุนขึ้นอยู่กับมอเตอร์ ความตึงของสายพานจะต้องพอดีไม่หย่อนมากเกินไป ถ้าด้านไหนหย่อนก็ใช้วิธีปรับระยะโรลเล่อร์ด้านที่ฟรีได้ สายพานจะมีปัญหาที่ที่ว่าสายพานจะวิ่งไม่ตรง

แนวทางแก้ไข

ดังนั้นจึงแก้ไขโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมมาติดเป็นรางพอดีกับสายพานทำให้สายพานวิ่งตรง ปัญหาอีกประการคือ เดิมจะใช้ Stepping motor แต่แรงบิดไม่ได้จึงต้องเปลี่ยน Induction motor แทน ซึ่งใช้ได้ดี แต่ร้อนเร็วเพราะเป็นมอเตอร์ของประเทศอื่นที่ใช้ความถี่ 60 Hz ซึ่งไม่ตรงกับประเทศไทยที่ใช้ 50 Hz จึงร้อนง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.10. อื่นๆ

1) งบประมาณมีให้น้อย

2) ระยะเวลา

3) เครื่องมือมีไม่เพียงพอจึงต้องไปหาใช้ตามที่ต่างๆ

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1) ในชุดอุปกรณ์ในการผลักดันชิ้นงานเข้าชั้น ซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนตัวรถ ควรออกแบบให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ลดจำนวนการใช้อุปกรณ์ทางกลและควรออกแบบให้สามารถติดตั้งได้ง่ายและมีขนาดเล็ก

2) แผงวงจรควบคุมที่ใช้อยู่ มักจะมีปัญหาเมื่อหน่วยประมวลผลของระบบทำงานเป็นเวลานาน ๆ ในการพัฒนา ควรเพิ่มวงจร WATCH DOG เข้ามาในวงจรเพื่อให้วงจรทำงานให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

3) ระบบการขับเคลื่อนในแนวดิ่ง ควรออกแบบและเลือกใช้ชิ้นส่วนเครื่องกลประเภทเฟืองโซ่หรือสายพาน ให้มีลักษณะสัมพันธ์กัน โดยข้อมูลเหล่านี้หาได้จาก บริษัทตัวแทนจำหน่าย และเลือกให้เหมาะสมกับภาระ (โหลด) เป็นสำคัญ

4) ระบบการขับเคลื่อนในแนวดิ่ง ที่ใช้ ไม่ได้นำเอาบุชชิ่งเข้าไปใช้ ทำให้การขับเคลื่อนไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร ควรเพิ่มบุชชิ่งและแบริ่งเพื่อช่วยในการหมุนให้ดีขึ้น ลดปัญหา ความ ฝืดที่บริเวณหน้าสัมผัสและยืดอายุการใช้งานเพลาขับ

5) อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์ จำพวกกระบอกสูบ ควรเลือกใช้ตามภาระ (โหลด) และควรจะศึกษาถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ ระยะชัก รูปแบบโครงสร้าง ความดันลมที่ใช้ โดยดูได้จากคู่มือการใช้งาน

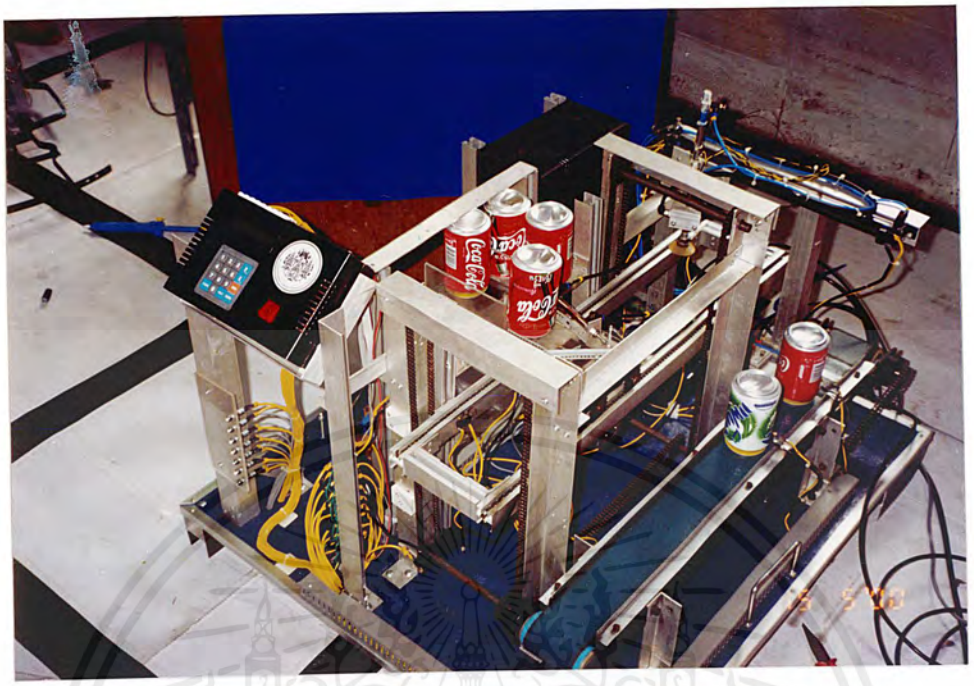
6) Solenoid Valve ที่ใช้จะเป็นแบบ Single body และเป็นประเภท Directional Control Valve 5/2 ซึ่งมีโครงสร้างขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก ควรแก้ไขโดยการเปลี่ยนมาใช้ในรูปแบบของ Port Solenoid Valve เนื่องจากมีขนาดเล็ก ติดตั้งง่ายและใช้ท่อลมหลักเพียง เส้นเดียว เพื่อลดปัญหา ลูปลมต้านที่เกิดขึ้น

7) ในวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ ใช้ Relay ในการตัดต่อ ซึ่งมีข้อจำกัดหลาย ๆอย่าง และมีราคาแพง ควรแก้ไขโดยการใช้อุปกรณ์ทาง Solid state เข้ามาแทน เนื่องจากราคาถูกและลดปัญหา Time delay รวมทั้งการสปาร์คที่หน้าสัมผัสของ Relay

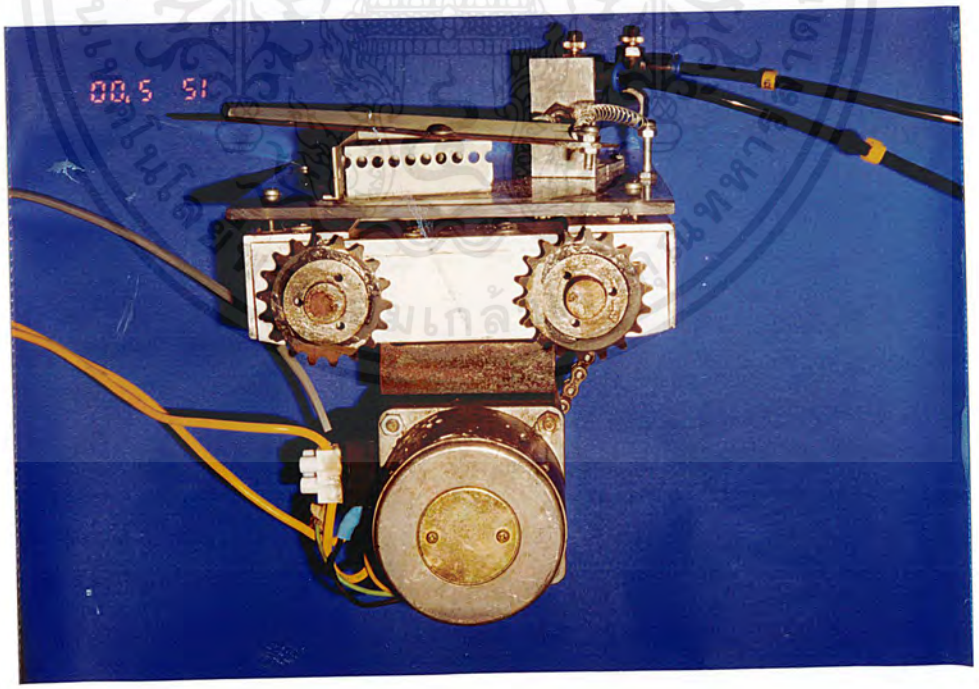
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รูปเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

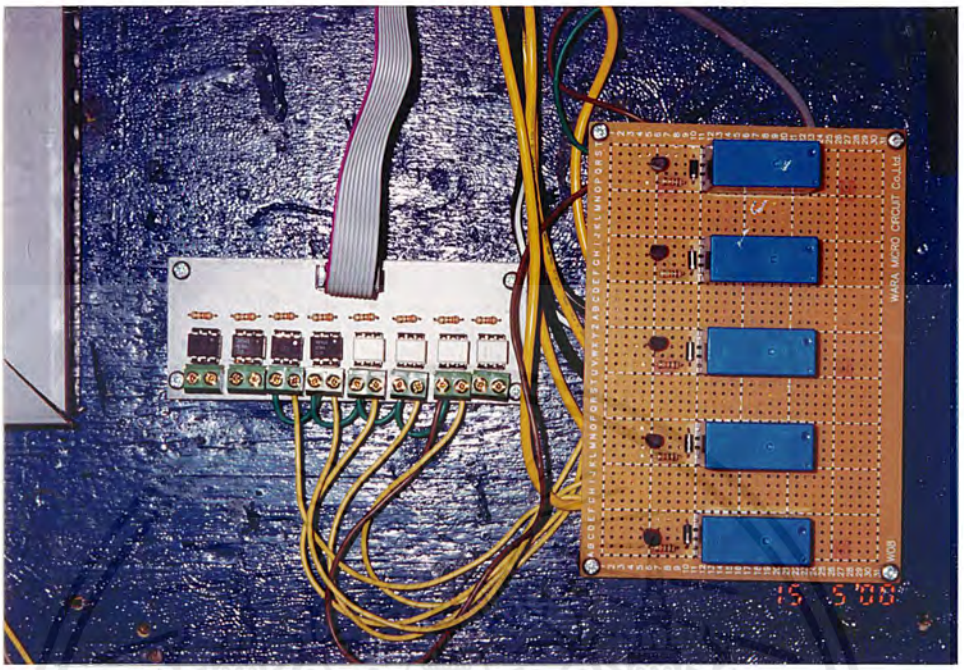


รูปที่ ก.1 ตัวเครื่อง CONVEYOR

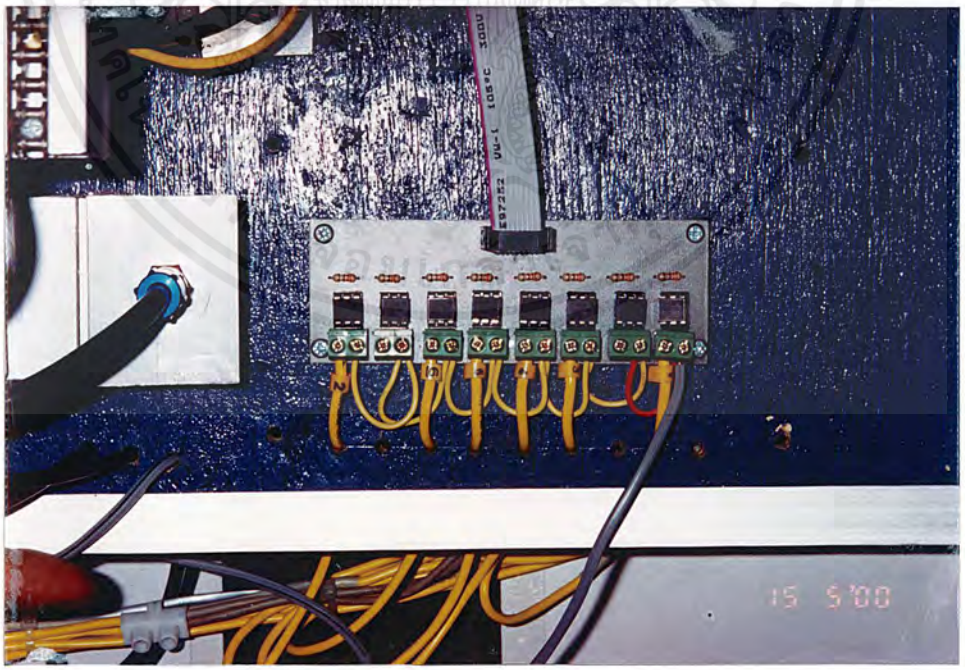


รูปที่ ก.2 ตัวรถวิ่งบนรางเพื่อนำกระป๋องเข้าชั้นเก็บในแนวแกน X - Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



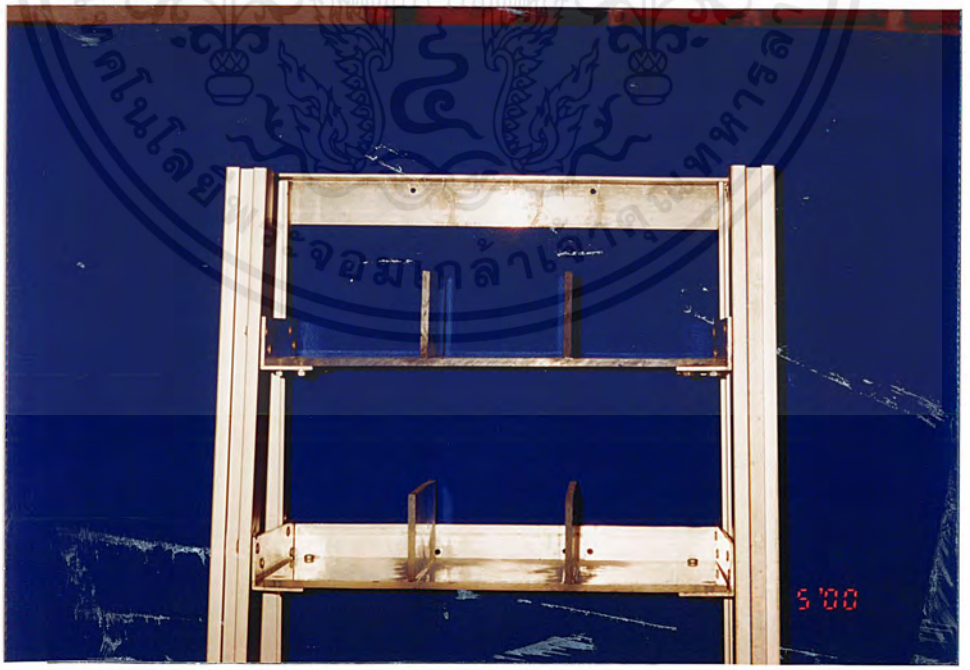
รูปที่ ก.3 Interface Motor



รูปที่ ก.4 Interface Solenoid

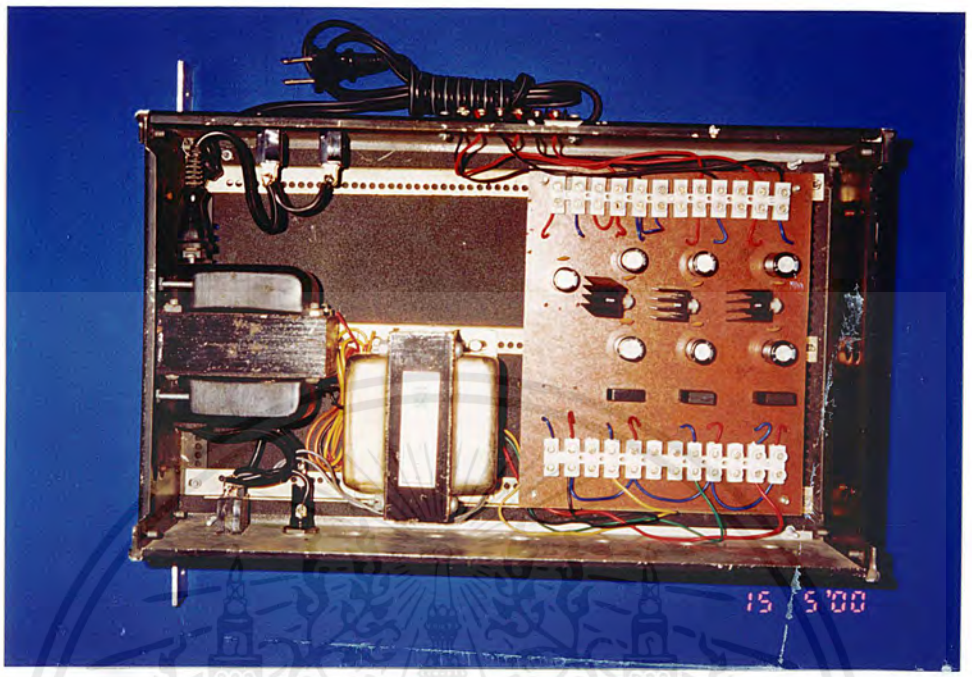
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.5 สายพานเพื่อลำเลียงกระป๋อง



