

การพัฒนาระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ

Development of Automated Functional Test For PCBA Assembly Line



รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การพัฒนาระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ

Development of Automated Functional Test For PCBA Assembly Line



T147159

นางสาวฐิตินันท์ จันทร์มณฑล



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **147159**
วัน.เดือน.ปี **3. 11. 2560**

b. **188 49765**
i.

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Automated Functional Test For PCBA Assembly Line



AN INTERNSHIP REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MANUFACTURING SYSTEM ENGINEERING
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา

การพัฒนาระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
อัตโนมัติ

Development of Automated Functional Test For PCBA
Assembly Line

นักศึกษา

นางสาวฐิตินันท์ จันทรมณฑล

รหัสนักศึกษา

55120008

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมระบบการผลิต


พ.ศ.

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. จตุพร ทองศรี

วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้สหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ประจำปี
การศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร. จตุพร ทองศรี	
ผศ.ดร.ชานนท์ วริสาร	
ดร.วรุฒิ มรรคเจริญ	
นางสาวศลิษา เผือกเนียม	

นาง รังษิณี วัชรานนท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การพัฒนาระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
นักศึกษา	นางสาวฐิตินันท์ จันทรมณฑล
รหัสนักศึกษา	55120008
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
พ.ศ.	2558
อาจารย์นิเทศ	ดร. จตุพร ทองศรี
ผู้นิเทศงาน	นางสาวศลิษา เผือกเนียม , นายวิวัฒน์ ภูมิใส
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัทแคล - คอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

บริษัทแคล-คอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัท ประกอบธุรกิจผลิต เช่น เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เครื่องพิมพ์ และอื่นๆ จากการที่ได้เข้าปฏิบัติงานของโครงการสหกิจศึกษาในบริษัทแคล-คอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานในแผนก Thai Research and Development Center ซึ่งเป็นแผนกที่สร้างเครื่องและสายการผลิตต้นแบบขึ้นมาใช้ในโรงงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งการปฏิบัติงานนั้นเกี่ยวข้องกับทางด้าน Hardware/PLC โดยทำการออกแบบวงจรและอุปกรณ์ในบอร์ดควบคุมการทำงานของสายพาน(Conveyor) และส่วนที่ทำการตรวจสอบแผงวงจร(Functional Circuit Test Station) อีกทั้งได้นำมาปฏิบัติจริง และเขียนโปรแกรม PLC เพื่อควบคุมการทำงานตามที่ต้องการ ซึ่งได้มีการบันทึกผลการทำงาน เพื่อดูการทำงาน และความเสถียรของเครื่องจักรต่างๆที่ได้ทำขึ้นมา

ในการปฏิบัติดังกล่าวข้างต้นจะส่งผลในด้านคุณภาพ ซึ่งมีการทำงานที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ตลอดเวลาและประหยัดค่าใช้จ่ายให้กับทางบริษัททั้งสิ้น

คำสำคัญ : Conveyor , Functional Circuit Test , PLC

Thesis Title	Development of Automated Functional Test For PCBA Assembly Line
Student	Miss Thitinan Chantramontol
Student ID	55120008
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Manufacturing System Engineering
Year	2015
Advisor	Dr. Jatuporn Thongsri
Mentor	Miss Salisa Phuakneam , Mr. Watthanapong Puriso
Company	Cal-Comp Electronics (Thailand) Public Company Limited

ABSTRACT

Cal-Comp Electronics (Thailand) Public Company Limited is a company about the Original Equipment Manufacturing and Original Design Manufacturing that produces electronic products such as satellite receivers and printer. By attending an internship at Thai Research and Development Center department in Cal-Comp Electronics (Thailand) Public Company Limited which makes assembly line prototypes for using on worldwide, we are trained to be more skillful in applying hardware/PLC engineering. During this co-operative education, we design and create controlled circuits of conveyor and Functional Circuit Test Station for working desired sequences by writing Programmable Logic Controller (PLC) and Autocad Electrical program. The results of the actual manufacturing procedures for examining systems and stability of machines are recoded.

These skills and procedures that are employed during the co-operative education contributes to a high profit and effective manufacture's system.

Keywords : Conveyor , Functional Circuit Test , PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัทแคล-คอมพ์ อีเล็คโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. คุณวัฒน์พงษ์ ปุรีโส
2. คุณศลิษา เผือกเนียม
3. คุณคุณวัชรินทร์ หิ้นจิว
4. คุณนิภัทร์ จิรันตนพิศุทธิ์
5. คุณไพฑูรย์ ตั้งคำ
6. คุณยรรยง นับแสง
7. คุณศรวุธ สมานี
8. คุณพรทิพย์ สายสร้อย
9. คุณเกียรติศักดิ์ กามาต
10. คุณคเชนทร์ นันทมาศ
11. คุณณัฐกฤต กิตติสาริน
12. คุณวรพล เจริญอำไพภรณ์
13. คุณศุภลักษณ์ อุ่นเมือง
14. คุณกิตติยา สุมาลา
15. คุณธัญลักษณ์ สันติมงคล
16. คุณพัสรี เปี่ยมศักดิ์กมล
17. ผศ.ดร.จตุพร ทองศรี

และบุคลากรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วม ในการให้ข้อมูลเป็นที่ปรึกษา ในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ฐิตินันท์ จันทรมณฑล

ผู้จัดทำรายงาน

27 พฤศจิกายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vi
สารบัญภาพ	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของสถานประกอบการ	3
1.7 โครงสร้างของรายงานสหกิจ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 Functional Circuit Test	6
2.2 Programmable Logic Control	8
2.3 Relay	29
2.4 Fuse	32
2.5 Terminal	36
2.6 Speed Controller	36
2.7 Photo Sensor	37
2.8 Reed Switch	40
2.9 Solenoid Valve	41
2.10 Air Cylinders	44
2.11 Conveyor	49
2.12 สายไฟ	51
2.13 Hand Shaking	54
2.14 Switch	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.15 Print Circuit Board.....	59
2.16 Power Supplies	60
2.17 รางเคเบิล	62
2.18 ไม้ไก่	63
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ.....	64
3.1 ส่วนประกอบของโครงงาน	64
3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ.....	65
3.3 หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	66
3.4 ลำดับงานที่ได้รับปฏิบัติ.....	66
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	85
4.1 การทดลองที่ 1	85
4.2 การทดลองที่ 2	87
4.3 การทดลองที่ 3	88
4.4 การทดลองที่ 4.....	90
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	92
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet).....	96
ภาคผนวก ข โปรแกรม.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	2
2.1 เปรียบเทียบค่าฐานสองกับฐานแปด	18
2.2 การเปรียบเทียบค่าฐานสิบหกกับฐานสองและฐานแปด	19
2.3 การเปรียบเทียบค่าฐานBCDกับฐานสิบ	19
2.4 สัญลักษณ์ของลอจิกและสมการบูลีน	21
2.5 รายละเอียดของคำสั่ง LOAD.....	23
2.6 รายละเอียดของคำสั่ง AND	23
2.7 รายละเอียดของคำสั่ง OR.....	23
2.8 รายละเอียดของคำสั่ง NOT	24
2.9 รายละเอียดของคำสั่ง OUT.....	24
2.10 รายละเอียดของคำสั่ง END.....	24
2.11 รายละเอียดของคำสั่ง AND LOAD.....	25
2.12 รายละเอียดของคำสั่ง OR LOAD	25
2.13 ลักษณะการใช้งาน	39
2.14 เปรียบเทียบค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ใช้ในการเลื่อนและรักษาตำแหน่งของวาล์ว 2 รุ่น.....	42
2.15 รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว	45
2.16 รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง.....	47
2.17 ค่าต่างๆ ของสายไฟ.....	54
4.1 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1.....	86
4.2 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2.....	87
4.3 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วตามเงื่อนไขต่างๆ ด้านที่ 1.....	88
4.4 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วตามเงื่อนไขต่างๆ ด้านที่ 2.....	88
4.5 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความดันลมตามเงื่อนไขต่างๆ.....	90
4.6 ผลการทดลองของทั้งระบบ โดยวัดจากค่า % Yield Rate	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ป้ายบริษัทที่จังหวัดเพชรบุรี.....	3
1.2 บริเวณภายในโรงงานที่เพชรบุรี.....	4
2.1 โครงสร้างของ PLC.....	9
2.2 ส่วนประกอบของ CPU.....	10
2.3 เครื่องผสมวัตถุดิบที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....	15
2.4 การขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....	15
2.5 หุ่นยนต์ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....	15
2.6 การพันสียรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....	16
2.7 การตรวจสอบคุณภาพที่ใช้ PLC ในการควบคุม.....	16
2.8 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ผิด.....	26
2.9 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ถูก.....	26
2.10 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ผิด.....	26
2.11 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ถูก.....	26
2.12 การทำงานของวงจรจากซ้ายไปขวาเท่านั้น.....	27
2.13 การทำงานของวงจรในไดอะแกรม B.....	27
2.14 โปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง.....	28
2.15 โปรแกรมที่ถูกต้อง.....	28
2.16 โปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง.....	28
2.17 โปรแกรมที่ถูกต้อง.....	28
2.18 เอาต์พุต คอยล์ เขียนแบบขนานได้.....	28
2.19 Fuses and Breakers (พิวส์กับเบรกเกอร์).....	33
2.20 Time-Delay Fuses.....	33
2.21 Fast-Acting Fuses.....	34
2.22 Glass Fuse.....	34
2.23 Ceramic Fuse.....	35
2.24 เทอร์มินอลชนิดต่างๆ.....	36
2.25 ลักษณะการทำงานของ Photo Sensor.....	38
2.26 การนำ Photo Sensor มาประยุกต์ใช้.....	38
2.27 รีดสวิทช์และส่วนประกอบของรีดสวิทช์.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.28 การทำงานของรีดสวิตช์	40
2.29 หลักการทำงานเบื้องต้นของโซลินอยด์วาล์ว	41
2.30 โครงสร้างของโซลินอยด์.....	41
2.31 โซลินอยด์วาล์ว 2/2.....	42
2.32 วาล์วกำลัง.....	42
2.33 การเลื่อนวาล์วโดยใช้สัญญาณลมช่วย.....	43
2.34 วาล์วที่มีโครงสร้างแบบธรรมดา.....	43
2.35 วาล์วที่มีการปรับปรุง	44
2.36 องค์ประกอบภายในและหลักการทำงานของกระบอกสูบทางเดียว	44
2.37 แสดงการสั่งงานให้กระบอกสูบทางเดียว	45
2.38 โครงสร้างภายในของกระบอกสูบทางเดียว.....	45
2.39 สัญลักษณ์ของกระบอกสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก	45
2.40 องค์ประกอบภายในของกระบอกสูบสองทาง	46
2.41 หลักการทำงานภายในของกระบอกสูบสองทางเมื่อจ่ายลมอัดภายใน.....	46
2.42 โครงสร้างภายในของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง.....	46
2.43 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางที่มีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก	47
2.44 ตัวอย่างการใช้งานกระบอกสูบสองทางและทางเดียวในเครื่องปั๊มขึ้นรูป	48
2.45 ตัวอย่างกระบอกสูบชนิดต่างๆ.....	48
2.46 สายพาน (Conveyor).....	49
2.47 ระบบสายพานลำเลียง แบบพลาสติก.....	49
2.48 ระบบสายพานลำเลียง แบบผ้าใบ.....	50
2.49 ระบบสายพานลำเลียง แบบPVC	50
2.50 ระบบสายพานลำเลียง แบบเครื่องตรวจหาโลหะ	51
2.51 สายเปลือย	52
2.52 สายหุ้มฉนวน.....	52
2.53 รูปสวิตช์โยกแบบต่าง	55
2.54 รูปสวิตช์แบบกระดก	55
2.55 รูปสวิตช์หมุน หรือ สวิตช์เลือก	56
2.56 รูปสวิตช์เลื่อน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.57 รูปสวิตช์กดแบบต่างๆ.....	56
2.58 รูปคีย์แพด.....	57
2.59 รูปไมโครสวิตช์.....	57
2.60 รูปดีพสวิตช์.....	57
2.61 สัญลักษณ์ของสวิตช์.....	58
2.62 การทดสอบสวิตช์.....	58
2.63 แผ่นวงจรพิมพ์อ่อนกประสงค์	59
2.64 แผ่นวงจรพิมพ์เปล่า.....	60
2.65 รางเคเบิลแบบโปร่ง.....	62
2.66 รางเคเบิลแบบทึบ	63
2.67 รางเก็บสายโทรศัพท์	63
2.68 ใส้ไก่สำหรับพันสายไฟ	63
3.1 ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ.....	64
3.2 ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติจำลอง	65
3.3 ส่วนประกอบของ Lifter Conveyor	66
3.4 แผนภาพ Input/output ของ Lifter Conveyor.....	67
3.5 FCT Tester.....	68
3.6 ขณะที่ Robot ทำงานร่วมกับ FCT Station.....	68
3.7 แผนภาพ Input/output ของ FCT Station.....	69
3.8 Belt Conveyor	69
3.9 แผนภาพ Input/output ของ Belt Conveyor.....	70
3.10 กล้องที่กำหนดมาให้.....	70
3.11 การออกแบบการวางอุปกรณ์ของ Lifter Conveyor	71
3.12 การออกแบบวงจรไฟฟ้าใน PLC ของ Lifter Conveyor	71
3.13 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าใน PLC ของ Lifter Conveyor	72
3.14 การต่อของ Hand Checking ที่มาจากเครื่องอื่น มาไว้ที่ด้าน Input	73
3.15 แสดงการต่อของ Hand Checking ที่ส่งออกไปยังเครื่องอื่น.....	73
3.16 การต่อของ Circuit Breaker	74
3.17 การต่อของ Speed Controller.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.18 การออกแบบการวางอุปกรณ์ของ FCT Station	75
3.19 การออกแบบการทำสาย 30 cores	75
3.20 การออกแบบการทำสาย 12 cores	76
3.21 วงจรไฟฟ้า Card 1 ซึ่งใช้ควบคุม Conveyor และ Gripper	76
3.22 วงจรไฟฟ้า Card 2 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 1-3	76
3.23 วงจรไฟฟ้า Card 3 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 4-6	77
3.24 วงจรไฟฟ้า Card 4 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 7-8	77
3.25 Flow Chart การทำงานของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1	78
3.26 Flow Chart การทำงานของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2	79
3.27 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Mechanic ที่ Tester	80
3.28 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Hardware ที่ Tester	80
3.29 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Mechanic ที่ Lifter Conveyor	81
3.30 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Hardware ที่ Lifter Conveyor	81
3.31 อุปกรณ์ต่างๆที่ทำการต่อเสร็จเรียบร้อยของ Lifter Conveyor	81
3.32 ขณะเขียนโปรแกรม และทำการทดสอบโปรแกรมของ Lifter Conveyor	82
3.33 ขณะต่ออุปกรณ์ และทำสายเชื่อมต่อ ของบอร์ด FCT Station	82
3.34 บอร์ด FCT Station ที่เสร็จแล้ว	82
3.35 ขณะทำสาย 30 cores ของ ตู้ Main Control	83
3.36 บอร์ดที่ควบคุมไฟ ของ ตู้ Main Control	83
3.37 ขณะที่กำลัง Teaching Robot	84
3.38 ขณะทำการทดสอบระบบทั้งหมด	84
4.1 ตำแหน่งของ Stopper 1 และ2 ของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1	85
4.2 ตำแหน่งของ Stopper 1 และ2 ของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2	86
4.3 ตำแหน่งของ Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor ซึ่งเหมือนกันทั้ง 2 ด้าน	87
4.4 การทำงานส่วน Lifter ของ Lifter Conveyor	89
4.5 การทำงานของทั้งระบบควบคุมแผงวงจรอัตโนมัติ	90
4.6 การวางของ Robot บน Belt Conveyor เมื่อแผ่นวงจรมันผ่านมาตรฐาน	91
4.7 การวางของ Robot บน Belt Conveyor เมื่อแผ่นวงจรมันไม่ผ่านมาตรฐาน	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ จุดประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ประวัติของสถานประกอบการ และโครงสร้างของรายงานสหกิจ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีบริษัทก่อตั้งขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดการแข่งขันกันทางธุรกิจสูงขึ้น ในอดีตหลายๆบริษัทมักจะใช้แรงงานคนในการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีในสมัยนั้น ยังไม่สามารถเข้ามาช่วยได้อย่างเต็มรูปแบบ แต่ในปัจจุบัน เทคโนโลยีค่อนข้างเติบโตอย่างมาก ซึ่งทำให้เกิดระบบการผลิตอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้เครื่องจักรเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้น ส่งผลให้มีการผลิตมีความแม่นยำ และถูกต้องมากขึ้น อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายต่างๆอีกด้วย และเนื่องจากบริษัทแคล - คอมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทรับประกอบงานต่างๆ และมีกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องการผลิตมากมาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ กระบวนการตรวจสอบการทำงานของแผ่นวงจร ซึ่งเดิมใช้คนในการทำ แต่ในโครงการนี้จะเปลี่ยนมาใช้ระบบอัตโนมัติ เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากคน และเพิ่มความแม่นยำ ความถูกต้องในการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต ในระยะยาว
- 1.2.2 เปลี่ยนสายการผลิตจากเดิมที่ใช้แรงงานคนมาเป็นระบบอัตโนมัติ
- 1.2.3 ควบคุมคุณภาพของชิ้นงานที่ได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สร้างระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ ที่สามารถทำงานได้โดยใช้แรงงานคนน้อยที่สุด
- 1.3.2 สร้างระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ ที่สามารถทำงานได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

ในการดำเนินการทำระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ ช่วงแรกเป็นการศึกษาสายการผลิตการตรวจสอบแผงวงจร วิธีการที่ใช้ในระบบอัตโนมัติ จากนั้นเริ่มออกแบบทางไฟฟ้า เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ ขนาดของบอร์ดที่ใช้ควบคุม พร้อมทั้งตำแหน่งและการต่ออุปกรณ์ จากนั้นเริ่มสร้างบอร์ดที่ใช้ควบคุมและต่ออุปกรณ์ต่างๆ หลังจากนั้นเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานของสายพาน ทำการทดลองระบบและบันทึกผลการทดลองที่ได้ สุดท้ายนำผลที่ได้มาสรุปผลการทดลอง ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานนี้ เป็นไปดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนในการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน			
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1	ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการทำงานของสายการผลิตตรวจสอบแผงวงจร และวิธีที่ใช้ในการสร้างระบบอัตโนมัติ				
2	ออกแบบทางไฟฟ้า เช่น วงจรต่างๆและตำแหน่งการวางอุปกรณ์ ด้วยโปรแกรม Autocad Electrical				
3	สร้างบอร์ดและต่อสายและอุปกรณ์ต่างๆ				
4	เขียนโปรแกรม PLC				
5	ติดตั้งสายการผลิตที่โรงงาน				
6	ทำการทดลองการทำงาน				
7	สรุปผลการทดลอง				

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เรียนรู้การทำงานของสายการผลิตในกระบวนการตรวจสอบแผงวงจร
- 1.5.2 ได้ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ
- 1.5.3 ได้ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติที่ใช้คนในการควบคุมน้อยที่สุด
- 1.5.4 ได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรม PLC เพื่อให้ได้ลำดับการทำงานที่ต้องการ
- 1.5.5 ได้เรียนรู้การออกแบบวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยโปรแกรมต่างๆ เช่น Autocad Electrical , Visio ฯลฯ

เอกสารนี้เป็น 1.5.6 สามารถนำความรู้ที่ได้รับ ไปพัฒนาหรือประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆได้ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของสถานประกอบการ

บริษัท แคล - คอมพ์ อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2532 จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเมื่อปี 2543 โดยใช้ชื่อหลักทรัพย์ในการซื้อขายว่า CCET ในปี 2546 บริษัทได้จดทะเบียนซื้อขาย TDR (Taiwan Depositary Receipts) ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้ในวัน โดยใช้ชื่อหลักทรัพย์ในการซื้อขายว่า 9105 บริษัทฯ เป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในรูปแบบของ OEM (Original Equipment Manufacturing) และ ODM (Original Design Manufacturing) ทั้งยังเป็นผู้นำด้านการบริการการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ Electronics Manufacturing Services (EMS) ทำให้บริษัทฯ สามารถผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าทั่วโลก

มากกว่า 22 ปีที่บริษัทฯ มีประสบการณ์ทางด้านการผลิตในประเทศไทย ผลิตภัณฑ์ของบริษัทได้รับการยอมรับจากลูกค้าชั้นนำทั่วโลก ทั้งความแม่นยำในแผนการผลิต, 6 ซิกม่า, TQM (Total Quality Control) ระบบโรงงานจำลอง ความก้าวล้ำทางด้านเทคโนโลยี, ขั้นตอนการตรวจสอบที่รัดกุมและมีคุณภาพ, วิเคราะห์อัตราความเสียหายชำรุดของผลิตภัณฑ์, ความระมัดระวังในการทำงานของพนักงาน ซึ่งทั้งหมดนี้ก่อให้เกิดสินค้าที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน จึงทำให้บริษัทฯ ได้รับการยอมรับในด้านการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพจากสถาบันในประเทศและต่างประเทศ โดยบริษัทเป็นผู้ผลิตรายแรกๆ ในประเทศไทยที่ได้รับใบรับรองมาตรฐาน ISO 9002, ISO 14001, QS 9000 และ IEC17025



ภาพที่ 1.1 แสดงป้ายบริษัทที่จังหวัดเพชรบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 ประวัติของสถานประกอบการ

บริษัท แคล-คอมพ์ อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (“บริษัทฯ”) ก่อตั้งด้วยทุนจดทะเบียนเริ่มแรก 125 ล้านบาท เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2532 เพื่อผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Manufacturing Services: EMS) ปัจจุบันบริษัทฯ บริษัทฯ มีทุนจดทะเบียน 4,277,556,192 บาท และมีทุนชำระแล้วทั้งสิ้น 4,085,064,192 บาท



ภาพที่ 1.2 แสดงบริเวณภายในโรงงานที่เพชรบุรี

บริษัทฯ ประกอบธุรกิจผลิต (Original Equipment Manufacturing-OEM) ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับเจ้าของผลิตภัณฑ์ชั้นนำของโลกหลายบริษัท เช่น Western Digital, Seagate, Hitachi, Advance Digital Broadcast, Technicolor, Pace, Hewlett Packard, Nikon และอื่นๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บริษัทฯ ผลิต สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

- อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องพิมพ์ชนิดพ่นหมึก เครื่องพิมพ์ชนิดเลเซอร์ เครื่องพิมพ์ multi-function เครื่องพิมพ์กระดาษต่อเนื่อง เครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่ เมนบอร์ด External Hard Disk และแผงวงจร PC สำหรับ hard disk เป็นต้น

- อุปกรณ์โทรคมนาคม ได้แก่ รับส่งสัญญาณดาวเทียม เครื่องหูฟังโทรศัพท์มือถือระบบไร้สาย (Bluetooth) เป็นต้น

ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2555 บริษัทฯ มีพนักงานทั่วโลกทั้งสิ้น 16,937 คน โดยแบ่งออกเป็นพนักงานในประเทศจีนจำนวน 5,547 คน ในไทยจำนวน 6,994 คน ในไต้หวันจำนวน 1,068 คน ในมาเลเซียจำนวน 678คน ในบราซิลจำนวน1,345 คนในเม็กซิโกจำนวน 890 คน ในสหรัฐอเมริกาจำนวน 258 คน ในสิงคโปร์จำนวน 61 คนและในฟิลิปปินส์จำนวน 96 คน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทฯ ได้รับการส่งเสริมการลงทุนในกิจการประเภท 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.7 อุตสาหกรรมการผลิต ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ และ ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ อิเล็กทรอนิกส์ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ใช้สิทธิประโยชน์การส่งเสริมการลงทุนจากสำนักงาน จำนวน 8 โครงการ นอกจากนี้ยังมี บริษัท Avaplas (Thailand) Limited ซึ่งได้รับการส่งเสริมการลงทุนในโครงการสำหรับการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ อีก 3 โครงการด้วย

1.6.2 วิสัยทัศน์ของสถานประกอบการ

สามารถก้าวขึ้นเป็นผู้นำในธุรกิจ Electronics Manufacturing Services (EMS) อีกทั้งขยายฐานธุรกิจเข้าสู่อุตสาหกรรมแบบ Original Design Manufacturing (ODM) เพื่อเพิ่มคุณภาพสินค้าและสร้างความยั่งยืนในอนาคตให้กับธุรกิจได้

1.7 โครงสร้างของรายงานสหกิจ

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ จุดประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ประวัติของสถานประกอบการ และโครงสร้างของรายงานสหกิจ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ โดยจะนำเสนอทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้และหลักการที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการนี้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ ในบทนี้จะกล่าวถึง ส่วนประกอบของโครงการ ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ หน้าที่ได้รับมอบหมาย ลำดับงานที่ได้รับปฏิบัติ ซึ่งจะมีรายละเอียดของ แนวคิดของโครงการ การออกแบบ Hardware และ Software ขั้นตอนการประกอบ ขั้นตอนการทดสอบการทำงาน และขั้นตอนการประเมินสาเหตุและปรับปรุงต่างๆ

บทที่ 4 ผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของระบบควบคุมตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ โดยจะทำการทดลองความเสถียรของระบบ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวสรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างทำการวิจัย รวมถึงข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดของงานวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะนำเสนอทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้ และหลักการที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัยนี้ โดยมีเนื้อหา ดังนี้

2.1 Functional Circuit Test

Software Testing เป็นกระบวนการในการวิเคราะห์ส่วนต่างๆภายใน software ว่าต่างจากระบบที่มีอยู่หรือสิ่งที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งส่วนที่ไม่เป็นไปตามความต้องการของระบบ หรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น ก็คือ Bug นั่นเอง โดยการทำให้ Software Testing นี้จะเป็นกระบวนการที่จะต้องทำโดยตลอดการพัฒนา Software

Software Testing มีหลักการ Test ที่เรียกว่า “Verification and Validation” โดยมีลักษณะดังนี้คือ

- Verification คือ กระบวนการประเมินค่าของระบบ หรือ component โดยจะตรวจสอบว่า software หรือ component ที่จะออกมานั้นเป็นไปตามความต้องการหรือไม่ ซึ่งจะทำในช่วงก่อนการเริ่มทำการ development software โดย Verification activities นี้จะประกอบด้วย การ Testing และ Reviews
- Validation คือ กระบวนการที่จะประเมินค่าของระบบ หรือ component โดยจะตรวจสอบว่า software หรือ component ที่ออกมานั้นเป็นไปตามความต้องการหรือไม่ ซึ่งจะทำในตอนสิ้นสุดของกระบวนการ development

มีเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำ Software Testing คือ

1. Black-Box Testing หรือ สามารถเรียกได้อีกอย่างว่า Functional Testing คือ การ Test ที่ไม่สนใจกลไกภายในของระบบ หรือ component แต่มุ่งเน้นไปที่ output ที่ออกมาหลังจากการตอบสนองของระบบจากการให้ input และ execution condition แก่ระบบ
2. White-Box Testing หรือ Structural Testing คือ การ Test ซึ่งพิจารณาภายในของระบบ หรือ component

โดยจะเน้นอธิบายเกี่ยวกับ Functional and System Testing ดังนี้

Functional and System Testing

ชนิด: Black-Box Testing

Specification: High-Level design, requirement specification

การใช้ Black-Box Testing Tester จะต้องตรวจสอบ High-Level design และความต้องการของลูกค้า (customer requirement specification) เพื่อที่จะวางแผนการทำ test case โดยต้องทำการทดสอบว่า code ทำงานอย่างที่มีนควรจะทำหรือไม่

Functional Testing คือ การทำการทดสอบว่า ฟังก์ชันการทำงานที่ถูกระบุไว้ใน requirement specification นั้นทำงานได้

System Testing คือ การทำการทดสอบว่า เมื่อทำการใช้ program ใน environment ที่ต่างกันทั้งทางด้าน version และ ชนิดของ operating system หรือ application สามารถทำงานได้เหมือนกับ environment แบบที่ลูกค้าต้องการ โดย System Testing เป็นการ test ที่ทำเมื่อระบบเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งการ integrated system เพื่อที่จะประเมินว่า ระบบสามารถทำงานได้ตรงตาม specification requirements หรือไม่

เนื่องจากว่า System Test เป็นการทำการ test กับระบบที่สมบูรณ์ทั้งการจัดการและ environment การทำการ test หลายๆ class จึงสามารถที่จะทำได้เลย และสามารถที่จะทำการทดสอบส่วนที่เป็น non-functional ของระบบได้ด้วย โดยจะมีการทดสอบดังนี้

1) Stress Testing คือ การ Test ที่ทำเพื่อประเมินระบบหรือส่วนประกอบที่นอกเหนือจาก specification และ requirement ตัวอย่างเช่น ถ้าทีมทำการพัฒนา software สำหรับ cash register non-functional requirement อาจจะเป็นสถานะที่ server สามารถรองรับได้ 30 cash registers ในเวลาเดียวกันในการดูราคา หรืออาจจะทำการทดสอบที่วางที่ระบบสามารถรองรับได้มากที่สุดเท่าใด

2) Performance Testing – การ Test ที่ทำเพื่อประเมินการทำงานของระบบและส่วนประกอบด้วย specified performance requirement ต่อเนื่องจากตัวอย่างด้านบน performance requirement อาจจะเป็นการดูราคาซึ่งจะสามารถดูได้ภายในเวลา 1 วินาที การทดสอบการทำงาน Performance Testing นั้นจะประเมินว่า ระบบสามารถดูราคาได้ภายใน 1 วินาทีหรือไม่ หากทำงานด้วย 30 cash registers ทำงานพร้อมกัน

3) Usability Testing – การ Test ที่ทำเพื่อประเมินขอบเขตของการทำงานระหว่างผู้ใช้ และ ระบบว่า สามารถที่จะเรียนรู้การทำงาน การเตรียม input และ การแสดง output ของระบบ หรือ component การทำ Stress และ Usability Testing สามารถทำไปพร้อมๆ กันได้เลย

2.2 Programmable Logic Control (PLC)

2.2.1 ความหมายของ PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้ว ยังสามารถต่อ PLC หลายๆตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมาก ดังนั้น ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

2.2.2 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.2.3 โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1) RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

2) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดดร้อนๆ นานๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

3) EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ PLC

2.2.4 ส่วนประกอบของ PLC

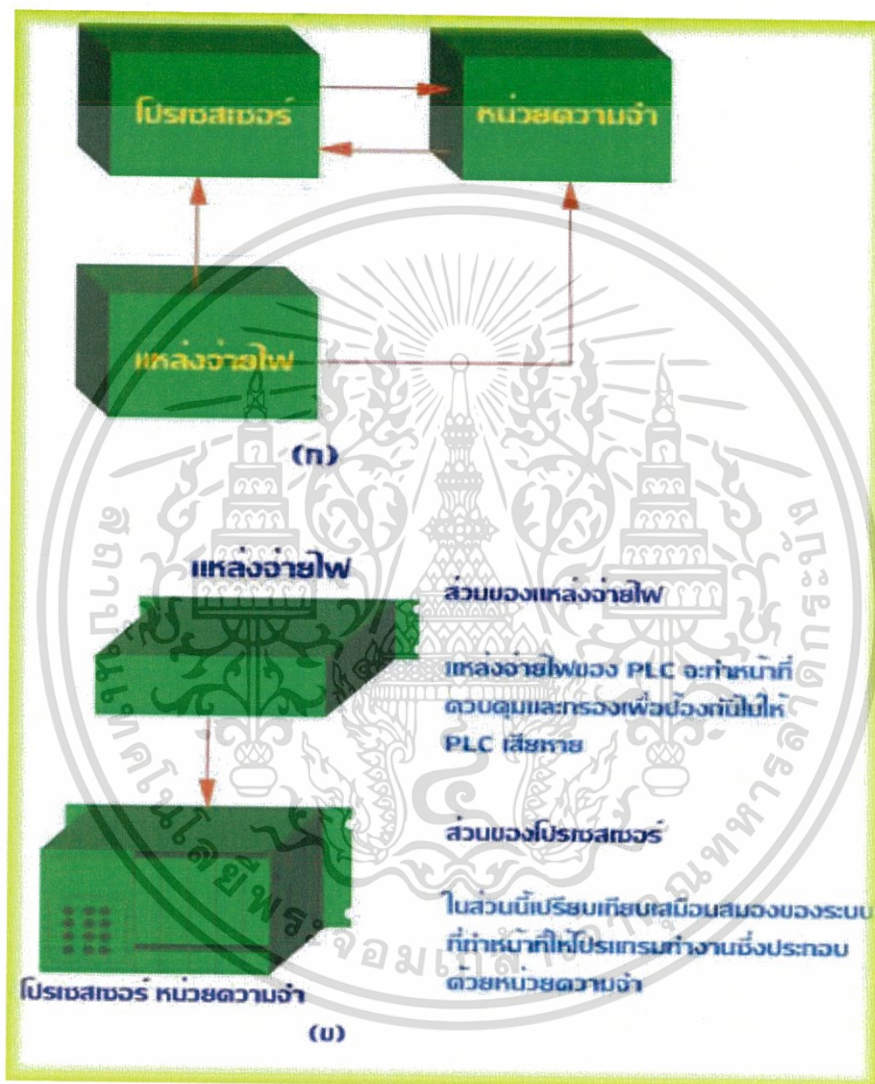
PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)
2. ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)
3. ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 CPU

CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบไปด้วย วงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor-based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์ จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีควเอนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลตเตอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของ CPU

CPU จะยอมรับ (Read) อินพุต เดต้า (Input Data) จากอุปกรณ์ให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่างๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรง (DC Current) สำหรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดยโปรเซสเซอร์ (Processor) และไอโอ โมดูล (I/O Modules) และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุตและเอาต์พุต และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาต์พุต เรียกว่า การสแกน (Scan) ซึ่งใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า เวลาสแกน (Scan Time) เวลาในการสแกนแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 100 msec. (0.001-0.1วินาที) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยาวของโปรแกรม หรือจำนวนอินพุต/เอาต์พุตหรือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้เวลาในการสแกนยาวนานขึ้น การเริ่มต้นการสแกนเริ่มจากรับคำสั่งของสภาวะของอุปกรณ์จากหน่วยอินพุตมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) เสร็จแล้ว จะทำการปฏิบัติการตามโปรแกรมที่เขียนไว้ทีละคำสั่งจากหน่วยความจำนั้นจนสิ้นสุด แล้วส่งไปที่หน่วยเอาต์พุต ซึ่งการสแกนของ PLC ประกอบด้วย

- 1) I/O Scan คือ การบันทึกสภาวะข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นอินพุต และให้อุปกรณ์เอาต์พุตทำงาน
- 2) Program Scan คือ การให้โปรแกรมทำงานตามลำดับก่อนหลัง

2.2.4.2 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้ว ส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้

สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

- 1) ทำให้สัญญาณเข้าได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
- 2) การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกันเป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหาย เมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร

3) หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต ได้แก่ พรอกซิมีตีส์วิตช์ (Proximity Switch) ลิมิตสวิทช์ (Limit Switch) ไทเมอร์ (Timer) โฟโตอิเล็กทริกสวิทช์ (Photoelectric Switch) เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เคาน์เตอร์ (Counter) เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาต์พุต ได้แก่ รีเลย์ (Relay) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) โซลินอยด์ (Solenoid) ขดลวดความร้อน (Heat Coil) หลอดไฟ (Lamp) เป็นต้น

2.2.4.3 เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) ทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของ PLC นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับ PLC เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของ PLC และผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) แต่ละยี่ห้อจะไม่เหมือนกัน แต่มีจุดประสงค์ในการใช้งานที่เหมือนกัน

2.2.5 การเรียกชื่ออุปกรณ์ควบคุม

จากหลักการพื้นฐานแล้ว อุปกรณ์ควบคุมตัวนี้จะทำงานในลักษณะเลขฐานสอง คือ “ปิด” หรือ “เปิด” “ON” หรือ “OFF” หรือสัญญาณลอจิก (Logic) เท่านั้น แต่ปัจจุบันนี้ไม่ได้เป็นเช่นนั้นต่อไปอีกแล้วคือ สามารถรับและส่งสัญญาณอินพุต (Input) แบบต่อเนื่อง หรือสัญญาณอนาล็อก (Analog) ได้ ดังนั้นการเรียกชื่อว่า PLC จึงไม่น่าถูกต้อง ควรเรียกว่า PC ถึงจะถูกต้องกว่า (ตัว L ในตัวย่อ PLC มาจากคำว่า Logic) อย่างไรก็ตาม เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนของคำว่า PC ที่เป็นชื่อเรียกของ Personal Computer จึงยังคงเรียกเป็น PLC เช่นเดิม

2.2.6 คอมพิวเตอร์กับ PLC

PLC เป็นคอมพิวเตอร์เฉพาะประเภทหนึ่ง จึงมีโครงสร้างเหมือนคอมพิวเตอร์ แต่มีข้อแตกต่างกันดังต่อไปนี้คือ

1) PLC ถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ความร้อน ความหนาว ระบบไฟฟ้ารบกวน การสั่นสะเทือน การกระแทก

2) การใช้โปรแกรมของ PLC จะไม่ยุ่งยากเหมือนของคอมพิวเตอร์ PLC จะมีระบบตรวจสอบตัวเอง ทำให้ใช้งานได้ง่ายและบำรุงรักษาง่าย

3) PLC ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้เพียงโปรแกรมเดียว ทำให้ไม่ยุ่งยาก ส่วนคอมพิวเตอร์จะทำงานที่โปรแกรมหลายๆ โปรแกรมพร้อมกัน จึงมีความยุ่งยากกว่า

4) PLC ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตทุกชนิด ทั้งแบบอนาล็อก และแบบลอจิก

(ON-OFF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

2.2.7.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น

- 1) การทำงานของระบบรีเลย์
- 2) การทำงานของไทมเมอร์ เคาน์เตอร์
- 3) การทำงานของ P.C.B. Card
- 4) การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงาน

ของเครื่องจักรกลต่างๆ

2.2.7.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control)

ตัวอย่างเช่น

- 1) การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
- 2) การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) การควบคุมความดัน (Pressure) เป็นต้น

3) การควบคุม P.I.D. (Proportional-Integral-Derivation)

4) การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo-motor Control)

5) การควบคุม Stepper-motor

6) Information Handling

2.2.7.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ(Supervisory Control)

ตัวอย่างเช่น

1) งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring

2) Fault Diagnostic and Monitoring

3) งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)

4) Printer/ASCII Interfacing

5) งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

(Factory Automation Networking)

6) LAN (Local Area Network)

7) WAN (Wide Area Network)

8) FA. , FMS., CIM. เป็นต้น

2.2.8 ขนาดของ PLC

- 1) ขนาดเล็ก มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตไม่เกิน 128 จุด
- 2) ขนาดกลาง มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตไม่เกิน 1024 จุด
- 3) ขนาดใหญ่ มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตไม่เกิน 4096 จุด
- 4) ขนาดใหญ่มาก มีจำนวนอินพุต/เอาต์พุต ไม่เกิน 8192 จุด

2.2.9 การติดตั้ง PLC

2.2.9.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

- 1) พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
- 2) จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
- 3) การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
- 4) อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบต่อ PLC หรือไม่
- 5) วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2.2.9.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

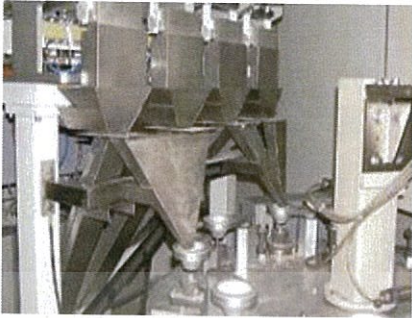
- 1) มีแสงแดดส่องโดยตรง
- 2) มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C หรือสูงกว่า 55°C
- 3) มีฝุ่น หรือไอเกลือ
- 4) มีความชื้นมาก
- 5) มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือไวไฟ
- 6) สั่นสะเทือนมาก

2.2.10 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC

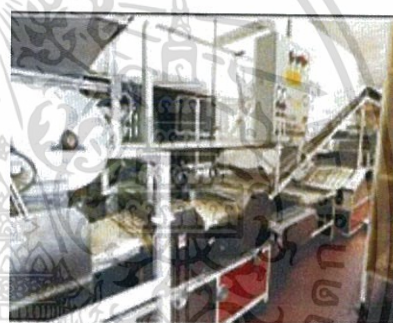
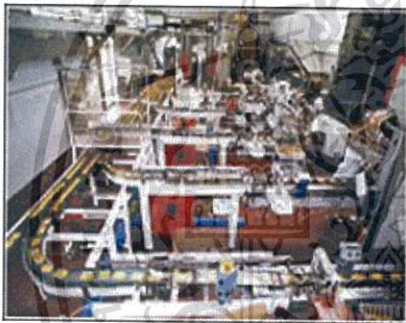
- 1) ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อน
- 2) มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
- 3) ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
- 4) มีสายดิน
- 5) ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
- 6) ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีตเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่
- 7) ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น
- 8) ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60°C ควรติดตั้งพัดลมเป่าระบายความร้อน
- 9) ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น คือ สายดินควรมีขนาด

เอก: 2 ตารางมิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า และค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม ะโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

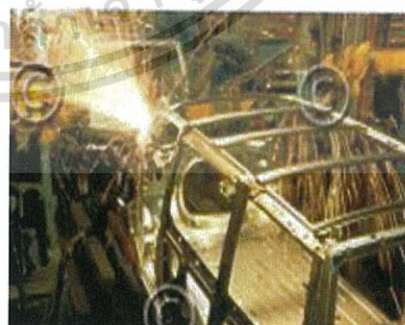
2.2.11 ตัวอย่างการใช้ PLC ในอุตสาหกรรมต่างๆ



ภาพที่ 2.3 เครื่องผสมวัตถุดิบที่ใช้ PLC ในการควบคุม

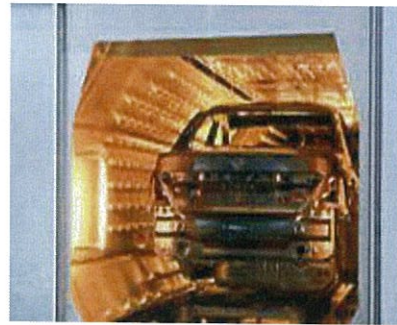


ภาพที่ 2.4 การขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม



ภาพที่ 2.5 หุ่นยนต์ประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 การผันสีรถยนต์ที่ใช้ PLC ในการควบคุม



ภาพที่ 2.7 การตรวจสอบคุณภาพที่ใช้ PLC ในการควบคุม

2.2.12 เลขฐานต่างๆ

PLC ใช้เลขฐานในการประมวลผลหรือติดต่อกับผู้ใช้งานต่อไปนี้

2.2.12.1 เลขฐานสิบ (Decimal System)

เลขที่แตกต่างกัน 10 จำนวน คือ เลข 0 ถึงเลข 9 ซึ่งเลข 0 เป็นเลขค่าน้อยที่สุด และเลข 9 เป็นเลขค่าสูงที่สุดของเลขฐานนี้ โดย PLC ใช้เลขฐานสิบนี้ในการติดต่อกับผู้ใช้

3	2	1	0
1	9	6	2

การคำนวณหาค่าของเลขฐานสิบทำได้โดยคูณแต่ละตัวเลขในละดิจิต คือเลข 1962 ด้วยค่าน้ำหนัก(Weight) ในแต่ละตำแหน่ง (Position) ตัวเลข 3210 (สีแดง) เรียกว่า ดิจิต (Digit) ตัวเลข 1962 เป็นเลขฐานสิบ ค่าน้ำหนัก(Weight) คือ 1,10,100และ1000 ซึ่งก็คือค่าของ 10 ยกกำลังด้วยดิจิตนั่นเอง เช่น ตัวเลข 6 อยู่ที่ดิจิต 1 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 10^1 นั่นเอง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$2 \times 10^0 = 2 \times 1 = 2$$

$$6 \times 10^1 = 6 \times 10 = 60$$

$$9 \times 10^2 = 9 \times 100 = 900$$

$$1 \times 10^3 = 1 \times 1000 = 1000$$

ผลรวมทั้งหมดเท่ากับ 1962 ซึ่งเท่ากับเลขฐานสิบที่กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือการขงนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้น กรุณาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12.2 เลขฐานสอง (Binary System)

เป็นเลขฐานที่มีตัวเลข 2 ตัว คือ 0 และ 1 ค่าน้ำหนักแต่ละหลัก คือ 1,2,4,6,8 และ 16 เป็นต้น PLC ใช้เลขฐานนี้ในการประมวลผล

3	2	1	0
1	1	0	1

ตัวอย่าง การเปลี่ยนเลขฐานสองเป็นฐานสิบ

$$1 \times 2^0 = 1 \times 1 = 1$$

$$0 \times 2^1 = 0 \times 2 = 0$$

$$1 \times 2^2 = 1 \times 4 = 4$$

$$1 \times 2^3 = 1 \times 8 = 8$$

เลขฐานสอง 1101 เท่ากับ เลข 13 ในเลขฐานสิบ

แต่ละดิจิทัลของเลขฐานสองเรียกว่า บิต (Bit) ใน PLC ขนาดทั่วไปคือ แปดบิตและสิบหกบิต เป็นต้น สามารถรวมบิตให้เป็นกรุป เรียกว่า ไบต์ (Bytes) กรุปของ 8 บิต คือ 1 ไบต์ และกรุปของ 1 หรือมากกว่าไบต์ เรียกว่า เวิร์ด (Word) ดังรูปต่อไปนี้แสดงค่า 16 บิต หรือ 2 ไบต์



LSB (Least Significant Bit) คือ ค่าที่น้อยที่สุดของบิต และ MSB (Most Significant Bit) คือ ค่าที่มากที่สุดของบิต ถ้ามีความจำเท่ากับ 884 เวิร์ดก็สามารถเก็บความจำได้เท่ากับ 7072 (884 X 8) เมื่อใช้ 8-bit word และเท่ากับ 14,144 (884 X 16) เมื่อใช้ 16-bit word ดังนั้นเมื่อต้องการทราบค่าความแตกต่างของ PLC จึงควรพิจารณาบิตต่อเวิร์ดของหน่วยความจำ

ตัวอย่าง การเปลี่ยนเลขฐานสิบเป็นฐานสอง

$$47 \div 2 = 23 \text{ เหลือ } 1 \text{ LSB}$$

$$23 \div 2 = 11 \text{ เหลือ } 1$$

$$11 \div 2 = 5 \text{ เหลือ } 1$$

$$5 \div 2 = 2 \text{ เหลือ } 1$$

$$2 \div 2 = 1 \text{ เหลือ } 1$$

$$1 \div 2 \text{ เหลือ } 1 \text{ MSB}$$

เท่ากับเลขฐานสอง 111101

2.2.12.3 เลขฐานแปด (Octal System)

เป็นเลขฐานที่มีตัวเลข 8 ตัว คือ 0 ถึง 7 ค่าน้ำหนักแต่ละหลัก คือ 1, 8, 64 และ 512 เป็นต้น PLC ใช้เลขฐานแปดสำหรับอ้างอิง I/O และ Memory Address

2	1	0
4	6	2

ตัวอย่าง การเปลี่ยนเลขฐานแปดเป็นฐานสิบ

$$2 \times 8^0 = 2 \times 1 = 2$$

$$6 \times 8^1 = 6 \times 8 = 48$$

$$4 \times 8^2 = 4 \times 64 = 256$$

เลขฐานแปด 462 เท่ากับ เลข 306 ในเลขฐานสิบ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าฐานสองกับฐานแปด

ฐานสอง	ฐานแปด
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

เลขฐานแปด 462 เท่ากับ เลข 100110010 ในเลขฐานสอง

2.2.12.4 เลขฐานสิบหก (Hexadecimal System)

เป็นเลขฐานที่มีตัวเลข 16 ตัว คือ 0 ถึง 15 ค่าน้ำหนักแต่ละหลัก คือ 1, 16, 256 และ 4,096 เป็นต้น

ตัวอย่าง การเปลี่ยนเลขฐานสิบหกเป็นฐานสิบ

$$7 \times 16^0 = 7 \times 1 = 7$$

$$11 \times 16^1 = 11 \times 16 = 176$$

$$1 \times 16^2 = 1 \times 256 = 256$$

เลขฐานสิบหก 1B7 เท่ากับ เลข 439 ในเลขฐานสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบค่าฐานสิบหกกับฐานสองและฐานแปด

ฐานสิบหก	ฐานสอง	ฐานสิบ
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
A	1010	10
B	1011	11
C	1100	12
D	1101	13
E	1110	14
F	1111	15

2.2.12.5 เลขฐาน BCD (Binary Code Decimal)

เป็นเลขฐานที่ใช้เมื่อต้องใช้จำนวนอินพุตและเอาต์พุต จาก PLC จำนวนมากๆ แทนค่าเลขฐานสิบ คือ ใช้เลขฐานสองจำนวน 4 บิต แทนตัวเลข 1 ถึง 9 เช่น 0001 คือ 1, 0100 คือ 4 เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบค่าฐาน BCD กับฐานสิบ

เลขฐานสิบ	BCD	เลขฐานสิบ	BCD
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

เลขฐานสิบ 7863 เท่ากับ 0111100001100011 ในเลขฐาน BCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.13 วงจรตรรก (Logic)

PLC ใช้วงจรตรรก เพื่อให้เกิดเอาต์พุตที่มีเงื่อนไข (สัญญาณอินพุต) ชนิดต่างๆ หลักการของวงจรตรรก มีดังต่อไปนี้

วงจรตรรก หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบรีเลย์ที่มีสัญญาณเพียง 2 ระดับ หรือ 2 สถานะเท่านั้น PLC ใช้สัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับ แทน 2 เหตุการณ์ที่ต่างกัน เช่น การปิดเปิดวาล์ว การปิดเปิดสวิตช์ เป็นต้น วงจรตรรกมี 2 ชนิด คือ แบบบวก (Positive Logic) ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสถานะลอจิก “1” และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสถานะลอจิก “0” และอีกแบบ คือ แบบลบ (Negative Logic) ที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสถานะลอจิก และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสถานะลอจิก “0”

สถานะทางลอจิก คือ สถานะ “1” หรือ “0” แทนการทำงานของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง 2 สถานะ ระบบควบคุมที่ใช้ระบบรีเลย์ และ PLC จะนำเอาสถานะของอุปกรณ์เหล่านี้มาปฏิบัติการลอจิกด้วยกัน เพื่อให้เข้ากันกับเงื่อนไขการควบคุม ปฏิบัติการลอจิกประกอบด้วย AND OR และ NOT เพื่อทำให้สถานะอินพุตต่างๆ เช่น A,B ทำให้เกิดเอาต์พุต Y เป็นต้น

2.2.14 ภาษาที่ใช้สำหรับ PLC

ก) ภาษาแลตเตอร์ (Ladder Language)

ภาษาแลตเตอร์ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายวงจรของรีเลย์จึงทำให้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแลตเตอร์จะมีความสะดวกในการเขียนและตรวจได้ง่ายจึงทำให้การเขียนแบบนี้เป็นที่นิยม ระดับงานที่ใช้ควบคุมจะมีทั้งจากวงจรแบบธรรมดาจนถึงแบบซีเควนซ์ในลักษณะเปิด-ปิด ภาษาแลตเตอร์จะเป็นภาษาพื้นฐานที่ใช้งานตั้งแต่ PLC ขนาดเล็กเป็นต้นไป

ข) ภาษาบูลีน

ภาษาบูลีนเป็นภาษาที่มีไว้สำหรับอธิบายความสัมพันธ์ทางลอจิก ทำให้เข้าใจง่าย ตัวอย่างสมการบูลีนอย่างง่าย : $Y(\text{แสงไฟฟ้า}) = A(\text{สวิตช์}).B(\text{หลอดไฟ})$

ภาษาบูลีน จะสัมพันธ์กับ AND, OR, และ NOT Gate สัญญาณอินพุตจะเขียนด้วยตัวอักษร A B C เป็นต้น ส่วนสัญญาณเอาต์พุตจะแทนด้วย Y และเครื่องหมายคูณหรือจุด หมายถึง AND เครื่องหมายบวก หมายถึง OR และขีดข้างบน หมายถึง NOT

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ของลอจิกและสมการบูลีน

สัญลักษณ์ลอจิก	คำอธิบายลอจิก	สมการบูลีน
AND	Y เป็น "1" ถ้า A และ B เป็น "1"	$Y = A.B$ หรือ $Y = AB$
OR	Y เป็น "1" ถ้า A หรือ B เป็น "1"	$Y = A+B$
NOT	Y เป็น "1" ถ้า A เป็น "0" Y เป็น "0" ถ้า A เป็น "1"	
NOT AND	Y เป็น "1" ถ้า A และ B เป็น "0" หรือ A หรือ B เป็น "1" หรือ ทั้ง A และ B เป็น "1"	$Y = A.B$ หรือ $Y = AB$ และ $Y = A+B$
NOT OR	Y เป็น "1" ถ้า A และ B เป็น "0"	$Y = A+B$

ค) ภาษาสแตจ (Stage)

ภาษาสแตจเป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Koyo Electronic ในปี ค.ศ.1977 โดยที่ผู้ออกแบบวงจรไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการออกแบบวงจรไฟฟ้า แต่ต้องเข้าใจขั้นตอนการทำงาน of เครื่องจักรอย่างลึกซึ้ง ดังนั้นโปรแกรมที่ถูกสร้างให้ทำงานได้ถูกต้องมาน้อยเพียงไร จึงขึ้นอยู่กับ การเข้าใจลำดับการทำงาน of เครื่องจักร ซึ่งภาษาสแตจมีข้อดีดังนี้

- 1) ลดเวลาการออกแบบวงจรได้ 1 ใน 3 ถ้าเปรียบเทียบกับภาษาแลตเตอร์
- 2) ให้ความแม่นยำในการสั่งการทำงานสูง
- 3) แก้ไขโปรแกรมระหว่างขั้นตอนการทำงานได้ง่าย

ภาษาสแตจประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ คือ

1) การกำหนดหมายเลขสแตจ (Stage Number Registration, SG) ต้องไม่ซ้ำกันในหนึ่งโปรแกรม ปกติแล้วจะมี 2 สถานะ คือ

“ON” เมื่อถูกเลือกให้ทำงานจากสแตจอื่น ๆ

“OFF” เมื่อมีเงื่อนไขการทำงาน หรือเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงสแตจ หรือที่

เรียกว่า Jump Condition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Transaction เป็นการกำหนดรายละเอียดของการทำงาน หรือเอาต์พุตของสแตจ หรือกระบวนการทำงานนั้นๆ เอาต์พุตของสแตจหนึ่งๆ จะทำงานเมื่อสแตจนั้นมีสถานะ “ON”

3) Jump Condition เป็นการกำหนดเงื่อนไขหรืออินพุตที่จะทำให้มีการเปลี่ยนสแตจจากสแตจที่ทำงานอยู่ไปยังสแตจอื่น ๆ เมื่อเงื่อนไขหรืออินพุตเป็นจริง จะทำให้สแตจนั้นจะมีสถานะเป็น “OFF” และมีผลทำให้เอาต์พุตของสแตจนั้นหยุดการทำงาน

4) Jump Destination หมายถึง สแตจที่ถูกเลือกหรือถูกเปลี่ยน จะมีสถานะเป็น “ON” เมื่อเงื่อนไขหรืออินพุตเป็นจริง

2.2.14.1 การเลือกใช้ภาษา PLC

ภาษา PLC ทุกภาษามักมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน การเลือกใช้ภาษาและคำสั่งในการเขียนโปรแกรมควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

ก) ความถนัดของผู้ใช้

การเลือกใช้ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม ต้องพิจารณาความถนัดและความคุ้นเคยของผู้ใช้เป็นอันดับแรก เช่น ผู้ใช้คุ้นเคยกับวงจรีเลย์ควรใช้ภาษาแลตเตอร์ในการเขียนโปรแกรม เพราะจะทำให้เรียนรู้เร็วและปรับตัวเร็วกว่าการใช้ภาษาอื่น

ข) ลักษณะของภาษาที่ใช้เขียน

คำสั่งของ PLC แต่ละภาษามีข้อดีเหมาะที่จะใช้แก้ปัญหาต่างกัน ภาษาแลตเตอร์และภาษาบลูสกิน เหมาะสำหรับการทดแทนอุปกรณ์รีเลย์ ตัวตั้งเวลา และตัวนับเป็นการควบคุมงานในลักษณะ ON-OFF ภาษาบล็อกเหมาะสำหรับการควบคุมที่ค่อนข้างจะซับซ้อน มีการใช้ข้อมูลที่เป็นตัวเลข เป็นการควบคุมแบบอนาล็อก, การควบคุมตำแหน่งเครื่องจักร คำสั่งของข้อความภาษาอังกฤษเหมาะสำหรับการควบคุมที่ยุ่งยากซับซ้อนมีการคำนวณทางคณิตศาสตร์และให้ข้อมูลจำนวนมาก

ค) ลักษณะขนาดของ PLC

การสำรวจหรือทำความเข้าใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ PLC ที่จะนำมาใช้ดูว่าอินพุต/เอาต์พุต เท่าไร มีฟังก์ชันพิเศษอะไรบ้าง

ง) ลักษณะงานที่ต้องการควบคุม

การใช้ภาษา PLC เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นต้องรู้อุปกรณ์ลำดับขั้นตอนการทำงานเบื้องต้น จนถึงสิ้นสุดการทำงาน

2.2.14.2 ภาษาที่ใช้กับหน่วยลอจิกอินพุต/เอาต์พุต

ในปัจจุบันคำสั่งภาษาแลตเตอร์และภาษาบูลีนจะเป็นคำสั่งที่นิยมใช้เขียนกันมาก ซึ่งประกอบด้วย 6 กลุ่มคำสั่งคือ วงจรรีเลย์และปฏิบัติลอจิก, การหน่วยเวลาและจำนวนนับ, การคำนวณทางคณิตศาสตร์, การจัดการข้อมูล และคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมข้อสังเกตความแตกต่างระหว่างภาษาบูลีนและภาษาแลตเตอร์ คือ ภาษาบูลีนจะอยู่ในรูปของคำสั่ง ส่วนภาษาแลตเตอร์จะอยู่ในรูปของสัญลักษณ์

2.2.15 วงจรรีเลย์และปฏิบัติลอจิก

1) คำสั่ง LOAD

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง LOAD

คำสั่ง	LOAD
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการนำค่าสถานะของอินพุต เอาต์พุต ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ซีพีด รีจิสเตอร์ หรือรีเลย์ภายใน ที่กำหนดเข้ามา
หมายเหตุ	คำสั่งนี้ PLC บางเครื่องอาจใช้เป็นคำสั่ง STORE หรือ ORIGIN

2) คำสั่ง AND

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง AND

คำสั่ง	AND
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการนำค่าสถานะของอินพุต เอาต์พุต ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ซีพีด รีจิสเตอร์ หรือรีเลย์ภายในที่กำหนดมาทำลอจิก AND กับค่าสถานะปัจจุบัน

3) คำสั่ง OR


ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง OR

คำสั่ง	OR
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการนำค่าสถานะของอินพุต เอาต์พุต ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ซีพีด รีจิสเตอร์หรือรีเลย์ภายใน ที่กำหนดเข้ามาทำลอจิก OR กับค่าสถานะปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คำสั่ง NOT

ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง NOT

คำสั่ง	NOT
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการกระทำลอจิก NOT กับค่าสถานะปัจจุบัน โดยปกติแล้วคำสั่งนี้จะหมายถึงหน้าสัมผัสปกติปิดของอุปกรณ์ต่างๆ ของ PLC โดยจะใช้ร่วมกับ LOAD, AND และ OR
ความหมาย	เป็นการกระทำลอจิก NOT กับค่าสถานะปัจจุบัน โดยปกติแล้วคำสั่งนี้จะหมายถึงหน้าสัมผัสปกติปิดของอุปกรณ์ต่างๆ ของ PLC โดยจะใช้ร่วมกับ LOAD, AND และ OR
หมายเหตุ	คำสั่งนี้ PLC บางเครื่องอาจใช้เป็นคำสั่ง INVERSE


5) คำสั่ง OUT

ตารางที่ 2.9 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง OUT

คำสั่ง	OUT
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการให้ค่าสถานะแก่อุปกรณ์ทางเอาต์พุตต่างๆ โดยทั่วไปจะได้แก่ OUTPUT, INTERNAL RELAY, SPECIAL RELAY

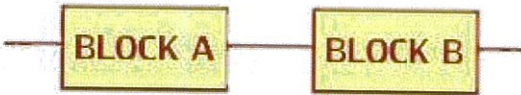
6) คำสั่ง END

ตารางที่ 2.10 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง END

คำสั่ง	END
สัญลักษณ์	
ความหมาย	คำสั่งนี้จะถูกใช้เมื่อสิ้นสุดการเขียนโปรแกรมหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นส่วนสุดท้ายของโปรแกรมนั้นเอง

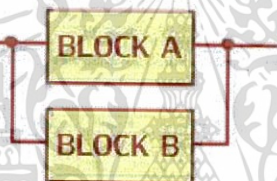
7) คำสั่ง AND LOAD

ตารางที่ 2.11 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง AND LOAD

คำสั่ง	AND LOAD
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการนำค่าสถานะที่เก็บรักษาไว้มากระทำลอจิก AND
	คำสั่งนี้ PLC บางเครื่องอาจใช้เป็นคำสั่ง AND BLOCK หรือ AND STORE

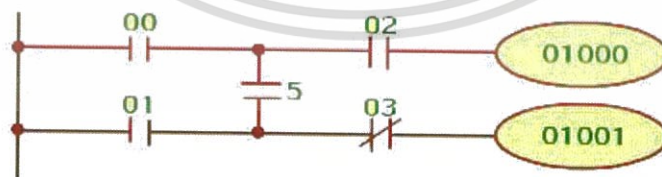
8) คำสั่ง OR LOAD

ตารางที่ 2.12 แสดงรายละเอียดของคำสั่ง OR LOAD

คำสั่ง	OR LOAD
สัญลักษณ์	
ความหมาย	เป็นการนำค่าสถานะที่เก็บรักษาไว้มากระทำลอจิก OR กับค่าสถานะปัจจุบัน
	คำสั่งนี้ PLC บางเครื่องอาจใช้เป็นคำสั่ง OR BLOCK หรือ OR STORE

2.2.16 ข้อกำหนดในการเขียนโปรแกรม

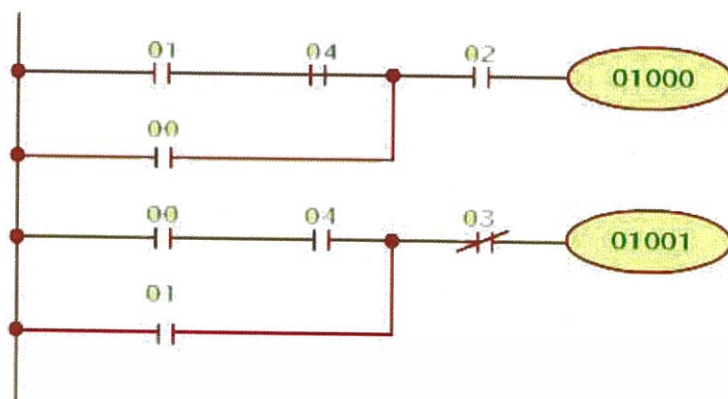
2.2.16.1 ไม่สามารถเชื่อมโยงหน้าสัมผัสใน 2 บรรทัดเข้าด้วยกันได้