รูปที่ ก.6 ชั้นเก็บกระป๋องซึ่งจะจัดเก็บได้ทั้งหมด 12 กระป๋อง

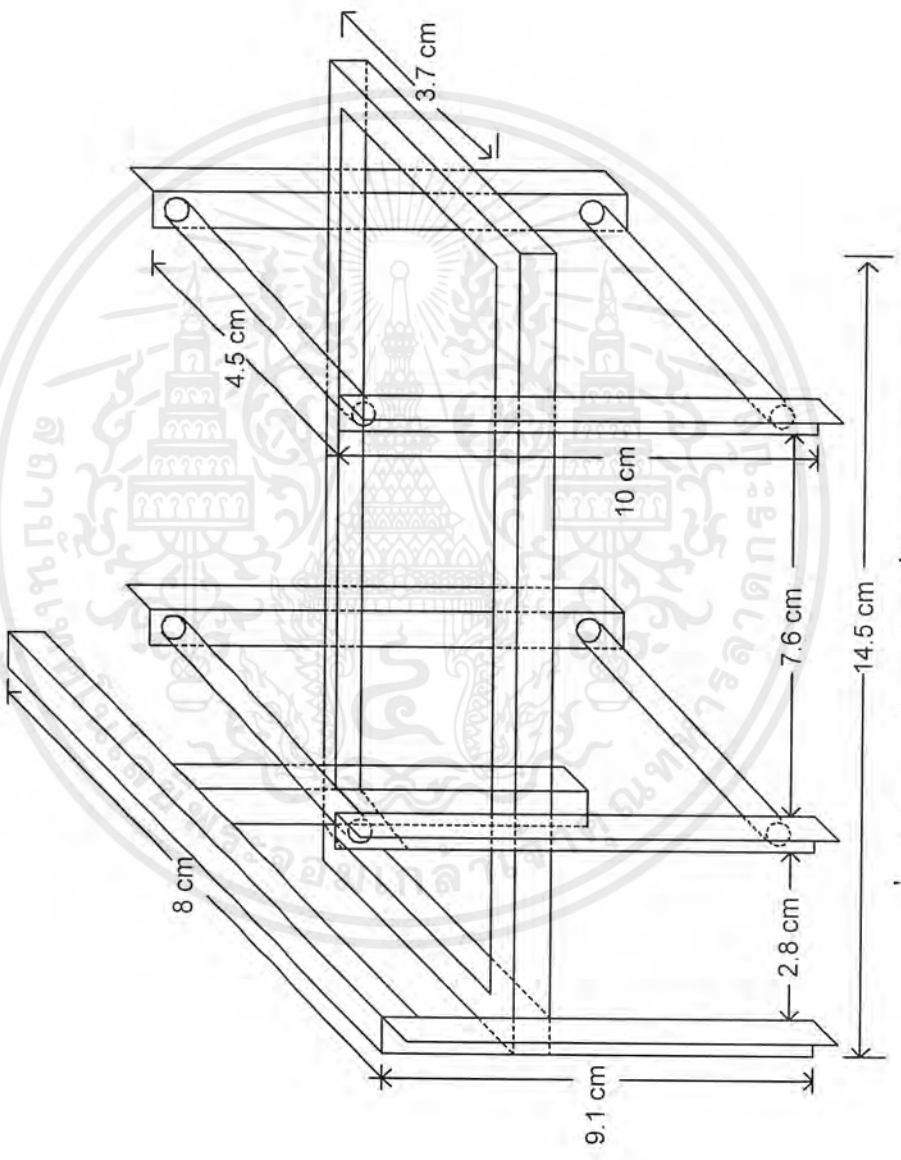
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ชุด Supply

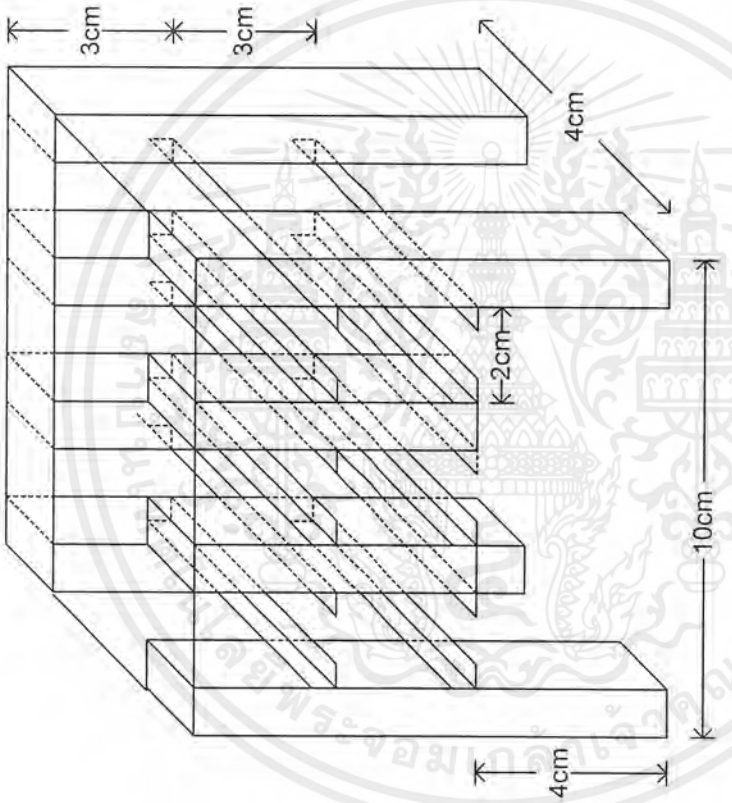
รูปที่ ก.8 คีย์บอร์ดในการคีย์คำสั่งของชุด CONVEYOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



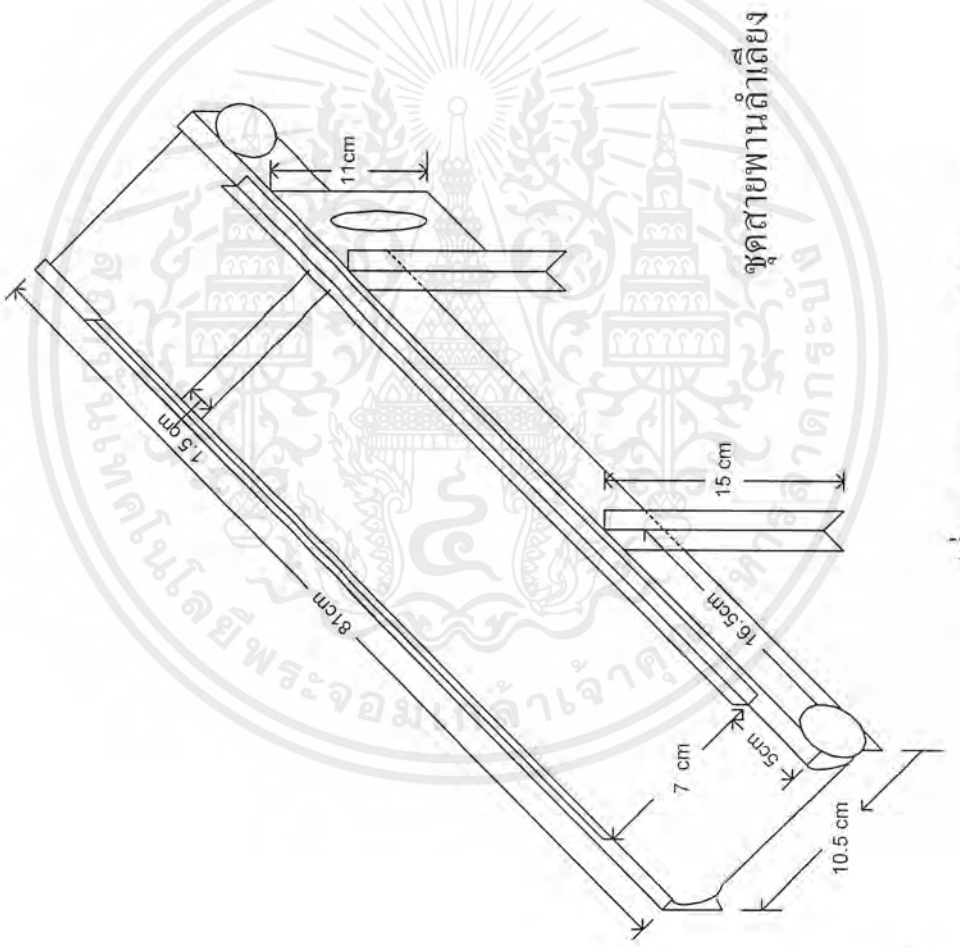
รูปที่ ก.9 โครงสร้างชุดขับเคลื่อนแนวแกน X และ แกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



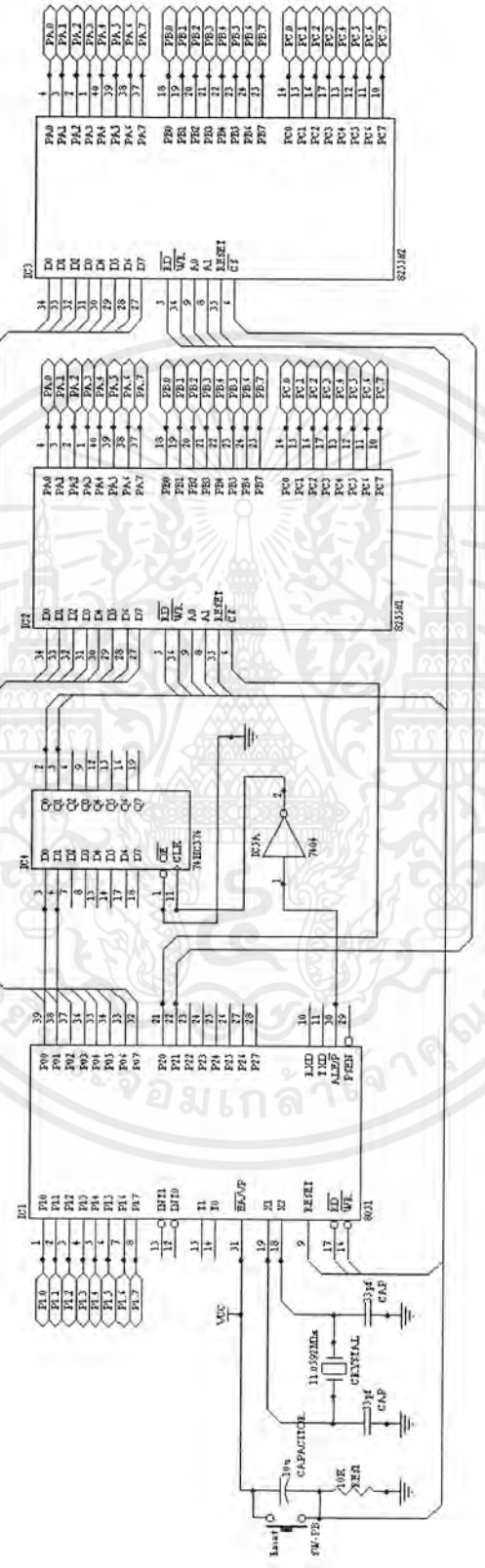
รูปที่ ก.10 ชั้นเก็บกระป๋องขนาด 2 ชั้น 3 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



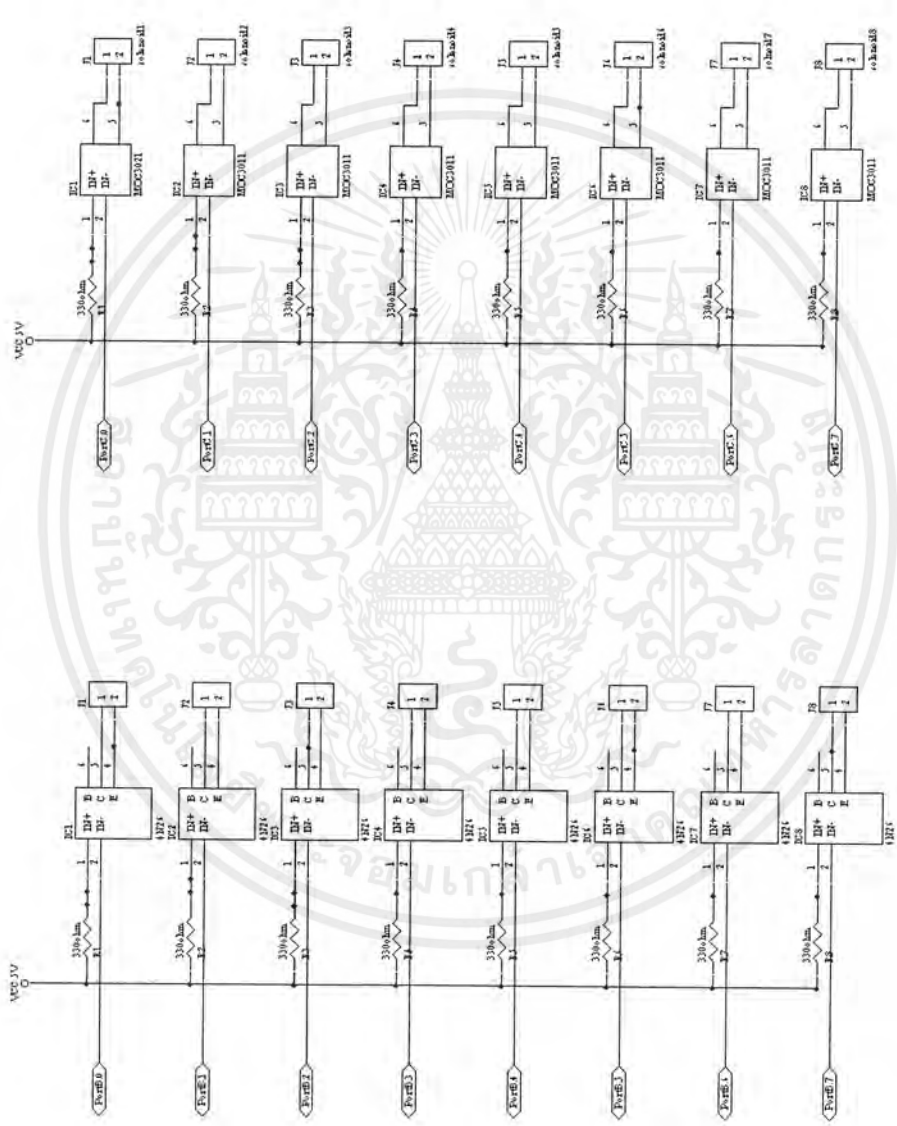
รูปที่ ก.11 ชุดสายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.12 การออกแบบวงจร Control MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



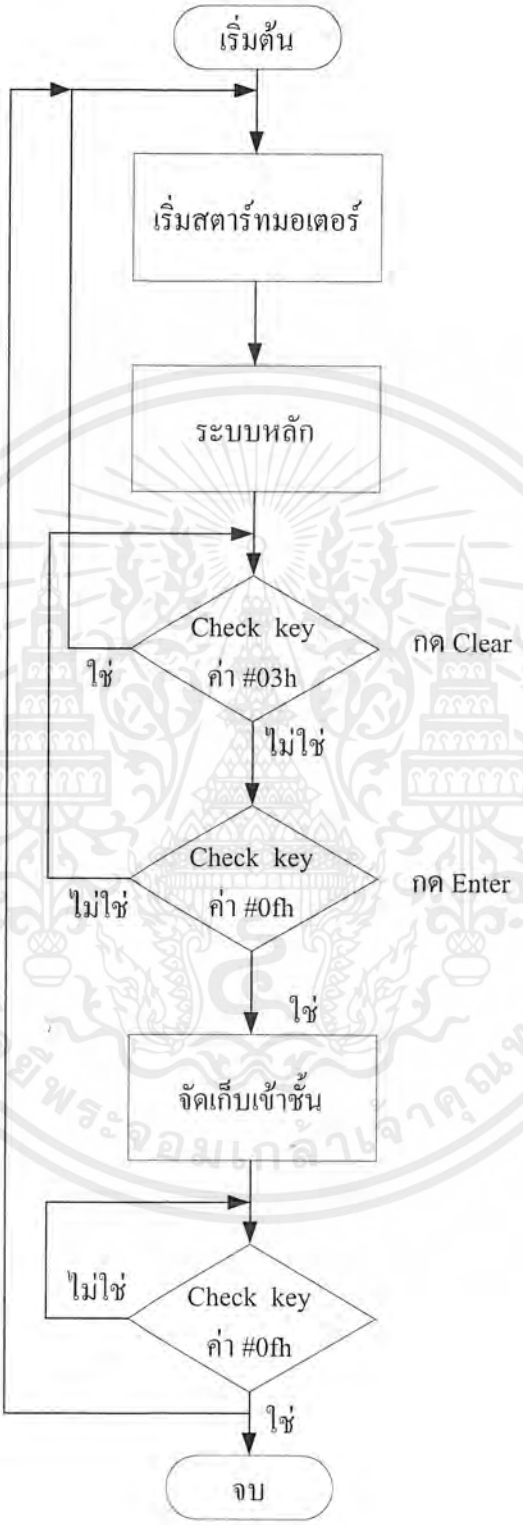
รูปที่ ก.13 การออกแบบวงจร Interface D.C. Motor

รูปที่ ก.14 การออกแบบ Interface Solenoid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ผังงานและโปรแกรมการควบคุม

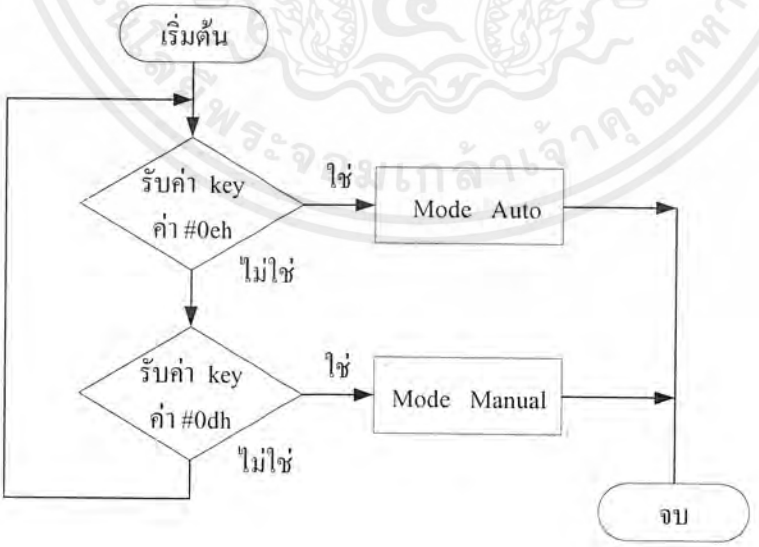
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ผังงานควบคุมหลัก