ภาพที่ 2.8 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ผิด

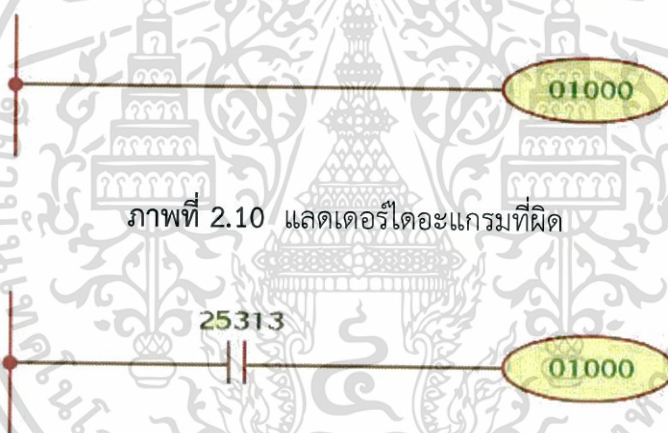
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนใหม่และวงจรทำงานเหมือนเดิม ดังนี้



ภาพที่ 2.9 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ถูก

2.2.16.2 เมื่อต้องการให้เอาต์พุต ON ตลอดเวลาให้ใช้ FLAG ที่เป็นแบบ Normally ON (25313) ใน SR Area มาเป็นตัวสร้างเงื่อนไข โดยไม่สามารถต่อเอาต์พุตโดยตรงเพราะผิดเงื่อนไข



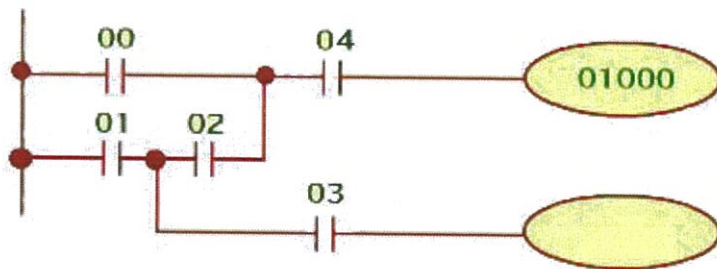
ภาพที่ 2.10 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ผิด

ภาพที่ 2.11 แลตเตอร์ไดอะแกรมที่ถูก

แต่ก็มีข้อยกเว้นเป็นบางคำสั่ง เช่น INTERLOCK CLEAR JUMP END และ STEP

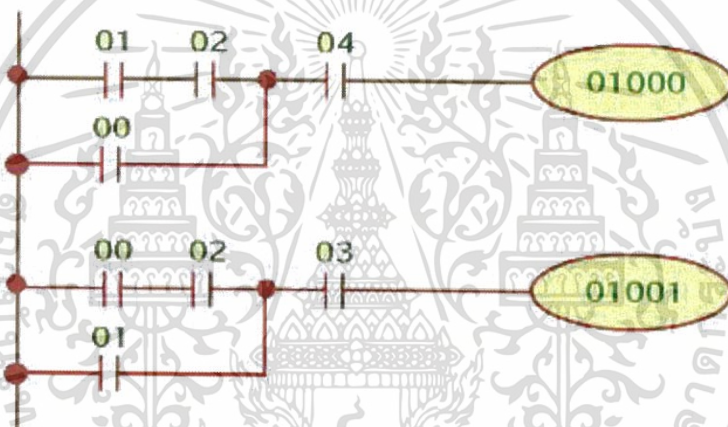
2.2.16.3 จำนวนคอนแทค (Contact) ของ I/O Internal Auxiliary Relay TIM/CNT จะมีการโหลดเพื่อนำมาเขียนโปรแกรมเป็นจำนวนเท่าใดก็ได้ตามความประสงค์ของผู้ใช้ อย่างไรก็ตาม การเขียนโปรแกรมที่ดีจะต้องพยายามประหยัดให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

2.2.16.4 สำหรับแลตเตอร์ไดอะแกรม การพิจารณาจะกระทำจากซ้ายไปขวา เท่านั้น ดังตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 2.12 การทำงานของวงจรจากซ้ายไปขวาเท่านั้น

จากไดอะแกรมถ้าคอนแทค 00, 02 และ 03 มีสภาวะ “ON” ก็ไม่สามารถทำให้เอาต์พุต 01001 “ON” ได้เลย จะต้องทำการจัดโปรแกรมเสียใหม่เพื่อให้การพิจารณากระทำจากซ้ายไปขวาดังภาพที่ 2.13

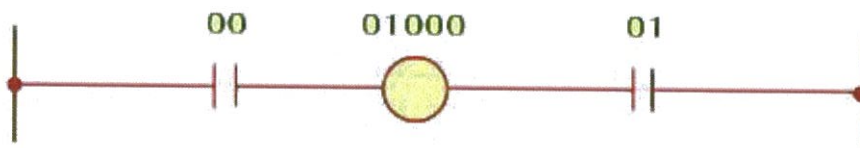


ภาพที่ 2.13 การทำงานของวงจรในไดอะแกรม B

2.2.16.5 จำนวนคอนแทคที่ใช้ในการต่ออันดับ (Series) หรือ ขนาน (Parallel) ไม่มีขีดจำกัด จะใช้เท่าใดก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

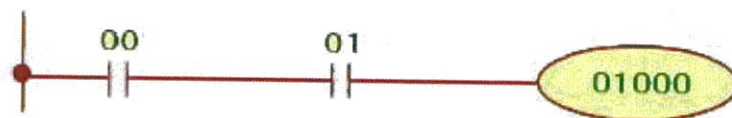
2.2.16.6 เอาต์พุตทุกๆตัวมีคอนแทคช่วย (Auxiliary Contact) เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมและไม่มีขีดจำกัดจำนวนเช่นกัน

2.2.16.7 ไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้คอนแทคอยู่ทางด้านขวาของคอยล์ (Coil) ได้



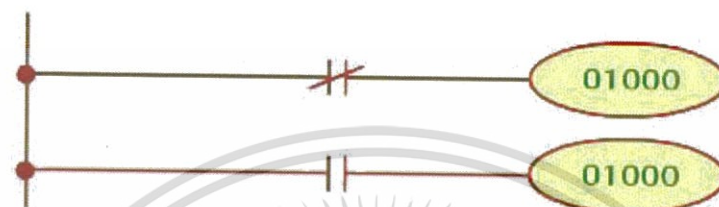
ภาพที่ 2.14 โปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

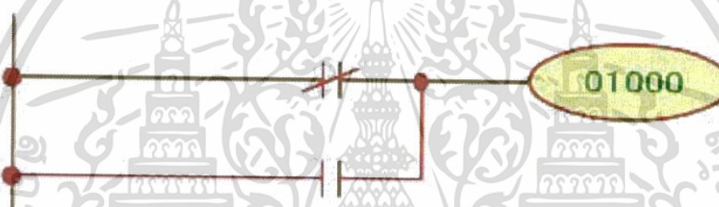


ภาพที่ 2.15 โปรแกรมที่ถูกต้อง

2.2.16.8 ไม่สามารถเขียนโปรแกรมให้มีเอาต์พุต คอยล์ (Output Coil) หมายเลขเดียวกันซ้ำกันหลายๆครั้งได้ ต้องจัดรูปเสียใหม่



ภาพที่ 2.16 โปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง



ภาพที่ 2.17 โปรแกรมที่ถูกต้อง

2.2.16.9 เอาต์พุต คอยล์ สามารถเขียนโปรแกรมแบบขนาน (Parallel) ได้ เพื่อรับเงื่อนไขของคอนแทคชุดเดียวกัน



ภาพที่ 2.18 เอาต์พุต คอยล์ เขียนแบบขนานได้

2.2.16.10 โปรแกรมจะถูกสั่งการ (Executed) จากบรรทัด (Address) แรกจนกระทั่งถึงคำสั่ง End ที่เป็นคำสั่งแรก เพราะว่าคำสั่ง End อาจจะมีหลายตำแหน่งก็เป็นไปได้ ที่เป็นเช่นนี้ เพื่อจุดประสงค์สำหรับการทดสอบการทำงาน (Test Run) กรณีแยกโปรแกรมออกเป็นหลายๆ และง่ายต่อการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรม

2.3 Relay

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

- รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1) ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระทั่งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนำ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทั่งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

- จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามหรือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดรวมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

- ข้อคำนึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น หากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้อีกก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่า เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3) จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

- 1) อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)
- 2) รี๊ดรีเลย์ (Reed Relay)
- 3) รี๊ดสวิตช์ (Reed Switch)
- 4) โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid-State Relay)

- ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ โซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

- 1) รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
- 2) รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

- ชนิดของรีเลย์

การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ

ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่ รีเลย์ดังต่อไปนี้

- 1) รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under-current) และกระแสเกิน (Over current)
- 2) รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)
- 3) รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้
- 4) รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดัน เข้าด้วยกัน
- 5) รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

5.1 รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

5.3 รีเลย์แบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆที่ทำให้เกิดงานขึ้น

5.4 รีเลย์แบบอินเวอร์สดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดีฟิไนต์ไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

6) รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

7) รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

8) รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

- รีแอคแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
- อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
- โมห์รีเลย์ (Mho relay)
- โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
- โพลาริซมอห์รีเลย์ (Polarized mho relay)
- ออฟเซตมอห์รีเลย์ (Off set mho relay)

9) รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

10) รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

11) บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz's relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิดฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรีเลย์

1) หน้าที่ของรีเลย์ คือ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาพการณ์ของทุกส่วน ในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา หากระบบมีการทำงานที่ผิดปกติ รีเลย์จะเป็นตัวสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจรหรือส่วนที่ทำงานผิดปกติ ออกจากระบบทันทีโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิดฟอลต์ ออกจากระบบจริงๆ

2) ประโยชน์ของรีเลย์

2.1 ทำให้ระบบส่งกำลังมีเสถียรภาพ (Stability) สูงโดยรีเลย์จะตัดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติ ออกเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการลดความเสียหายให้แก่ระบบน้อยที่สุด

2.2 ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมส่วนที่เกิดผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลดความเสียหายไม่เกิดลุกลามไปยังอุปกรณ์อื่นๆ

2.4 ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ

3) คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์

3.1 ต้องมีความไว (Sensitivity) คือมีความสามารถในการตรวจพบสิ่งผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้

3.2 มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือความสามารถทำงานได้รวดเร็วทันใจ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไปแล้ว เวลาที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย

ระบบ 6-10 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาที

ระบบ 100-220 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาที

ระบบ 300-500 เควี จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

2.4 Fuse

ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันโดยทำหน้าที่เหมือนตัวนำตัวหนึ่งในวงจรไฟฟ้า เมื่อเกิดกระแสเกินพิกัด (Overload Current) หรือกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) มีค่ามากกว่ากระแสที่ฟิวส์ทนได้ (Fuse's Current Rating) จะทำให้ฟิวส์ขาด (Blown Fuse) ทำให้วงจรขาดและกระแสไม่ไหลอีกต่อไป เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์และผู้ใช้อุปกรณ์

ปกติแล้วกระแสเกินพิกัด (Overload Current) เกิดขึ้นจากการดึงกระแสที่มากเกินไปจากอุปกรณ์ปลายทาง ส่วนกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) เกิดจากการที่กระแสเคลื่อนที่ผ่านทางลัดที่อาจจะเกิดจากการแตะกันของสายไฟหรือมีตัวนำไฟฟ้าเชื่อมต่อการลัดวงจร ซึ่งสามารถมีค่ามากกว่าพันเท่าของกระแสต่อเนื่องที่ฟิวส์ทนได้

โดยปกติ ฟิวส์จะเป็นอุปกรณ์ที่อ่อนแอที่สุดในวงจร โดยจะขาดและตัดวงจรก่อนที่อุปกรณ์อื่นๆ เช่น หลอดไฟ สายไฟ หรือหม้อแปลง จะไหม้หรือระเบิด



ภาพที่ 2.19 Fuses and Breakers (ฟิวส์กับเบรกเกอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิวส์แตกต่างจากเบรกเกอร์ตรงที่ฟิวส์ เมื่อทำการตัดวงจรออกแล้วจะใช้งานต่อไปไม่ได้ต้องทำการเปลี่ยนฟิวส์ใหม่ ส่วนเบรกเกอร์เมื่อตัดวงจรแล้ว สามารถรีเซ็ตค่าแล้วใช้งานได้ต่อไปอีก อย่างไรก็ตาม ฟิวส์มีราคาถูกกว่าและให้ความเสถียรภาพและรวดเร็วในการตัดวงจรได้ดีกว่าเบรกเกอร์ นอกจากนี้ฟิวส์ทุกชนิดสามารถป้องกันทั้งกระแสเกินพิกัด (Overload Current) และกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) แต่เบรกเกอร์นั้นโดยส่วนใหญ่จะออกแบบมาเพื่อป้องกันกระแสเกินพิกัด (Overload Current) อย่างเดียวเท่านั้น ไม่สามารถจะป้องกันกระแสที่อันตรายอย่างกระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) ได้

ดังนั้น การออกแบบระบบที่ต้องการเสถียรภาพในการตัดวงจรค่อนข้างสูง จึงมักมีการนำเอาฟิวส์มาต่อร่วมกับเบรกเกอร์ โดยให้เบรกเกอร์ทำการตัดวงจรก่อน (ค่ากระแสพิกัดต่ำ) แต่ถ้าเบรกเกอร์ไม่ตัด ฟิวส์จะทำหน้าที่ตัดวงจรเอง (ค่ากระแสพิกัดสูง) หรือระบบที่ใช้ฟิวส์เป็นตัวตัดวงจรเพียงตัวเดียว บางทีอาจจะมีการต่อเบรกเกอร์ไว้ด้วย เพื่อประโยชน์ในการตัดวงจรขณะตรวจเช็คหรือบำรุงรักษา (มอเตอร์มักไม่ใช้ฟิวส์ แต่จะใช้เบรกเกอร์คู่กับ Overload Relay ในการตัดวงจรออกจากระบบไฟฟ้า เนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มักเกิดกระแสเกินชั่วขณะเมื่อสตาร์ท จึงต้องการอุปกรณ์ป้องกันที่ตัดวงจรช้า โดยจะตัดวงจรเมื่อเกิดกระแสเกินจริงๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ตัดวงจรจะเป็น Overload Relay และเบรกเกอร์ซึ่งจะเป็นตัว Back Up เพื่อตัดระบบไฟฟ้าออกสำหรับการบำรุงรักษาตู้ควบคุมไฟฟ้าหรือเพื่อการตรวจเช็คเท่านั้น)

- Type of Fuses (ประเภทของฟิวส์)

1) Time-Delay Fuses: ฟิวส์ประเภทนี้จะหน่วงเวลาขณะที่มีกระแส Overload ขนาดเล็ก เพื่อป้องกันการขาดของฟิวส์ที่ไม่จำเป็นสำหรับกระแส Temporary Overload บางประเภท เช่น Motor Start-Ups หรือ Switching Surges บางครั้งเรียกฟิวส์ชนิดนี้ว่า Dual-Element Fuses



ภาพที่ 2.20 Time-Delay Fuses

2) Fast-Acting Fuses: ฟิวส์ชนิดนี้ไม่มีการหน่วงเวลา จะตัดวงจรทันทีที่มีกระแสที่เกินกระแสต่อเนื่องที่ฟิวส์ทนได้ ใช้ในวงจรที่ไม่มีกระแส Temporary overload เช่น วงจรความร้อน (Heating) หรือวงจรแสงสว่าง (Lighting)



ภาพที่ 2.21 Fast-Acting Fuses

- Short Circuit Current Rating (ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร)

Short Circuit Current Rating มีชื่อเรียกอีกว่า Interrupting Rating หรือ Breaking Capacity คือค่ากระแสที่สูงสุดที่ฟิวส์สามารถตัดวงจรได้อย่างปลอดภัยเมื่อฟิวส์ใช้งานอยู่ที่ค่าพิกัดความต่างศักย์ (Voltage Rating)

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เมื่อเกิดกระแสลัดวงจร ซึ่งมีค่าสูงมากหลายเท่าของกระแสปกติที่ฟิวส์ทนได้ ฟิวส์จะยังทำหน้าที่ตัดวงจรตามปกติ โดยไม่เกิดการระเบิดหรือแตกหัก ถ้าหากกระแสลัดวงจรไม่เกินค่าพิกัดกระแสลัดวงจรของฟิวส์นั้นๆ และค่าความต่างศักย์ที่ใช้ไม่เกินค่าพิกัดความต่างศักย์ของฟิวส์นั้นๆ

- Voltage Rating (ค่าพิกัดความต่างศักย์)

Voltage Rating คือ ค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน จริงๆแล้วจะเป็นค่าความต่างศักย์ที่สูงสุดที่ฟิวส์จะสามารถตัดวงจรได้อย่างปลอดภัยเมื่อเกิดกระแสลัดวงจร ดังนั้น ฟิวส์จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัยที่ทุกความต่างศักย์ที่ต่ำกว่าค่าพิกัดความต่างศักย์โดยไม่ทำให้ความสามารถในการตัดวงจรของฟิวส์เสียไป

โดยปกติ ค่า Voltage Rating ที่ผู้ผลิตแจ้งมาจะเหมาะสมกับ AC หรือ DC อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ผู้ใช้สามารถพิจารณานำไปใช้ได้ ดังนี้

- 1) ถ้าเป็น Glass Fuse ค่า Voltage Rating ของ DC จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของ AC



ภาพที่ 2.22 Glass Fuse

2) ถ้าเป็น Ceramic Fuse ค่า Voltage Rating ของ DC จะมีค่าเท่ากับ AC



ภาพที่ 2.23 Ceramic Fuse

- Current Rating (ค่าพิกัดกระแส)

Current Rating คือ ค่ากระแสปกติที่ฟิวส์สามารถทนได้ก่อนที่จะตัดวงจร โดยเป็นค่ากระแสที่ฟิวส์สามารถทนได้จากการทดสอบจากผู้ผลิตที่อุณหภูมิมาตรฐานในห้องแล็บซึ่งก็คือ 25°C หรือ 77°F โดยประมาณ

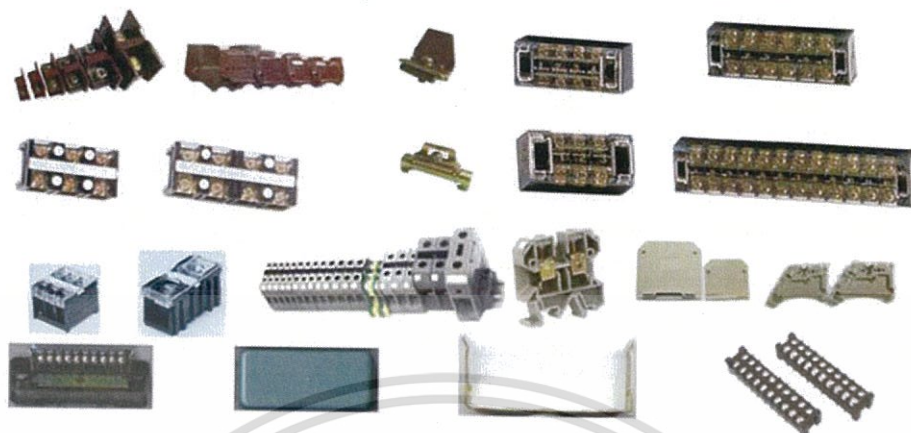
- Fuse Selection Guide (หลักการเลือกใช้ฟิวส์)

1) ในการเลือกฟิวส์ที่มีขนาดถูกต้อง ผู้ใช้ต้องทราบขนาดกระแสปกติในวงจรที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เสียก่อน เมื่อทราบขนาดของกระแสดังกล่าวแล้ว จึงเลือกใช้ฟิวส์ที่มีค่าพิกัดกระแส 135% ของค่ากระแสนั้น โดยให้เลือกฟิวส์ขนาดมาตรฐานถัดไปจากค่ากระแสที่คำนวณได้ ตัวอย่างเช่น ระบบที่เดินปกติซึ่งมีกระแสในระบบ 10A ที่อุณหภูมิห้อง ควรเลือกใช้ฟิวส์ขนาด 15A (ค่า 135% ของกระแสดังกล่าวคือ $13.5 \times 10A = 13.5A$ ซึ่งขนาดมาตรฐานของฟิวส์ถัดไปที่ควรเลือกใช้ก็คือขนาด 15A)

2) อุณหภูมิในการใช้งานฟิวส์มีผลต่อการเลือกใช้ฟิวส์เช่นกัน กล่าวคือ ฟิวส์ขนาดเท่ากัน หากถูกนำไปใช้ที่อุณหภูมิสูง จะทำให้ฟิวส์ขาดได้ง่ายกว่าการนำไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นหากนำฟิวส์ไปใช้ที่อุณหภูมิมากกว่า 25°C ควรเลือกฟิวส์ที่มีขนาดสูงกว่าการเลือกแบบปกติ (ตามข้อ 1) เพื่อชดเชยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและลดการตัดวงจรแบบไม่จำเป็น (Nuisance Tripping) เช่นเดียวกัน หากนำฟิวส์ไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C ก็ควรเลือกฟิวส์ขนาดต่ำกว่าการเลือกแบบปกติ (ตามข้อ 1) เช่นกัน โดยหลักการทั่วไปกล่าวไว้ว่า ทุกๆอุณหภูมิ 20°C ที่สูงขึ้นหรือต่ำลงจากอุณหภูมิห้อง (25°C) ควรเลือกฟิวส์ขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลง 10-15% ตัวอย่างเช่น ถ้าค่ากระแสปกติในวงจรที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 1A โดยหากนำไปใช้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ควรเลือกฟิวส์ขนาด 1.5A (ค่า 135% ของกระแสดังกล่าวคือ $1.35 \times 1A = 1.35A$ โดยเลือกขนาดมาตรฐานถัดไปคือ 1.5A) แต่ถ้าหากนำไปใช้ที่อุณหภูมิ 65°C ก็ต้องเพิ่มขนาดฟิวส์ไปอีกประมาณ 30% ซึ่งก็คือควรเลือกฟิวส์ขนาด 2A (ค่า 130% ของ 1.35A ก็คือ $1.3 \times 1.35 = 1.755A$ โดยเลือกขนาดมาตรฐานถัดไปก็คือ 2A)

2.5 Terminal

เทอร์มินอลทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อสายไฟในจุดที่เชื่อมต่อยากทำให้เราสามารถเชื่อมต่อได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 2.24 เทอร์มินอลชนิดต่างๆ

2.6 Speed Controller

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive : VSD) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวะของโหลด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในขบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบปั้มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ อุปกรณ์ VSD ใช้เทคโนโลยีแบบ Voltage Vector Control (VVC) ทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนในตัวมอเตอร์ (Derating) และมีอุปกรณ์กำจัดสัญญาณรบกวน (Harmonics Filters) ที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องป้องกันการรบกวนสัญญาณควบคุม และยังส่งผลดีในการประหยัดพลังงานอีกด้วย

- VSD นำมาใช้กับงานอะไรบ้าง

VSD ได้นำมาใช้อย่างแพร่หลายในทางอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนและงานทั่วไปในระบบปั้มน้ำและระบบปรับอากาศ อาทิ

- 1) งานด้านการผลิตในอุตสาหกรรม
 - เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมทุกประเภทที่ใช้มอเตอร์เป็นแรงขับเคลื่อน
 - ระบบสายพานลำเลียง
 - กระบวนการผลิตที่ต้องการควบคุมประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิตให้คงที่
 - อื่น ๆ
- 2) งานทั่วไปที่มีมอเตอร์เป็นตัวกำเนิดพลังงานกล
 - ระบบควบคุมปั้มน้ำ พัดลม
 - ระบบปรับอากาศในโรงงาน และอาคารขนาดใหญ่
 - การลำเลียง เช่น ลิฟท์ขนส่ง บันไดเลื่อน

เอกสารนี้เป็นระบบอัตโนมัติ ระบบกำจัดคาร์บอนมอนอกไซด์ในตู้จ้อตรถ ฯลฯ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อะไรคือข้อดีของการใช้ VSD ?

1) สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้จากเดิมซึ่งคงที่ ทั้งมอเตอร์ ปั้มน้ำ และพัดลม ทำให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมตามความต้องการทำงานในแต่ละลักษณะ และยังทำการควบคุมแบบ Closed Loop Control เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพคงที่อยู่ตลอดเวลา

2) เพิ่มคุณภาพของชิ้นงานให้ถูกต้องตามความต้องการ และลดต้นทุนในการผลิต

3) ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องจักร และป้องกันการสูญเสียของมอเตอร์ พัดลม และปั้มน้ำ

4) ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มต้น ทำให้ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า โดยเฉพาะมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่

5) ประหยัดพลังงาน โดยใช้พลังงานตามความจำเป็นของโหลด

2.7 Photo Sensor

Photo sensor คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด มีระยะตรวจจับวัตถุไกล เวลาตอบสนองรวดเร็ว ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับสูง และตรวจจับวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส ตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ

2.7.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

- สามารถตรวจจับวัตถุแบบไม่ต้องสัมผัส
- สามารถตรวจจับวัตถุมากกว่า 10 เมตร
- สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด
- สามารถตรวจจับ สี, ขนาด, ความลึก, ตำแหน่ง, พื้นที่, และ อื่นๆ
- แสดงการตอบสนองโดยการกระพริบของ LED
- ความละเอียดสูง

ข้อควรระวังในการใช้เซนเซอร์ชนิดนี้คือ ฝุ่นละอองจะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับ ดังนั้นในการเลือกพื้นที่ในการติดตั้ง หรือการนำไปใช้งานควรคำนึงถึงเรื่องฝุ่นละอองด้วย

2.7.2 ส่วนประกอบ

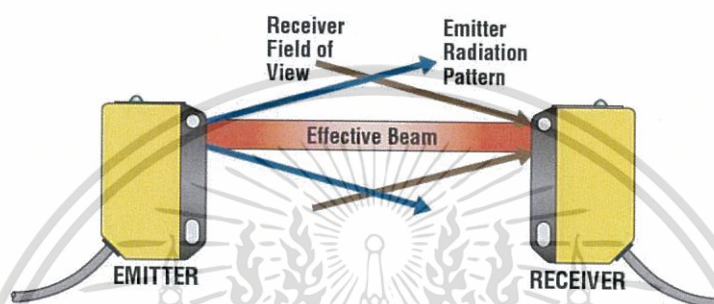
- Emitter (ตัวส่งสัญญาณ) : ประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง, หลอด LED และตัวสร้างสัญญาณมอดูเลสที่อัตราเร็วสูง ส่งเป็นแสงไปยังตัวรับสัญญาณ
- Receiver (ตัวรับสัญญาณ) : ประกอบด้วย ตัวรับแสงเพื่อแปลงสัญญาณ และส่วนของสวิทช์ ทำหน้าที่เป็น Output
- Range (ช่วงสัญญาณ) : ตัวกำหนดระยะการทำงานของเซนเซอร์ หรือระยะการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Opposed mode คือ ระยะจากตัวส่งถึงตัวรับสัญญาณ
- Retroreflective mode คือ ระยะจากเซ็นเซอร์ถึงแผ่นสะท้อน
- Proximity mode คือ ระยะจากเซ็นเซอร์ถึงวัตถุที่ต้องการตรวจจับ

2.7.3 ลักษณะการทำงาน

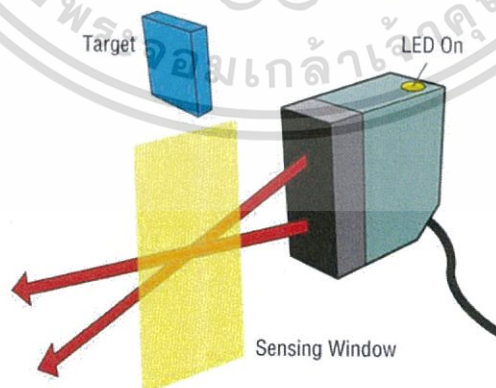
- Effective beam : แสงที่ใช้ในการตรวจจับ
- Radiation pattern : พื้นที่ทั้งหมดของการส่งพลังงานออกมาเพื่อตรวจจับ
- Field of view : พื้นที่ของการตอบสนองการทำงาน



ภาพที่ 2.25 ลักษณะการทำงานของ Photo Sensor

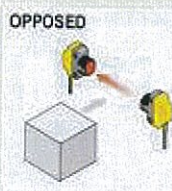
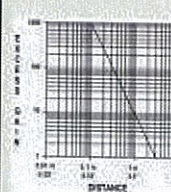
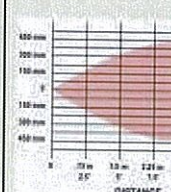
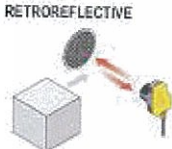
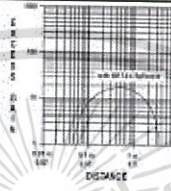
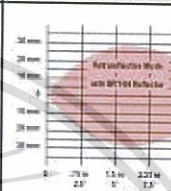
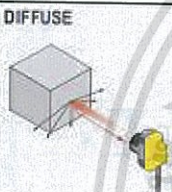
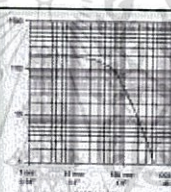


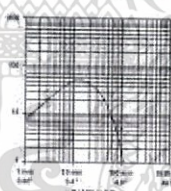

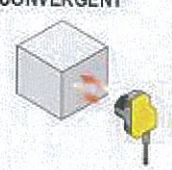
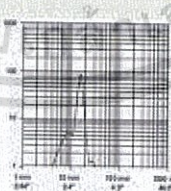


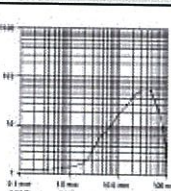

2.7.4 Application

การประยุกต์ใช้งานสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งติดตั้งในไลน์การผลิตเพื่อตรวจสอบการบรรจุสินค้า การตรวจเช็คสินค้า หรือแม้กระทั่งใช้เป็นเซ็นเซอร์ตรวจการผ่านของรถ และปัจจุบันมีโฟโต้เซ็นเซอร์ หลายรุ่นหลายแบรนด์ ให้เลือกใช้ รวมทั้งมีทั้งแบบกันน้ำ กันฝุ่น ซึ่งแน่นอนว่าราคาย่อมแตกต่างกัน ดังนั้นก่อนตัดสินใจซื้อควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและการนำไปใช้งานกันให้ดีกว่า



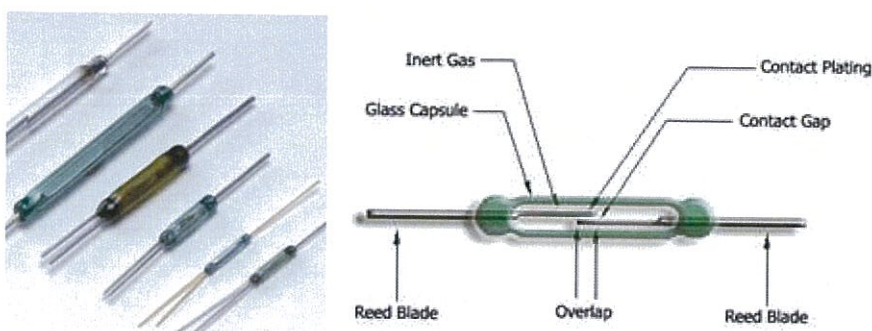
ภาพที่ 2.26 การนำ Photo Sensor มาประยุกต์ใช้

ตารางที่ 2.13 ลักษณะการใช้งาน

Configuration	Features	Excess Gain	Beam Pattern
 <p>OPPOSED</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เชื้อถือได้ที่สุด สำหรับการตรวจจับวัตถุที่แสง - ค่า excess gain สูง ทำให้ระยะตรวจจับไกล - ประสิทธิภาพดี แม้สภาพแวดล้อมมีสิ่งปนเปื้อน เช่น ต้น ควัน เป็นต้น - ทำงานได้ขณะมีการติดตั้งแนว 		
 <p>RETROREFLECTIVE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สะดวกเมื่อมีพื้นที่ติดตั้งจำกัด - ค่า excess gain สูง ทำให้ระยะตรวจจับไกล 		
 <p>DIFFUSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สะดวกเมื่อมีพื้นที่ติดตั้งจำกัด - ใช้ในงานที่มีการสะท้อนของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ 		
 <p>DIVERGENT</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สะดวกเมื่อมีพื้นที่ติดตั้งจำกัด - ประสิทธิภาพดี แม้ตรวจจับวัตถุไม่ตรงแสงในระยะจับ - ใช้ในงานที่มีการสะท้อนของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ - เชื้อถือได้ในการตรวจจับผิวมันหรือผิวขรุขระ 		
 <p>CONVERGENT</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ตรวจสอบตำแหน่งที่ถูกต้อง - ความสามารถออกเสียงในการตรวจสอบเครื่องหมายหรือวัตถุขนาดเล็ก - ใช้ในการตรวจจับขอบของวัตถุ - ค่า excess gain สูง ทำให้ตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนของแสงต่ำได้ 		
 <p>BACKGROUND SUPPRESSION</p>	<ul style="list-style-type: none"> - กำหนดระยะ ตรวจจับที่แน่นอน ไม่สนใจในหลัง - ค่า excess gain สูง ทำให้ตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนของแสงต่ำได้ - ตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนแสงต่ำกันได้ 		

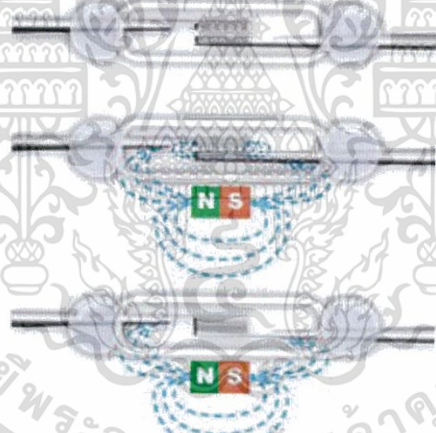
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Reed Switch



ภาพที่ 2.27 รีดสวิตช์และส่วนประกอบของรีดสวิตช์

รีดสวิตช์ (Reed switch) คือ แม่เหล็กเซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัส ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้ว จะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO) สวิตช์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเห็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็กๆที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย เพื่อให้การตัดต่อกระแสไฟฟ้าได้เร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.28 การทำงานของรีดสวิตช์

รีดสวิตช์ คือ สวิตช์ที่ควบคุมการทำงานโดยใช้แม่เหล็ก ในการใช้งาน จะยึดรีดสวิตช์ไว้ที่ตัวกระบอกสูบ โดยตัวกระบอกสูบต้องทำจากอลูมิเนียม ลูกสูบต้องมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งการใช้รีดสวิตช์มีความสะดวกในเรื่องของการติดตั้งที่ง่ายกว่าลิมิตสวิตช์ทั่วไป

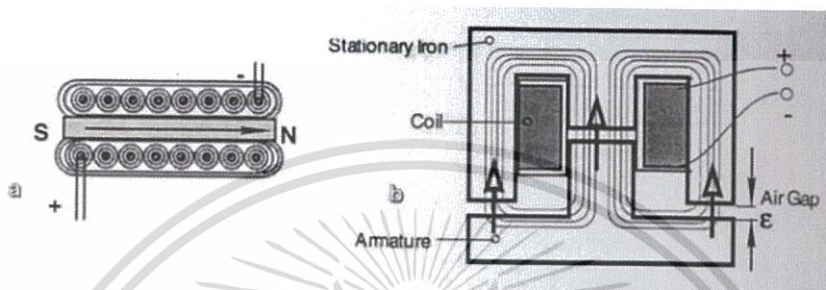
การทำงาน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสู่สุด อำนาจแม่เหล็กที่ตัวลูกสูบจะไปดึงดูดให้หน้าคอนแทคของรีดสวิตช์ต่อกัน ซึ่งปกติหน้าคอนแทคจะเป็นหน้าคอนแทคปกติเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกัตำแหน่งของรีดสวิตช์ รีดสวิตช์ก็จะปิดวงจร และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ตัวนอก อำนาจแม่เหล็กของลูกสูบก็จะดึงดูดให้รีดสวิตช์ปิดวงจรเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 Solenoid Valve

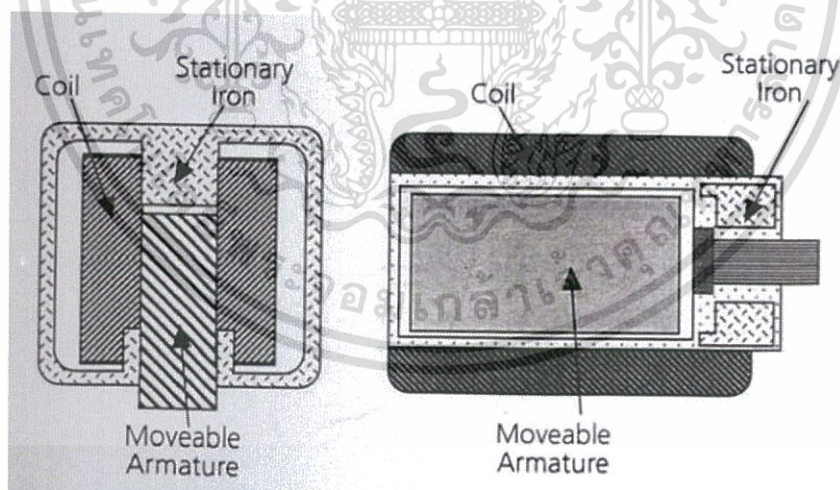
- หลักการทำงานเบื้องต้นของโซลินอยด์วาล์ว

หากพันขดลวดบนแกนเหล็ก แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดจนทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ขดลวดนั้น และผลรวมของสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดเป็นขั้วเหนือ และขั้วใต้บนแกนเหล็ก ดังแสดงในรูป



ภาพที่ 2.29 หลักการทำงานเบื้องต้นของโซลินอยด์วาล์ว

หากพันขดลวดบนแกนรูปตัว E ซึ่งเป็นแกนเหล็กที่อยู่กับที่ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าขดลวดจะเกิดเป็นอำนาจแม่เหล็กดูดแกนเหล็กรูปตัว T ขึ้นด้านบน จากหลักการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวาล์วได้



ภาพที่ 2.30 โครงสร้างของโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำลังที่ใช้ในการเลื่อนและรักษาตำแหน่ง (Inrush and Holding Power)

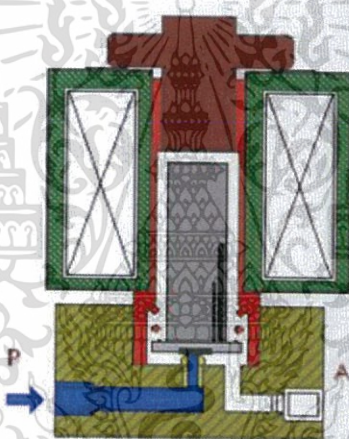
ตารางที่ 2.14 เปรียบเทียบค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ใช้ในการเลื่อนและรักษาตำแหน่งของวาล์ว 2 รุ่น

Solenoid Type frequency	Inrush Power VA		Holding Power VA		DC Power W
	50Hz	60Hz	50Hz	60z	
VH	4.5	4.2	3.5	3.0	1.8
VF	5.6	5.0	3.4	2.3	1.8

ตารางที่ 2.14 เป็นการเปรียบเทียบค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ใช้ในการเลื่อนและรักษาตำแหน่งของวาล์ว 2 รุ่น คือ VH และ VF นอกจากนั้นในกรณีที่ความถี่ต่างกัน ค่าที่ได้จากวาล์วตัวเดียวกันก็ยังคงแตกต่างกันอีกด้วย

- การเลื่อนวาล์วโดยใช้สนามแม่เหล็กโดยตรง (Direct Operation)

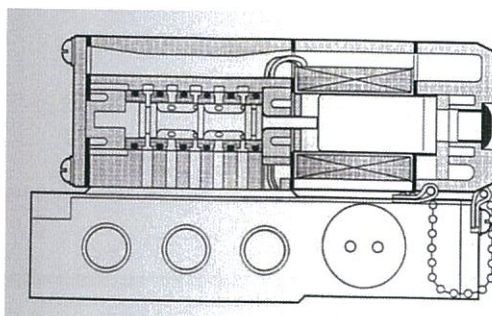
ตัวอย่าง : วาล์ว 2/2 เลื่อนตำแหน่งด้วยไฟฟ้ากลับสู่สภาพเดิมด้วยสปริง (รูปด้านล่าง)



ภาพที่ 2.31 โซลินอยด์วาล์ว 2/2

ในสภาพที่ปกติความดันลมจากด้านซ้ายมือไม่สามารถผ่านไปด้านมือขวาได้ เนื่องจากแรงสปริงที่แกนเหล็ก (Armature) กดปิดลิ้นวาล์วอยู่แต่เมื่อไรก็ตามที่ใส่ไฟเข้าที่โซลินอยด์แกนเหล็กจะถูกอำนาจแม่เหล็กดูดให้เคลื่อนที่ขึ้นส่งผลให้ลิ้นวาล์ว ความดันลมสามารถผ่านไปอีกด้านหนึ่งได้ และหากตัดไฟที่โซลินอยด์ก็จะหมดอำนาจ แม่เหล็กสปริงจะดันแกนเหล็กกลับสู่สภาพปกติ

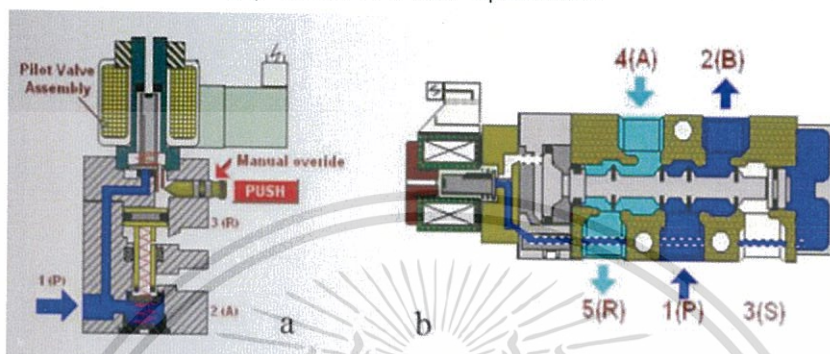
- วาล์วกำลังหรือเมนวาล์ว (Power Valves)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ภาพที่ 2.32** วาล์วกำลังนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

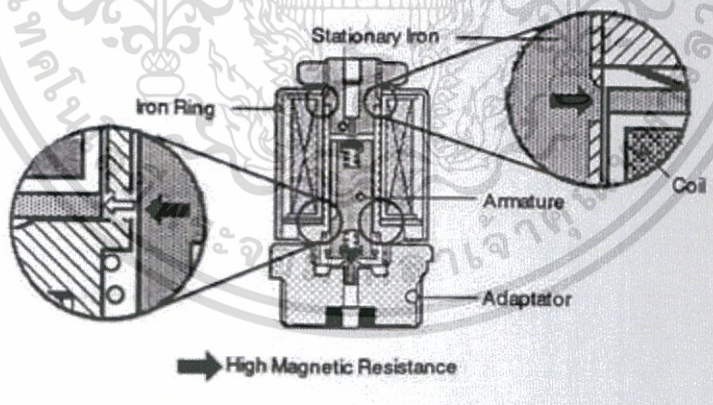
วาล์วประเภทนี้โดยส่วนมากจะใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำงานโดยตรง ดังนั้นความดันและปริมาณลมที่ไหลผ่านวาล์วประเภทนี้จึงค่อนข้างสูง เมื่อเป็นเช่นนี้หากใช้ไฟฟ้าเพื่อเลื่อนวาล์วโดยตรงจำเป็นต้องลดแรงเสียดทานให้น้อยลงที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้โดยในที่นี้จะใช้ Metal seal และระยะในการเลื่อนหรือเปลี่ยนตำแหน่งต้องน้อย

- การเลื่อนวาล์วโดยใช้สัญญาณลมช่วย (Pilot Operation)



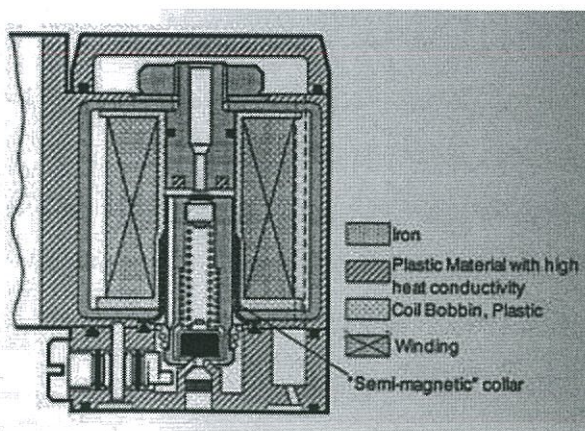
ภาพที่ 2.33 การเลื่อนวาล์วโดยใช้สัญญาณลมช่วย

วาล์วในภาพที่ 2.34 ต้องการเทคโนโลยีขั้นสูง และระยะเวลาในการผลิต จึงเป็นเหตุให้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นหากมาพิจารณาวาล์วที่มีโครงสร้างแบบธรรมดา แทนที่จะใช้สัญญาณไฟฟ้าเลื่อนวาล์วเพียงอย่างเดียวก็ใช้ความดันลมเป็นตัวช่วยในการเลื่อนวาล์วด้วย เพื่อเป็นการประหยัดกำลังไฟฟ้าลง



ภาพที่ 2.34 วาล์วที่มีโครงสร้างแบบธรรมดา

จากภาพที่ 2.34 จะเห็นว่าเกิดการสูญเสียเส้นแรงแม่เหล็ก ณ จุดต่างๆ ดังวงกลมในภาพ นอกจากนี้ช่องว่างอากาศทำให้เกิดเป็นค่าความต้านทานในวงจรแม่เหล็กอีกด้วย รวมทั้งความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ด้วยเหตุนี้จึงมีการปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างของโซลินอยด์วาล์วให้ดียิ่งขึ้นดังภาพที่ 2.35



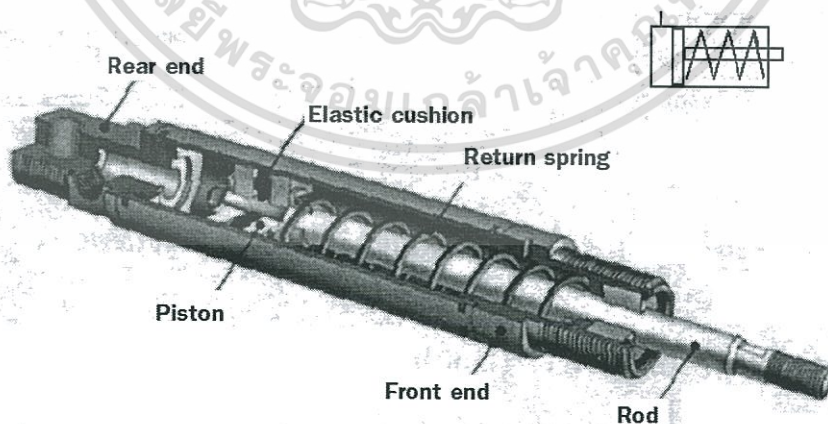
ภาพที่ 2.35 วาล์วที่มีการปรับปรุง

จากภาพที่ 2.35 โครงสร้างภายนอกจะทำด้วยพลาสติกที่สามารถระบายความร้อนได้ดี ส่วน “Semi-magnetic” เป็นตัวช่วยลดความต้านทานที่เกิดขึ้นในวงจรแม่เหล็ก ทำให้ประสิทธิภาพหรืออำนาจแม่เหล็กสูงขึ้น

2.10 Air Cylinders

2.10.1 กระบอกสูบทางเดียว (Single-acting cylinder)

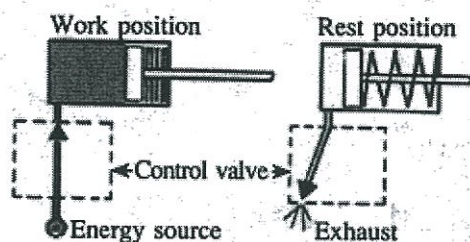
อุปกรณ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงและมีก้านสูบที่เคลื่อนที่ไปตามแกนกลางที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่วและมีสปริงอยู่ระหว่างก้านสูบกับกระบอกสูบดังแสดงในภาพที่ 2.36 และมีส่วนประกอบต่างดังแสดงในตารางที่ 2.15 ระยะเวลาเคลื่อนที่ของก้านสูบมีค่าคงที่ขึ้นกับความยาวของกระบอกสูบ การสั่งงานให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้เพียงทิศทางเดียว ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบในทิศทางต้านกับแรงกระทำของสปริง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และเมื่อหยุดจ่ายลมอัดให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งปกติด้วยแรงกระทำจากสปริงดังแสดงในรูปที่ 2.37



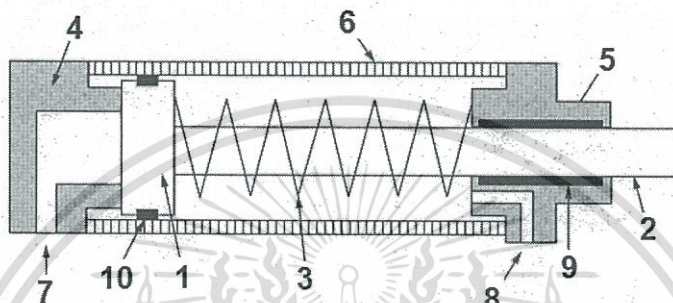
ภาพที่ 2.36 แสดงองค์ประกอบภายในและหลักการทำงานของกระบอกสูบทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single-acting cylinder



ภาพที่ 2.37 แสดงการสั่งงานให้กระบอกสูบทางเดียว



ภาพที่ 2.38 โครงสร้างภายในของกระบอกสูบทางเดียว (รายละเอียดดังตารางที่ 2.14)
ตารางที่ 2.15 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ (piston)
2	ก้านสูบ (piston rod)
3	สปริงดันกลับ (Return Spring)
4	ฝาครอบท้าย (base end cover)
5	ฝาครอบหัว (head end cover)
6	กระบอกสูบ (cylinder tube)
7	รูต่อลม (pressure connector)
8	บุชก้านสูบ (bush and sealing element)
9,10	ซีลลูกสูบ (piston seal)

กระบอกสูบแบบทางเดียวมีให้เลือก 2 ลักษณะ คือ แบบปกติเข้า หรือแบบปกติออก ซึ่งการเข้าหรือออกขึ้นอยู่กับตำแหน่งสปริงภายใน แสดงดังภาพที่ 2.39

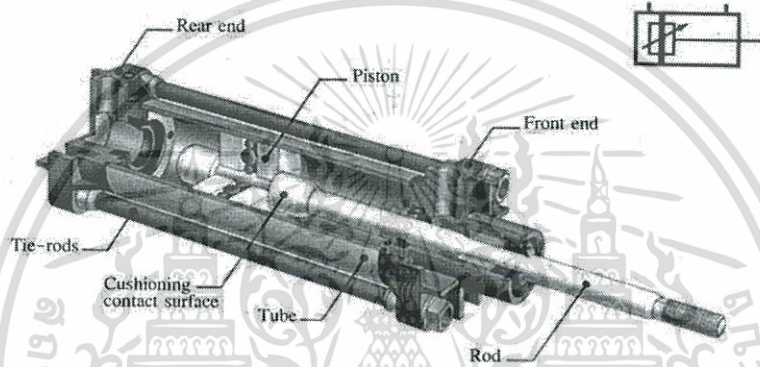


ภาพที่ 2.39 แสดงสัญลักษณ์ของกระบอกสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก

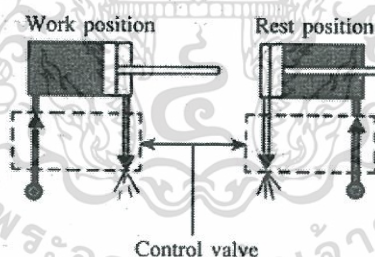
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 กระบอกลูกสูบสองทาง Double-acting cylinder

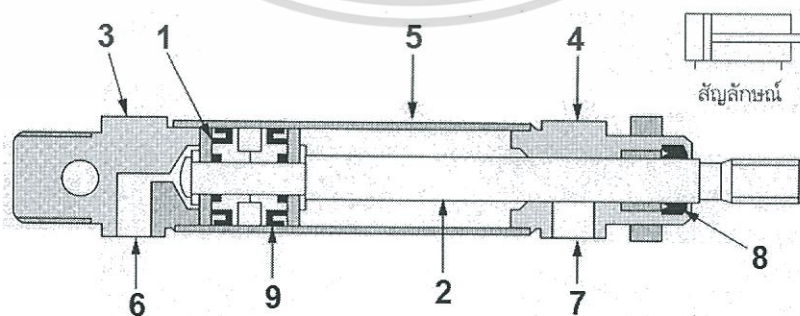
กระบอกลูกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานและรูปลักษณ์ภายนอกเช่นเดียวกับกระบอกลูกสูบทางเดียว แตกต่างเฉพาะภายในดังภาพที่ 2.40 และสามารถสั่งงานได้ทั้งสองทิศทาง ด้วยการจ่ายลมอัดเข้าที่หัวกระบอกลูกสูบหรือที่ท้ายกระบอกลูกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าหรือออก เมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ท้ายกระบอกลูกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอกลูกสูบออกทางด้านหัวกระบอกลูกสูบ แสดงการทำงานดังภาพที่ 2.41 เมื่อไม่มีลมอัดจ่ายให้กระบอกลูกสูบ ก้านสูบจะหยุดค้างอยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่เคลื่อนที่และสามารถใช้มือดึงก้านสูบได้เคลื่อนไปมาได้โดยอิสระ แสดงส่วนประกอบภายในของกระบอกลูกสูบสองทางดังภาพที่ 2.42 และตารางที่ 2.16 แสดงชื่อส่วนประกอบภายในของกระบอกลูกสูบ



ภาพที่ 2.40 แสดงองค์ประกอบภายในของกระบอกลูกสูบสองทาง
Double-acting cylinder



ภาพที่ 2.41 แสดงหลักการทำงานภายในของกระบอกลูกสูบสองทางเมื่อจ่ายลมอัดภายใน

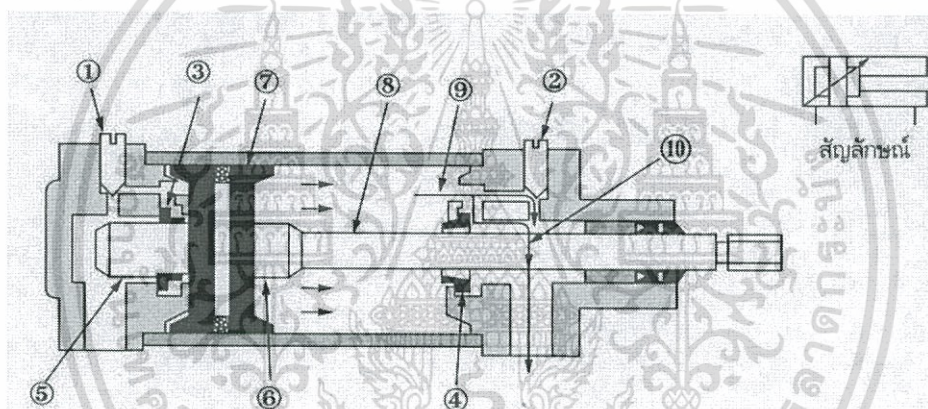


ภาพที่ 2.42 โครงสร้างภายในของกระบอกลูกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

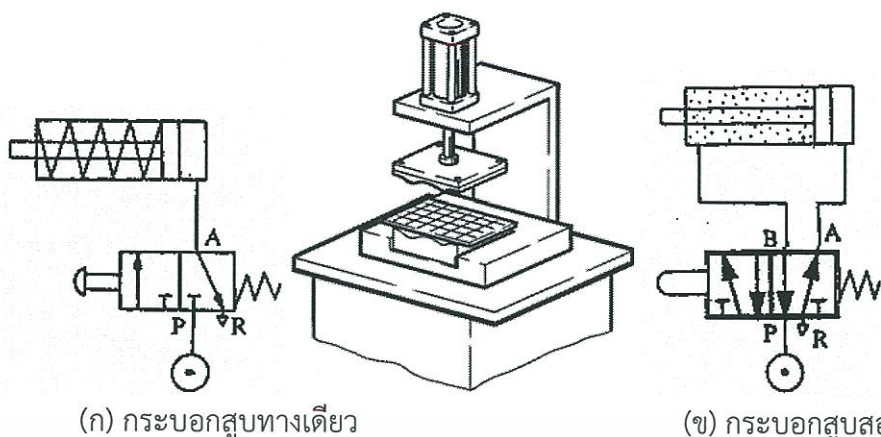
ตารางที่ 2.16 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง

หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ (piston)
2	ก้านสูบ (piston rod)
3	ฝาครอบท้าย (base end cover)
4	ฝาครอบหัว (head end cover)
5	กระบอกสูบ (cylinder tube)
6	รูต่อลมด้านลูกสูบ (pressure connector , base side)
7	รูต่อลมด้านก้านสูบ (pressure connector , head side)
8	ซีลก้านสูบ (bush and sealing element)
9	ซีลลูกสูบ (piston seal)



ภาพที่ 2.43 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางที่มีอุปกรณ์ป้องกันการกระแทก

จากรูปที่ 2.43 เป็นกระบอกสูบสองทางที่มีอุปกรณ์กันการกระแทก เพื่อป้องกันความเสียหายจากการชนของก้านสูบกับกระบอกสูบ เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงหรือเมื่อมีการใช้งานลมอัดความดันสูง หลักการในการลดความเร็วของก้านสูบมีดังนี้ คือ ปกติลมอัดภายในกระบอกสูบจะระบายออกทางเส้นทางหมายเลข 9 และ 10 โดยสะดวก แต่เมื่อเตื่อย(6) เคลื่อนที่มาดันซีล(4) จะปิดทางลมหมายเลข 10 ทำให้ความเร็วของก้านสูบก่อนการกระแทกจะลดลง เนื่องจากลมจะระบายออกจากกระบอกสูบได้เฉพาะเส้นทางหมายเลข 9 ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหลเส้นทางหมายเลข 9 ได้ จากการปรับวาล์วหรือลม(2) ทำให้เกิดแรงต้านจากลมอัดที่ค้างอยู่ภายในกระบอกที่ไม่สามารถระบายออกอย่างรวดเร็วได้

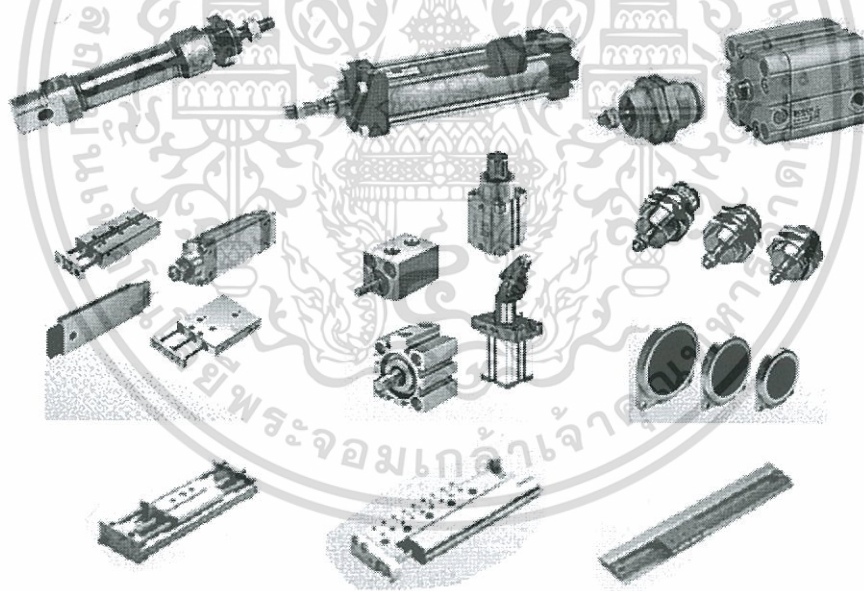


(ก) กระบอกสูบทางเดียว

(ข) กระบอกสูบสองทาง

ภาพที่ 2.44 ตัวอย่างการใช้งานกระบอกสูบสองทางและทางเดียวในเครื่องปั๊มขึ้นรูป

ภาพที่ 2.44 จะเห็นได้ว่าการใช้งานกระบอกสูบชนิดควบคุมทิศทางเดียวหรือสองทางนั้นสามารถนำมาใช้งานได้เหมือนกัน แต่วิธีการควบคุมและอุปกรณ์ที่ใช้แตกต่างกัน กระบอกสูบที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลากหลายชนิด อาทิเช่น ความยาวช่วงชักตั้ง 1 mm จนถึง 1 m หรือเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 mm จนถึง 30 cm เป็นต้น ดังแสดงภาพถ่ายกระบอกสูบชนิดต่าง ๆ ในภาพที่ 2.45



ภาพที่ 2.45 แสดงตัวอย่างกระบอกสูบชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 Conveyor



ภาพที่ 2.46 แสดงสายพาน (Conveyor)

ระบบสายพานลำเลียง Belt Conveyor System เป็นระบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นงาน ทุกชนิด

ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor) คือ อุปกรณ์ลำเลียง (Conveyor) ที่ใช้สายพาน (Belt) เป็นตัวนำพาวัสดุ ระบบสายพานลำเลียงทำหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หลังจากวัสดุหรือชิ้นงานผ่านกระบวนการตามขั้นตอนมา เมื่อมาถึงการขนย้ายหรือลำเลียงก็จะใช้ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor System) ในการเคลื่อนย้ายวัสดุหรือชิ้นงาน

ดังนั้น ระบบสายพานลำเลียงจึงเหมาะสมสำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ที่ใช้ระบบสายพานลำเลียงในกระบวนการผลิต

ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor System) มี 4 ประเภท

- 1) ระบบสายพานลำเลียง Plastic Belt Conveyor System (แบบพลาสติก)