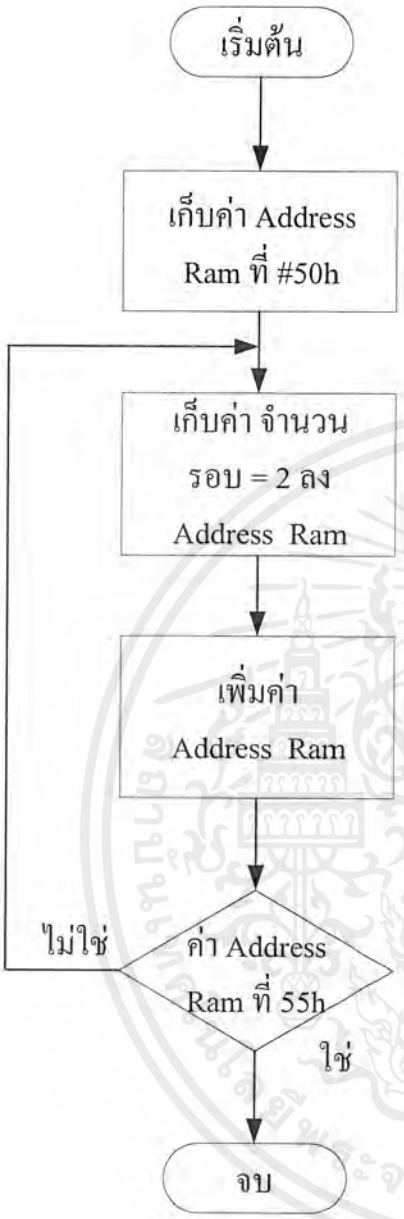
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.2 ผังการตั้งจอแสดงผล

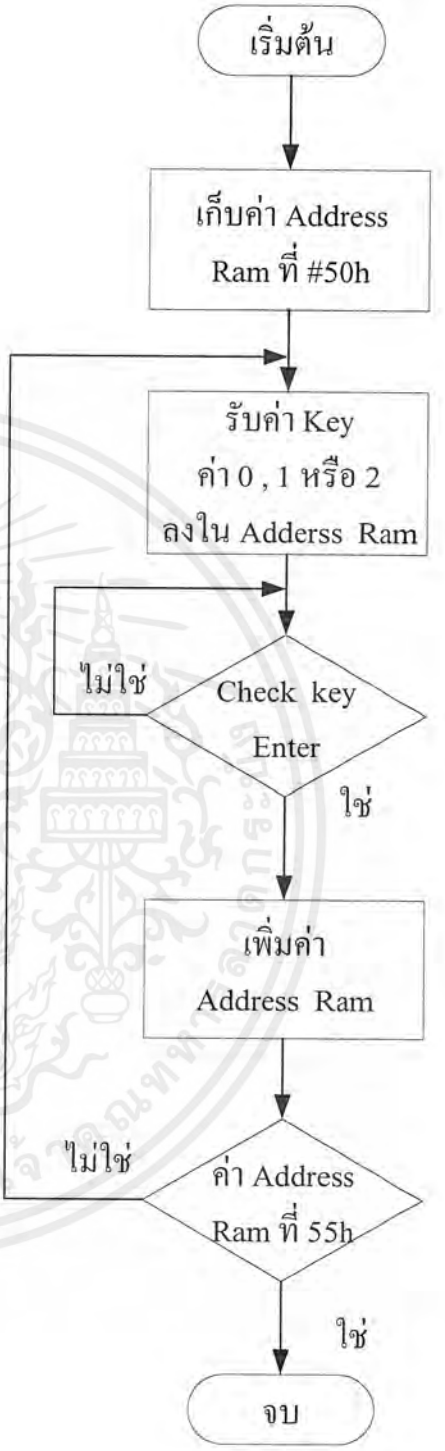


รูปที่ ข.3 ผังระบบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 ผัง Mode Auto

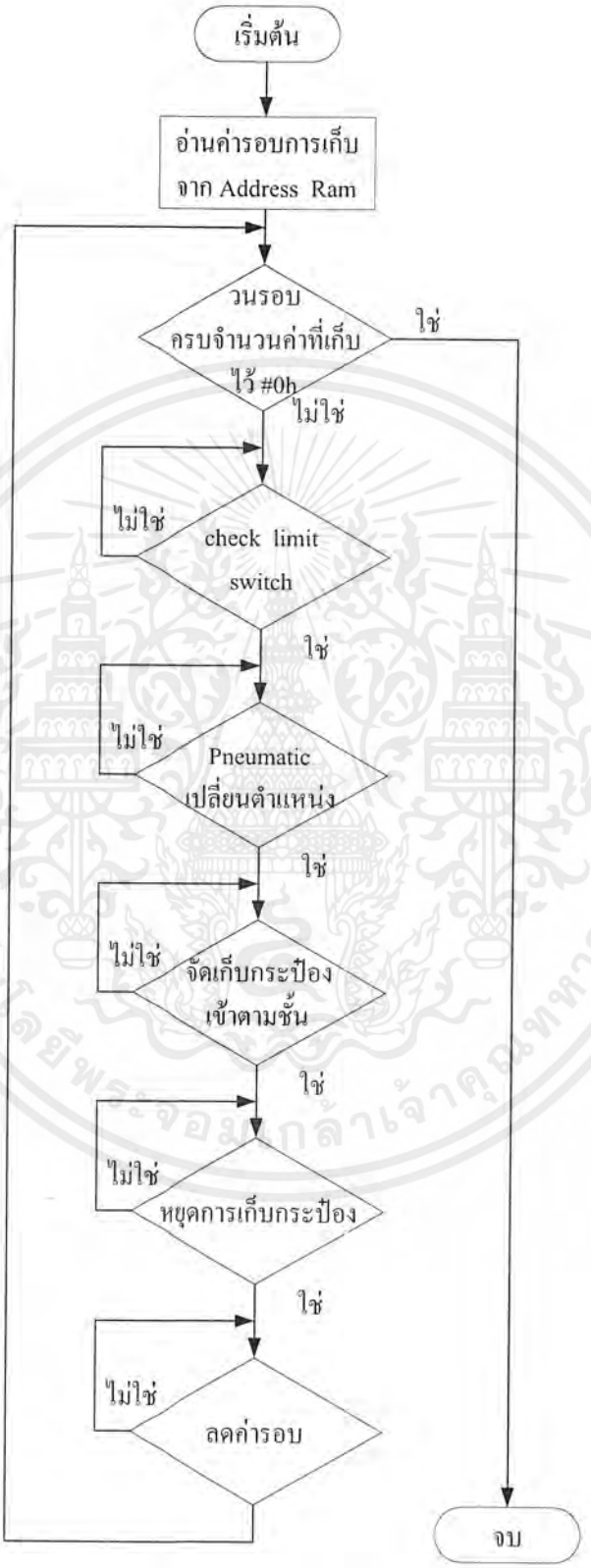


รูปที่ ข.5 ผัง Mode Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

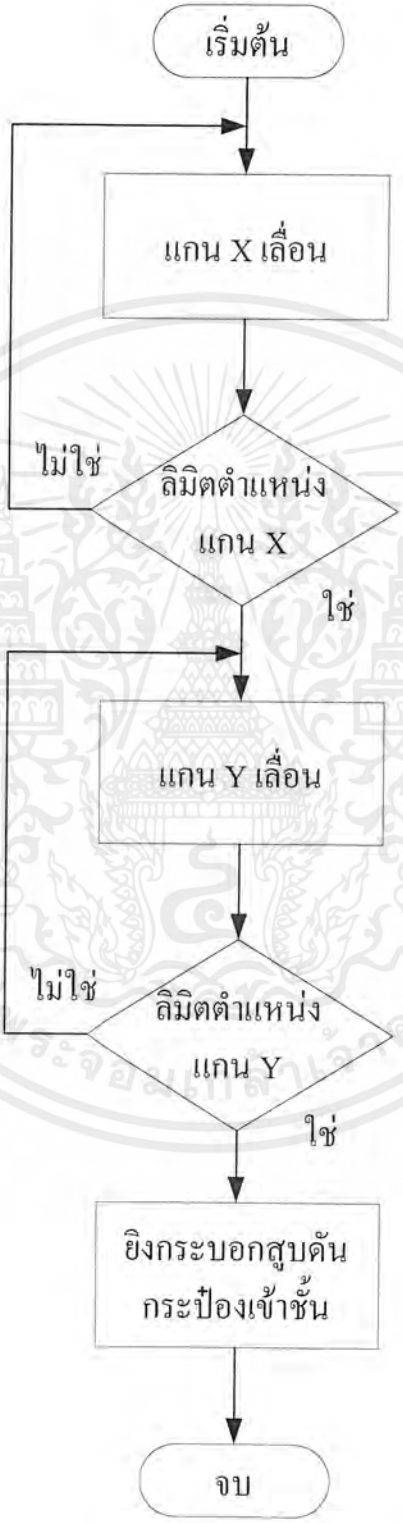
รูปที่ ข.6 ผังการจัดเก็บเข้าชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



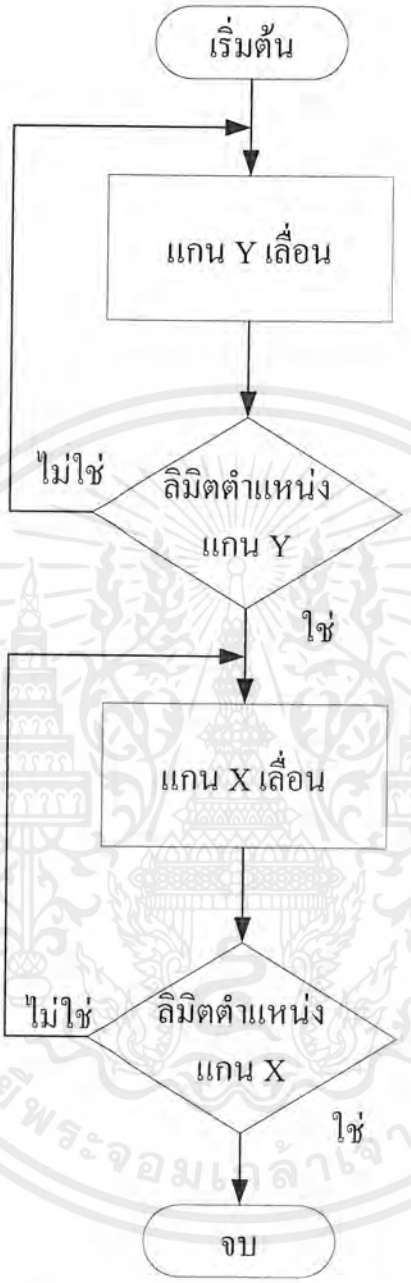
รูปที่ ข.7 ผังรอบการจับเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 ผังการจัดเก็บเข้าชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 ผังควบคุม หยุดการเก็บกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************
;*    PROJECT  CONTROL CONVEYOR          *
;*****************************************
          nop
          nop
          lcall   delay1
          nop
          nop
          nop

;******************** Equate ********************

                org      0000h
     porta       equ    0200h
     portb       equ    0201h
     portc       equ    0202h
     contp       equ    0203h
     porta_2     equ    0100h
     portb_2     equ    0101h
     portc_2     equ    0102h
     contp_2     equ    0103h
   cotable            equ      70h
           countsen          equ    7ah
           disp              equ      7eh
     disp2         equ    7ch
     setup_left    equ    50h
     setup_cen     equ    51h
     setup_right   equ    52h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setdown_left   equ   53h
setdown_cen    equ   54h
setdown_right  equ   55h

;****************** Set reset 8255 ***********

        lcall  delay1

    ;****************** CONTROL 8255 ************

                mov    dptr,#contp
                mov    a,#81h
                movx   @dptr,a

;****************** CONTROL 8255_2 ***********

        mov    dptr,#contp_2
        mov    a,#82h
        movx   @dptr,a

;***************** Clear Solenoid ************
        mov    a,#0ffh
        mov    dptr,#porta_2
        movx   @dptr,a

;***************** Clear Motor Gear ***********
        mov    dptr,#portc_2
        mov    a,#11011011b
        movx   @dptr,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;****************** Main  ******************

          lcall  setlcd
    main:   lcall  run_monitor
          lcall  disp_A_M
          lcall  select_system
          lcall  clr_key
          lcall  disp_clr
 check_clr:  lcall  chkkey
          cjne   a,#03h,jp_ent
          sjmp   exit_main
  jp_ent:    cjne   a,#0fh,check_clr
          lcall  to_pack
          lcall  disp_finish
          lcall  chkenter
 exit_main:  sjmp   main

;****************** Delay 1 ****************

    delay1: push   1
          push   2
          mov    1,#0h
    dell:  mov    2,#0h
          djnz   2,$
          djnz   1,dell
          pop    2
          pop    1
          ret

;****************** SET LCD ****************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setlcd: push    2
                mov     r2,#2
                lcall   dllcd
                mov     a,#00111000b
                lcall   lcdwi
                mov     a,#00001100b
        lcall   lcdwi
        mov     a,#00000001b
                lcall   lcdwi
                mov     r2,#2
                lcall   dllcd
                pop     2
              ret

;******************** Run Monitor ************

 run_monitor: push   acc
        lcall   monitor
   runmon1: lcall   run
        lcall   chkkey
        cjne    a,#0eh,runmon1
   exitrun: pop     acc
        ret


;******************** Check key **************
    chkkey:  push   0
        lcall   scan
        lcall   debugkey
        mov     0,#disp
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            mov    a,@r0
            pop    0
            ret

;****************** Check Enter ************
   chkenter:  acall  chkkey
            cjne   a,#0fh,chkenter
    exitent:  ret
;************** Check Clear Program *********
     chkclr:  acall  chkkey
            cjne   a,#03h,exit_clr
   exit_clr:  ret
;***************** Clear key ***************
    clr_key:   push   0
            push   acc
            mov    a,#0h
            mov    r0,#disp
            mov    @r0,a
            pop    acc
            pop    0
            ret
;************************ SET PROGRAM ***************************

  ;************ Select Auto or Manual *********
select_system:  lcall  scan
            lcall  debugkey
            mov    r1,#disp
            mov    a,@r1
            cjne   a,#0ch,to_sect
            sjmp   to_auto
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    to_sect:  cjne   a,#0dh,select_system
              sjmp   to_manual
    to_auto:  lcall  auto
              sjmp   exitsect
  to_manual:  lcall  manual
   exitsect:  ret

;***************** Set Auto **************
      auto:  push   0
             mov    a,#02h
             mov    r0,#setup_left
 load_auto:  mov    @r0,a
             lcall  dispset
             cjne   r0,#55h,exit_auto1
             sjmp   exitauto
exit_auto1:  inc    0
             sjmp   load_auto
  exitauto:  pop    0
             ret
;***************** Set Manual **************
    manual:  push   0
             push   1
             mov    r0,#setup_left
load_manual: lcall  chk0to2
             lcall  disp_0to2
             lcall  chkenter
             mov    a,1
             mov    @r0,a
             lcall  dispset
             lcall  bugkey
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall   chkenter
            cjne    r0,#55h,exit_manual1
            sjmp    exitmanual
exit_manual1:  inc    0
            sjmp    load_manual
 exitmanual:  pop    1
            pop    0
            ret
;******************** Check Object **********
   chk0to2:  push   acc
   loopchk:  lcall  disp_stair
            lcall  scan
            lcall  debugkey
            mov    1,#disp
            mov    a,@r1
            cjne   a,#0h,exit1
            mov    1,#1h
            sjmp   exitchk
    exit1:   cjne   a,#4h,exit2
            mov    1,#2h
            sjmp   exitchk
    exit2:   cjne   a,#7h,loopchk
            mov    1,#0h
  exitchk:   pop    acc
            ret
;************** Sensor Limit Switch *********
     And_SW: push   1
            lcall  startM1
            acall   sub_SW
            lcall  disp_step2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall  back_x
            lcall  pneumatic
      exit_sw: acall  stopM1
            pop   1
            ret
   ;********** Limit Switch Conveyor ************
      sub_SW:   mov    a,p1
            anl    a,#00000011b
            mov    r1,a
            lcall  disp_step1
            cjne   a,#03h,sub_SW
      to_stop:  lcall  stopM1
            ret

;***************** Start - Stop Motor Conveyor ******************
;  Motor Gear 1 (Conveyor) : Pc_2.2  ("0" = on , "1"= off)
   ;*********** Start Motor Conveyor ***********
      startM1:  push   acc
            mov    dptr,#portc_2
            mov    a,#11111011b
            movx   @dptr,a
            pop    acc
            ret
   ;*********** Stop Motor Conveyor ************
      stopM1:  push   acc
            mov    dptr,#portc_2
            mov    a,#11111111b
            movx   @dptr,a
            pop    acc
            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************ Scan Keyboard **********************
      ;******************* SCAN ******************

scan:   push    2
        push    3
        push    4
        push    5
        push    6
        push    7
lmon1:  mov     r5,#0h
        mov     r6,#0efh
        mov     r7,#04h
key:    mov     a,r6
        mov     dptr,#portc
        movx    @dptr,a
        rl      a
        mov     r6,a
        mov     dptr,#portc
        movx    a,@dptr
        anl     a,#0fh
        cjne    a,#0fh,key1
        inc     r5
        djnz    r7,key
        sjmp    otscan
key1:   mov     r4,#00h
        jnb     acc.0,key2
        mov     r4,#01h
        jnb     acc.1,key2
        mov     r4,#02h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jnb     acc.2,key2
                mov     r4,#03h
                jnb     acc.3,key2

        key2:   mov     a,r5
                mov     b,#4
                mul     ab
                add     a,r4
                mov     disp,a
                lcall   delay
      otscan:   pop     7
                pop     6
                pop     5
                pop     4
                pop     3
                pop     2
                ret

;****************** Debug Key ****************

    debugkey:   push    acc
         key3:  mov     dptr,#portc
                movx    a,@dptr
                anl     a,#0fh
                cjne    a,#0fh,key3
                pop     acc
                ret

   bugkey: push  acc
   key4:  mov   dptr,#portc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        movx   a,@dptr
        anl    a,#0fh
        cjne   a,#0fh,exitbug
        sjmp   key4
exitbug: pop   acc
        ret
;************************ Display ********************************

    ;****************** MONITOR ********************

    monitor:    push   0
                push   2
                mov    dptr,#stmon
                lcall  lcdld
                pop    2
                pop    0
                ret

        run:    push   0
                push   2
                mov    a,#00001100b
                lcall  lcdwi
                mov    a,#00011000b
                lcall  lcdwi
                mov    r2,#3h
                lcall  dllcd
                pop    2
                pop    0
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
stmon:  db      "Control conveyor"
        db      "Press key: 2ND  "



;***************** LCD display ************

lcdld:  mov     a,#80h
        lcall   lcdlds
        mov     a,#0c0h
        lcall   lcdlds
        ret

lcdlds: push    dph
        push    dpl
        lcall   lcdwi
        pop     dpl
        pop     dph
        mov     r2,#16
lcdlds1: clr    a
        movc    a,@a+dptr
        push    dph
        push    dpl
        lcall   lcdwd
        pop     dpl
        pop     dph
        inc     dptr
        djnz    r2,lcdlds1
        ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************** LCD Write Instruction ***********

lcdwi:  mov     dptr,#porta
        movx    @dptr,a
        mov     dptr,#portb
        movx    a,@dptr
        clr     acc.0
        lcall   lcdw
        ret

;*************** LCD Write Data ******************

lcdwd:  mov     dptr,#porta
        movx    @dptr,a
        mov     dptr,#portb
        movx    a,@dptr
        setb    acc.0
        lcall   lcdw
        ret

;*************** LCD Write Enable ****************

lcdw:   clr     acc.1
        clr     acc.2
        movx    @dptr,a
        setb    acc.2
        movx    @dptr,a
        clr     acc.2
        movx    @dptr,a
        mov     a,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcdw1:  dec     a
        jnz     lcdw1
        ret

;*************** DELAY LCD ******************

dllcd:  push    2
        push    3
        push    4
dllcd2: mov     r3,#7fh
dllcd1: mov     r4,#0
        djnz    r4,$
        djnz    r3,dllcd1
        djnz    r2,dllcd2
        pop     4
        pop     3
        pop     2
        ret

;*************** DELAY ***********************

delay:  push    3
        push    4
del1:   mov     r3,#0dh
del2:   mov     r4,#0h
        djnz    r4,$
        djnz    r3,del2
        pop     4
        pop     3
        ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************ Display ************************
;*************** Display selact Auto or Manual ************
disp_A_M:     push   0
              push   2
              mov    a,#00000010b
              lcall  lcdwi
              mov    dptr,#table_A_M
              lcall  lcdld
              pop    2
              pop    0
              ret

 table_A_M:   db     "Auto  : key UP  "
              db     "Manual: key DOWN"

 ;*************** Display Member object in stair **********
 disp_stair:  push   0
              push   2
              mov    a,#00000010b
              lcall  lcdwi
              acall  sub_stair
              lcall  lcdld
              pop    2
              pop    0
              ret
;*************************************************************
 sub_stair:    mov    a,r0
              cjne   a,#50h,to_address51
              mov    dptr,#tab_up_left
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            sjmp   exit_sub_stair
to_address51:  cjne   a,#51h,to_address52
            mov    dptr,#tab_up_cen
            sjmp   exit_sub_stair
to_address52:  cjne   a,#52h,to_address53
            mov    dptr,#tab_up_right
            sjmp   exit_sub_stair
to_address53:  cjne   a,#53h,to_address54
            mov    dptr,#tab_down_left
            sjmp   exit_sub_stair
to_address54:  cjne   a,#54h,to_address55
            mov    dptr,#tab_down_cen
            sjmp   exit_sub_stair
to_address55:  cjne   a,#55h,exit_sub_stair
            mov    dptr,#tab_down_right
exit_sub_stair:  ret

tab_up_left:   db    "Slot:Up Left   "
            db    "Press 0 to 2 : "
tab_up_cen:    db    "Slot:Up Center "
            db    "Press 0 to 2 : "
tab_up_right:  db    "Slot:Up Right  "
            db    "Press 0 to 2 : "
tab_down_left: db    "Slot:Down Left "
            db    "Press 0 to 2 : "
tab_down_cen:  db    "Slot:Down Center"
            db    "Press 0 to 2 : "
tab_down_right: db   "Slot:Down Right "
            db    "Press 0 to 2 : "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
disp_0to2:    push   1
              push   2
              mov    a,#0cfh
              lcall  lcdwi
              mov    a,1
              acall  decode
              pop    2
              pop    1
              ret

  decode:     push   acc
              mov    dptr,#tab_0to2
              movc   a,@a+dptr
              lcall  lcdwd
              mov    2,#4h
              lcall  dllcd
              pop    acc
              ret

 tab_0to2:    db     "0","1","2"

;******************** Conferm command ******************

disp_clr:     push   0
              push   2
              mov    a,#00000010b
              lcall  lcdwi
              mov    dptr,#table_clr
              lcall  lcdld
              pop    2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            pop    0
            ret
 table_clr:  db     "Enter to Confirm"
            db     "CLEAR to Restart"
;*************** Run Program ************************
disp_run:     push   0
            push   2
            mov    a,#00000010b
            lcall  lcdwi
            mov    dptr,#table_run
            lcall  lcdld
            pop    2
            pop    0
            ret

 table_run:  db     "   ! Readdy !   "
            db     "****************"

disp_step1:   push   0
            push   2
            push   acc
            mov    a,#00000010b
            lcall  lcdwi
            mov    dptr,#table_step1
            lcall  lcdld
            pop    acc
            pop    2
            pop    0
            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
table_step1:  db    " ! Step : 1 ! "
              db    "****************"

disp_step2:   push  0
              push  2
              push  acc
              mov   a,#00000010b
              lcall lcdwi
              mov   dptr,#table_step2
              lcall lcdld
              pop   acc
              pop   2
              pop   0
              ret

table_step2:  db    " ! Step : 2 ! "
              db    "****************"

disp_step3:   push  0
              push  2
              push  acc
              mov   a,#00000010b
              lcall lcdwi
              mov   dptr,#table_step3
              lcall lcdld
              pop   acc
              pop   2
              pop   0
              ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
table_step3:  db    " ! Step : 3 ! "
              db    "****************"

;****************** Display Step into Slot *************

disp_left_x:  push  0
              push  2
              push  acc
              mov   a,#00000010b
              lcall lcdwi
              mov   dptr,#table_left_x
              lcall lcdld
              pop   acc
              pop   2
              pop   0
              ret

table_left_x: db    "***! Readdy !***"
              db    "***< Left >***"

disp_center_x:  push  0
              push  2
              push  acc
              mov   a,#00000010b
              lcall lcdwi
              mov   dptr,#table_center_x
              lcall lcdld
              pop   acc
              pop   2
              pop   0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ret

table_center_x:  db    "***! Readdy !***"
        db    "***< Center >***"

 disp_right_x:   push  0
        push  2
        push  acc
        mov   a,#00000010b
        lcall lcdwi
        mov   dptr,#table_right_x
        lcall lcdld
        pop   acc
        pop   2
        pop   0
        ret

table_right_x:  db    "***! Readdy !***"
        db    "***<  Right >***"


 disp_gear_up:   push  0
        push  2
        push  acc
        mov   a,#00000010b
        lcall lcdwi
        mov   dptr,#table_gear_up
        lcall lcdld
        pop   acc
        pop   2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        pop   0
        ret

table_gear_up:  db    "***! Readdy !***"
        db    "**< Line UP >***"

 disp_gear_down:   push   0
        push   2
        push   acc
        mov    a,#00000010b
        lcall  lcdwi
        mov    dptr,#table_gear_down
        lcall  lcdld
        pop    acc
        pop    2
        pop    0
        ret

table_gear_down:  db    "***! Readdy !***"
        db    "*< Line Down >**"

  disp_cylinA_in:   push   0
        push   2
        push   acc
        mov    a,#00000010b
        lcall  lcdwi
        mov    dptr,#table_cylinA_in
        lcall  lcdld
        pop    acc
        pop    2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            pop   0
            ret

table_cylinA_in:  db    "! Cylinder IN ! "
            db    "**** Readdy ****"



disp_cylinA_org:   push   0
            push   2
            push   acc
            mov    a,#00000010b
            lcall  lcdwi
            mov    dptr,#table_cylinA_org
            lcall  lcdld
            pop    acc
            pop    2
            pop    0
            ret

table_cylinA_org:  db    " ! Point ! "
            db    "Origin CylinderA"

disp_cylinA_out:   push   0
            push   2
            push   acc
            mov    a,#00000010b
            lcall  lcdwi
            mov    dptr,#table_cylinA_out
            lcall  lcdld
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            pop    acc
            pop    2
            pop    0
            ret

table_cylinA_out:  db     "! Cylinder OUT !"
            db     "**** Readdy ****"



disp_cylinA_stop:   push   0
            push   2
            push   acc
            mov    a,#00000010b
            lcall  lcdwi
            mov    dptr,#table_cylinA_stop
            lcall  lcdld
            pop    acc
            pop    2
            pop    0
            ret

table_cylinA_stop:  db     " !  Point  ! "
            db     " Stop CylinderA "


   disp_org_x:   push   0
            push   2
            push   acc
            mov    a,#00000010b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall   lcdwi
            mov     dptr,#table_org_x
            lcall   lcdld
            pop     acc
            pop     2
            pop     0
            ret

    table_org_x:  db     "! Go to Origin !"
            db      "**< X - axit >**"

    disp_org_y:   push   0
            push    2
            push    acc
            mov     a,#00000010b
            lcall   lcdwi
            mov     dptr,#table_org_y
            lcall   lcdld
            pop     acc
            pop     2
            pop     0
            ret

    table_org_y:  db     "! Go to Origin !"
            db      "**< Y - axit >**"

    ;********************* Display Pneumatic ***********


disp_start_Rod:   push   0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        push   2
        push   acc
        mov    a,#00000010b
        lcall  lcdwi
        mov    dptr,#table_start_Rod
        lcall  lcdld
        pop    acc
        pop    2
        pop    0
        ret

table_start_Rod:  db    "Pneumatic Readdy"
        db    "Rodless -> Start"

disp_stop_Rod:   push   0
        push   2
        push   acc
        mov    a,#00000010b
        lcall  lcdwi
        mov    dptr,#table_stop_Rod
        lcall  lcdld
        pop    acc
        pop    2
        pop    0
        ret

table_stop_Rod:  db    "****  Point ****"
        db    " Origin Rodless "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
disp_org_Rod:   push   0
                push   2
                push   acc
                mov    a,#00000010b
                lcall  lcdwi
                mov    dptr,#table_org_Rod
                lcall  lcdld
                pop    acc
                pop    2
                pop    0
                ret

table_org_Rod:  db     "Pneumatic Readdy"
                db     "Rodless-> Readdy"

disp_stop_org:  push   0
                push   2
                push   acc
                mov    a,#00000010b
                lcall  lcdwi
                mov    dptr,#table_stop_org
                lcall  lcdld
                pop    acc
                pop    2
                pop    0
                ret

table_stop_org: db     "****  Point ****"
                db     "  Stop Rodless  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************** Display Set Object **********************

  dispset:    acall  sub_table
              acall  in_stair
              ret

sub_table:    push   0
              push   2
              push   acc
              mov    dptr,#tab
              lcall  lcdld
              pop    acc
              pop    2
              pop    0
              ret

     tab:   db     "|_ _|_ _|_ _|_ _| "
            db     "|_ _|_ _|_ _|_ _| "

in_stair:     push   0
              push   1
              push   acc
              mov    a,r0
              anl    a,#0000.1111b
              mov    dptr,#tab_point
              movc   a,@a+dptr
              lcall  lcdwi
              mov    a,@r0
              lcall  decode
              pop    acc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        pop   1
        pop   0
        ret

tab_point:   db    83h,87h,8bh,0c3h,0c7h,0cbh


disp_finish:  push  0
        push  2
        mov   a,#00000010b
        lcall lcdwi
        mov   dptr,#table_finish
        lcall lcdld
        pop   2
        pop   0
        ret

table_finish: db   "   Finish   "
        db    "Press Key : ENT"


;************************ Line Packking ************************

    to_pack: lcall up_left
        lcall up_cen
        lcall up_right
        lcall down_left
        lcall down_cen
        lcall down_right
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ret
;***************** Up stair to left *********
    up_left:  lcall  keep_up_left
   up_left1:  cjne   r0,#0h,exit_up_left1
            sjmp   exit_up_left
exit_up_left1:  lcall  And_SW
            lcall  start_up_left
            lcall  shoot
            lcall  stop
            djnz   r0,up_left1
 exit_up_left:  ret

;***************** Up stair to center *********
    up_cen:  lcall  keep_up_cen
   up_cen1:  cjne   r0,#0h,exit_up_cen1
            sjmp   exit_up_cen
exit_up_cen1:  lcall  And_SW
            lcall  start_up_cen
            lcall  shoot
            lcall  stop
            djnz   r0,up_cen1
 exit_up_cen:  ret

;***************** Up stair to right *********
   up_right:  lcall  keep_up_right
  up_right1:  cjne   r0,#0h,exit_up_right1
            sjmp   exit_up_right
exit_up_right1:  lcall  And_SW
            lcall  start_up_right
            lcall  shoot
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall  stop
            djnz   r0,up_right1
exit_up_right:  ret
;*************** Down stair to left *********
down_left:  lcall  keep_down_left
down_left1:  cjne   r0,#0h,exit_down_left1
            sjmp   exit_down_left
exit_down_left1:  lcall  And_SW
            lcall  start_down_left
            lcall  shoot
            lcall  stop
            djnz   r0,down_left1
exit_down_left:  ret
;*************** Down stair to center *********
down_cen:  lcall  keep_down_cen
down_cen1:  cjne   r0,#0h,exit_down_cen1
            sjmp   exit_down_cen1
exit_down_cen1:  lcall  And_SW
            lcall  start_down_cen
            lcall  shoot
            lcall  stop
            djnz   r0,down_cen1
exit_down_cen:  ret
;*************** Down stair to right *********
down_right:  lcall  keep_down_right
down_right1:  cjne   r0,#0h,exit_down_right1
            sjmp   exit_down_right
exit_down_right1:  lcall  And_SW
            lcall  start_down_right
            lcall  shoot
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall  stop
            djnz   r0,down_right1
exit_down_right:  ret

;**************** Read Turn from setup ****************
      ; ****************  UP - Left  ****************
   keep_up_left: mov    1,#setup_left
            mov    a,@r1
            mov    r0,a
            ret
      ;*****************  UP - Center  ***************

   keep_up_cen: mov    1,#setup_cen
            mov    a,@r1
            mov    r0,a
            ret
      ;****************** UP - Right  ****************
  keep_up_right: mov    1,#setup_right
            mov    a,@r1
            mov    r0,a
            ret
      ;*****************  Down - Left  ****************
  keep_down_left: mov    1,#setdown_left

            mov    a,@r1

            mov    r0,a

            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ;****************** Down - Center **************

keep_down_cen:  mov    1,#setdown_cen

                mov    a,@r1

                mov    r0,a

                ret

        ;********************* Down - Right ******************
keep_down_right:  mov    1,#setdown_right

                mov    a,@r1

                mov    r0,a

                ret


      ;******************** Step of Work ****************************

    ;***************** Step up left *************

    start_up_left:  lcall   left_x
                    lcall   gear_up
                    lcall   delay_shoot     ;for pneumatic
                    lcall   delay_shoot
                    ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***************** Step up center *************
start_up_cen: lcall  cen_x
              lcall  gear_up
              lcall  delay_shoot
              lcall  delay_shoot
              ret
;***************** Step up right *************
start_up_right: lcall  right_x
              lcall  gear_up
              lcall  delay_shoot
              lcall  delay_shoot
              ret
;***************** Step down left *************
start_down_left: lcall  left_x
              lcall  gear_down
              lcall  delay_shoot
              lcall  delay_shoot
              ret
;***************** Step down center *************
start_down_cen: lcall  cen_x
              lcall  gear_down
              lcall  delay_shoot
              lcall  delay_shoot
              ret
;***************** Step down right *************
start_down_right: lcall  right_x
              lcall  gear_down
              lcall  delay_shoot
              lcall  delay_shoot
              ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********** Induction motor < Motor Gear  X axis > ******************

  ;*************** Slot Left **********************
      left_x:  lcall  start_line_x
     loop_lx:  lcall  disp_left_x
               mov    a,p1
               jb     acc.5,exit_lx
               sjmp   loop_lx
     exit_lx:  lcall  stop_line_x
               ret
  ;*************** Slot Center ********************
      cen_x:  lcall  start_line_x
     loop_cx:  lcall  disp_center_x
               mov    a,p1
               jb     acc.4,exit_cx
               sjmp   loop_lx
     exit_cx:  lcall  stop_line_x
               ret
  ;*************** Slot Right *********************
     right_x:  lcall  start_line_x
     loop_rx:  lcall  disp_right_x
               mov    a,p1
               jb     acc.3,exit_rx
               sjmp   loop_rx
     exit_rx:  lcall  stop_line_x
               ret

  ;************* Turn Off Step (return to start) ************
  ;     Switch stop stepping motor : Pb_2.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;       Drive Motor gear 3 line X ,start -stop : Pc_2.1
;       '0' = start    , '1' = stop
;       Drive Motor gear 3 line X ,left -right   : Pc_2.3
;       '0' = right    , '1' = left


;**************** Start Motor Gear 3 ***************

start_line_x:   mov     dptr,#portc_2 ; motor gear 3 on ->readdy
                mov     a,#11111101b  ; Portc_2.1 ,Pc_2.3
                movx    @dptr,a
                ret