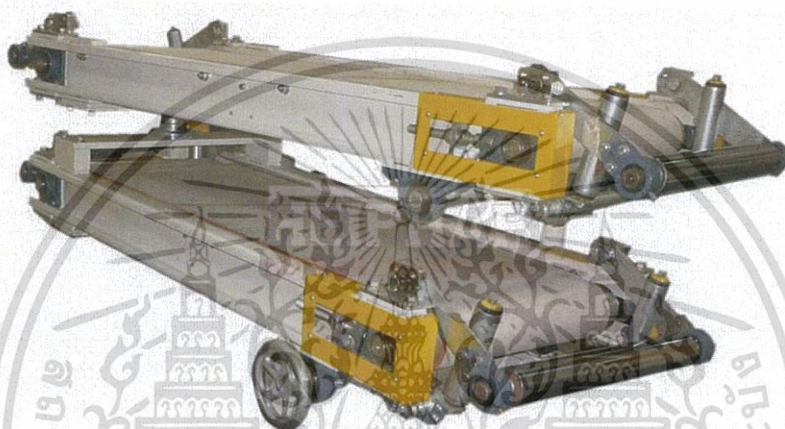


ภาพที่ 2.47 ระบบสายพานลำเลียง แบบพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสายพานลำเลียง Plastic Belt Conveyor System (แบบพลาสติก) สำหรับลำเลียงชิ้นงานหรือวัสดุขึ้นในแนวลาดเอียง ในไลน์การผลิตที่มีการลำเลียงต่างระดับ ระบบสายพานลำเลียงแบบพลาสติก สามารถลำเลียงผ่านน้ำหรือลำเลียงชิ้นงานที่เปียกได้ และยังไม่เป็นสนิม ลักษณะการทำงานของระบบสายพานลำเลียงแบบพลาสติก จะลำเลียงจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง โดยการลำเลียงจะมีลักษณะแนวลาดเอียง ลำเลียงจากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูง องศาลาดเอียงของระบบสายพานลำเลียงแบบพลาสติก จะเริ่มตั้งแต่ 10 องศา และไม่เกิน 45 องศา เหมาะสำหรับงานลำเลียงประเภทยาง, อาหาร, บรรจุภัณฑ์หีบห่อ หรือ ลำเลียงสิ่งของที่ต้องผ่านเครื่อง X-Ray

2) ระบบสายพานลำเลียง Canvas Belt Conveyor System (แบบผ้าใบ)



ภาพที่ 2.48 ระบบสายพานลำเลียง แบบผ้าใบ

ระบบสายพานลำเลียง Canvas Belt Conveyor System (แบบผ้าใบ) สำหรับลำเลียงชิ้นงานหรือวัสดุ ระบบสายพานลำเลียงแบบผ้าใบ สามารถทนความร้อนได้และความยืดหยุ่นค่อนข้างน้อยเมื่อรับแรงดึง ลักษณะการทำงานของระบบสายพานลำเลียงแบบผ้าใบจะลำเลียงจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง โดยสามารถขยับตัวระบบลำเลียงให้ตรงกับไลน์การผลิตได้ เหมาะสำหรับงานลำเลียงประเภทยาง , อาหาร เป็นต้น

3) ระบบสายพานลำเลียง PVC Belt Conveyor System (แบบ PVC)



ภาพที่ 2.49 ระบบสายพานลำเลียง แบบPVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสายพานลำเลียง PVC Belt Conveyor System (แบบ PVC) สำหรับลำเลียงชิ้นงานหรือวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ระบบสายพานลำเลียงแบบ PVC สามารถทนความร้อนได้และราคาถูกลักษณะการทำงานของระบบสายพานลำเลียงแบบ PVC จะลำเลียงจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเหมาะสำหรับงานลำเลียงในอุตสาหกรรมอาหาร สินค้าที่บรรจุหีบห่อที่มีน้ำหนักเบาและต้องการความสะอาด

4) ระบบสายพานลำเลียง Metal Detector Belt Conveyor System



ภาพที่ 2.50 ระบบสายพานลำเลียง แบบเครื่องตรวจหาโลหะ

ระบบสายพานลำเลียง Metal Detector Belt Conveyor System (เครื่องตรวจหาโลหะ) มีระบบสายพานลำเลียง 2 แบบ คือ 1.แบบพลาสติก 2. แบบ PVC สำหรับลำเลียงชิ้นงานหรือวัสดุเข้าเครื่องตรวจหาโลหะ หลังจากชิ้นงานหรือวัสดุผ่านกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ มาแล้ว เมื่อมาถึงเครื่องตรวจหาโลหะ ในรูปแบบบรรจุภัณฑ์หรือรูปแบบชิ้นงาน เช่น ซองพลาสติก กล่องกระดาษ ขวดแก้ว ยาง เครื่องตรวจหาโลหะใช้พลังงานแม่เหล็ก โดยทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (Electro Magnetic Field) เมื่อมีโลหะ เช่น เหล็กปนอยู่ในแผ่นยาง เครื่องจะทำการแจ้งเตือนในรูปแบบต่างๆ เช่น ร้องเตือน ผลักออก หรือหยุดเครื่อง

2.12 สายไฟ

สายไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่นั้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ

2.12.1 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) คือ ส่วนที่เป็นทางเดินของอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้านั่นเอง เพื่อไปยัง Load ทำให้เกิดงานขึ้นองค์ประกอบที่ใช้ทำตัวนำ จะแบ่งได้ 2 อย่างซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

2.12.1.1 ทองแดง (Copper) จะใช้ในงานทั่วไปทั้งภายนอกและภายในอาคาร และจะต้องมีส่วนผสมของทองแดงไม่น้อยกว่า 98% จะมีข้อดี คือ ทองแดงเป็นโลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่าเมื่อเทียบกับอะลูมิเนียม (สายไฟที่ดีที่สุดในการเป็นตัวนำ คือทองบริสุทธิ์และเงินบริสุทธิ์ตามลำดับ) ซึ่งทองแดงนั้นมีความแข็งแรง เหนียว และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ทองแดงก็ยังมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียที่น้ำหนักและราคาสูงกว่าอะลูมิเนียม เพราะฉะนั้นทองแดงจึงไม่เหมาะสำหรับงานทางด้านไฟฟ้าแรงดันสูง

2.12.1.2 อะลูมิเนียม (Aluminium) จะใช้งานเกี่ยวกับสายไฟฟ้าแรงสูง ในระบบสายส่ง และส่วนมากจะใช้เป็นสายเปลือยและต้องมีส่วนผสมของอะลูมิเนียมไม่น้อยกว่า 99.3% ข้อดีของมันเมื่อเทียบกับทองแดงคือน้ำหนักเบาและราคายังถูกกว่าถ้าทิ้งอะลูมิเนียมไว้ในอากาศจะทำให้เกิดออกไซด์ชั้นที่อะลูมิเนียมแต่ตัวออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นเหมือนฟิล์มที่ใช้เคลือบสายไฟเพื่อป้องกันการกัดกร่อนแต่การเชื่อมต่อนั้นจะเป็นไปได้ยาก

2.12.2 ฉนวน (Insulated) คือ ส่วนที่เป็นตัวป้องกันการสัมผัสกับสายไฟโดยตรง โดยสภาพแล้วฉนวนจะไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ฉนวนจะต้องสามารถป้องกันตัวนำไฟฟ้าจากความร้อนหรือของเหลวที่สามารถกัดกร่อน 6 ตัวนำไฟฟ้า และสามารถกันน้ำได้ดี ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้าต้องมีความต้านทานสูง ต้องไม่ถูกกรดหรือด่างกัดกร่อนได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 0 - 200 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องไม่ดูดความชื้นในอากาศ ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดได้แก่ แร่ใยหิน ยางทนความร้อน พลาสติก แต่วัสดุที่นิยมคือ 1. PVC (Polyvinyl Chloride) 2. XLPE (Cross Linked Polyethylene)

2.12.3 ประเภทของสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าจะแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

2.12.3.1 สายเปลือย (Bare Wire) คือ สายไฟฟ้าที่ปราศจากสิ่งใดๆ มาหุ้มที่ตัวนำ สายไฟชนิดนี้ค่อนข้างจะอันตราย สามารถที่จะทำการแบ่งตามการใช้งานได้อีก

- ชนิดที่ใช้เกี่ยวกับเครื่องจักรกลไฟฟ้า เช่น ลวดตัวนำที่พันอยู่ในมอเตอร์
- ชนิดที่ใช้กับระบบสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูง



ภาพที่ 2.51 สายเปลือย

2.12.3.2 สายหุ้มฉนวน (Insulated Wire) จะเป็นสายไฟฟ้าที่ใช้งานกันโดยทั่วไปตามบ้านพักอาศัย ตามโรงงานอุตสาหกรรมและอื่นๆ



ภาพที่ 2.52 สายหุ้มฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลข 1 คือ ตัวนำไฟฟ้า

เลข 2 คือ ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้า

มาตรฐานของสายไฟฟ้า ที่ใช้ในปัจจุบันนี้คือ

AWG = American Wire Gauge

BWG = Birmingham Iron Wire Gauge

SWG = British Standard Wire Gauge

mm. G = Millimeter Gauge

2.12.4 มาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทย คือ AWG และ SWG มาตรฐานที่ระบุทั้ง 4 เป็นมาตรฐานที่ใช้วัดขนาดสายไฟฟ้าด้วยไวร์เกจเพื่อวัดว่าสายไฟฟ้ามี่ขนาดโตเท่าไร สีของฉนวนที่ใช้หุ้มสายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้งาน

1. Insulated 2 Core = เทา + ดำ หรือ ขาว + ดำ
2. Insulated 3 Core = เทา (ขาว) + ดำ + แดง
3. Insulated 4 Core = เทา (ขาว) + ดำ + แดง + น้ำเงิน
4. Ground = สายเขียว

2.12.5 การหาขนาดของสายไฟฟ้า ขนาดของสายไฟคิดเป็นพื้นที่หน้าตัดโดยที่พื้นที่หน้าตัดจะมีหน่วยเป็น เซอร์คิวลาร์มิล (Circular Mil.) สแควร์มิล (Square mm.) สแควร์อินซ์ (นิ้ว) (Square Inch) สายไฟส่วนมากจะกำหนดขนาดข้อมูลที่สำคัญๆ ได้บนสาย ยกตัวอย่างเช่น

750V PVC70C VCT 3 x 2.5 SQ. mm สามารถอธิบายได้ดังนี้

750V = เป็นสายไฟที่ทนแรงดันได้ 750 Volt

PVC = ฉนวนทำด้วย PVC

70 °C = ทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 70 °C

VCT = เป็นสายไฟชนิด VCT

3 x 2.5 SQ.mm = เป็นสายไฟที่มี 3 เส้น พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 2.5 SQ.mm และค่าสุดท้ายที่สำคัญคือค่า Voltage Drop เนื่องจากในสายไฟจะมีค่าต้านทานอยู่ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูญเสียในสายโดย เฉพาะการใช้งานที่สายยาว ๆ จะต้องคำนึงถึงจุดนี้ด้วยซึ่งสูตรที่ต้องใช้คือ

$$1 \text{ เฟส } 2 \text{ สาย } VD = 2.1(R\cos \theta + X\sin \theta)$$

$$3 \text{ เฟส } 4 \text{ สาย } VD = 3.1(R\cos \theta + X\sin \theta)$$

ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$VD = \text{Voltage Drop} = \text{แรงดันตก (V)}$$

$$I = \text{กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร (A)}$$

$$R = \text{ค่าความต้านทานทางเดียวของสายไฟฟ้า (Ohm)}$$

$$X = \text{ค่า Reactance ของสายไฟฟ้า (Ohm)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในบางครั้งการคำนวณสายไฟฟ้า อาจจะไม่ค่อยสะดวกนัก จึงได้มีการสร้างตาราง เพื่อหาค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการใช้งานไว้

ตารางที่ 2.17 ค่าต่างๆ ของสายไฟ

ขนาดสายไฟ mm ²	AC 1 เฟส 2 สาย		AC 3 เฟส 4 สาย	
	เดินในท่อโลหะ (mv/A/m)	เดินลอย (mv/A/m)	เดินในท่อโลหะ (mv/A/m)	เดินลอย (mv/A/m)
2.5	17.73	17.73	15.40	15.40
4	11.03	11.03	9.60	9.60
6	7.37	7.37	6.40	6.40
10	4.38	4.38	3.80	3.80
16	2.75	2.75	2.40	2.40
25	1.74	1.83	1.50	1.58
35	1.27	1.36	1.09	1.18
50	0.97	1.08	0.84	0.94
70	0.68	0.81	0.59	0.7
95	0.52	0.65	0.45	0.56
120	0.43	0.57	0.37	0.49
150	0.37	0.50	0.32	0.43

2.13 Hand Shaking

การจับมือ (Hand shaking) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นก่อนการส่งข้อมูลให้แก่กันระหว่าง 2 อุปกรณ์ เช่น ซีพียูต้องการส่งข้อมูลให้กับบัสของระบบ หรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเข้าไป ประมวลผลที่ซีพียู เป็นต้น Hand shaking จะเกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งคำร้องขอไปยังอุปกรณ์หนึ่งเพื่อขอสัญญาณว่างในการสื่อสาร บางครั้งผู้ส่งอาจจะต้องส่งคำร้องมากกว่าหนึ่งครั้ง ในกรณีที่ผู้รับไม่สามารถรับข้อมูลในขณะนั้นได้ โดยผู้ส่งจะต้องรอ และส่งคำขอร้องไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รับคำตอบรับจึงจะเริ่มต้นการส่งข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงกล่าวได้ว่า Hand shaking คือขั้นตอนก่อนการส่งผ่านข้อมูล

2.14 Switch

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ใช้ปิด - เปิด วงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สวิตช์จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในวงจร สวิตช์มีหลายรูปแบบ การเลือกใช้สวิตช์ต้องเลือกค่าทนกระแสและแรงดันไฟให้เหมาะสมกับงานหรือวงจร ในงานอิเล็กทรอนิกส์มีหลายรูปแบบ พอสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 สวิตช์โยก (Toggle Switch) คือ สวิตช์ที่ใช้ปิดเปิดวงจรด้วยการโยกขึ้น-ลง มีตั้งแต่ 2 ขา ถึง 6 ขา แบ่งตามลักษณะและโครงสร้างได้ดังนี้

2.14.1.1 สวิตช์ทางเดียว ขั้วเดียว (Single Pole Single Throw) สวิตช์แบบนี้เรียกย่อว่า SPST ปกติมี 2 ขา ใช้ทำหน้าที่ปิดเปิดวงจร

2.14.1.2 สวิตช์ทางเดียว 2 ขั้ว (Double Pole Single Throw) สวิตช์แบบนี้เรียกย่อว่า DPST มีขาใช้งาน 4 ขา ใช้ทำหน้าที่เปิด - ปิด วงจรได้ 2 ชุดพร้อมกัน

2.14.1.3 สวิตช์ 2 ทาง ขั้วเดียว (Single Pole Double Throw) สวิตช์แบบนี้เรียกย่อว่า SPDT มีขาใช้งาน 2 ขา ใช้ทำหน้าที่เปิด - ปิดวงจร การใช้ขา 2 ขาหรือจะใช้เป็นสวิตช์เลือก 2 ทางก็ได้

2.14.1.4 สวิตช์ 2 ทาง 2 ขั้ว (Double Pole Double Throw) สวิตช์แบบนี้เรียกว่า DPDT มีขาใช้งาน 6 ขา ใช้ทำหน้าที่ปิด - เปิดวงจร 2 ชุดพร้อมกัน โดยใช้ขา 4 ขา และสามารถใช้แทนสวิตช์แบบทางเดียว 2 ขั้วได้ด้วย



ภาพที่ 2.53 แสดงรูปสวิตช์โยกแบบต่าง ๆ

2.14.2 สวิตช์กระดก (Rocker Switch) หรือเรียกว่า สลักเกอร์สวิตช์ เป็นสวิตช์ขนาดใหญ่ ใช้เปิด - ปิด วงจร บางแบบมีหลอดไฟในตัวบางแบบไม่มีหลอดไฟ



ภาพที่ 2.54 แสดงรูปสวิตช์แบบกระดก

2.14.3 สวิตช์หมุน (Rotary Switch) เป็นสวิตช์เลือกหลายทาง นิยมเรียกว่า สวิตช์เลือก (Selector Switch) มากกว่าสวิตช์หมุน แบบที่มีใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คือ

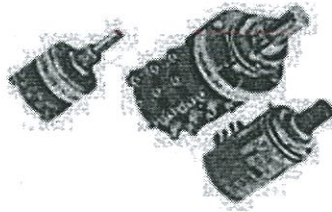
2.14.3.1 แบบ 12 ทาง 1 ชุด แบบนี้หมุนได้ 11 จังหวะ มีขาต่อใช้งาน 13 ขา ขากลางจะเป็นขาร่วม

2.14.3.2 แบบ 6 ทาง 2 ชุด แบบนี้หมุนได้ 5 จังหวะ มีขาร่วม 2 ขาแยก ออกจากกันแต่เลือกได้พร้อมกัน

2.14.3.3 แบบ 4 ทาง 3 ชุด แบบนี้หมุนได้ 3 จังหวะ มีขาร่วม 3 ขาแยก ออกจากกันมีลักษณะเหมือนมีสวิตช์ 4 ทาง 3 ตัวบนแกนเดียวกัน

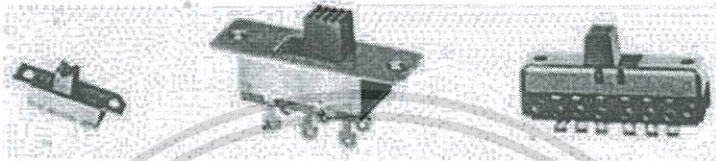
2.14.3.4 แบบ 3 ทาง 4 ชุด แบบนี้หมุนได้ 2 จังหวะ มีขาร่วม 4 ขาแยก ออกจากกัน มีลักษณะเหมือนมีสวิตช์ 3 ทาง 4 ตัวบนแกนเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.55 แสดงรูปสวิตช์หมุน หรือ สวิตช์เลือก

2.14.4 สวิตช์เลื่อน (Side Switch) สวิตช์จะมีลักษณะเหมือนสวิตช์โยก แต่ไม่มีแกนเหมือนสวิตช์โยก ใช้ทำหน้าที่ปิด-เปิด วงจรเหมือนสวิตช์โยก



ภาพที่ 2.56 แสดงรูปสวิตช์เลื่อน

2.14.5 สวิตช์กด (Push Switch) สวิตช์กดเวลาใช้งานจะต้องกดปุ่มหรือแกนที่ยื่นออกมาจากตัวสวิตช์ ลักษณะการกดมีหลายลักษณะคือ

2.14.5.1 แบบกดติดปล่อยดับ สวิตช์แบบนี้ถ้าไม่กดจะไม่ต่อวงจรนั้น คือ วงจรเปิด เมื่อกดปุ่ม หรือแกนจะทำให้วงจรปิด (ต่อวงจร)

2.14.5.2 แบบกดดับปล่อยติด จะมีลักษณะการใช้งานตรงกันข้ามกับแบบกดติดปล่อยดับ นั่นคือ ถ้ากดปุ่มหรือแกนจะต่อวงจร ถ้าปล่อยจะตัดวงจร

2.14.5.3 แบบกดติดกดดับ สวิตช์แบบนี้จะล็อกหน้าสัมผัสได้ ครั้งแรกถ้าสวิตช์ไม่ต่อวงจร ถ้ากดปุ่มสวิตช์จะต่อวงจร เมื่อปล่อยสวิตช์ยังคงต่ออยู่ ต้องกดสวิตช์ซ้ำอีกจึงจะทำให้วงจรเปิด สวิตช์แบบนี้นิยมใช้เป็นสวิตช์เปิดปิดแรงดันไม่ให้เข้าไปเลี้ยงวงจร

2.14.5.4 แบบกดหลายทาง เป็นสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับหลายตัว ต่อร่วมอยู่บนแกนเดียวกัน โดยมีกลไกล็อกสวิตช์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้เป็นสวิตช์เลือกหลายทางเมื่อกดสวิตช์ตัวหนึ่ง ตัวที่เหลือจะหลุดออกมา สวิตช์แบบนี้นิยมใช้เป็นสวิตช์เลือกสัญญาณ ทางเข้าออกเครื่องขยายเสียง ทำเป็นสวิตช์เลือกย่านวัตในเครื่องมือทดสอบ

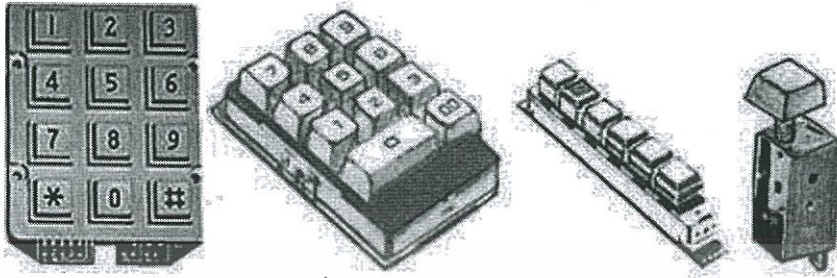
2.14.5.5 แบบสวิตช์เท้า เป็นสวิตช์กดแบบหนึ่ง ที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับแรงกดมากๆ เช่น ใช้เท้าเหยียบ นิยมนำไปใช้เครื่องทำเสียงแตก เครื่องสร้างเสียงเอฟเฟลคของกีตาร์ไฟฟ้า มีแบบกดล็อก และแบบกดติดปล่อยดับ



ภาพที่ 2.57 แสดงรูปสวิตช์กดแบบต่างๆ

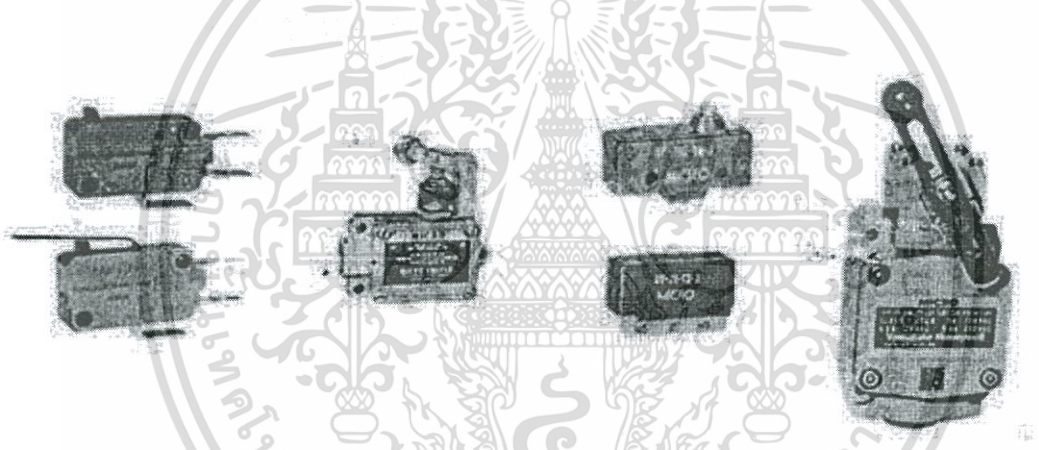
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.6 คีย์แพด (Keypad) คีย์แพดเป็นสวิตช์ที่ต่ออยู่ในรูปเมตริกซ์ ตัวคีย์แพดจะประกอบด้วยหน้าสัมผัส แผ่นลาเบล ปิดช็อกคีย์ และสายต่อ นิยมใช้ในเครื่องถ่ายภาพเอกสาร เครื่องคิดเลข หรือเครื่องควบคุมอัตโนมัติ



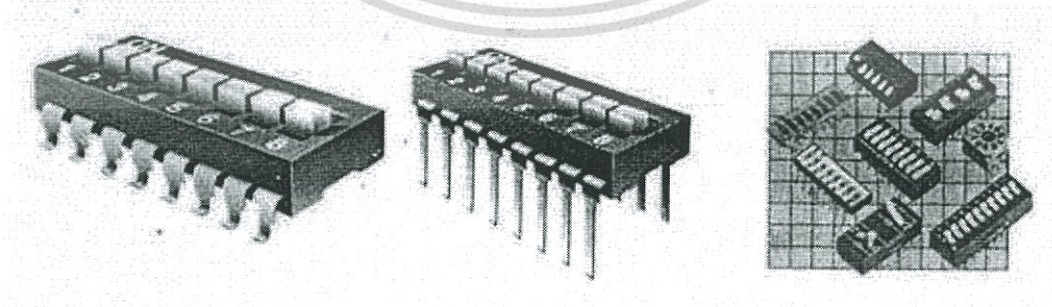
ภาพที่ 2.58 แสดงรูปคีย์แพด

2.14.7 ไมโครสวิตช์ (Micro Switch) ไมโครสวิตช์เป็นสวิตช์ที่มีความไวต่อการกดโดยมีแกนยื่นสำหรับให้กด เมื่อกดแกนแล้วแกนนี้จะไปกดหน้าสัมผัสของสวิตช์อีกที่หนึ่งนิยมใช้ในเครื่องเล่นเทป เครื่องมือระบบอัตโนมัติ และใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย เครื่องกันขโมย



ภาพที่ 2.59 แสดงรูปไมโครสวิตช์

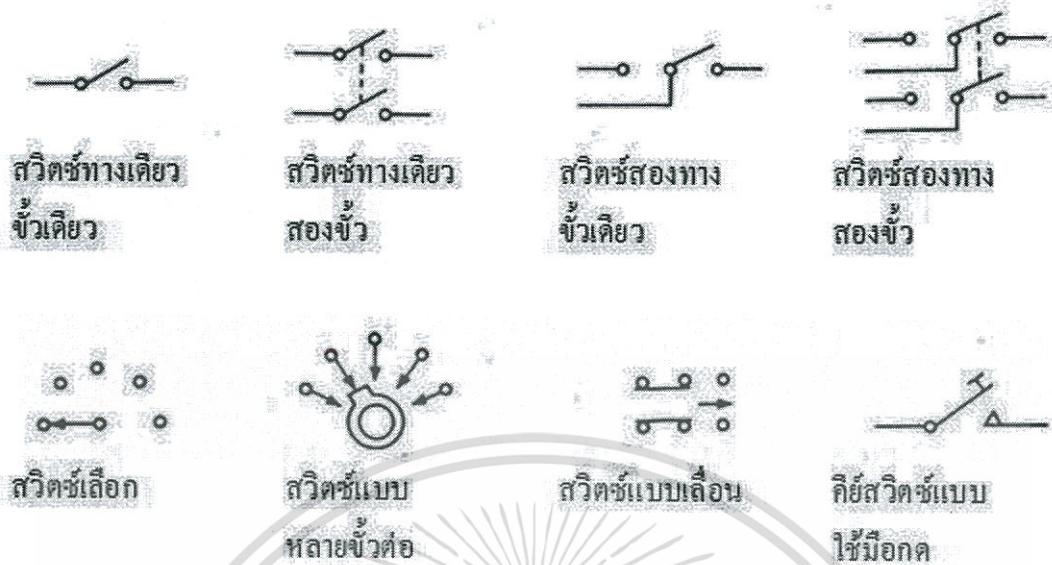
2.14.8 ดีพสวิตช์ (Dip Switch) ดีพสวิตช์เป็นสวิตช์แบบทางเดียวขั้วเดียว มีหลายตัวอยู่บนตัวเดียวกัน มีขนาดเท่ากับไอซีตัวถัง Dip มีให้เลือกตั้งแต่ 2 จุดถึง 12 จุด



ภาพที่ 2.60 แสดงรูปดีพสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญลักษณ์ของสวิตช์



ภาพที่ 2.61 สัญลักษณ์ของสวิตช์

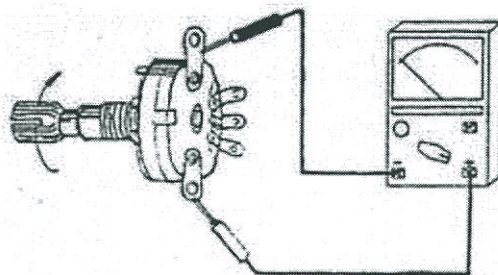
- การเลือกสวิตช์ใช้งาน

สวิตช์แต่ละแบบถูกออกแบบและสร้างเพื่อให้เหมาะสมกับงานที่จะใช้ นอกจากการออกแบบแล้ว ผู้ผลิตยังบอกคุณลักษณะการทนกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าไว้ด้วย ดังนั้นการเลือกใช้สวิตช์ต้องเลือกค่าทนกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมกับงานหรือวงจร

- การทดสอบสวิตช์

สวิตช์เป็นอุปกรณ์เปิด - ปิดวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สวิตช์ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟในวงจร สวิตช์มีหลายรูปแบบตามลักษณะการใช้งาน การทดสอบสวิตช์สามารถทดสอบได้ 2 วิธี ทดสอบขณะสวิตช์ไม่ถูกใช้งานหรือถอดสวิตช์ออกจากวงจรมาทดสอบ และทดสอบขณะสวิตช์ทำงาน ในที่นี้จะกล่าวถึงการทดสอบสวิตช์ไม่ถูกใช้งานด้วยมัลติมิเตอร์ดังนี้

- 1) เตรียมมัลติมิเตอร์ในตำแหน่ง $\times 10$
- 2) สายสีดำเสียบขั้วเสียบ - COM สายสีแดงเสียบขั้วเสียบ +
- 3) นำสายทั้งสองของมัลติมิเตอร์ ต่อคร่อมหรือขนานกับขั้วต่อของสวิตช์



ภาพที่ 2.62 แสดงการทดสอบสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) ทดลองเปิด - ปิดสวิตช์ตามแบบของสวิตช์ สังเกตเข็มของมัลติมิเตอร์ ดังนี้
- 4.1 ถ้าเข็มของมิเตอร์กระดิกขึ้น - ลง ตามจังหวะการเปิด - ปิดของสวิตช์ แสดงว่าสวิตช์นำไปใช้ได้ - ปิดวงจรไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้
 - 4.2 ถ้าเข็มของมิเตอร์ไม่กระดิกตามจังหวะการเปิด - ปิด แสดงว่าสวิตช์ เสียในลักษณะขาด
 - 4.3 ถ้าเข็มของมิเตอร์กระดิกขึ้นตลอดเวลาที่ปิดหรือเปิด แสดงว่าสวิตช์ เสียในลักษณะลัดวงจร

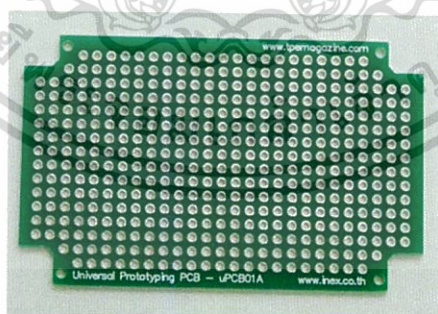
2.15 Print Circuit Board

PCB (Print Circuit Board) คือ ส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่อยู่บนแผงวงจร ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เชื่อมต่อกันได้ และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

PCB ประกอบไปด้วยแผ่นฐานหรือซับสเตรท (substrate) ที่ทำจากแผ่นฉนวนบางๆ อัดยัดรวมกันด้วยพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting plastic) เพื่อรองรับแผ่นตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ ส่วนวัสดุที่ใช้ทำซับสเตรทที่นิยม เช่น กระจกตาชุปพินอลิก อัด, อีพ็อกซีไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

แผ่นวงจรพิมพ์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

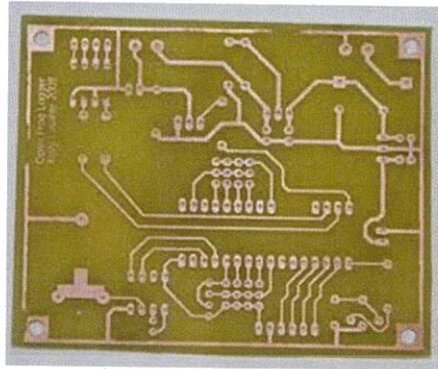
- 1) แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ (Universal PCB Board) จะเป็นรูๆ เพิ่มใส่ขาอุปกรณ์แล้วก็โยงสายทองแดงหากันตามที่ต้องการ



ภาพที่ 2.63 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แผงวงจรพิมพ์เปล่า หรือ แผ่นปรินท์ จะต้องลงลายและกัดปรินท์เอง