;**************** Start Motor Gear to origin *********

start_x_org:    mov     dptr,#portc_2 ; motor gear 3 on -> origin
                mov     a,#11110101b  ; Portc_2.1 , Pc_2.3
                movx    @dptr,a
                ret

;***************** Stop Motor Gear *****************

stop_line_x:    mov     dptr,#portc_2  ;motor gear 2 off
                mov     a,#11111111b
                movx    @dptr,a
                ret

;*****************   Return to X – Origin   ************************

 back_x:     lcall   start_x_org
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
loop_back_x:    lcall   disp_org_x
                mov     dptr,#portb_2     ;sw stop stepmotor
                movx    a,@dptr           ;portc_2 bit 4 PC.4
                jb      acc.7,exit_back_x
                lcall   start_x_org
                sjmp    loop_back_x
exit_back_x:    lcall   stop_line_x
                ret

;******************** Control Motor Gear Y axis ******************
;   motor gear 1 (conveyor) on-off : Pc_2.2    ("0"=on,"1"=off)
;   motor gear 2 (Y axis) on-off   : Pc_2.4    ("0"=on,"1"=off)
;   motor gear 2 (Y axis) turn Left-Right : Pc_2.5 ("1"=up(Turn Left))
;                                  ("0"=down(Turn Right))
;   Switch stop motor gear : Pb_2.7

   ;***************** Slide Up Stair ********************
      gear_up:  lcall   disp_gear_up
                acall   start_gear
                acall   up_y
                acall   stop_gear
                ret
   ;***************** Slide Down Stair ******************
     gear_down: lcall   disp_gear_down
                acall   start_gear
                acall   down_y
                acall   stop_gear
                ret

   ;***************** Start Motor Gear ******************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
start_gear:  mov    dptr,#portc_2 ; motor gear 2 on
             mov    a,#11101111b
             movx   @dptr,a
             ret
;***************** Stop Motor Gear ******************
 stop_gear:  mov    dptr,#portc_2  ;motor gear 2 off
             mov    a,#11111111b
             movx   @dptr,a
             ret

;******************** Up Stair **********************
    up_y:    push   acc
loop_up_y:   mov    a,p1
             jb     acc.6,exit_up_y
             mov    dptr,#portc_2   ;motor gear 2 turn left
             mov    a,#11001111b
             movx   @dptr,a
             sjmp   loop_up_y
exit_up_y:   pop    acc
             ret
;******************** Down Stair ********************
  down_y:    push   acc
loop_down_y: mov    a,p1
             jb     acc.7,exit_down_y
             mov    dptr,#portc_2 ;motor gear 2 turn right
             mov    a,#11101111b
             movx   @dptr,a
             lcall  disp_org_y
             sjmp   loop_down_y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
exit_down_y:  pop    acc
              ret

;******************** Stop To Begin *********************

        stop:  lcall  gear_down
               lcall  back_x
               ret

;************** DELAY MOTOR ******************

              delaym: push   3
                      push   4
                mov   r3,#0h
              delm2:  mov    r4,#0h
                      djnz   r4,$
                      djnz   r3,delm2
                      pop    4
                      pop    3
                      ret


;************************ Pneumatic ****************************

        pneumatic:  acall  clr_set_pneumatic
                    acall  step1_start
                    acall  step2_run
                    acall  step3_end
                    ret

  clr_set_pneumatic:  lcall  delay_latch
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall  stop_vacuum
            lcall  delay_latch
            lcall  sw_cylinderA_in
            lcall  sw_Rodless_start
            ret
step1_start:  lcall  sw_Rodless_start
            lcall  sw_cylinderA_out
            lcall  delay_latch
            lcall  start_vacuum
            lcall  delay_latch
            ret
step2_run:    lcall  sw_cylinderA_in
            lcall  sw_Rodless_stop
            ret
step3_end:    lcall  delay_latch        ; sw_cylinder_out2
            lcall  delay_latch
            lcall  stop_vacuum
            lcall  delay_latch
            lcall  sw_cylinderA_in
            ret
  shoot:    lcall  on_cylinderB_out     ; On Car
            lcall  delay_latch
            lcall  delay_latch
            lcall  delay_latch
            lcall  off_cylinderB_out
            ret
;*************** Delay Vacuum *************************
delay_latch:  acall  delay_shoot
            acall  delay_shoot
            acall  delay_shoot
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            acall   delay_shoot
            ret
;*************** Delay Pneumatic Shoot object **********
delay_shoot:   push   3
            push   4
            mov    3,#0h
loop_shoot:   mov    4,#0h
            djnz   4,$
            djnz   3,loop_shoot
            pop    4
            pop    3
            ret
;******************** Limit Switch *****************
;     Lead SW 1   : Pb_2.0     cylinderA In
;     Lead SW 2   : Pb_2.1     cylinderA Out ( Conveyor )
;     Rodless SW 1 : Pb_2.2     Rodless  Start
;     Rodless SW 2 : Pb_2.3     Rodless  Stop
;     Lead SW 3   : Pb_2.4     cylinderB In
;     Lead SW 4   : Pb_2.5     cylinderB Out
;     Lead SW 5   : Pb_2.6     cylinderA Out ( Line X-Y )

sw_cylinderA_in:   mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jnb    acc.0,exit_cylinderA_in
            lcall  on_cylinderA_in
            sjmp   sw_cylinderA_in
exit_cylinderA_in:  lcall  off_cylinderA_in
            ret

sw_cylinderA_out:  mov    dptr,#portb_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            movx   a,@dptr
            jnb    acc.1,exit_cylinderA_out
            lcall  on_cylinderA_out
            sjmp   sw_cylinderA_out
exit_cylinderA_out: lcall  off_cylinderA_out
            ret


sw_cylinder_out2:  mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jnb    acc.6,exit_cylinder_out2
            lcall  on_cylinderA_out
            sjmp   sw_cylinder_out2
exit_cylinder_out2: lcall  off_cylinderA_out
            ret

sw_Rodless_start:  mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jb     acc.2,exit_Rodless_start
            lcall  on_Rodless_start
            sjmp   sw_Rodless_start
exit_Rodless_start: lcall  off_Rodless_start
            ret

sw_Rodless_stop:  mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jb     acc.3,exit_Rodless_stop
            lcall  on_Rodless_stop
            sjmp   sw_Rodless_stop
exit_Rodless_stop: lcall  off_Rodless_stop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ret

sw_cylinderB_in:   mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jnb    acc.4,exit_cylinderB_in
            lcall  on_cylinderB_in
            sjmp   sw_cylinderB_in
exit_cylinderB_in:  lcall  off_cylinderB_in
            ret

sw_cylinderB_out:  mov    dptr,#portb_2
            movx   a,@dptr
            jnb    acc.5,exit_cylinderB_out
            lcall  on_cylinderB_out
            sjmp   sw_cylinderB_out
exit_cylinderB_out: lcall  off_cylinderB_out
            ret
  ;****************** Solenoid ******************
  ;     Board interface : Active Low
  ;     CylinderA out = Pa_2.7
  ;     CylinderA in  = Pa_2.0
  ;     Rodless start = Pa_2.3
  ;     Rodless stop  = Pa_2.2
  ;     Vacuum        = Pa_2.4
  ;     CylinderB out = Pa_2.6
  ;     CylinderB in  = Pa_2.5

on_cylinderA_in:  mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_cylinA_in
            ret
off_cylinderA_in: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            setb   acc.7
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_cylinA_org
            ret
on_cylinderA_out: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.0
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_cylinA_out
            ret
off_cylinderA_out: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            setb   acc.0
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_cylinA_stop
            ret
on_Rodless_start: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.3
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_start_Rod
            ret
off_Rodless_start: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            setb   acc.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_stop_Rod
            ret
on_Rodless_stop: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.2
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_org_Rod
            ret
off_Rodless_stop: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            setb   acc.2
            movx   @dptr,a
            lcall  disp_stop_org
            ret
start_vacuum: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.4
            movx   @dptr,a
            ret
stop_vacuum: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            setb   acc.4
            movx   @dptr,a
            ret
on_cylinderB_out: mov    dptr,#porta_2
            movx   a,@dptr
            clr    acc.5
            movx   @dptr,a
            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
off_cylinderB_out:  mov    dptr,#porta_2
                    movx   a,@dptr
                    setb   acc.5
                    movx   @dptr,a
                    ret
 on_cylinderB_in:   mov    dptr,#porta_2
                    movx   a,@dptr
                    clr    acc.6
                    movx   @dptr,a
                    ret
off_cylinderB_in:   mov    dptr,#porta_2
                    movx   a,@dptr
                    setb   acc.6
                    movx   @dptr,a
                    ret

                   end
```

รูปที่ ข.10 โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Actuator

Air Cylinder Series CM2

Bore size: φ20·φ25·φ32·φ40

- Non-rotating piston rod type /Series CM2K
  High non-rotaing accuracy
  φ20～φ32: ±0.8° φ40: ±0.5°
- Direct mounting type /Series CM2R

Space saving direct mounting without brackets considerable reduces overall length, mounting pitch, and mounting space.

- Low friction type /Series CM2OQ

Specially designed to reduce friction of piston to a minimum.

Model	Series	Action	Applicable fluid	Bore size (mm)	Fluid	Standard stroke (mm)	Pressure MPa{kgf/cm²}	Variation
Standard type	CM2	Double acting Single rod	Non lube / Air hydro	20 · 25 · 32 · 40	Air / Hydraulic oil	25～300	0.05～1.0 {0.51～10.2}	Built-in magnet With one-touch fittings Copper-free
		Single acting (Spring return · Spring extended)	Non lube		Air	φ20, φ25: 25～150 φ32: 25～200 φ40: 25～250	Spring return: {0.18～1.0, 1.8～10.2} Spring extended: {0.23～1.0, 2.3～10.2}	With air cushion (Except single acting) Clean series
	CM2W	Double acting Single rod	Non lube / Air hydro		Hydraulic oil	25～300	{0.05～1.0, 0.51～10.2} {0.18～1.0, 1.8～10.2}	(Except single acting· double rod)
Non-rotating piston rod type	CM2K	Double acting Single rod / Single acting (Spring return · Spring extended)			Air	φ20, φ25: 25～150 φ32: 25～200 φ40: 25～250	{0.05～1.0, 0.51～10.2} 0.18～1.0 {1.8～10.2}	Built-in magnet With gaiter Copper-free
Direct mounting type	CM2R	Double acting Single rod	Non lube			25～300	{0.05～1.0, 0.51～10.2}	Built-in magnet · Clean series · Copper-free
Non-rotating piston rod direct mounting type	CM2RK	Double acting Single rod				φ20: 25～150 φ25, φ32: 25～200 φ40: 25～300	0.05～1.0 {0.51～10.2}	Built-in magnet Copper-free
Low friction type	CM2Q	Double acting Single rod				25～300	{0.025～1.0, 0.25～10.2}	Built-in magnet
Twin port type	CM2WP	Double acting Single rod					{0.05～1.0, 0.51～10.2}	Copper-free

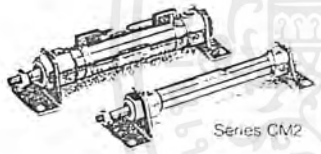
- Mounting

CM2,CM2R,CM2Q ——— Axial direction foot type, Rod side · Head side flange type, Single · Double clevis type, Head side · Rod side trunnion type, Integrated clevis type, Boss-cut type(CM2 only)

CM2W ——— Foot type, Flange type, Trunnion type

CM2R,CM2RK ——— Rear pivot mounting, Front pivot mounting

CM2OOP ——— Rod side flange type, Rod side trunnion type


Series CM2

Series CM2R

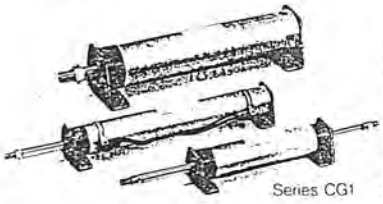
Series CM2OOP

Series CM2K

Air Cylinder Series CG1

Bore size: φ20·φ25·φ32·φ40·φ50 φ63·φ80·φ100

Compact size cylinder.
φ20～φ40/－15mm～－30mm shorter (against series CM)
High speed operation: 1000mm/sec
Air cushion type available as standard.


Series CG1

Individual cat. No. E216

Model	Series	Action	Bore size (mm)	Standard stroke (mm)	Cushion	Variation
Standard type	CG1	Double acting	20,25,32,40 50,63,80,100	φ20 25～200 φ25～φ100 25～300	Rubber cushion Air cushion	Built-in magnet Gaiter (Except single acting)
		Single acting (Spring return)	20,25,32,40	φ20 25～100 φ25～φ40 25～200	Rubber cushion	
Double rod type	CG1W	Double acting	20,25,32,40 50,63,80,100	φ20 25～200 φ25～φ100 25～300	Rubber cushion	
Non-rotating piston rod type	CG1K	Double acting	20,25,32,40 50,63	φ20 25～200 φ25～φ63 25～300		
Direct mounting type	CG1R	Double acting		φ20 25～150 φ25, φ32 25～200 φ40～φ63 25～300	Air cushion	
Non-rotating piston rod direct mounting type	CG1KR	Double acting	20,25,32 40,50,63	φ20 25～150 φ25, φ32 25～200 φ40～φ63 25～300	Rubber cushion	Built-in magnet
Low friction type	CG1OQ	Double acting	20,25,32,40 50,63,80,100	φ20 25～200 φ25～φ100 25～300	φ20～φ63 None φ80, φ100 Rubber cushion	

- Mounting

CG1,CG1K,CG1OQ ——— Axial direction foot type, Rod side flange type, Head side flange type, Single · Double clevis type, Head side trunnion type, Integrated clevis type

CG1W ——— Foot type, Rod side flange type, Double clevis type

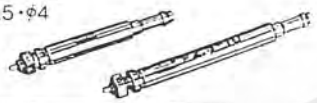
CG1R,CG1KR ——— Front pivot mounting, Rear pivot mounting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Actuator

Air Cylinder Series CJ1

Bore size
φ2.5・φ4



Model	Series	Action	Bore size (mm)	Standard stroke (mm)	Pressure MPa {kgf/cm²}	Cushion
Standard type	CJ1	Single acting (Spring return)	2.5	5・10	0.3～0.7 {3.1～7.1}	None
			4	5・10・15・20		

Individual cat. No. E223

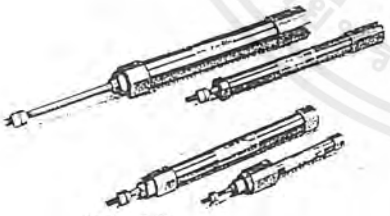
Air Cylinder Series CJ2

Bore size: φ6・φ10・φ16

- Non-rotating piston rod type /Series CJ2K
  High non-rotating accuracy: ±2
- Low friction type/Series CJ2◯Q
  Specially designed to reduce friction of piston to a minimum.
- Direct mounting type/Series CJ2R
  Space saving direct mounting without brackets considerable reduces overall length, mounting pitch, and mounting space.

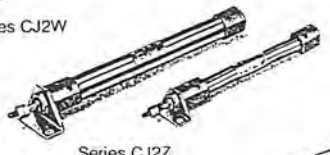
Model	Series	Action	Bore size (mm)	Standard stroke (mm)	Pressure MPa {kgf/cm²}	Variation
Standard type	CJ2	Double acting Single rod	6・10・16	φ6: 15～60 φ10: 15～150 φ16: 15～200	φ6: 0.12～0.7 {1.2～7.1} φ10・φ16: 0.06～0.7 {0.61～7.1}	Built-in magnet With air cushion Clean series Copper-free
		Single acting (Spring return・Spring extended)		φ6・φ10: 15～60 φ16: 15～150	φ6: 0.2～0.7 {2.0～7.1} (Spring return) 0.25～0.7 {2.5～7.1} (Spring extended) φ10・φ16: 0.15～0.7 {1.5～7.1}	Built-in magnet Copper-free
	CJ2W	Double acting Double rod		φ6・φ10・φ16: 15～60	φ6: 0.15～0.7 {1.5～7.1} φ10・φ16: 0.1～0.7 {1.0～7.1}	Built-in magnet With air cushion Copper-free
Non-rotating piston rod type	CJ2K	Double acting Single rod		φ10: 15～150 φ16: 15～200	0.06～0.7 {0.61～7.1}	Built-in magnet Copper-free
		Single acting (Spring return・Spring extended)			0.15～0.7 {1.5～7.1}	
Direct mounting type	CJ2RA	Double acting Single rod			0.06～0.7 {0.61～7.1}	Built-in magnet
		Single acting (Spring return・Spring extended)		φ10: 15～60 φ16: 15～150	0.15～0.7 {1.5～7.1}	
Non-rotating piston rod direct mounting type	CJ2RK	Double acting Single rod	10・16	φ10: 15～150 φ16: 15～200	0.06～0.7 {0.61～7.1}	
		Single acting Single rod		φ10: 15～60 φ16: 15～150	0.15～0.7 {1.5～7.1}	
Low friction type	CJ2◯Q	Double acting Single rod		φ10: 15～150 φ16: 15～200	0.06～0.7 {0.61～7.1}	Built-in magnet Copper-free
Internal speed controller type	CJ2Z	Double acting Single rod			0.06～0.7 {0.61～7.1}	
	CJ2WZ	Double acting Double rod			0.1～0.7 {1.0～7.1}	

- Mounting
  CJ2,CJ2K,CJ2◯Q,CJ2Z ——— Axial direction foot type, Rod side flange, Double clevis type(Except for φ6)
  CJ2W,CJ2WZ ——— Foot type, Flange type
  CJ2R,CJ2RK ——— Front nose mounting, Rear pivot mounting



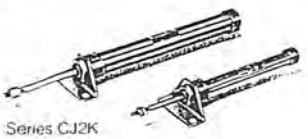
Series CJ2

Series CJ2W



Series CJ2Z

Series CJ2R



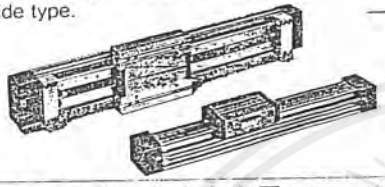
Series CJ2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Actuator

Mechanical Joint Type Rodless Cylinder Series MYC·MYH

Space saving cylinder, using precision roller bearings with low inertial and antirotation properties for the single guide type.



Series	Guide type	Bore size (mm)	Piston speed (mm/s)	Cushion	Stroke adjusting unit
MYC	Cam follower guide type	25 · 32 · 40	100~1500	Two-sides air cushion (Standard)	Adjusting bolt Low load shock absorber
MYH	High-precision guide type				High load shock absorber

Mechanical Joint Type With Brake High Rodless Cylinder Series ML1

NEW

A compact brake mechanism is incorporated in the slider section, permitting rodless cylinders to stop at the mid-point.

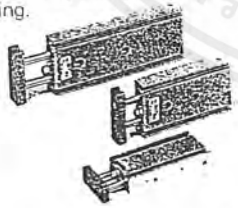
Series	Bore size (mm)	Type of guide	Action	Operating pressure range MPa{kgf/cm²}	Lock type	Cushion
ML1	25 32 40	Cam follower guide	Double acting type	0.1~0.8 {1~8}	Spring locking (Exhaust lock)	Air cushion at both sides (Standard)

※Applicable auto switch
·Reed switch — D-E□Atype, D-E8□Atype
·Solid state switch — D-M5type, D-M5□Wtype, D-M5□type

Individual cat. No. E227

Dual Rod Cylinder Series CXS

A thin compact dual rod cylinder unit with high precision guiding for picking and placing.



Series	Model		Bore size (mm)	Non-rotating accuracy	Piston speed (mm/s)	Stroke adjustment range
CXS	Slide bearing	CXSM	6 · 10 · 15 · 20 · 25 · 32	±0.1 ~ 0.04	30~300	0~−5mm against basic stroke
	Ball bush bearing	CXSL		±0.15 ~ 0.08		

Individual cat. No. E236

Compact Slide Series MXU

NEW

Integration of miniature linear guide and worktable.
The miniature linear guide improves the linear movement and nonrotating accuracy of the cylinder with a worktable.

Series	Bore size (mm)	Action	Min operating pressure MPa{kgf/cm²}	Max. loading weight (g)	Operating piston speed (mm/s)
MXU	6	Double action type	0.12{1.2}	100	50~500
	10		0.06{0.6}	200	
	16		0.06{0.6}	400	

※Cushion — Both sides rubber cushion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

One-touch Fittings Series KQ

Accepts nylon, soft nylon, polyurethane.
Space and labor saving.
Standard specification with seal.

One-touch Fittings

Individual cat. No.E501

Type	Model	Connection	Applicable tube O.D. ϕ3.2	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
Half union	KQH	M5	●	●	●				
		M6		●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Half union with hole hexagon key	KQS	M5		●	●				
		M6		●	●				
		1/8		●	●	●	●		
		1/4			●	●	●	●	
		3/8				●	●	●	
		1/2					●	●	
Female union	KQF	1/8			●	●	●		
		1/4			●	●	●	●	●
		3/8				●	●	●	●
		1/2						●	●
Straight	KQH	—	●	●	●	●	●	●	●
Different dia. straight	KQH	—	●	●	●	●	●	●	●
Elbow union	KQL	M5	●	●	●				
		M6		●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Branch elbow unit	KQLU	—		●	●	●	●	●	
45° elbow union	KQK	M5		●	●				
		M6		●	●				
		1/8		●	●	●			
		1/4		●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	
Universal elbow union	KQV	M5		●	●				
		1/8		●	●	●			
		1/4			●	●	●		
		3/8				●	●	●	●
		1/2						●	●
Universal elbow with hole hexagon key	KQVS	M5		●	●				
		1/8		●	●	●			
		1/4			●	●	●		
		3/8				●	●	●	
		1/2						●	

Individual cat. No.E501

Type	Model	Connection	Applicable tube O.D. ϕ3.2	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
Universal female elbow	KQVF	M5	●	●					
		01	●	●	●				
		02		●	●	●			
		03			●	●	●		
		04					●		
Female elbow	KQLF	M5	●	●					
		M6	●						
		01	●	●	●				
		02	●	●	●	●	●		
		03		●	●	●	●	●	
		04				●	●	●	
Double universal elbow	KQVD	01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03		●	●	●	●	●	
		04				●	●	●	
Triple universal elbow	KQVT	01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03		●	●	●	●	●	
		04				●	●	●	
Branch universal elbow	KQZ	M5		●					
		01		●	●	●			
		02			●	●	●		
		03			●	●	●	●	
		04						●	
Branch universal female elbow	KQZF	M5		●					
		01		●	●	●			
		02			●	●	●		
		03					●	●	
		04						●	
Double branch universal elbow	KQZD	01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03			●	●	●	●	
		04					●	●	
Triple branch universal elbow	KQZT	01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03		●	●	●	●	●	
		04					●	●	
Elbow	KQL	—	●	●	●	●	●	●	●
Branch elbow union	KQLU	M5		●	●				
		M6		●	●				
		01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03			●	●	●	●	
		04					●	●	
Street elbow	KQL	—	●	●	●	●	●	●	
Long street elbow	KQW	—	●	●	●	●	●	●	
Reducer elbow	KQL	ϕ4	●						
		ϕ6		●					
		ϕ8		●	●				
		ϕ10			●	●			
		ϕ12				●	●		
Long elbow union	KQW	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●			
		1/4	●	●	●	●	●		
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	
Branch tee union	KQT	M5	●	●	●				
		M6		●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Tee	KQT	—	●	●	●	●	●	●	●
Different dia. tee	KQT	—	●	●	●	●	●	●	

Individual cat. No.E501

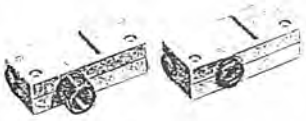
Type	Model	Connection	Applicable tube O.D. ϕ3.2	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
Service tee union	KQY	M5	●	●	●				
		M6		●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Delta union	KQD	M5		●	●				
		M6		●	●				
		01		●	●	●			
		02		●	●	●	●	●	
		03			●	●	●	●	
		04					●	●	
Delta	KQD	—		●	●	●	●	●	
Branch	KQU	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●			
		1/4	●	●	●	●	●	●	●
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	
Double branch	KQUD	01		●	●				
		02	●	●	●				
Union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Different dia. union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Different dia. double union "Y"	KQUD	ϕ4			●				
		ϕ6				●			
Branch union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Different dia. branch union "Y"	KQX	ϕ6		●					
		ϕ8			●				
		ϕ10				●			
		ϕ12					●		
Double branch union "Y"	KQX	ϕ6		●	●				
		ϕ8				●			
Reducer	KQR	ϕ4	●		●				
		ϕ6		●					
		ϕ8		●	●				
		ϕ10		●	●	●			
		ϕ12			●	●	●		
		ϕ16						●	
Bulkhead union	KQE	—	●	●	●	●	●	●	●
Bulkhead elbow	KQLE	—		●	●	●	●	●	
Bulkhead female union	KQE	1/8		●	●	●			
		1/4	●	●	●	●	●		
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Adapter	KQN	M5		●	●				
		1/8		●	●				
		1/4			●	●			
		3/8				●			
Nipple	KQN	—		●	●	●	●	●	
Different dia. nipple	KQN	—	●	●	●	●	●	●	
Color cap	KQC	—		●	●	●	●	●	●
Plug	KQP	—	●	●	●	●	●	●	●

Applicable tube (Material/O.D.)
Nylon tube, Soft nylon tube, Polyurethane tube