ภาพที่ 2.64 แผงวงจรพิมพ์เปล่า

2.16 Power Supplies

Power supplies มีด้วยกัน 4 ชนิด

1. Unregulated (หรือเรียกอีกอย่างว่า brute force)

Unregulated power supply นั้นเป็นแบบธรรมดา ซึ่งประกอบไปด้วย transformer, rectifier และ low-pass filter โดยทั่วไป power supplies ชนิดนี้ จะจ่ายค่า voltage ไม่คงที่ และยังมีสัญญาณ AC มารบกวนในขณะที่จ่ายไฟ DC ถ้าค่าอินพุต voltage ไม่คงที่ ก็จะทำให้ค่าเอาต์พุต voltage ที่จ่ายออกมาไม่คงที่ไปด้วย

ข้อดี ของ unregulated supply ก็คือ ราคาถูก ใช้งานง่าย และมีประสิทธิภาพ

2. Linear regulated

Linear regulated supply ก็คือ unregulated power supply ตามด้วยวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในโหมด "active" หรือ "linear" ด้วยเหตุนี้จึงได้ชื่อว่า linear regulator โดยทั่วไป linear regulator ถูกออกแบบมาให้จ่ายค่า voltage ตามที่กำหนดสำหรับ input voltages ย่านกว้าง และมันจะลดค่า input voltage ที่เกินมาเพื่อให้สามารถจ่ายค่า output voltage สูงสุดให้แก่โหลด ผลจากการลดค่า input voltage ที่เกินมา แสดงออกมาในรูปของความร้อน แต่ถ้า input voltage ลดต่ำลง จะทำให้วงจรทรานซิสเตอร์สูญเสียการควบคุม นั้นหมายถึงว่า มันไม่สามารถรักษาระดับ voltage มันทำได้เพียงแค่ลดค่า voltage ที่เกินมาเท่านั้น ไม่ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องการลดลงของ voltage ที่มาจากภาค brute force ของวงจร เพราะฉะนั้นท่านต้องรักษาระดับของ input voltage ให้สูงกว่า output ที่ต้องการอย่างน้อย 1 ถึง 3 volts ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ regulator นั้นหมายถึงว่าพลังงานได้จากวงจร regulator จะมีค่าเท่ากับอย่างน้อย 1 ถึง 3 volts คูณกับกระแสของโหลดทั้งหมด และปลดปล่อยความร้อนออกมาจากสาเหตุนี้ทำให้ regulated power supplies ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ และจากการที่ต้องระบายความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้มันต้องใช้ตัวระบายความร้อนขนาดใหญ่ส่งผลให้มันมีขนาดใหญ่ หนัก และ

ราคาแพง เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Switching

Switching regulated power supply ("switcher") เกิดจากความพยายามรวมข้อดีของการออกแบบทั้ง brute force and linear regulated power supplies (เล็ก, มีประสิทธิภาพ, และถูก อีกทั้งยัง "สะอาด", voltage ที่จ่ายออกมาก็คงที่) การทำงานของ switching power supplies ใช้วิธีการปรับค่าของ AC power line voltage ที่เข้ามาให้เป็น DC แล้วเปลี่ยนมันเป็น square-wave AC ที่มีความถี่สูง โดยผ่าน transistors ที่ทำงานเหมือนสวิตช์เปิด-ปิด แล้วปรับค่า AC voltage ขึ้น-ลง โดยใช้ lightweight transformer จากนั้นเปลี่ยนค่า AC output ให้เป็น DC แล้วกรองสัญญาณก่อนจ่ายค่าออกไป การปรับค่า voltage ทำได้โดยการปรับที่ หม้อแปลงด้าน primary เพื่อเปลี่ยน duty-cycle ของ DC-to-AC inversion เหตุผลที่ switching power supplies มีน้ำหนักเบากว่าแบบอื่นก็เนื่องมาจากแกนของหม้อแปลงที่มีขนาดเล็กกว่า

ข้อดีของ Switching power supplies ที่ทำให้มันเหนือกว่า 2 แบบแรกคือ power supply แบบนี้สามารถใช้ได้กับระบบไฟฟ้าทุกแบบที่มีในโลกนี้ ด้วยเหตุนี้มันจึงถูกเรียกว่า "universal" power supplies

ข้อเสียของ switching power supplies คือมันค่อนข้างซับซ้อนมากกว่า และดูจากการทำงานของมันจะเห็นว่ามันจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวน AC ที่มีความถี่สูงกับสายไฟมาก Switching power supplies ส่วนใหญ่เวลาจ่ายค่าออกมาก็มี voltage ไม่คงที่เช่นกัน Switching power supplies ที่มีราคาถูกนั้นก็ยังมีสัญญาณรบกวนและค่าไม่นิ่ง แยะพอๆ กับ unregulated power supply ถ้าพูดถึงพวก low-end switching power supplies แล้วก็ไม่ได้ถึงกับไม่มีค่า เพราะมันก็ยังสามารถให้ output voltage ที่คงที่ และมีคุณสมบัติของ "universal" input

สำหรับ Switching power supplies ที่มีราคาแพงนั้น ไฟที่จ่ายออกมาจะนิ่งและมีสัญญาณรบกวนน้อยพอๆกับ แบบ linear ราคาที่แพงใกล้เคียงกับ linear supplies เหตุผลในการเลือกใช้ switching power supplies ที่มีราคาแพง แทนที่จะใช้ linear power supplies ที่ดีๆ ก็คือในกรณีที่ต้องการใช้กับ universal power system หรือต้องการประสิทธิภาพสูง น้ำหนักเบา และ ขนาดที่เล็กคือ เหตุผลที่ switching power supplies ถูกใช้อย่างกว้างขวางในพวกวงจรคอมพิวเตอร์ที่เป็นดิจิทัล

4.Ripple regulated

เป็นการผสมผสานกันระหว่าง "brute force" กับ "switching" โดยรวมเอาข้อดีของทั้งสองแบบไว้ในตัวมันเอง Ripple-regulated power supply เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบวงจร linear regulated: "brute force" power supply (transformer, rectifier, and filter) ประกอบไปด้วย ส่วนหน้าของวงจร แต่ทรานซิสเตอร์ก็ทำงานในโหมด on/off (saturation/cutoff) โดยทำหน้าที่ส่งผ่าน DC power ไปยังคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อรักษาระดับ output voltage ให้อยู่ในช่วงสูง และต่ำของค่าที่กำหนด เช่นเดียวกับใน switching power supply เมื่ออยู่ในโหมด

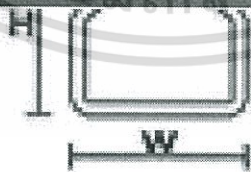
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"active" หรือ "linear" ทรานซิสเตอร์ ที่อยู่ใน ripple regulator นั้นไม่ยอมให้กระแสผ่านไปได้ หมายความว่า จะมีพลังงานเพียงเล็กน้อยที่จะสูญเสียออกมาในรูปของความร้อน อย่างไรก็ตาม อุปสรรคที่ใหญ่ที่สุดของวงจร Regulation คือ การกระเพื่อมของ voltage ที่จ่ายออกไปซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น DC voltage ผันผวนระหว่างค่า voltage ที่ตั้งไว้สองค่า รวมถึงการกระเพื่อมของ voltage ที่แปรผันไปตามความถี่ของ กระแสของไหลต ซึ่งจะส่งผลให้การกรองสัญญาณ DC power เป็นไปได้อย่างยาก

วงจร Ripple regulator เมื่อเทียบกับวงจร switcher แล้วจะดูไม่ซับซ้อนเท่า และไม่มี ความจำเป็นจะต้องรองรับ voltage สูงๆจาก power line เหมือนกับที่ ทรานซิสเตอร์ของ switcher ต้องรองรับนี้ทำให้มันปลอดภัยในการใช้งาน

2.17 รางเคเบิล

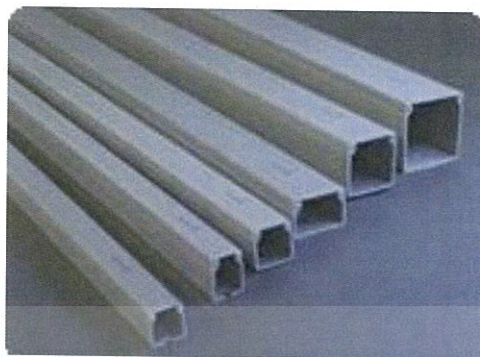
2.17.1 รางเก็บสายไฟแบบโปร่ง รางเก็บสายไฟทรงสี่เหลี่ยมด้านข้างมีรูโปร่งแบ่งย่อยเป็น ช่องๆ เพื่อความสะดวกในการแยกสายเข้าตามจุดต่างๆในการใช้งาน เหมาะสำหรับเดินสายไฟ ที่ต้องใช้แยกตามจุดต่างๆหลายจุด ทำให้ไม่ต้องตัดแบ่งรางหลายๆส่วน สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.65



ภาพที่ 2.65 รางเคเบิลแบบโปร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.2 รางเก็บสายไฟแบบทึบ เหมาะสำหรับใช้เก็บรวบรวมสายไฟ สายโทรศัพท์ LAN สายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.66



ภาพที่ 2.66 รางเคเบิลแบบทึบ

2.17.3 รางเก็บสายโทรศัพท์ เหมาะสำหรับใช้เพื่อเก็บรวบรวมสาย สายโทรศัพท์ สายไฟ หรือสายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.67



ภาพที่ 2.67 รางเก็บสายโทรศัพท์

2.18 ใส้ไก่ (Spiral Wrapping Band)

ใช้สำหรับเก็บสายไฟฟ้าเพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยและเพื่อป้องกันสายไฟฟ้าเกิดการเสียดสีกัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.68



ภาพที่ 2.68 ใส้ไก่สำหรับพันสายไฟ

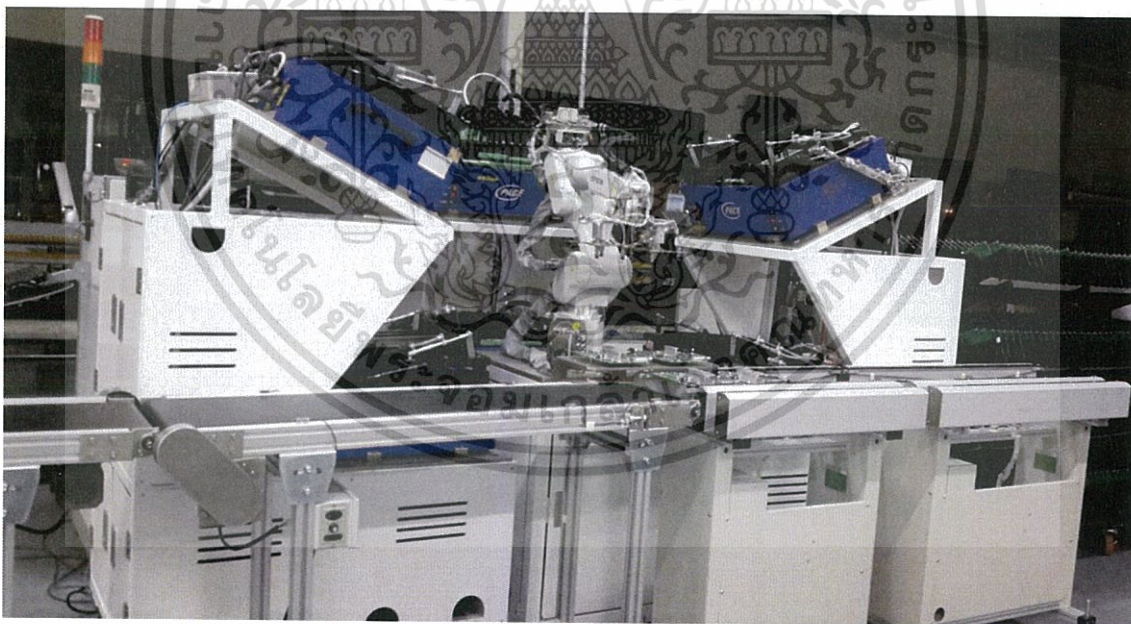
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ส่วนประกอบของโครงการ ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ หน้าที่ได้รับมอบหมาย ลำดับงานที่ได้รับปฏิบัติ ซึ่งจะมีรายละเอียดของ แนวคิดของโครงการ การออกแบบ Hardware และ Software ขั้นตอนการประกอบ ขั้นตอนการทดสอบการทำงาน และขั้นตอนการประเมินสาเหตุและปรับปรุงต่างๆ

ระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ เป็นระบบที่สร้างขึ้นโดยแต่เดิมนั้นใช้คนตรวจสอบแผงวงจร (Functional Testing) แล้วเปลี่ยนมาใช้เป็นระบบอัตโนมัติแทน โดยในเครื่องทดสอบ (Tester) ซึ่งจะทำกรทดสอบว่า ฟังก์ชันการทำงานที่ถูกระบุไว้ใน Requirement Specification นั้นทำงานได้ System Testing นั่นก็คือ เมื่อใช้โปรแกรมทดสอบในสถานการณ์ที่ต่างกันด้านรุ่นและชนิดของระบบปฏิบัติการหรือแอปพลิเคชัน จะสามารถทำได้เหมือนกับสถานการณ์แบบที่ลูกค้าต้องการ



ภาพที่ 3.1 ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ

3.1 ส่วนประกอบของโครงการ

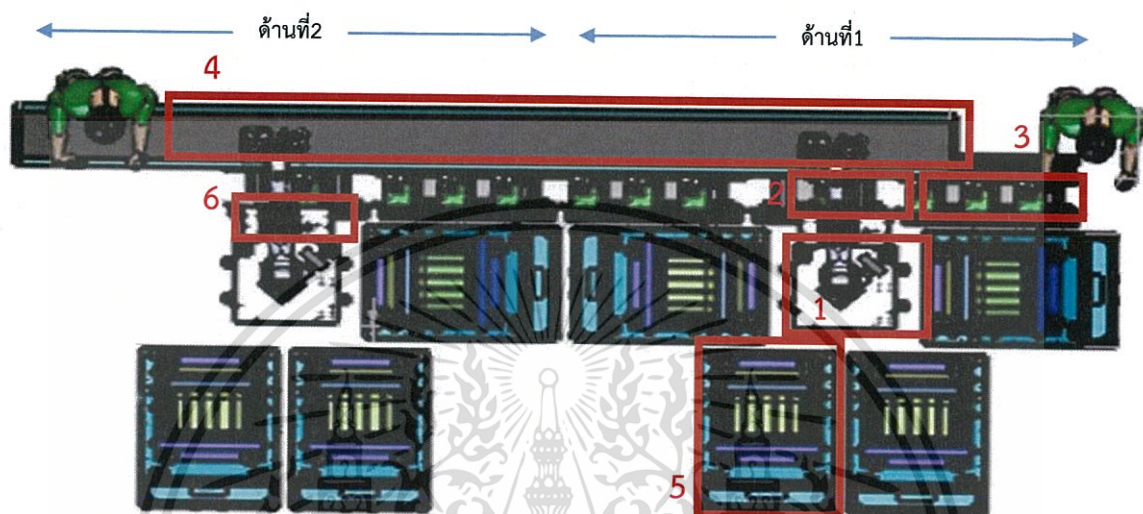
ระบบควบคุมนี้จะมีส่วนประกอบหลักๆ ดังภาพที่ 3.2 ต่อไปนี้

1. ส่วนของหุ่นยนต์ (Robot Station)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2. สายพานสำหรับยกแผ่น (Lifter Conveyor) : 80 เซนติเมตร ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายพานสำหรับเก็บแผ่น (Buffer Conveyor) : 100 เซนติเมตร
4. สายพานสำหรับรับแผ่นหลังจากทดสอบแล้ว (Belt Conveyor)
5. ส่วนตรงทดสอบแผงวงจร (Functional Circuit Test Station : FCT Station)
6. พื้นที่ที่วางสำหรับตรวจซ้ำ (Re-Test Base)

สำหรับสายผลิตนี้จะประกอบไปด้วย 2 ด้าน ที่มีลักษณะคล้ายกัน



ภาพที่ 3.2 ระบบควบคุมการตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติจำลอง

3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมตรวจสอบแผงวงจรอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3.2 ดูจากขวาไปซ้าย

- 3.2.1 คนนำแผ่น PCB วางบน Buffer Conveyor
- 3.2.2 แผ่น PCB วิ่งจาก Buffer Conveyor เข้าสู่ Lifter Conveyor
- 3.2.3 แผ่น PCB วิ่งไปหยุดที่ Lifter แล้ว Lifter ยกแผ่นขึ้น
- 3.2.4 Robot มาหยิบแผ่น PCB ไปวางที่ Tester
- 3.2.5 Tester ทำการทดสอบแผ่น PCB
- 3.2.6 ถ้า Tester ทดสอบเต็มทุกตัว Robot มาหยิบแผ่น PCB รอ
- 3.2.7 Robot มาหยิบแผ่น PCB ออกจาก Tester แล้วใส่แผ่น PCB อันใหม่เข้าไป
- 3.2.8 ถ้า Tester ทดสอบแผ่น PCB ไม่ผ่าน Robot จะนำแผ่น PCB มาวางที่ Re-test
- 3.2.9 Robot นำแผ่น PCB ที่ทดสอบแล้ว มาวางที่ Belt Conveyor
- 3.2.10 แผ่น PCB จะถูกลำเลียงมายังท้าย Conveyor แล้วคนมาหยิบออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หน้าหน้าที่ได้รับมอบหมาย

เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการที่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของคนในหลายๆด้าน จึงทำให้โครงการประกอบไปด้วยหลายหน้าที่ ดังต่อไปนี้

3.3.1 Hardware / PLC Engineer

3.3.2 Software Engineer

3.3.1 Mechanical Engineer

3.3.1 Process Engineer

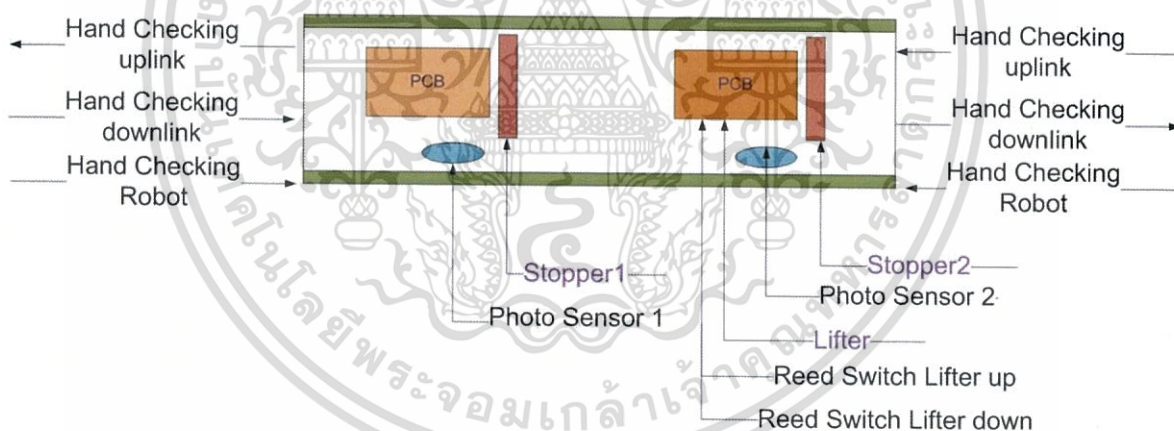
3.3.1 Project Engineer

โดยหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติ คือ Hardware/PLC Engineer ซึ่งจะทำงานเกี่ยวกับออกแบบวงจรทางไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ และเขียนโปรแกรม PLC

3.4 ลำดับงานที่ได้รับปฏิบัติ

3.4.1 แนวคิดของงานวิจัยส่วนที่ปฏิบัติ

3.4.1.1 Lifter Conveyor



ภาพที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของ Lifter Conveyor

ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน คือ

1. Lifter
2. Stopper ตัวที่ 1
3. Stopper ตัวที่ 2

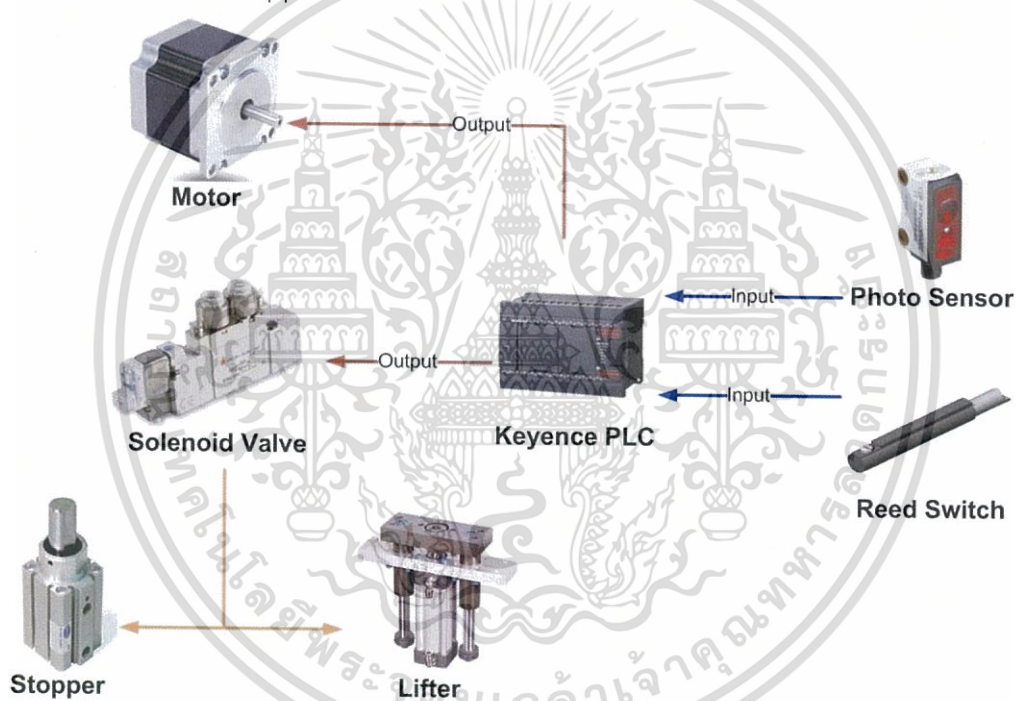
เซนเซอร์ที่ใช้มีดังนี้

1. Photo Sensor 2 ตัว
2. Reed Switch 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lifter Conveyor เป็นสายพานส่วนที่ลำเลียงแผ่น PCB ต่อจาก Buffer Conveyor ซึ่งจะมี ส่วนที่เรียกว่า Lifter เป็นตัวยกแผ่น PCB ให้สูงขึ้นจากสายพานที่วิ่งอยู่ เพื่อเตรียมพร้อมให้ Robot มาหยิบไป ทำการทดสอบที่ Tester โดยมี PLC เป็น Controller ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Lifter Conveyor ซึ่งเมื่อนำทั้งหมดมาเขียนแผนผังเพื่อบอก Input / Output พอสังเขป จะเป็นไปดัง ภาพที่ 3.4

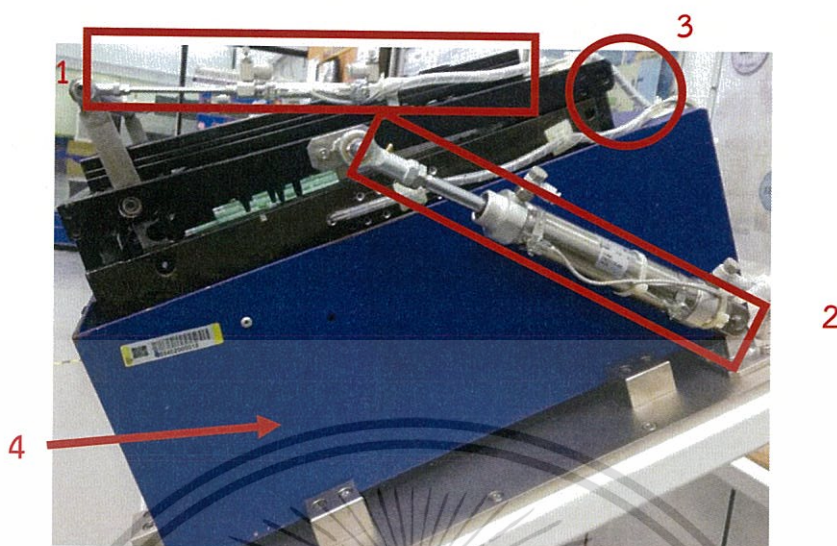
จากภาพที่ 3.4 จะสังเกตว่า Keyence PLC จะเป็นตัวประมวลผลการทำงานหลัก และจะมี Input อยู่ 2 ตัว นั่นก็คือ Photo Sensor และ Reed Switch ซึ่งจะรับค่ามาส่งต่อให้ยัง PLC จากนั้น PLC จะทำการประมวลผลออกมา แล้วมีคำสั่งไปสั่งให้ Output ทำงานตามที่ต้องการ ซึ่ง Output ที่ ถูกสั่งให้ทำงาน มี Motor และ Solenoid Valve ซึ่ง Solenoid Valve จะไปควบคุมการปล่อยลม ทำงานของ Lifter และ Stopper



ภาพที่ 3.4 แสดงแผนภาพ Input/output ของ Lifter Conveyor

โดยการทำงานของ Lifter Conveyor จะมีทั้งหมด 2 ตัว สำหรับสายการผลิตหนึ่งๆ โดยจะ เรียกว่า Lifter Conveyor ด้านที่ 1 และด้านที่ 2 ลักษณะการทำงานก็จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งจะมี ความแตกต่างกันตรงแมคคานิคและโปรแกรม

3.4.1.2 FCT Station (Tester)



ภาพที่ 3.5 FCT Tester

ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน คือ

1. ครอบอกสูบส่วนของตัวล็อค Tester
2. ครอบอกสูบส่วนของเปิดปิดฝา Tester
3. ครอบอกสูบส่วนของตัวเสียบเข้าออก ตรงข้างใน Tester
4. ตัวกล่อง Tester

เซนเซอร์ที่ใช้มีดังนี้

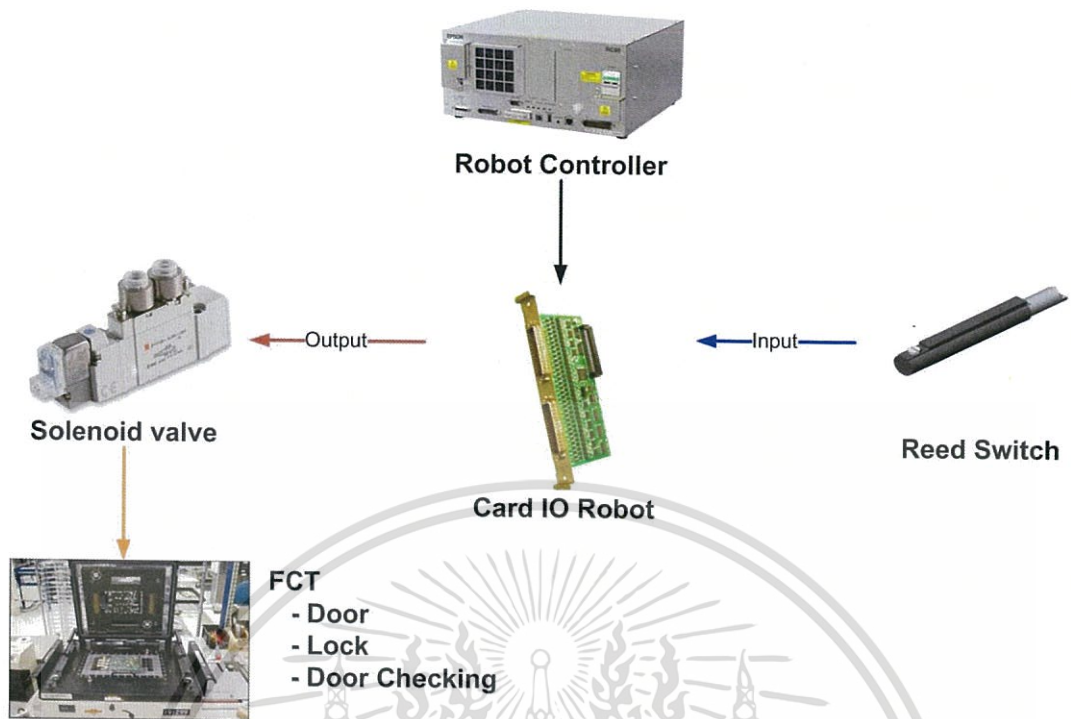
1. Reed Switch 7 ตัว

FCT Station (Functional Circuit Test Station) เป็นส่วนที่ทำการทดสอบแผ่น PCB ว่ามีการทำงานตามที่ต้องการหรือไม่ โดย Robot จะนำแผ่นมาทดสอบใน Tester เมื่อทำการทดสอบเสร็จ ก็จะหยิบแผ่นออกมา นำไปวางบน Belt Conveyor เมื่อนำทั้งหมดมาเขียนแผนผังเพื่อบอก Input / Output พอสังเขป จะเป็นไปดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 ขณะที่ Robot ทำงานร่วมกับ FCT Station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานภายในโรงงานเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 แสดงแผนภาพ Input/output ของ FCT Station

จากภาพที่ 3.7 จะสังเกตว่า Robot Controller จะเป็นตัวประมวลผลที่จะสั่งให้ FCT ทำงานหรือไม่ โดย Robot จะสั่งให้ Output ซึ่งก็คือ Solenoid Valve ทำงานเปิดปิดฝา,ควบคุมการล็อค และการเสียบเข้าออก ของ Tester และจะมี Input ก็คือ Reed Switch จะทำหน้าที่ตรวจสอบว่า กระจกสูบในแต่ละจุดนั้น ทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่

3.4.1.3 Belt Conveyor

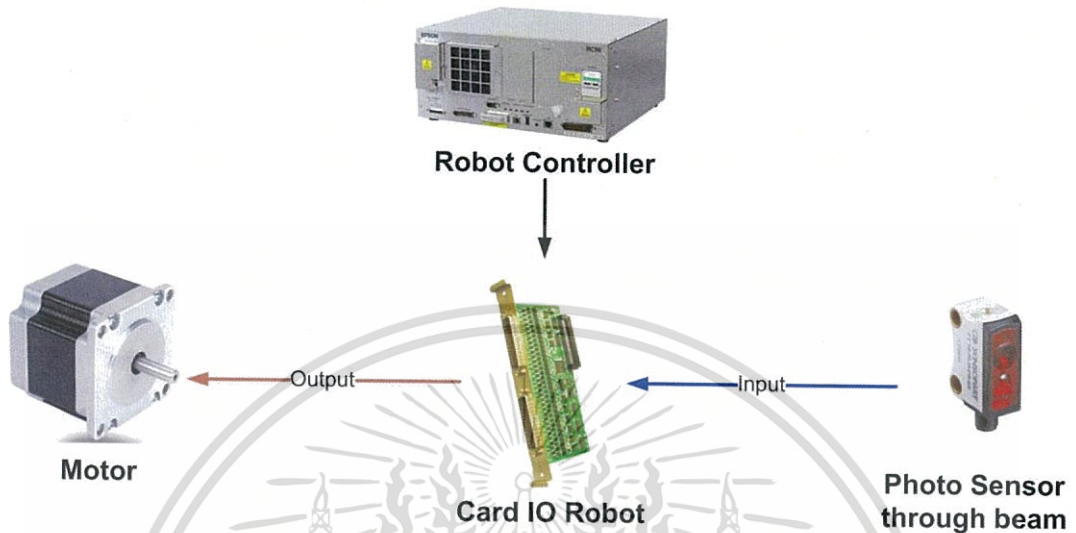


ภาพที่ 3.8 Belt Conveyor

เซนเซอร์ที่ใช้มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Belt Conveyor เป็นส่วนที่ลำเลียงแผ่น PCB ที่ทดสอบจากเครื่อง Tester เรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะมีการวาง 2 แบบ แบบผ่าน และไม่ผ่าน เมื่อนำทั้งหมดมาเขียนแผงผังเพื่อบอก Input / Output พอสังเขป จะเป็นไปดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงแผนภาพ Input/output ของ Belt Conveyor