Tube O.D. —— ϕ3.2, ϕ4, ϕ6, ϕ8, ϕ10, ϕ12, ϕ16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vacuum Ejector Series ZH

Nozzle diameter φ0.5~φ2.0
Compact and light weight due to the solid state resin of nozzle and body.
Box style, direct piping.



Model	Nozzle diameter (mm²)	Body	Vacuum pressure kPa(mmHg)	Connection One-touch/screw SUP	VAC	EXH	Max. suction flow ℓ/min(ANR) S type	L type
ZH05B⑤	0.5	Box style (built in silencer)	S type −88 (−660) L type −48 (−360)	φ6/⅛	φ6/⅛	—	φ0.5:5 φ0.7:12	φ0.5:8 φ0.7:20
ZH07B③	0.7							
ZH10B⑥	1.0			φ8/⅛	φ10/¼			
ZH13B⑧	1.3							
ZH05D⑨	0.5	Direct mounting type (No silencer)	S type −88 (−660) L type −48 (−360)	φ6/⅛	φ6/⅛	φ6/⅛	φ1:24 φ1.3:40	φ1:34 φ1.3:70
ZH07D⑤	0.7							
ZH10D⑥	1.0			φ6/⅛	φ6/⅛	φ8/⅛		
ZH13D⑧	1.3			φ8/⅛	φ10/¼	φ10/¼		
ZH15D⑩	1.5		S type −88 (−660) L type −53 (−400)	φ10/¼	φ12/⅜	φ12/⅜	φ1.5:55 φ1.8:65	φ1.5:75 φ1.8:110
ZH18D⑫	1.8			φ12/⅜				
ZH20D⑭	2.0			φ12/⅜	φ16/½	φ16/½	φ2.0:85	φ2.0:135

※Pipe thread or one touch fitting can be selected for each port. Please refer to how to order

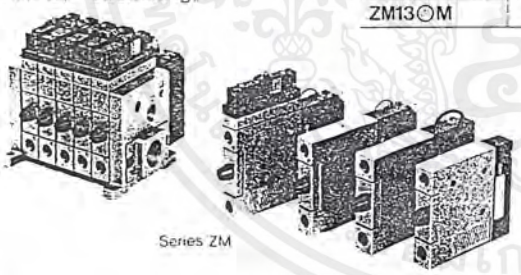
Series ZH

Individual cat. No. E801

Vacuum Ejector Series ZM

Modular design allows switch and valve to be fitted to vacuum ejector, can be manifolded.
Max. suction flow: 40% up
Max. vacuum pressure: −84KPa(−630mmHg)

Model	Standard supply pressure MPa {kgf/cm²}	Max. vacuum pressure	Max. suction flow ℓ/min(ANR)	Air consumption ℓ/min(ANR)
ZM05⓪H	0.5 {5 1}	−84KPa (−630mmHg)	18	12
ZM07⓪H			24	23
ZM10⓪H			36	46
ZM13⓪H			40	95
ZM07⓪M	0.35 {3.6}		20	16
ZM10⓪M			26	32
ZM13⓪M			36	70



Series ZM

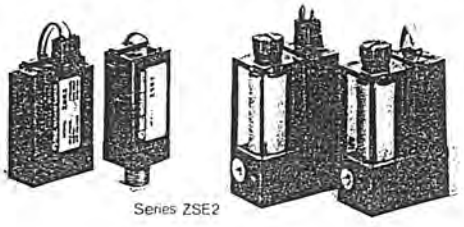
Individual cat. No. E802

Electronic System/ Single setting·General purpose type
Vacuum pressure Switch Series ZSE2

Fast responce/10ms
Wiring easy/ Connector type
Semiconductor type pressure sensor is used.

Model	Type	Pressure detecting method	Operating pressure range KPa(mmHg)	Accuracy (FS)	Supply voltage	Connection to other vacuum systems
ZSE2	Standard type Base mount type with suction filter	Semiconductor type sensor	0~−101 (0~−760)	±3%	12−24 VDC	Vacuum system (Series ZX / Series ZR)

Power Transistor, Adsorbed nozzle—For nozzle for pad



Series ZSE2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

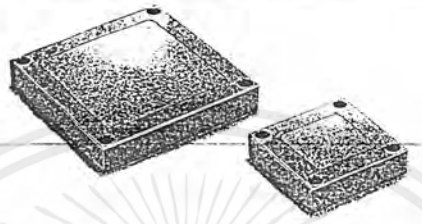
Sution Plate Series SP

NEW

Indelly suited for:
Thin sheets, eg glass substrates, LCD, etc. and soft work pieces.

- Strong suction force
- High machined accuracy
- Work pieces are absorbed and held without forming wrinkles or bubbles, and without leaving suction marks on the surface.
- Applications
  Electronic parts, Liquid crystal, Semi-conductor, Screen printing, Lamination, Positioning, Others.

Model		Flatness	Parallelism	Suction section		
Rectangle	Square	(μm)	(μm)	Size (mm)	Particle size (mm)	Material
SP1130	SP2130	15	30	50×50	φ0.3 (Spherical particle)	SUS304
SP1230	SP2230	15	30	100×100		
SP1330	SP2330	15	30	150×150		
SP1430	SP2430	25	40	200×200		
SP1530	SP2530	25	40	250×250		
SP1630	SP2630	25	40	300×300		



Vacuum Pad Series ZP

Individual cat. No. E807

Series	Vacuum exhaust port	Mounting	Connection W/O Buffer	Connection W/Buffer	Pad form/Pad dia Plain	Plain W/rib	Deep form
ZPT	Vertical	Vacuum exhaust port	Male thread · Female thread	Female thread One-touch fitting · Barb fitting	φ2,φ4 φ6,φ8 φ10,φ13 φ16,φ20 φ25,φ32 φ40,φ50	φ10,φ13 φ16,φ20 φ25,φ32 φ40	φ10,φ16 φ25,φ40
ZPR	Horizontal	Vacuum exhaust port·One-touch fitting	Male thread · Female thread	One-touch fitting			
ZPY	Horizontal	Vacuum exhaust port·Barb fitting	Male thread · Female thread	Barb fitting			

Pad material — NBR·Silicon·Urethane·Fluoro-rubber·Conductive rubber

Vacuum pad

Air Suction Filter Series ZF

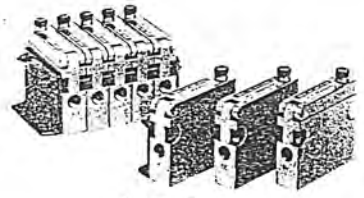
Individual cat. No. E803 E809

Prevents vaccum circuit and air flow from contamination trouble.

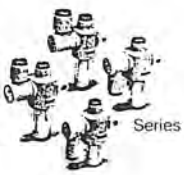
ZFA: Large filtration area of element. Can be manifolded up to 10 stations saving space.

ZFB: Possible to mount and remove the tubing in one-touch. Quite freely installation of tubing in 360°.

Model	Port size		Max.flow rate ℓ/min(ANR)	Poerating pressure range (MPa·kgf/cm²)	Filtation (μm)
ZFA100-01	1/8		50	Negative pressure −0.5 5.1	30
ZFA200-02	1/4		200		
ZFB100-04	Applicable tube O.D.	φ4	10		
ZFB100-06		φ6	20		
ZFB200-06		φ6	30		
ZFB200-08		φ8	50		
ZFB300-08		φ8	75		
ZFB300-10		φ10	75		



Series ZFA

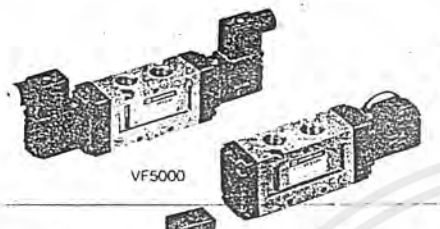


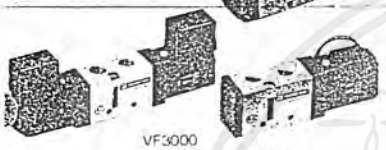
Series ZFB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Port Solenoid Valve Series VF

Low power consumption 1.8W (DC)
Individual pilot exhaust type
Main/pilot valve common exhaust type


VF5000


VF3000

VF1000

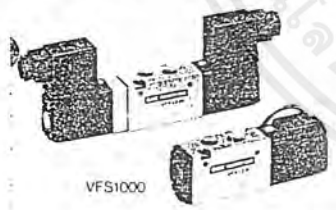
Rubber Seal Type

Individual cat. No. E102

	Model	Type	Port	Position	Solenoid	Effective orifice mm² (Cv)	Pressure MPa kgf/cm²	Power VA (50Hz)	Air operated type
Body ported type	VF1120	Pilot	M5·1/8	2	Single	M5:1.8(0.1)	0.15~0.9 (1.5~9.2)	3.4	●
	VF1220				Double	1/8:2.7(0.15)	0.1~0.9 (1.0~9.2)		
	VF3130	Pilot	1/8·1/4	2	Single	1/8:15.3(0.85)	0.15~0.9 (1.5~9.2)	3.4	●
	VF3230				Double	1/4:18(1)	0.1~0.9 (1.0~9.2)		
	VF3330			3	Closed center	1/4:14.4(0.8)	0.15~0.9 (1.5~9.2)		
	VF3430				Exhaust center	1/4:18(1)			
	VF5120	Pilot	1/4·3/8	2	Single	1/4:34.2(1.9)	0.15~0.9 (1.5~9.2)	3.4	●
	VF5220				Double	3/8:45(2.5)	0.1~0.9 (1.0~9.2)		
	VF5320			3	Closed center	30.6(1.7) 36(2.0)	0.15~0.9 (1.5~9.2)		
	VF5420				Exhaust center	32.4(1.8) 41.4(2.3)			
	VF5520				Pressure center	3/8:36(2.0)			
Base mounted type (With sub-plated)	VF3140	Pilot	1/4·3/8	2	Single	1/4:16(0.9)	0.15~0.9 (1.5~9.2)	3.4	●
	VF3240				Double	3/8:18(1.0)	0.1~0.9 (1.0~9.2)		
	VF3340			3	Closed center	12.5(0.7) 14.5(0.8)	0.15~0.9 (1.5~9.2)		
	VF3440				Exhaust center	16(0.9) 18(1.0)			
	VF3540				Pressure center	12.7(0.7) 13.3(0.75)			
	VF5144	Pilot	1/4·3/8·1/2	2	Single	38(2.1) 43(2.4)	0.15~0.9 (1.5~9.2)	3.4	●
	VF5244				Double	52(2.9)	0.1~0.9 (1.0~9.2)		
	VF5344			3	Closed center	33(1.8) 34(1.9) 38(2.1)	0.15~0.9 (1.5~9.2)		
	VF5444				Exhaust center	36(2.0) 39(2.2) 44(2.4)			
	VF5544				Pressure center	33.3(1.85) 36(2.0) 39.6(2.2)			

Standard coil voltage —— 100,200VAC (50/60Hz), 24VDC
Electrical entry —— Grommet, Grommet terminal, Conduit terminal, DIN connector

Solenoid Valve 5 Port Valve/ Series VFS


VFS1000

VFS2000

VFS3000

Metal Seal Type/Body Ported Type

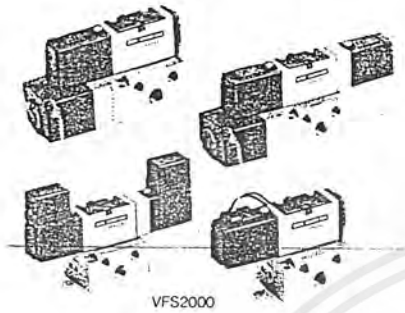
Individual cat. No. E123

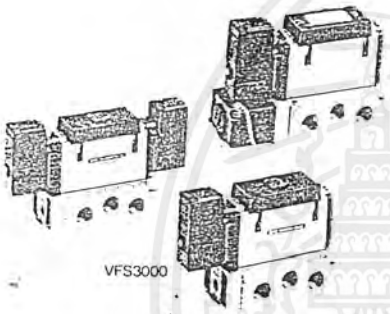
Series	Position	Solenoid	Model: Body ported type		Port	Effective orifice mm² (Cv)	Pressure MPa kgf/cm²	Air operated type
VFS 1000	2	Single	VFS1120	VFS1130	1/8	9.0(0.50)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	—
		Double	VFS1220	VFS1230	1/8	9.0(0.50)		
	3	Closed center	VFS1320	VFS1330	1/8	7.2(0.40)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	
		Exhaust center	VFS1420	VFS1430	1/8	9.0(0.50)		
		Pressure center	VFS1520	VFS1530	1/8	8.8(0.49)		
VFS 2000	2	Single	VFS2120	VFS2130	1/8	16.2(0.9)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
					1/4	18(1.0)		
		Double	VFS2220	VFS2230	1/8	16.2(0.9)		
					1/4	18(1.0)		
	3	Closed center	VFS2320	VFS2330	1/8	16.2(0.9)		
					1/4	18(1.0)		
		Exhaust center	VFS2420	VFS2430	1/8	16.2(0.9)		
					1/4	18(1.0)		
		Pressure center	VFS2520	VFS2530	1/8	16.2(0.9)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	
					1/4	18(1.0)		
VFS 3000	2	Single	VFS3120	VFS3130	1/4	34.2(1.9)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	—
					3/8	36.0(2.0)		
		Double	VFS3220	VFS3230	1/4	34.2(1.9)		
					3/8	36.0(2.0)		
	3	Closed center	VFS3320	VFS3330	1/4	32.2(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Exhaust center	VFS3420	VFS3430	1/4	32.2(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Pressure center	VFS3520	VFS3530	1/4	32.2(1.8)	0.1~0.9 (1.0~9.2)	
					3/8	36.0(2.0)		

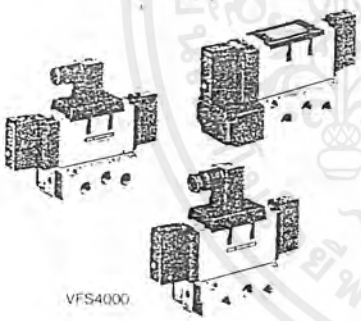
Standard coil voltage —— 100,200VAC (50/60Hz), 24VDC
Electrical entry —— Grommet, Grommet terminal, Conduit terminal, DIN connector

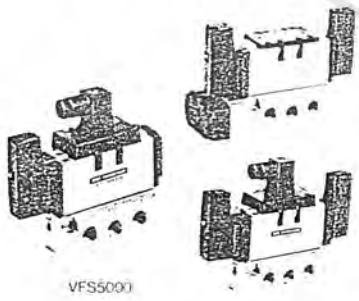
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid Valve
5 Port／Series VFS


VFS2000


VFS3000


VFS4000


VFS5000

Metal Seal Type/Plug-in Type・Non Plug-in Type

Individual cat. No. E123

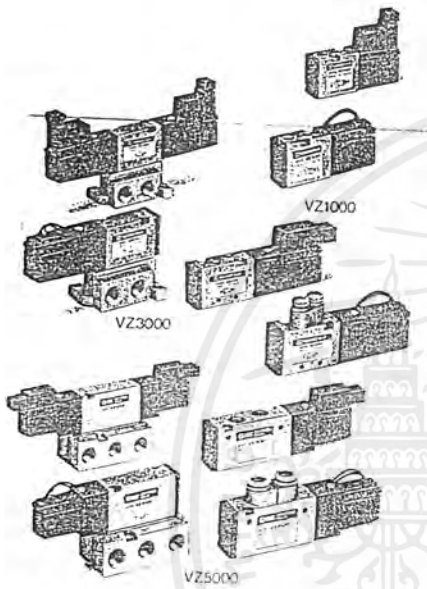
Series	Port No.	Solenoid	Model: Plug-in	Model: Non plug-in	Port	Effective price mm² (Cv)	Pressure MPa (kgf/cm²)	Air operated type
VFS 2000	2	Single	VFS2100	VFS2110	1/8	12.6(0.7)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	—
					1/4	15(0.83)		
		Double	VFS2200	VFS2210	1/8	12.6(0.7)		
					1/4	15(0.83)		
	3	Closed center	VFS2300	VFS2310	1/8	11.7(0.65)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	—
					1/4	12.1(0.67)		
		Exhaust center	VFS2400	VFS2410	1/8	11.7(0.65)		
					1/4	12.1(0.67)		
		Pressure center	VFS2500	VFS2510	1/8	12.6(0.7)		
					1/4	15(0.83)		
		Perfect	VFS2600	VFS2610	1/8	7.2(0.4)		
					1/4	7.2(0.4)		
	2	Dual pressure single	VFS2700	VFS2710	1/8	12.6(0.7)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	—
					1/4	15(0.83)		
		Dual pressure double	VFS2800	VFS2810	1/8	12.6(0.7)		
					1/4	15(0.83)		
VFS 3000	2	Single	VFS3100	VFS3110	1/4	32.4(1.8)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
					3/8	36.0(2.0)		
		Double	VFS3200	VFS3210	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
	3	Closed center	VFS3300	VFS3310	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Exhaust center	VFS3400	VFS3410	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Pressure center	VFS3500	VFS3510	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Perfect	VFS3600	VFS3610	1/4	19.8(1.1)		
					3/8	21.6(1.2)		
	2	Dual pressure single	VFS3700	VFS3710	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
		Dual pressure double	VFS3800	VFS3810	1/4	32.4(1.8)		
					3/8	36.0(2.0)		
VFS 4000	2	Single	VFS4100	VFS4110	3/8	59.4(3.3)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
					1/2	64.8(3.6)		
		Double	VFS4200	VFS4210	3/8	59.4(3.3)		
					1/2	64.8(3.6)		
	3	Closed center	VFS4300	VFS4310	3/8	50.4(2.8)		
					1/2	54.0(3.0)		
		Exhaust center	VFS4400	VFS4410	3/8	50.4(2.8)		
					1/2	54.0(3.0)		
		Pressure center	VFS4500	VFS4510	3/8	57.6(3.2)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	
					1/2	61.2(3.4)		
		Perfect	VFS4600	VFS4610	3/8	30.2(1.7)		
					1/2	32.4(1.8)		
	2	Dual pressure single	VFS4700	VFS4710	3/8	59.4(3.3)		
					1/2	64.8(3.6)		
		Dual pressure double	VFS4800	VFS4810	3/8	59.4(3.3)		
					1/2	64.8(3.6)		
VFS 5000	2	Single	VFS5100	VFS5110	3/8	78.7(4.4)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
					1/2	97.2(5.4)		
					3/4	102.6(5.7)		
		Double	VFS5200	VFS5210	3/8	78.7(4.4)		
					1/2	97.2(5.4)		
					3/4	102.6(5.7)		
	3	Closed center	VFS5300	VFS5310	3/8	67.1(3.7)		
					1/2	82.8(4.6)		
					3/4	86.4(4.8)		
		Exhaust center	VFS5400	VFS5410	3/8	70.0(3.9)		
					1/2	86.4(4.8)		
					3/4	90.0(5.0)		
		Pressure center	VFS5500	VFS5510	3/8	70.0(3.9)		
					1/2	86.4(4.8)		
					3/4	88.2(4.9)		
		Perfect	VFS5600	VFS5610	3/8	39.4(2.2)		
					1/2	48.6(2.7)		
					3/4	50.4(2.8)		
	2	Dual pressure single	VFS5700	VFS5710	3/8	78.7(4.4)		
					1/2	97.2(5.4)		
					3/4	102.6(5.7)		
		Dual pressure double	VFS5800	VFS5810	3/8	78.7(4.4)		
					1/2	97.2(5.4)		
					3/4	102.6(5.7)		

Standard coil voltage: 100,200VAC(50/60Hz) 24VDC
Electrical entry: Conduit terminal, DIN terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miniature Solenoid Valve 4.5-Port Series VZ

Compact size
Width 15mm(VZ1000, 2000, 3000)
Width 18mm(VZ4000, 5000)
Low power consumption
1.8W (75mA, 24VDC)



Rubber Seal Type

Individual cat. No. E121

Model	Port	Solenoid	Type	Port	Effective orifice mm² (Cv)	Response ms (Hz)	Manual override
VZ1120	2	Single	Pilot	M5×0.8	P→A 0.6(0.034) B→R 1.5(0.083) P→B 1.0(0.056) A→R 0.9(0.05)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	—
VZ3120	2	Single	Pilot	M5×0.8	3.6(0.2)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3220	2	Double	Pilot	M5×0.8	3.6(0.2)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ3320	3	Closed center	Pilot	M5×0.8	3.2(0.18)		●
VZ3420	3	Exhaust center	Pilot	M5×0.8	3.6(0.2)(2.7(0.15))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3520	3	Pressure center	Pilot	M5×0.8	P→A,B:4.0(0.22) (2.7(0.15)) A,B→R1,R2:3.4(0.19)		●
VZ3120	2	Single	Pilot	A,B Port C4	3(0.17)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3220	2	Double	Pilot	A,B Port C4	3(0.17)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ3320	3	Closed center	Pilot	#4 One-touch fittings	3(0.17)(2.4(0.13))		●
VZ3420	3	Exhaust center	Pilot	#4 One-touch fittings	3(0.17)(2.4(0.13))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3520	3	Pressure center	Pilot	R,P Port M5×0.8	P→A,B 3.5(0.19) (2.9(0.16)) A,B→R1,R2:3.1(0.17)		●
VZ3120	2	Single	Pilot	A,B Port C6	3.5(0.19)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3220	2	Double	Pilot	A,B Port C6	3.5(0.19)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ3320	3	Closed center	Pilot	#6 One-touch fittings	3.2(0.18)		●
VZ3420	3	Exhaust center	Pilot	#6 One-touch fittings	3.2(0.18)(2.4(0.13))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3520	3	Pressure center	Pilot	R,P Port M5×0.8	P→A,B 3.8(0.21) (3.0(0.17)) A,B→R1,R2:3.2(0.18)		●
VZ5120	2	Single	Pilot	1/8	11(0.6)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5220	2	Double	Pilot	1/8	11(0.6)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ5320	3	Closed center	Pilot	1/8	8.5(0.47)		●
VZ5420	3	Exhaust center	Pilot	1/8	9(0.5)(6.5(0.36))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5520	3	Pressure center	Pilot	1/8	P→A,B 13.5(0.75) (7(0.39)) A,B→R1,R2:7(0.39)		●
VZ5120	2	Single	Pilot	A,B Port C8	8.6(0.48)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5220	2	Double	Pilot	A,B Port C8	8.6(0.48)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ5320	3	Closed center	Pilot	#8 One-touch fittings	7.1(0.39)		●
VZ5420	3	Exhaust center	Pilot	#8 One-touch fittings	8.4(0.47)(6.2(0.34))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5520	3	Pressure center	Pilot	R,P Port 1/4	P→A,B 7.7(0.42) (5.5(0.3)) A,B→R1,R2:7.1(0.39)		●
VZ3140	2	Single	Pilot	1/8	4.5(0.25)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3240	2	Double	Pilot	1/8	4.5(0.25)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ3340	3	Closed center	Pilot	1/8	3.4(0.19)		●
VZ3440	3	Exhaust center	Pilot	1/8	4.5(0.25)(2.7(0.15))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ3540	3	Pressure center	Pilot	1/8	P→A,B 5.3(0.29) (3.1(0.17)) A,B→R1,R2:4.0(0.22)		●
VZ5140	2	Single	Pilot	1/8	12.6(0.7)	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5240	2	Double	Pilot	1/8	12.6(0.7)	0.1~0.7 (1.0~7.1)	●
VZ5340	3	Closed center	Pilot	1/8	8.5(0.47)		●
VZ5440	3	Exhaust center	Pilot	1/8	9(0.5)(6.5(0.36))	0.15~0.7 (1.5~7.1)	●
VZ5540	3	Pressure center	Pilot	1/8	P→A,B 13.5(0.75) (7(0.39)) A,B→R1,R2:7(0.39)		●

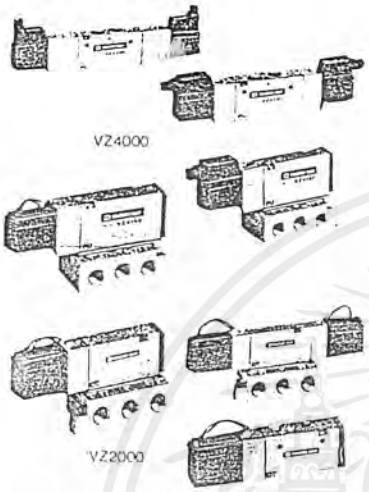
Body ported type

Base mounted type (With subplate)

( ) Normal position
Standard coil voltage: 100VAC(50/60Hz), 24VDC
Electrical entry: Grommet, L type plug connector, M type plug connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miniature Solenoid Valve 4.5-Port Series VZ



Metal Seal Type

Model		Position	Solenoid	Type	Port	Effective orifice mm² (Cv)	Pressure MPa kgf/cm²	Air operated type
Body ported type	VZ2120	2	Single	Pilot	M5×0.8	2.88(0.16)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	●
	VZ2220	2	Double					
	VZ2320	3	Closed center			2.52(0.14)		
	VZ2420	3	Exhaust center					
	VZ4120	2	Single	Pilot	1/8	9.9(0.55)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	●
	VZ4220	2	Double					
	VZ4320	3	Closed center			9.0(0.5)		
	VZ4420	3	Exhaust center					
Base mounted type (With subplate)	VZ2150	2	Single	Pilot	1/8	5.4(0.3)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	●
	VZ2250	2	Double					
	VZ2350	3	Closed center			4.5(0.25)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
	VZ2450	3	Exhaust center					
	VZ4150	2	Single	Pilot	1/8・1/4	12.6(0.7)	0.15~1.0 (1.5~10.2)	●
	VZ4250	2	Double					
	VZ4350	3	Closed center			10.6(0.6)	0.1~1.0 (1.0~10.2)	
	VZ4450	3	Exhaust center					

Standard coil voltage — 100VAC (50/60), 24VDC
Electrical entry — Grommet, Conduit terminal, DIN terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือและการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือและการใช้งาน
การประยุกต์ใช้งาน MCS-51 ในระบบสายพานลำเลียง
MCS-51 APPLICATION WITH THE CONVEYOR

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

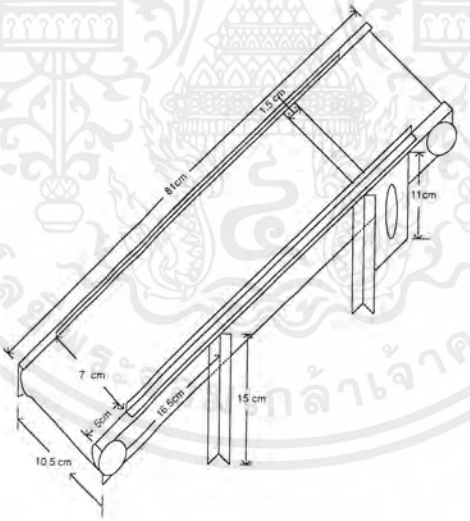
คู่มือและการใช้งาน
การประยุกต์ใช้งาน MCS-51 ในระบบสายพานลำเลียง
MCS-51 APPLICATION WITH THE CONVEYOR

กล่าวนำ

เนื้อของคู่มือนี้ได้นำเสนอการใช้งานและวิธีควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติของระบบสายพานลำเลียงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเล่อร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นหัวใจหลักของการทำงานทั้งระบบและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

สามารถแบ่งระบบการทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกันดังนี้

1) ชุดสายพานลำเลียงกระป๋อง

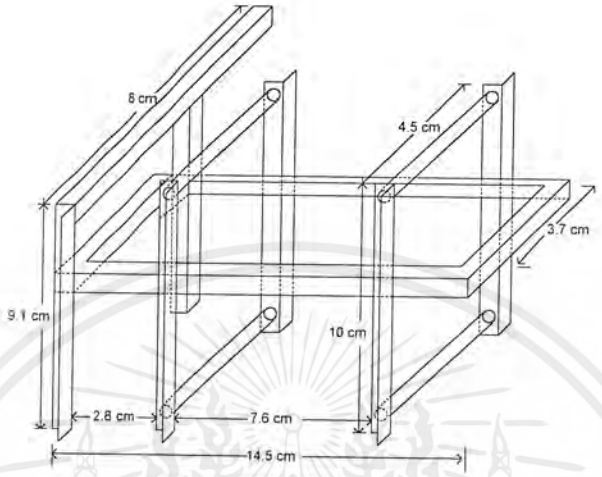


รูปที่ 1 สายพานลำเลียง

จะเป็นสายพานเพื่อที่จะลำเลียงกระป๋องเข้าชั้นเก็บ ซึ่งขีดความสามารถของสายพานนี้จะว่างกระป๋องได้ทีละสามและมีลิมิตสวิตช์เป็นตัวช่วยในการจัดระยะของกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

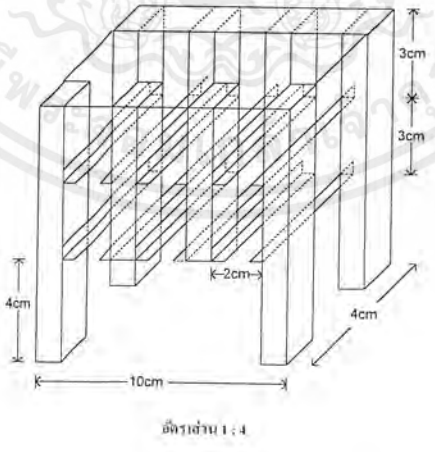
2) โครงสร้างชุดขับเคลื่อนแนวแกน X และ Y



รูปที่ 2 ชุดขับเคลื่อนในแนวแกน X และ Y

จะสามารถขับเคลื่อนได้ทั้งในแนวแกน X และ Y โดยมีลิมิตสวิตช์ที่ติดกับตัวโครงสร้าง เป็นตัวให้สัญญาณไปยังบอร์ดควบคุมให้แกนและตัวรถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่เราต้องการ

3) ชั้นเก็บกระป๋องขนาด 2 ชั้น 3 ช่อง

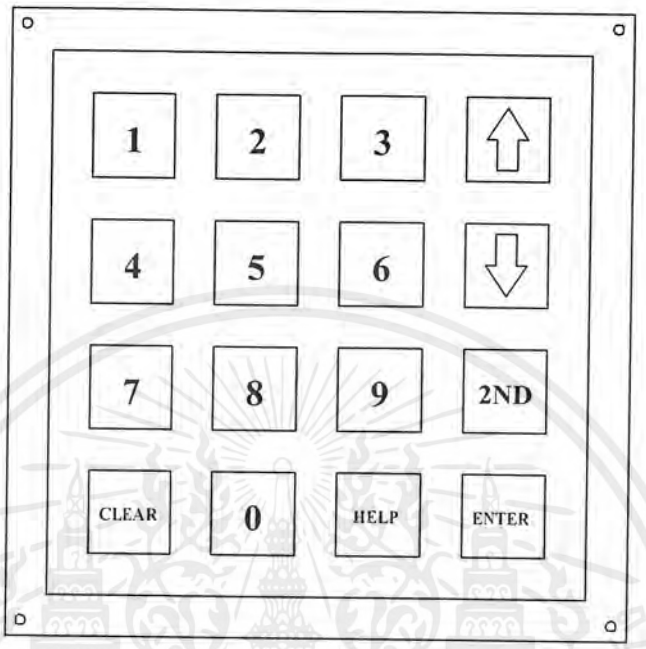


รูปที่ 3 ชั้นเก็บกระป๋อง

ชั้นเก็บกระป๋องจะสามารถเก็บกระป๋องได้จำนวนสูงสุดทั้งหมด 12 กระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปุ่มกดคีย์บอร์ดควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4 ปุ่มกดของคีย์บอร์ด

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงปุ่มกดคีย์บอร์ดเมตริก ขนาด 4 X 4 ใช้ในการควบคุมฟังก์ชั่นการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

หลักการทำงาน

1) เมื่อเปิด SW. Power Supply ที่ Moniter จะมีการแสดงผลที่หน้าจอ LCD เป็นอักษรวิ่งว่า

Control Conveyor
Press Key : 2ND

2) ต่อจากนั้นกด Key Board "2ND " จะเป็นการเข้า Mode การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เลือก Function การทำงาน

Auto	**: Key UP**
Manual	: Key DOWN

กด Key ⇧ จะเป็นการเข้า Mode Auto

กด Key ⇩ จะเป็นการเข้า Mode Manual

- Mode Auto

จะเป็นการตั้งค่าแต่ละชั้นโดยอัตโนมัติคือ

ช่องบนขวาจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

ช่องบนกลางจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

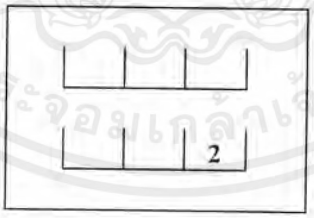
ช่องบนซ้ายจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

ช่องล่างขวาจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

ช่องล่างกลางจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

ช่องล่างซ้ายจะเก็บกระป๋องได้ 2 กระป๋อง

การแสดงผลคือ แสดงผลเป็นช่อง ๆ โดยจะมีเลข 2 (แสดงจำนวนกระป๋อง) วิ่งอยู่ในแต่ละช่อง



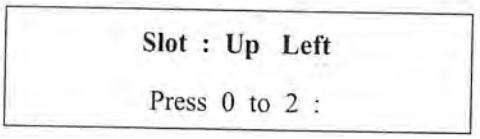
- Mode Manual

จะเป็นการตั้งค่าแต่ละช่องได้เอง ตั้งแต่จำนวน 0 ถึง 2 กระป๋อง ในแต่ละช่อง โดยจะเรียงจากช่องบนซ้าย , ช่องบนกลาง , ช่องบนขวา , ช่องล่างซ้าย , ช่องล่างกลาง , ช่องล่างขวา

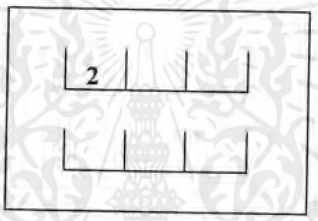
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงผล

1. ช่องบนซ้าย

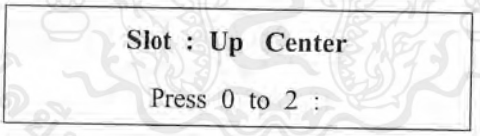


กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด

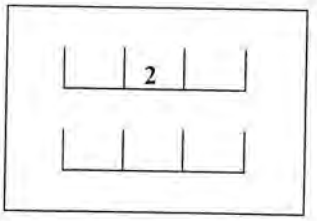


เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

2. ช่องบนกลาง



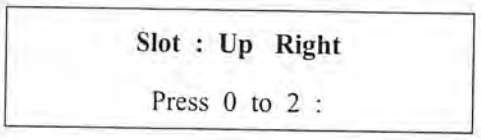
กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด



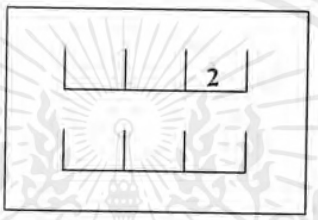
เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่องบนขวา

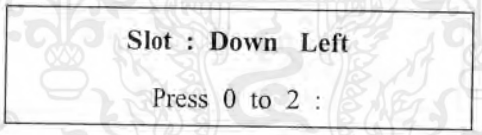


กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด

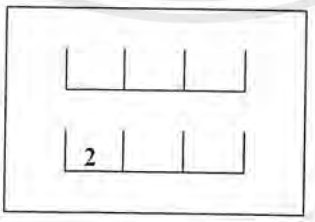


เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

4. ช่องบนซ้าย



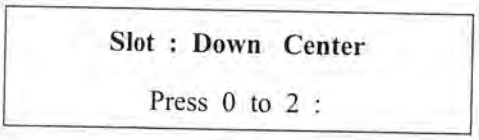
กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด



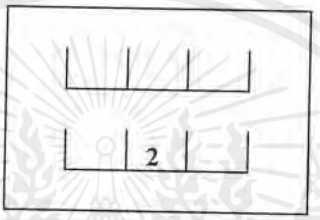
เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ช่องบนกลาง

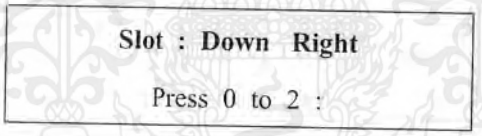


กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด

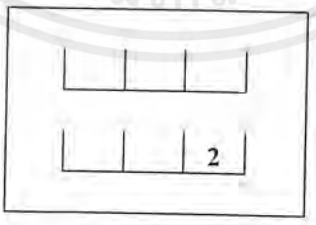


เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

6. ช่องบนขวา



กด Key หรือ "0" หรือ "1" หรือ "2" แล้วกด "ENTER" 2 ครั้งจะขึ้นหน้าจอตามค่าที่กด



เสร็จแล้วกด Key "ENTER"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) จอจะแสดงผลดังนี้

Enter to Confirm
CLEAR to Restart

ถ้าต้องการเริ่มต้น Mode การทำงานใหม่ให้กด Key "CLEAR" หรือ ถ้าจะดำเนินการต่อให้กด Key "ENTER"

5) เริ่มต้นการทำงาน

! Step : 1 !
****

สายพานลำเลียงจะวิ่ง ให้นำกระป๋องน้ำอัดลมวางบนสายพาน เป็นจำนวน 2 กระป๋องขึ้นไปแต่จะต้องไม่เกิน 4 กระป๋อง กระป๋องน้ำอัดลม 2 กระป๋องแรกจะชนลิมิตสวิตช์จนครบทั้ง 2 ตัว เพื่อจัดตำแหน่งกระป๋องจากนั้นสายพานจะหยุด

6) ชุดยิงกระป๋องจะวิ่งกลับมาที่จุดเริ่มต้นตามแนวแกน X

! Go to Origin !
** <X – axit>**

ชุดยิงกระป๋องจะกลับมาชนลิมิตสวิตช์ในแนวแกน X

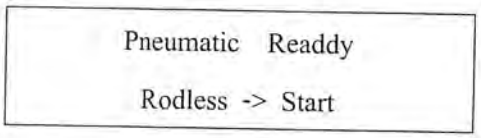
7) ชุด Pneumatic จะทำงาน

I. กระบอกสูบ A ดันเข้า

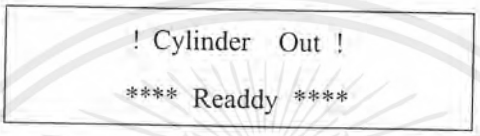
! Cylinder IN !
**** Readdy ****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

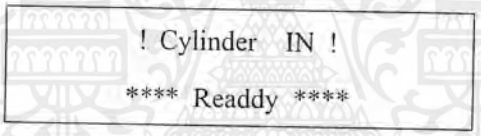
2. Rodless จะวิ่งไปยังจุดเริ่มต้นที่สายพาน



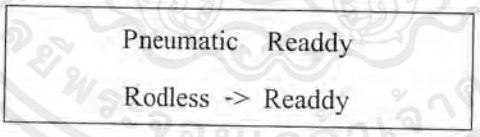
3. กระบอกสูบ A ดันออกจนสัมผัสกระป๋อง



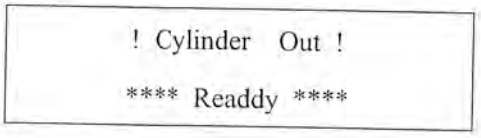
4. Vacuum จะดูดกระป๋องยกขึ้น
5. กระบอกสูบก็จะดันเข้า



6. Rodless จะวิ่งไปยังจชุดลิฟท์ยก



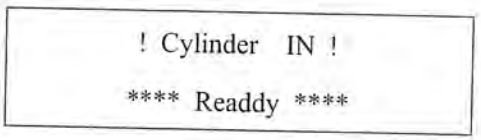
7. กระบอกสูบ A จะดันออก



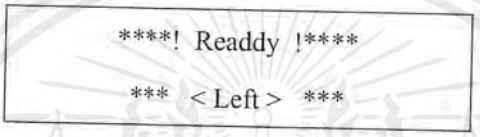
8. Vacuum ก็จะปล่อยกระป๋องออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

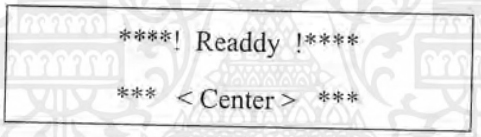
5. กระบอกสูบ A ก็จะดันเข้า



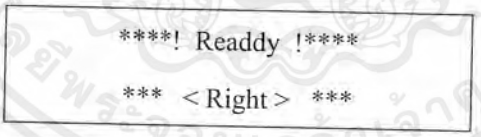
8) ชุดยิ่งยิงกระป๋องจะวิ่งตามแนวแกน X ไปยัง แต่ละช่องตามที่ได้โปรแกรมไว้คือ
ช่องซ้าย



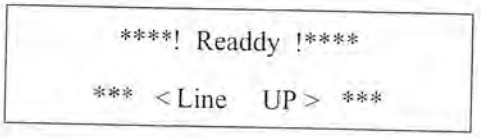
ช่องกลาง



ช่องขวา

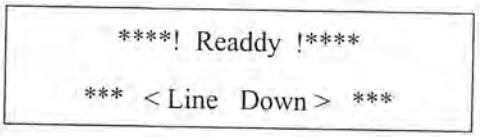


9) ชุดลิฟท์ยกขึ้นตามชั้นตามที่กำหนดคือ
ชั้นบน



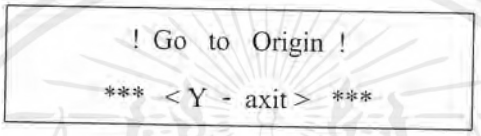
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นล่าง

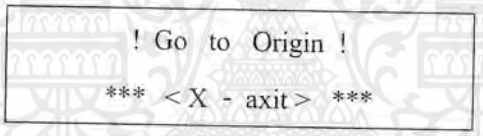


10) กระบอกสูบ B ดันกระป๋องเข้าชั้นเก็บตามที่กำหนด

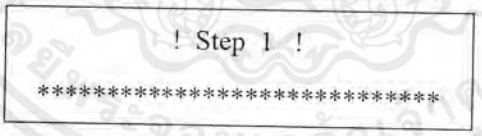
11) ลิฟท์ยกลง



12) ชุดยิงวิ่งกลับแนวแกน X



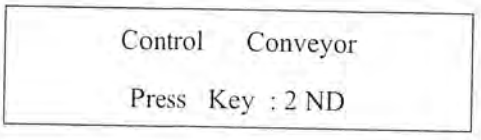
13) เริ่มต้นการทำงานใหม่



โดยรับค่ากระป๋องที่เก็บในชั้นจนกระทั้งครบจำนวน

14) เมื่อครบตามจำนวนแล้วจะหยุดการทำงาน

15) เริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรรม

พรจิต ประทุมสุวรรณ , **พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ** เรือนแก้วการพิมพ์: กรุงเทพมหานคร ,2537

ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน , **การออกแบบเครื่องจักรกล** พิมพ์ที่บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด : กรุงเทพมหานคร , 2521

สุนทร วิทูสุรพจน์ **การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051** พิมพ์ที่ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด : กรุงเทพมหานคร , 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายยอดฉัตร รัตนานุภาพ
วันเดือนปีเกิด	28 สิงหาคม 2520
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	102/141 หมู่บ้านร่มเกล้าวิลล่า ถนนร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510
ที่อยู่ปัจจุบัน	102/141 หมู่บ้านร่มเกล้าวิลล่า ถนนร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510
โทรศัพท์	915-0041
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอุดมศึกษา ลาดพร้าว
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ถ้ามีความมั่นใจทำอะไรก็สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายเชาวฤทธิ์ พลวัฒน์
วันเดือนปีเกิด	27 มิถุนายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านพักข้าราชการทหารอากาศกองบิน 2 เลขที่ 1070 แขวงเขาพระงาม อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15160
ที่อยู่ปัจจุบัน	33/927 หมู่บ้าน ต. รวมโชค ซอย โชคชัย 4 ถนนลาดพร้าว แขวงบึงทองหลาง เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10310
โทรศัพท์	538-3639
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนลาซาลโชติรวีนครสวรรค์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพระนารายณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	อนาคตไม่สามารถกำหนดได้ถ้าไม่ทำวันนี้ให้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายพีรพัฒน์ นาคงาม
วันเดือนปีเกิด	6 กรกฎาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ภูมิลำเนาเดิม	100/168 ก. หมู่6 ม.ทรัพย์บุญชัยวิลเลจ ถนนศรีนครินทร์ แขวงบางเมือง อ.เมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
ที่อยู่ปัจจุบัน	100/168 ก. หมู่6 ม.ทรัพย์บุญชัยวิลเลจ ถนนศรีนครินทร์ แขวงบางเมือง อ.เมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
โทรศัพท์	703-0329
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลวัดพิชัยสงคราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ขยัน อดทน ศรัทธา จะนำพาผลสำเร็จมาสู่ตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายปิยะบุตร สมวิทูร
วันเดือนปีเกิด	23 ตุลาคม 2521
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	70/10 หมู่ 4 ซอยเอกมัย 34 ถนนเอกชัย แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
ที่อยู่ปัจจุบัน	70/10 หมู่ 4 ซอยเอกมัย 34 ถนนเอกชัย แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
โทรศัพท์	893-0353
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดนาคนิมิตร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนธนบุรีวรเทพีพลารักษ์
มัธยมศึกษาต้อนปลาย	โรงเรียนธนบุรีวรเทพีพลารักษ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	คิดก่อนทำ ย้ำด้วยความมั่นใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้