จากภาพที่ 3.9 จะสังเกตว่า Robot Controller จะเป็นตัวประมวลผลที่จะสั่งให้มอเตอร์ทำงาน หมุนสายพาน เพื่อลำเลียงแผ่น โดยจะมี Photo Sensor through beam เป็น Input คอยส่งสัญญาณเมื่อมีแผ่นผ่านเซนเซอร์

3.4.2 การออกแบบ

3.4.2.1 การออกแบบ Hardware

ซึ่งในส่วนนี้จะอธิบายถึงบอร์ดที่ได้ออกแบบเพื่อใช้ในการควบคุมส่วนต่างๆ ดังนี้

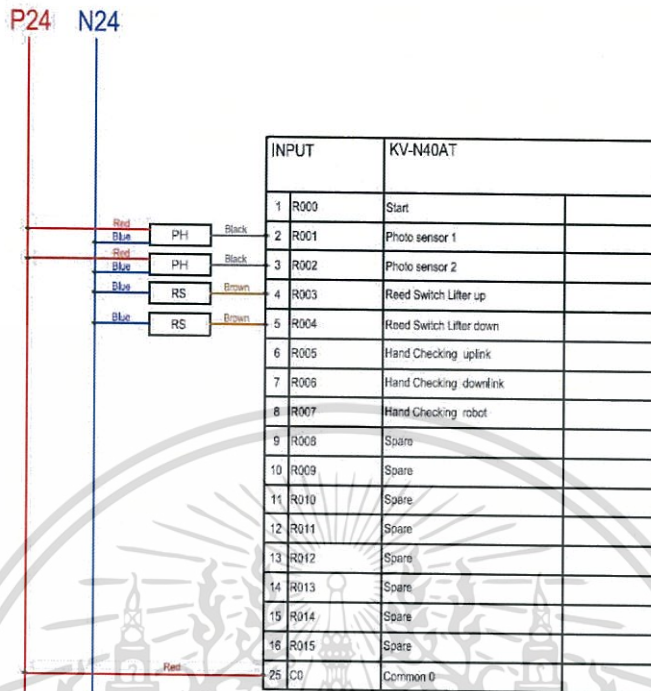
1) Lifter Conveyor โดยมีเงื่อนไขคือให้วางอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ภายในกล่องที่ได้มีให้ ดังภาพที่ 3.10



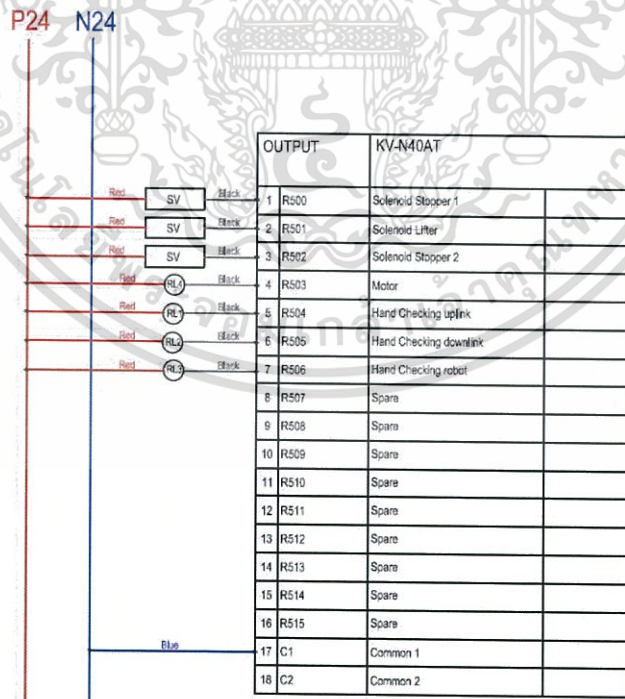
ภาพที่ 3.10 กล่องที่กำหนดมาให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับขอไปใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ขออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวางรูปแบบของ Input และ Output ตามลำดับ ดังนี้



(a)



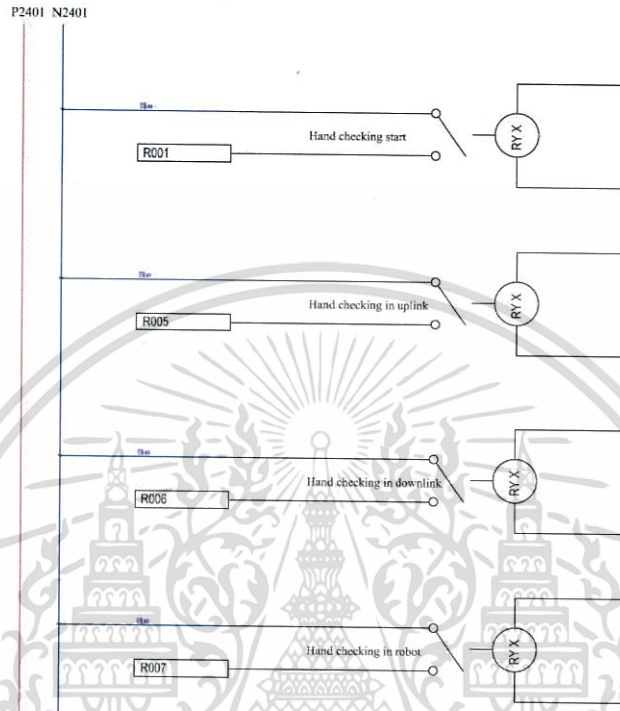
(b)

ภาพที่ 3.13 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าใน PLC ของ Lifter Conveyor (a) Input (b) Output

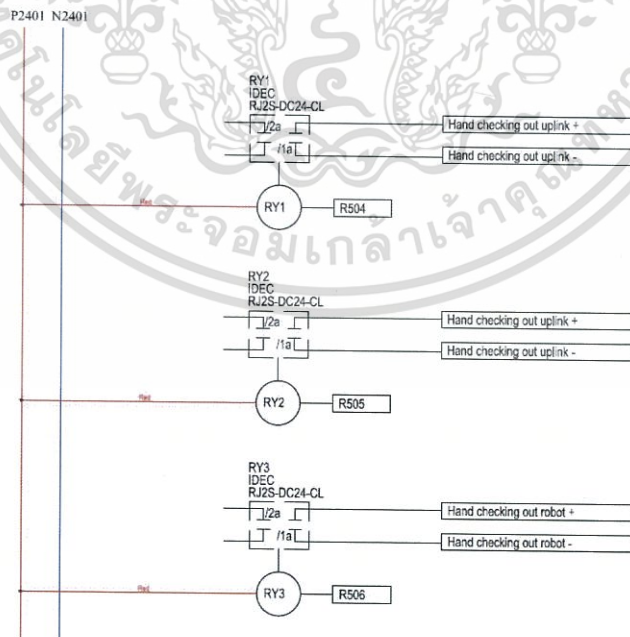
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากภาพที่ 3.13 จะเป็นการออกแบบการต่ออุปกรณ์และเซนเซอร์ต่างๆเข้าด้วยกันกับ PLC ซึ่งจะมี PH(Photo Sensor), RS(Reed Switch) , SV(Solenoid Valve) และ RY(Relay) อีกทั้งตัวอักษรที่เป็นชื่อของสีภาษาอังกฤษ จะแสดงสีของสายอุปกรณ์ที่ใช้ต่อวงจร

1.2) ส่วนของ Hand Checking



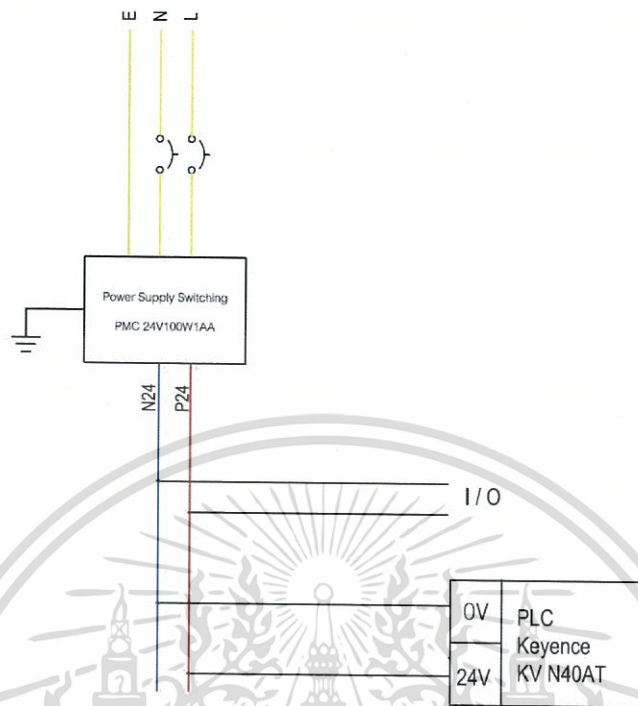
ภาพที่ 3.14 แสดงการต่อของ Hand Checking ที่มาจากเครื่องอื่น มาไว้ที่ด้าน Input



ภาพที่ 3.15 แสดงการต่อของ Hand Checking ที่ส่งออกไปยังเครื่องอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

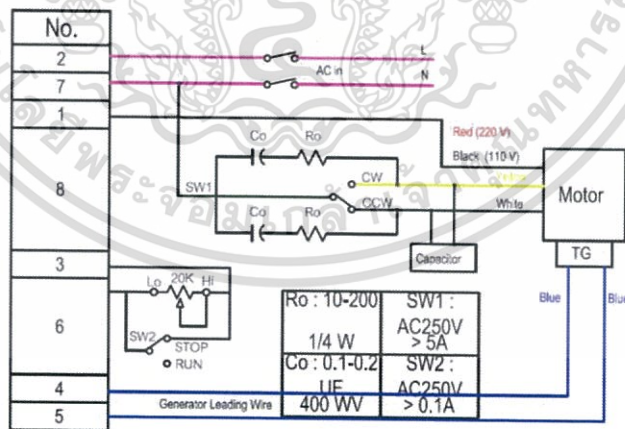
1.3) ส่วนของ Circuit Breaker



ภาพที่ 3.16 แสดงการต่อของ Circuit Breaker

1.4) ส่วนของ Speed Controller

Speed Controller
HI PRO HMD22 TM01



ภาพที่ 3.17 แสดงการต่อของ Speed Controller

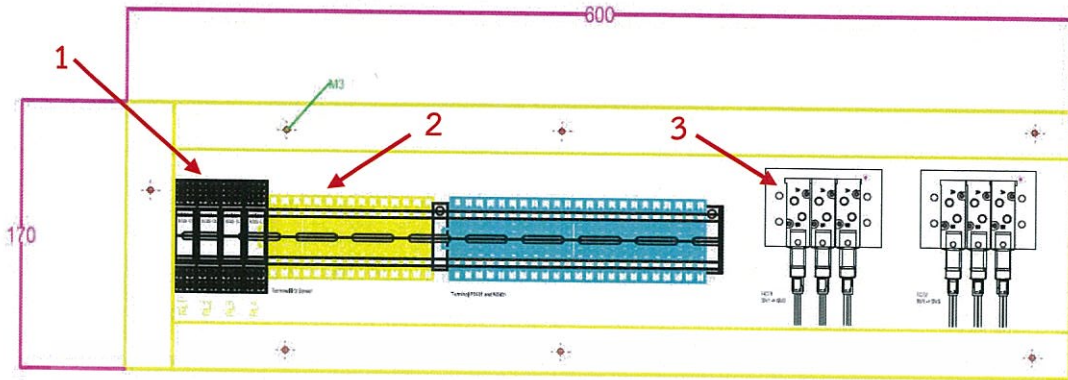
2) FCT Station Board โดยกำหนดขนาดของ Board มาให้ตามที่ฝ่าย Mechanic ได้ออกแบบมา จะมีอุปกรณ์และเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. Relay 24 V
2. Double Layer Terminal

3. Solenoid Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเมื่อใช้โปรแกรม Autocad Electrical 2014 ในการออกแบบ จะได้การวางอุปกรณ์ดังนี้



ภาพที่ 3.18 การออกแบบการวางอุปกรณ์ของ FCT Station

เนื่องจาก FCT Station Board ถูกควบคุมด้วย Input/Output ของ Robot ดังนี้ จึงต้องสายที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง FCT Board และ Robot Controller ซึ่งเลือกใช้ สาย 30 Cores อีกทั้ง ยังต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์กับบอร์ดควบคุม ซึ่งใช้สาย 12 Cores จึงมีการระบุ Input/Output ดังนี้

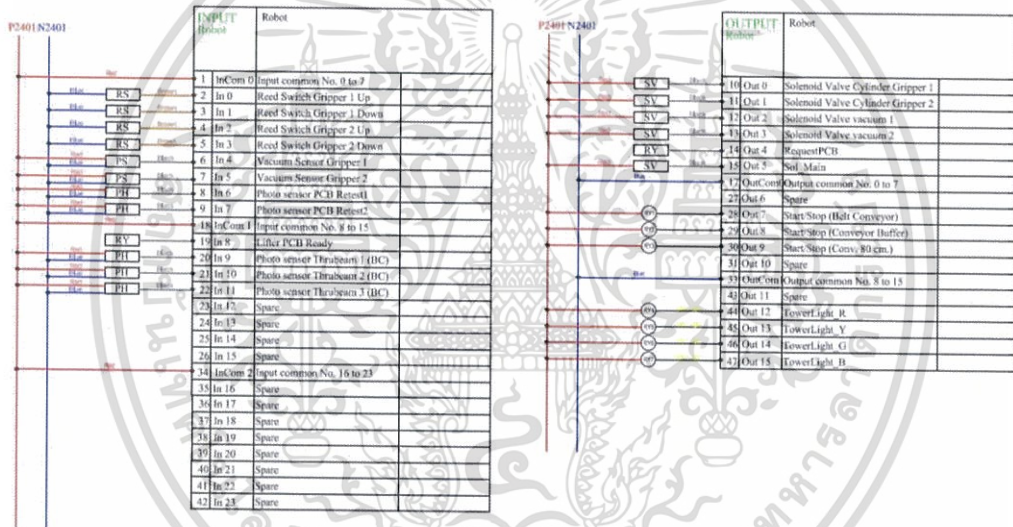
Wire 30 cores		
No.	Name	Detail
1	FCT1 Reed Switch Door open	
2	FCT1 Reed Switch Door close	
3	FCT1 Reed Switch Lock on	
4	FCT1 Reed Switch Lock off	
5	FCT1 Reed Switch insert up	
6	FCT1 Reed Switch insert down	
7	FCT1 Reed Switch Chk fixture	
8	FCT1 Start	
9	FCT1 Stop	
10	FCT1 Solenoid valve door	
11	FCT1 Solenoid valve lock	
12	FCT1 Solenoid valve insert	
13	Spare	
14	Spare	
15	Spare	
16	FCT2 Reed Switch Door open	
17	FCT2 Reed Switch Door close	
18	FCT2 Reed Switch Lock on	
19	FCT2 Reed Switch Lock off	
20	FCT2 Reed Switch insert up	
21	FCT2 Reed Switch insert down	
22	FCT2 Reed Switch Chk fixture	
23	FCT2 Start	
24	FCT2 Stop	
25	FCT2 Solenoid valve door	
26	FCT2 Solenoid valve lock	
27	FCT2 Solenoid valve insert	
28	Spare	
29	Spare	
30	Spare	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ภาพที่ 3.19 การออกแบบการทำให้สาย 30 cores ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

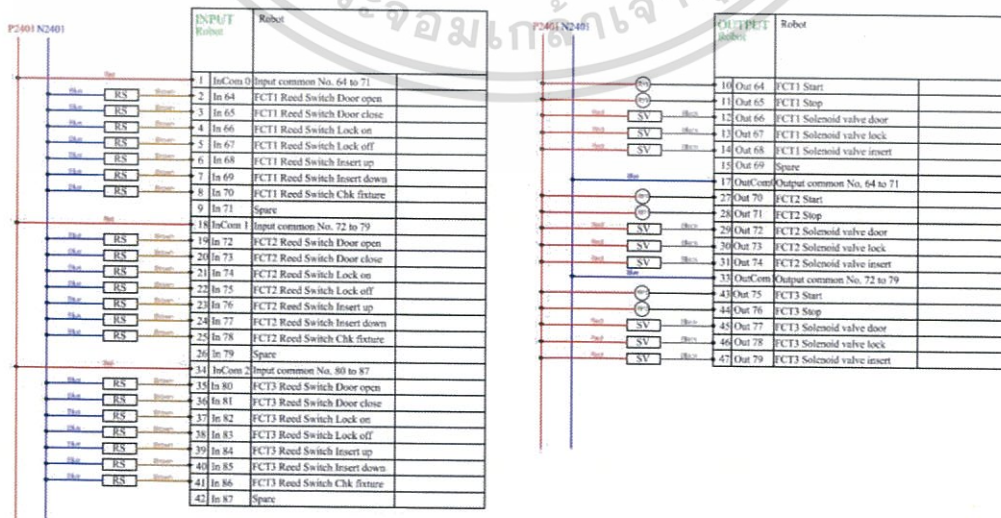
Wire 12 cores		
No.	Name	Detail
1	FCT1 Reed Switch Door open	
2	FCT1 Reed Switch Door close	
3	FCT1 Reed Switch Lock on	
4	FCT1 Reed Switch Lock off	
5	FCT1 Reed Switch insert up	
6	FCT1 Reed Switch insert down	
7	FCT1 Reed Switch Chk fixture	
8	FCT1 Start	
9	FCT1 Stop	
10	FCT1 Start	
11	FCT1 Stop	
12	FCT1 N24	

ภาพที่ 3.20 การออกแบบการทำสาย 12 cores

3) Robot controller card โดยจะออกแบบวงจรทางไฟฟ้า ซึ่งจะได้อดังนี้

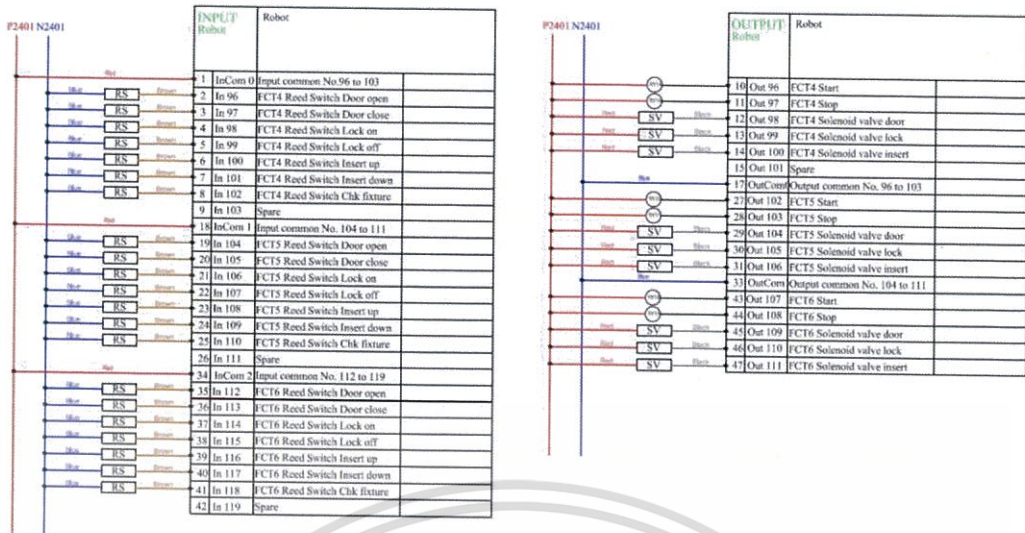


ภาพที่ 3.21 แสดงวงจรไฟฟ้า Card 1 ซึ่งใช้ควบคุม Conveyor และ Gripper

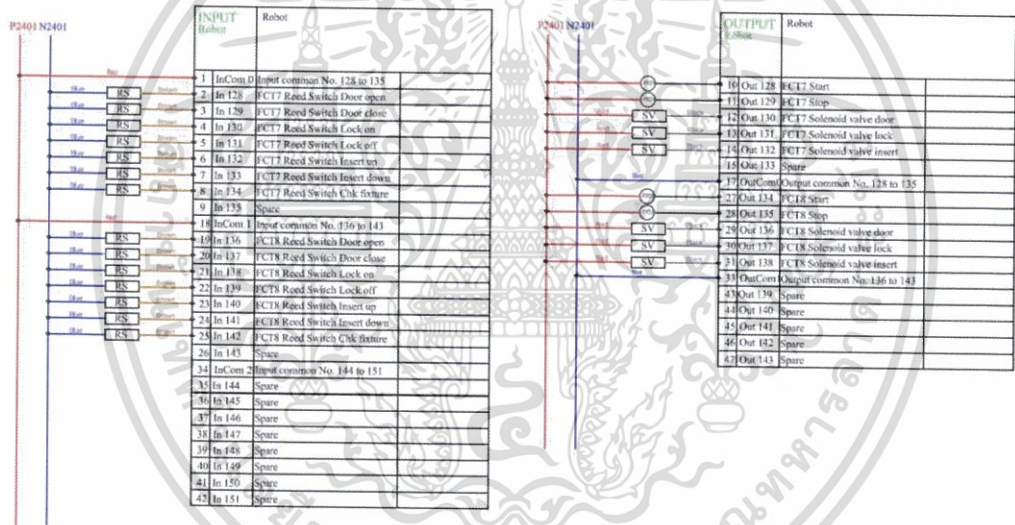


ภาพที่ 3.22 แสดงวงจรไฟฟ้า Card 2 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 1-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.23 แสดงวงจรไฟฟ้า Card 3 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 4-6



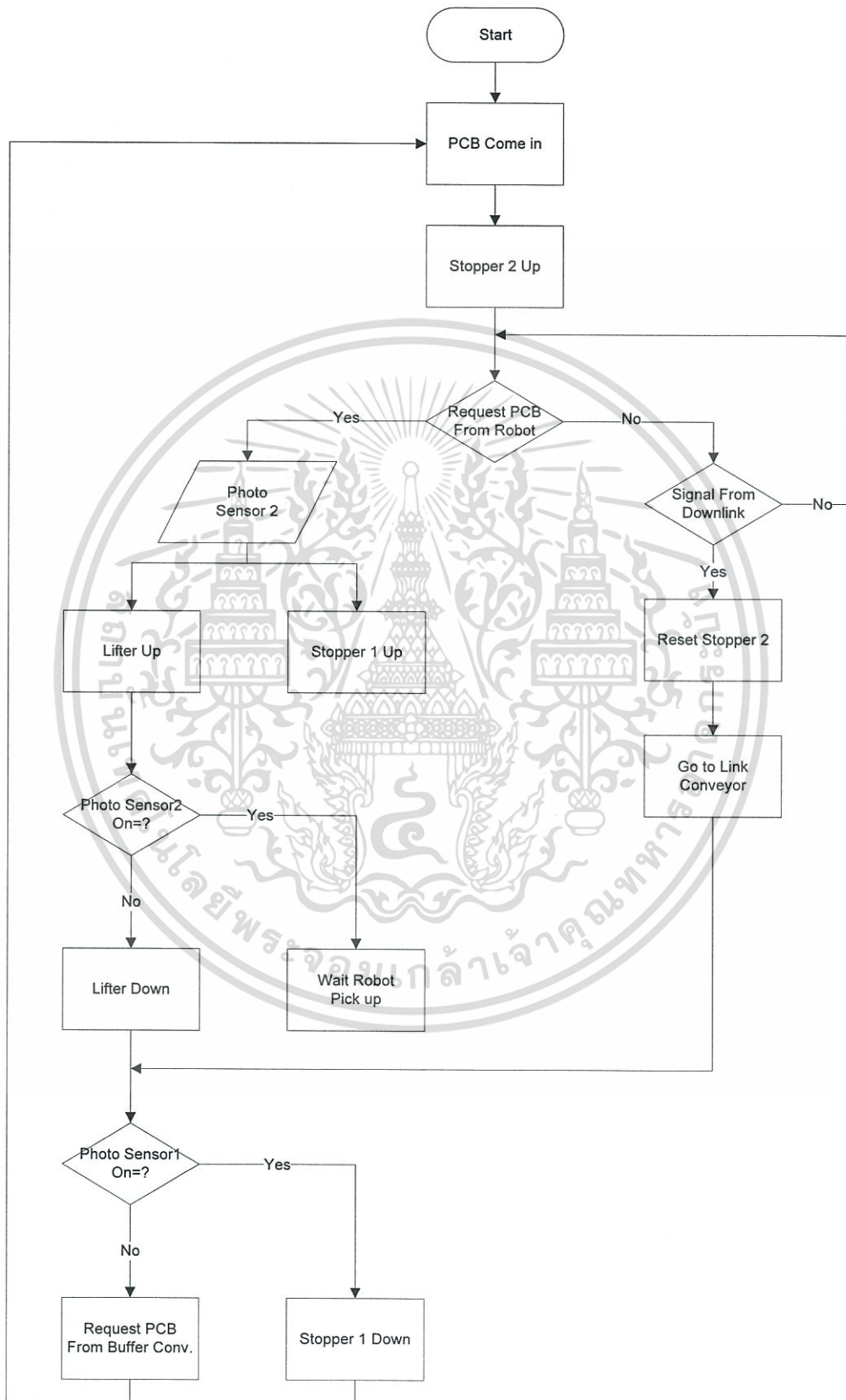
ภาพที่ 3.24 แสดงวงจรไฟฟ้า Card 4 ซึ่งใช้ควบคุม FCT เครื่องที่ 7-8

ซึ่งวงจรไฟฟ้า Card 2-4 นี้ จะต่อกับ FCT Board เพื่อสั่งให้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ ส่วน Card 1 จะเชื่อมต่อกับ Gripper , Buffer Conveyor , Lifter Conveyor และ Belt Conveyor เพื่อสั่งให้เริ่มทำงาน โดย Buffer Conveyor และ Lifter Conveyor จะถูกควบคุมโดย PLC อีกที่หนึ่ง ซึ่งจะกล่าวถึงโปรแกรมในลำดับถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 การออกแบบ Software

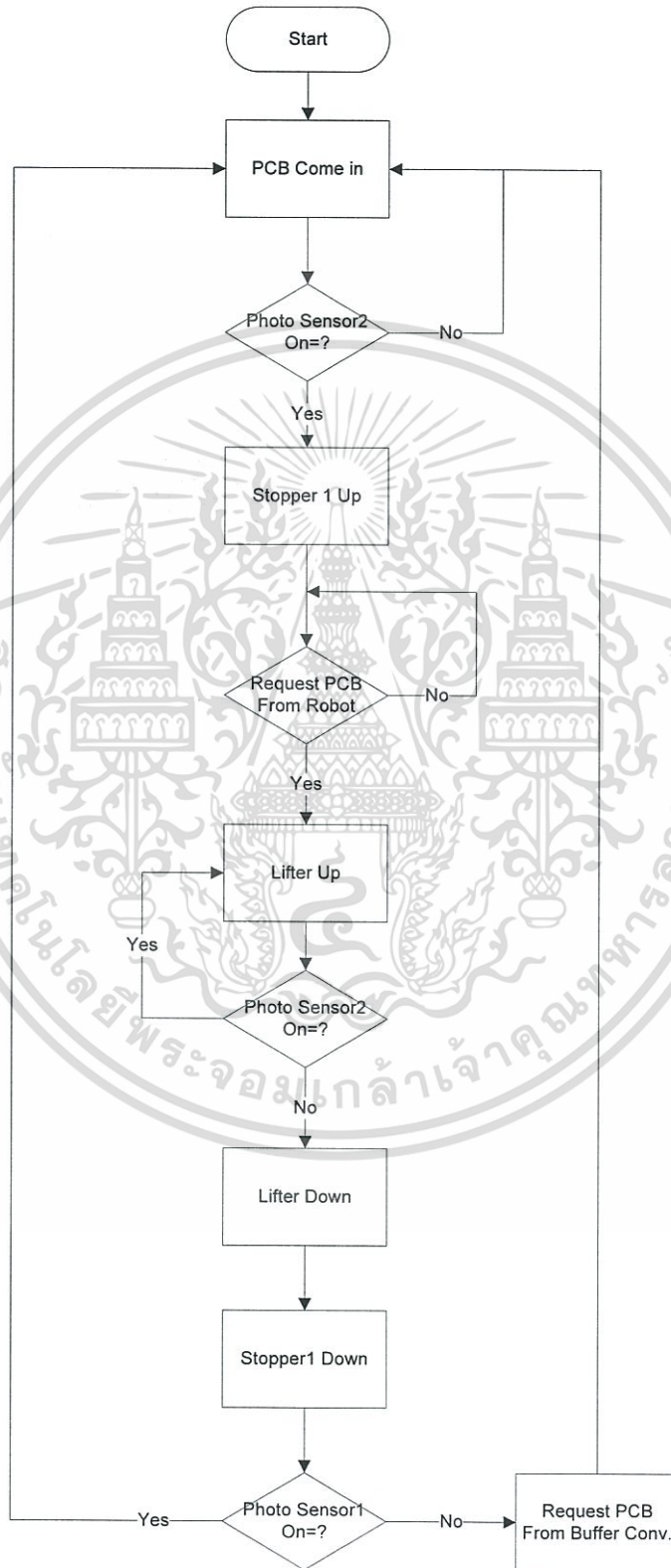
Lifter Conveyor ด้านที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.25 แสดง Flow Chart การทำงานของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1 โดยขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lifter Conveyor ด้านที่ 2

จะมีลักษณะ Stopper 2 ซึ่ง Stopper แบบนี้ ไม่สามารถขึ้นลงได้ อยู่กับที่ไม่เหมือนกับ Stopper 2 ของด้านที่ 1 จะทำให้การทำงานแตกต่างกันไปดังนี้



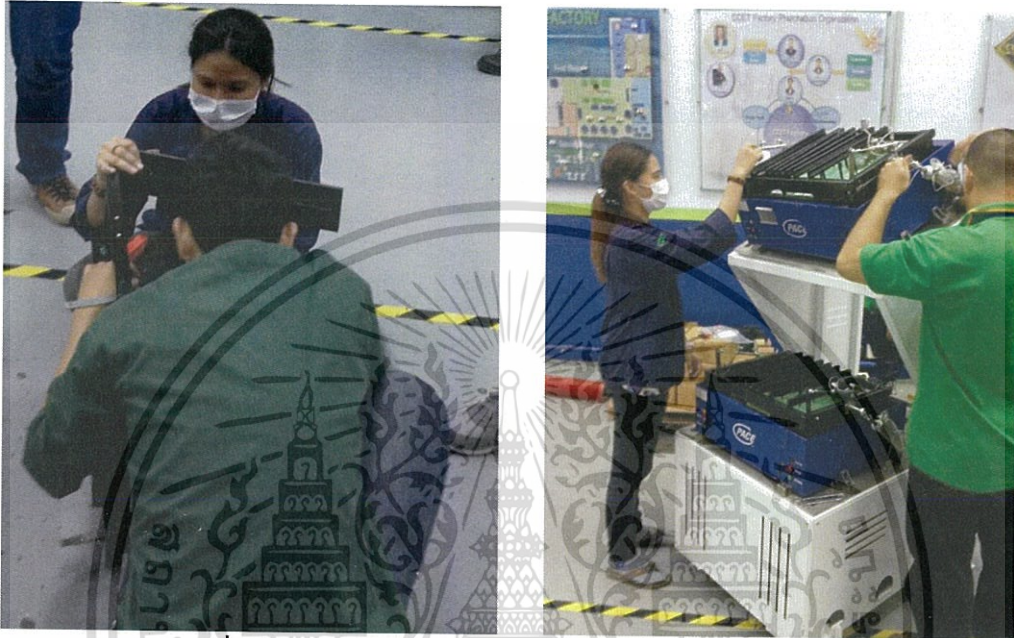
ภาพที่ 3.26 แสดง Flow Chart การทำงานของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไปอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 หมายเหตุ สามารถดูโค้ดโปรแกรม PLC ที่เขียนขึ้นได้ที่ภาคผนวก ข
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ขั้นตอนการประกอบ

3.4.2.1 Modified Tester

- ส่วนของ Mechanic เนื่องจากเครื่อง Tester นั้นที่โรงงานมีอยู่แล้ว จึงจำเป็นที่จะต้องนำของเดิมมาปรับใช้กับแบบที่ได้คิดไว้จะทำการปรับความห่างของฝาปิด Tester และปรับตัวล็อคให้แน่นขึ้นด้วยการเพิ่มแหวนรอง



ภาพที่ 3.27 ขณะปฏิบัติในส่วนงานของ Mechanic ที่ Tester

- ส่วนของ Hardware ใส่สวิตช์เพิ่มที่ Tester และทำการต่อสายที่ปุ่ม Start, Stop หลังจากนั้นก็จะทำสาย Connector เชื่อมระหว่างภายในและภายนอก เพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษา และสุดท้ายทำการใส่ Reed Switch ที่ ส่วนของฝาเปิดปิด, ตัวล็อคและตัวเสียบ



ภาพที่ 3.28 ขณะปฏิบัติในส่วนงานของ Hardware ที่ Tester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2 Modified Lifter Conveyor

- ส่วนของ Mechanic ใส่และปรับตำแหน่งของ Stopper และ Lifter

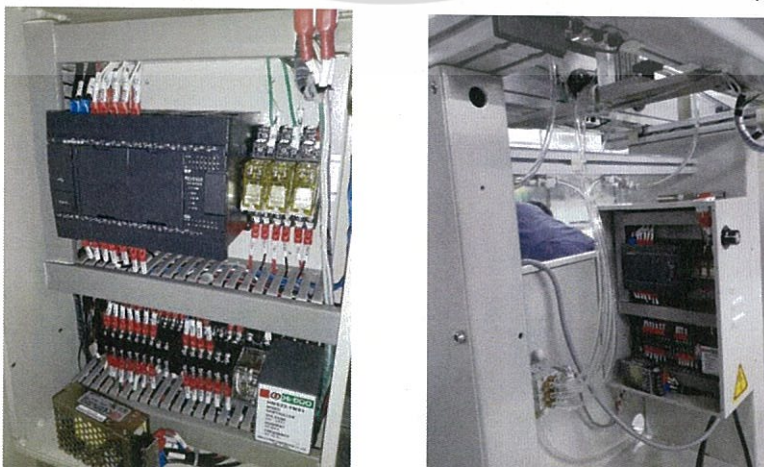


ภาพที่ 3.29 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Mechanic ที่ Lifter Conveyor

- ส่วนของ Hardware ใส่เซนเซอร์ต่างๆ เช่น Photo Sensor, Reed Switch (ที่บริเวณ Lifter) หลังจากนั้นทำการติดตั้งกล่องควบคุม และสุดท้ายทำการต่อวงจรไฟฟ้าที่ได้ ออกแบบไว้



ภาพที่ 3.30 ขณะปฏิบัติในส่วนของงานของ Hardware ที่ Lifter Conveyor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.31 อุปกรณ์ต่างๆที่ทำการต่อเสร็จเรียบร้อยแล้วของ Lifter Conveyor
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

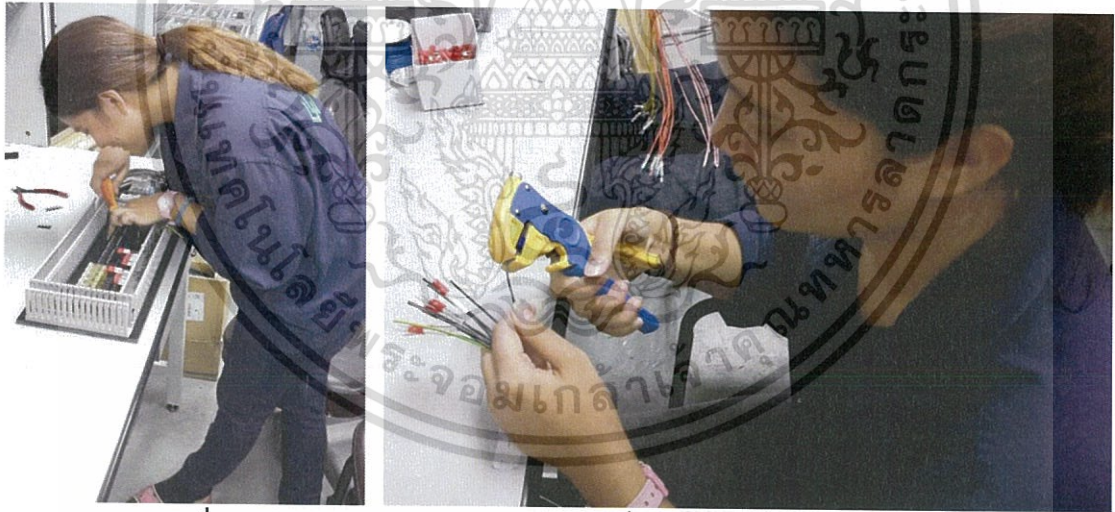
- ส่วนของ Software เขียนโปรแกรม PLC ด้วย KV Studio หลังจากนั้นใช้สาย USB ทำการใส่โปรแกรมเข้าไปที่ PLC โดยจะมีทั้งสิ้น 2 โปรแกรม เพราะควบคุม Lifter Conveyor 2 ตัว



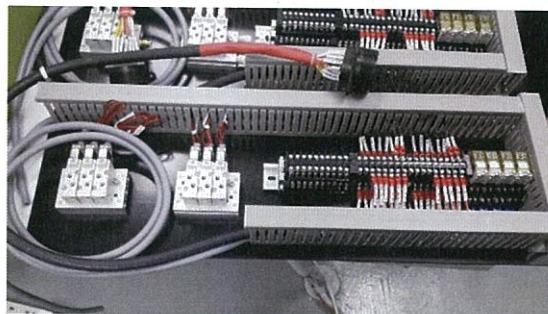
ภาพที่ 3.32 ขณะเขียนโปรแกรม และทำการทดสอบโปรแกรมของ Lifter Conveyor

3.4.2.3 Board FCT Station

- ส่วนของ Hardware ต่อดวงจรทางไฟฟ้าและทำสายเชื่อมต่อ 12 และ 30 cores



ภาพที่ 3.33 ขณะต่ออุปกรณ์ และทำสายเชื่อมต่อ ของบอร์ด FCT Station



ภาพที่ 3.34 บอร์ด FCT Station ที่เสร็จแล้ว

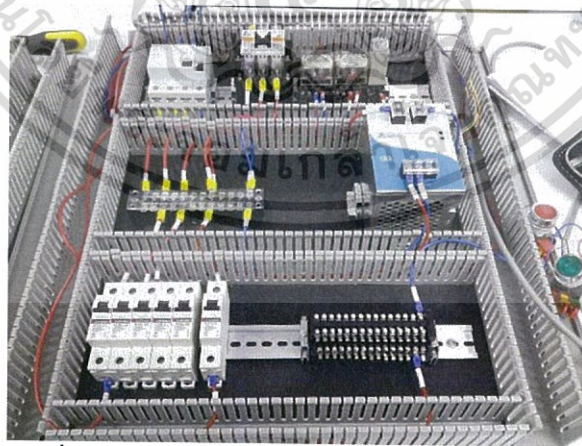
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 ตู้ Main Control

- ส่วนของ Hardware ทำสายเชื่อมต่อ 30 cores เชื่อมสื่อสารระหว่าง ตู้ Main Control กับ Robot และ FCT Board และต่อวงจรบอร์ดที่ควบคุมไฟในตู้ Main Control



ภาพที่ 3.35 ขณะทำสาย 30 cores ของ ตู้ Main Control



ภาพที่ 3.36 บอร์ดที่ควบคุมไฟ ของ ตู้ Main Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.5 Robot

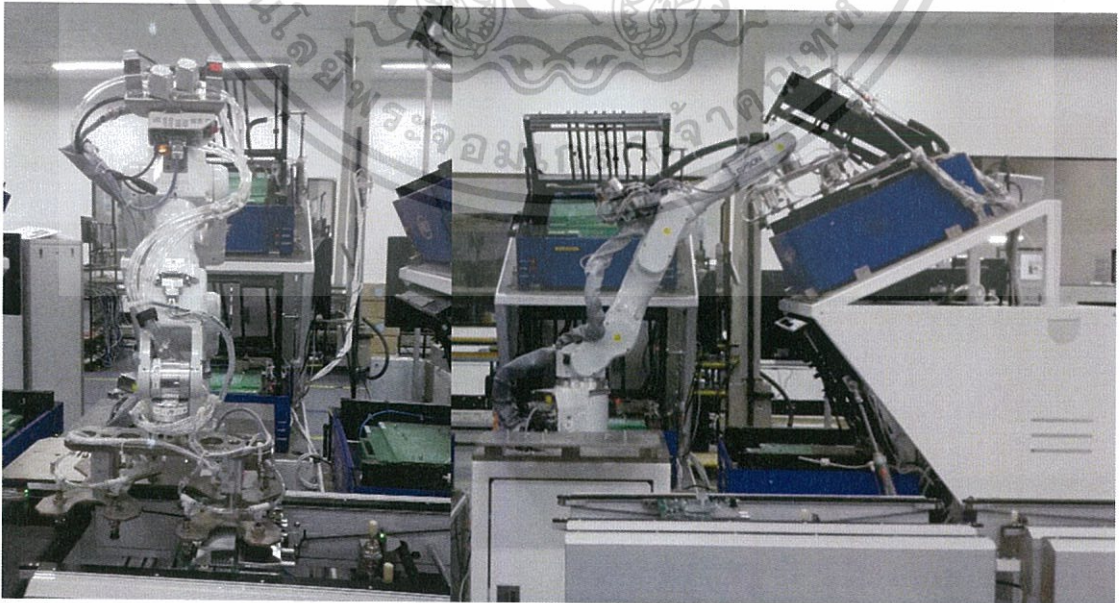
- ส่วนของ Hardware ทำบอร์ดควบคุม ใส่อุปกรณ์ต่างๆ เช่น Terminal, Relay, Pneumatic Valve และทำการ Teach Robot ณ ตำแหน่งต่างๆ



ภาพที่ 3.37 ขณะที่กำลัง Teaching Robot

3.4.4 ขั้นตอนทดสอบการทำงาน

เป็นขั้นตอนที่จะทำการเปิดเครื่องให้ทำงานจริง พร้อมกับตรวจสอบความถูกต้องของ Hardware และโปรแกรม



ภาพที่ 3.38 ขณะทำการทดสอบระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง โดยจะทดสอบในส่วนของ Lifter Conveyor เป็นหลักและจะมีการทดสอบการทำงานรวมของทั้งระบบ ซึ่งส่วนของ Lifter Conveyor จะทดสอบในเรื่องของความเร็วของ Conveyor และความเร็วลมที่ใช้ตรงบริเวณ Lifter ซึ่งจะแสดงได้ดังต่อไปนี้

- Lifter Conveyor

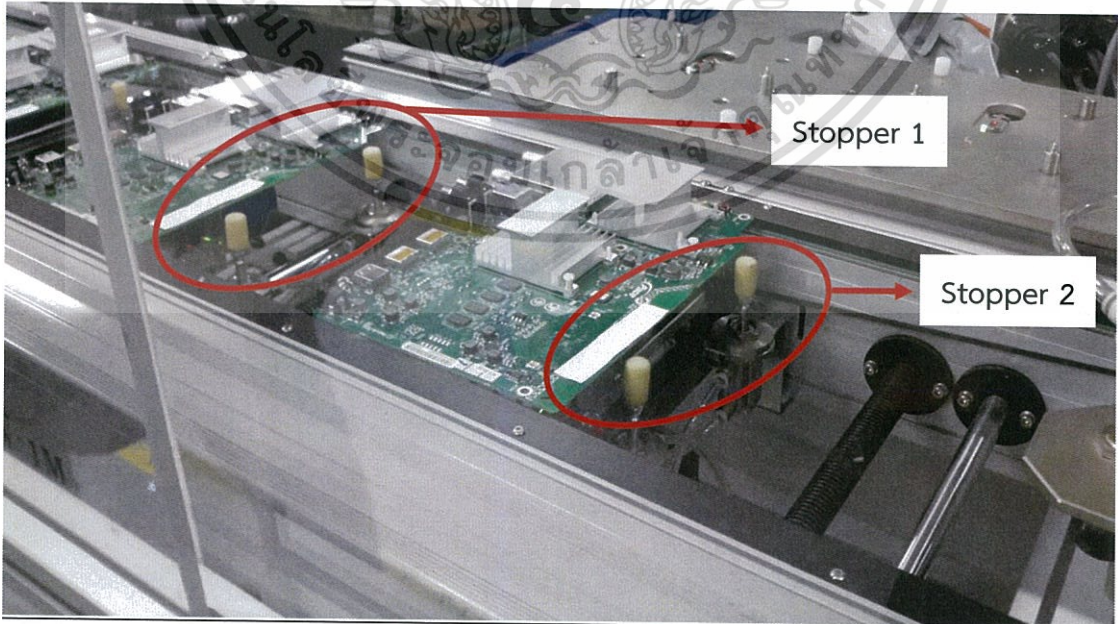
4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบความเร็วของ Lifter Conveyor

การทดลองนี้ จะเป็นการทดสอบความเสถียรของการทำงานของ Lifter Conveyor เมื่อความเร็วเปลี่ยนไป เพื่อตรวจสอบว่า ความเร็วที่เปลี่ยนไปส่งผลอย่างไรต่อแผ่นวงจร

4.1.1 วิธีการทดลอง

1. ปรับความเร็วของ Lifter Conveyor ที่ 10%
2. ใส่แผ่นวงจรเข้าไป โดยแผ่นจะไปหยุดที่บริเวณ Stopper 2 (บริเวณ Lifter)
3. บันทึกผลว่า เกิดผลอย่างไรบ้างที่บริเวณ Stopper 2
4. ใส่แผ่นวงจรเข้าไป โดยแผ่นจะไปหยุดที่บริเวณ Stopper 1
5. บันทึกผลว่า เกิดผลอย่างไรบ้างที่บริเวณ Stopper 1
6. เอาแผ่นวงจรออกทั้งหมด แล้วเปลี่ยนความเร็วไป เพิ่มขึ้นที่ละ 10%

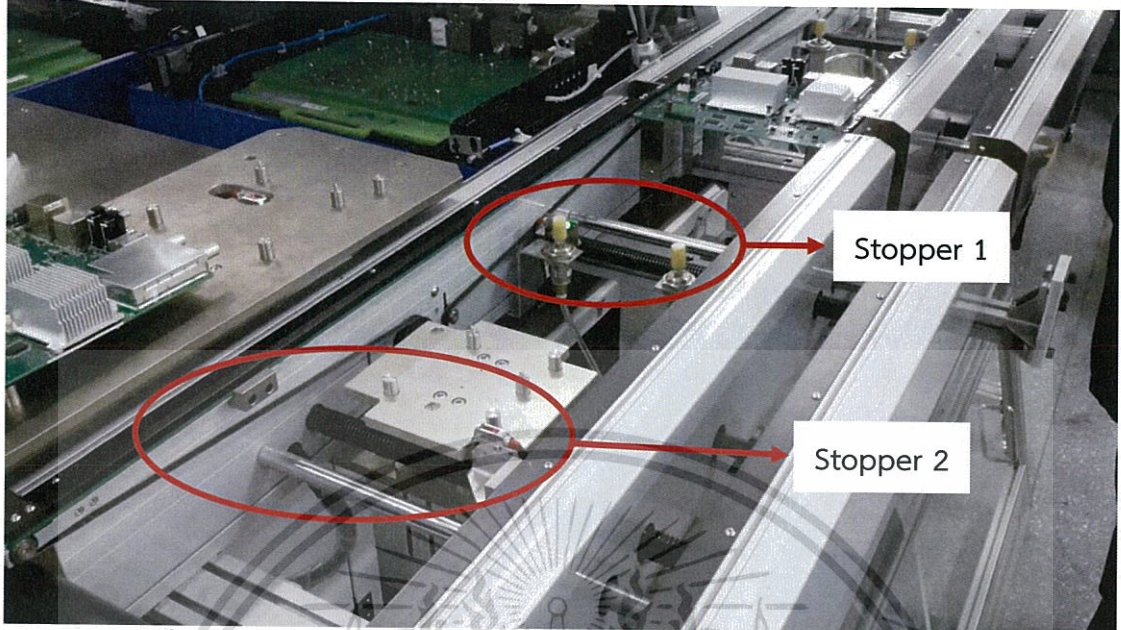
Lifter Conveyor ด้านที่ 1



ภาพที่ 4.1 แสดงตำแหน่งของ Stopper 1 และ 2 ของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lifter Conveyor ด้านที่ 2



ภาพที่ 4.2 แสดงตำแหน่งของ Stopper 1 และ 2 ของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2

4.1.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วของ Lifter Conveyor ด้านที่ 1

ความเร็ว (%)	ผลที่เกิดขึ้น	
	บริเวณ Stopper1	บริเวณ Stopper2
10	-	-
20	-	-
30	-	แผ่นวงจรสั้น
40	-	แผ่นวงจรสั้น
50	-	แผ่นวงจรสั้น
60	-	แผ่นวงจรสั้น
70	-	แผ่นวงจรสั้น
80	-	แผ่นวงจรสั้น
90	-	แผ่นวงจรสั้น
100	-	แผ่นวงจรสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วของ Lifter Conveyor ด้านที่ 2

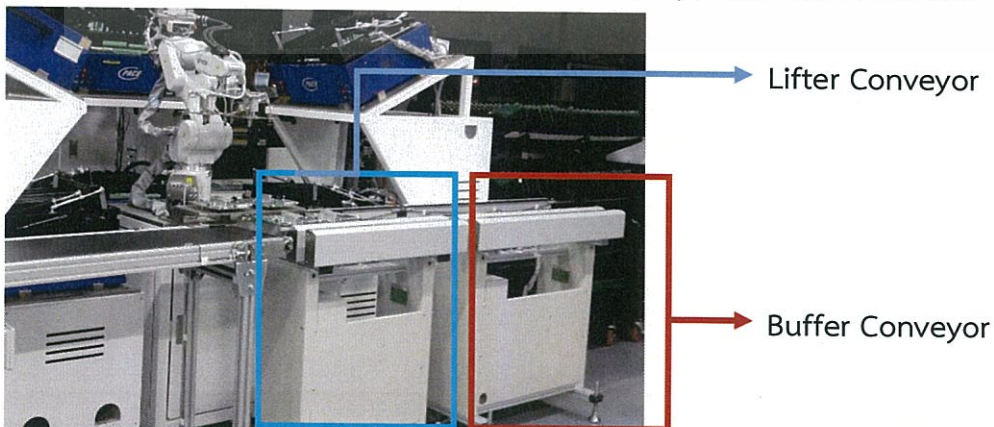
ความเร็ว (%)	ผลที่เกิดขึ้น	
	บริเวณ Stopper1	บริเวณ Stopper2
10	-	-
20	-	-
30	-	-
40	-	-
50	-	-
60	-	-
70	-	-
80	-	-
90	-	-
100	-	-

4.2 การทดลองที่ 2 ตรวจสอบการทำงานระหว่าง Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor

การทดลองนี้ จะเป็นการทดสอบความเสถียรของการทำงานระหว่าง Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor เมื่อความเร็วเปลี่ยนไปในเงื่อนไขต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่า เงื่อนไขของความเร็วที่เปลี่ยนไปส่งผลอย่างไรต่อการทำงานของทั้ง 2 Conveyor

4.2.1 วิธีการทดลอง

1. ปรับความเร็วของ Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor ตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. ใส่แผ่นวงจรเข้าไปที่ Buffer Conveyor
3. สังเกตลำดับการทำงานของทั้ง 2 Conveyor และบันทึกผลที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 4.3 แสดงตำแหน่งของ Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor ซึ่งเหมือนกันทั้ง 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น และอนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่คิดค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วตามเงื่อนไขต่างๆ ด้านที่ 1

เงื่อนไข	ความเร็ว(%)		ลักษณะการทำงาน
	Buffer Conveyor	Lifter Conveyor	
1. Buffer = Lifter	50	50	ปกติ
2. Buffer > Lifter	100	30	ปกติ
3. Buffer < Lifter	30	100	ปกติ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความเร็วตามเงื่อนไขต่างๆ ด้านที่ 2

เงื่อนไข	ความเร็ว(%)		ลักษณะการทำงาน
	Buffer Conveyor	Lifter Conveyor	
1. Buffer = Lifter	50	50	ปกติ
2. Buffer > Lifter	100	30	ปกติ
3. Buffer < Lifter	30	100	ปกติ

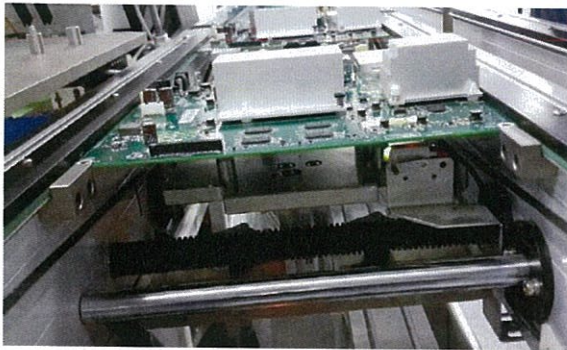
4.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบความดันลมของบริเวณ Lifter

การทดลองนี้ จะเป็นการทดสอบความเสถียรของการทำงาน Lifter ที่ยกแผ่นวงจร เพื่อให้ Robot มาหยิบไปทดสอบ เมื่อความดันลมเปลี่ยนไปตามเงื่อนไข เพื่อตรวจสอบว่า เงื่อนไขของความดันลมที่เปลี่ยนไปส่งผลอย่างไรต่อแผ่นวงจร เนื่องจาก Lifter Conveyor ตรงส่วนที่ยกขึ้นนั้น เหมือนกัน จึงทำการทดสอบเพียงด้านเดียว

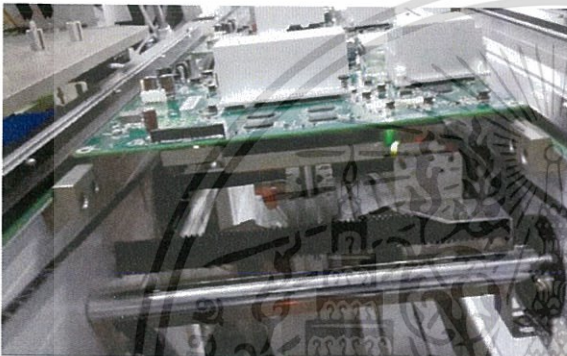
4.3.1 วิธีการทดลอง

1. ปรับความดันลมที่บริเวณ Lifter ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
2. ใส่แผ่นวงจรเข้าไปที่บริเวณ Lifter
3. สังเกตผลที่เกิดขึ้นกับแผ่นวงจร ขณะที่ Lifter กำลังยก
4. บันทึกผลที่เกิดขึ้น

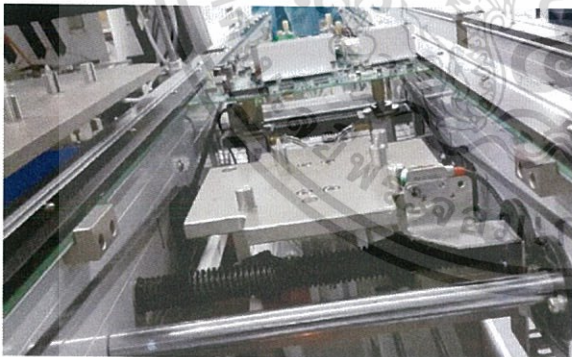
ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 4.4



Lifter อยู่ล่างสุด รอแผ่นมาโดนเซนเซอร์



Lifter ยกตัวขึ้น หลังจากนั้น Robot จะมาหยิบแผ่น



Lifter ยกตัวลง หลังจาก Robot มาหยิบแผ่นออกไป

ภาพที่ 4.4 แสดงการทำงานส่วน Lifter ของ Lifter Conveyor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเนื่องจากเปลี่ยนความดันลมตามเงื่อนไขต่างๆ

เงื่อนไขที่	ความดันลม		ผลที่เกิดขึ้น	
	ขณะยกขึ้น	ขณะยกลง	ขณะยกขึ้น	ขณะยกลง
1	ต่ำ	ต่ำ	-	-
2	ต่ำ	กลาง	-	-
3	ต่ำ	สูง	-	-
4	กลาง	ต่ำ	-	-
5	กลาง	กลาง	-	-
6	กลาง	สูง	-	-
7	สูง	ต่ำ	แผ่นกระดก	-
8	สูง	กลาง	แผ่นกระดก	-
9	สูง	สูง	แผ่นกระดก	-

- ระบบการทำงานทั้งหมด

4.4 การทดลองที่ 4 ทดสอบการทำงานของทั้งระบบ

การทดลองนี้ จะเป็นการทดสอบความเสถียรของการทำงานของระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอัตโนมัติ ซึ่งจะทดสอบโดยการนำแผงวงจรมาทดสอบจริง โดยจะดูที่ค่า yield เป็นหลัก เพื่อตรวจสอบว่า ระบบอัตโนมัตินี้ มีประสิทธิภาพในการทำงานเป็นอย่างไร

4.3.1 วิธีการทดลอง

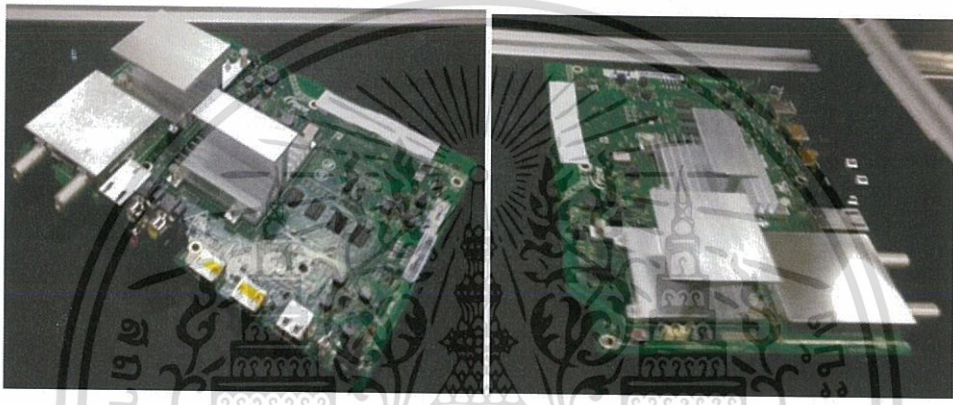
1. ให้ทดสอบแผ่นแผงวงจรด้วยระบบอัตโนมัติ
2. สังเกตผลที่เกิดขึ้น
3. บันทึกผลในทุกๆวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของทั้งระบบควบคุมแผงวงจรอัตโนมัติ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แสดงการวางของ Robot บน Belt Conveyor เมื่อแผ่นวงจรนั้นผ่านมาตรฐาน



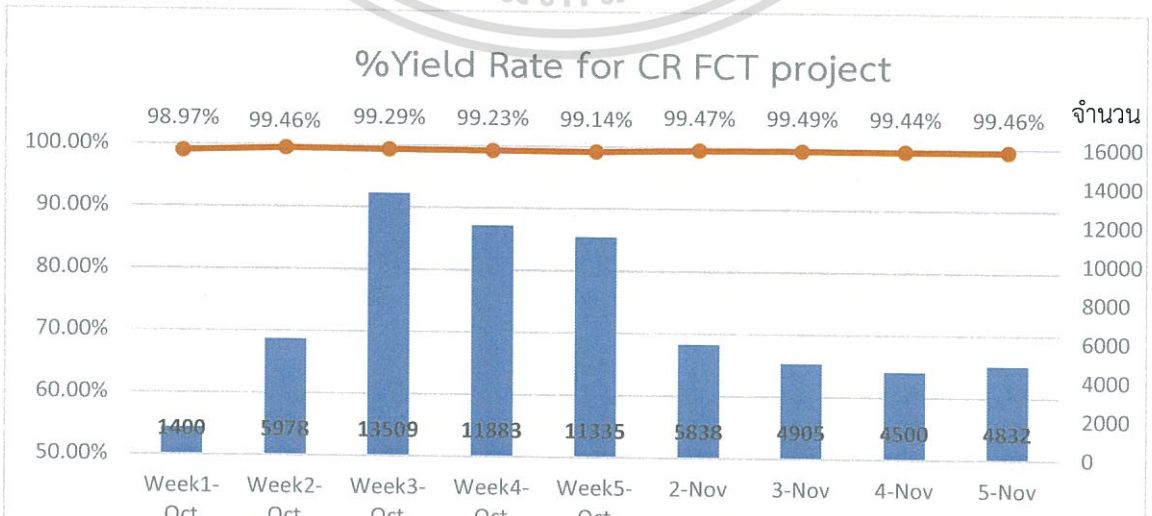
(a)

(b)

ภาพที่ 4.7 แสดงการวางของ Robot บน Belt Conveyor เมื่อแผ่นวงจรนั้นไม่ผ่านมาตรฐาน โดย (a) เป็นการวางของ Robot ด้านที่ 1 (b) เป็นการวางของ Robot ด้านที่ 2

4.3.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองของทั้งระบบ โดยวัดจากค่า % Yield Rate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ จะกล่าวสรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างทำการวิจัย รวมถึงข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดของโครงการ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในส่วนของ Lifter Conveyor พบว่า ในด้านที่ 1 เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อแผ่นวงจรเมื่อเคลื่อนตัวไปถึงบริเวณ Stopper 2 ซึ่งเมื่อชนกับ Stopper 2 ที่ความเร็วตั้งแต่ 30% ขึ้นไป จะเกิดการสั่นกลับไปมากก่อนที่จะหยุดนิ่ง ซึ่งความแรงของการสั่นจะขึ้นอยู่กับความเร็วที่ใช้ ส่วนที่บริเวณ Stopper 1 ไม่เกิดการชนที่ส่งผลให้แผ่นวงจรสั่น แต่เรื่องลำดับการทำงานของ Lifter Conveyor สามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขต่างๆ ไม่ว่าจะขณะที่ Robot ด้านที่ 1 เรียกขอแผ่นวงจร หรือตอนที่ Robot ด้านที่ 2 เรียกขอแผ่น และด้านที่ 2 เมื่อเปลี่ยนความเร็วไปก็ไม่ก่อให้เกิดการสั่นต่อแผ่นวงจร ที่บริเวณ Stopper ทั้ง 2 ที่

จากการทดลองการทำงานระหว่าง Lifter และ Buffer Conveyor จะสังเกตว่า ไม่ว่าจะความเร็วของ Buffer Conveyor และ Lifter Conveyor จะมีค่าเท่าไร ก็สามารถทำงานเชื่อมต่อกันได้อย่างปกติ ไม่มีปัญหา ในทั้ง 2 ด้าน

จากการทดลองความดันลมของบริเวณ Lifter จะเห็นว่า การปรับความดันลมขาขึ้น มีผลต่อแผ่นวงจร เพราะด้วยความที่ดันลมมากเกินไปจะทำให้แผ่นถูกยกขึ้นมาไม่ตรงรู ซึ่งจะส่งผลต่อการหยิบของ Robot ซึ่งอาจจะหยิบได้ แต่เมื่อหยิบไปแล้ว จะไม่สามารถนำวางได้ตรงกับที่ทดสอบในเครื่อง Tester ส่วนการปรับความดันลมขาลง ไม่มีผลต่อแผ่นวงจร เนื่องจากแผ่นที่ถูกกักที่ Stopper 1 จะไม่ปล่อยมาจนกว่า Lifter จะยกลงมาเสร็จแล้ว

จากการทดสอบการทำงานทั้งระบบควบคุมการทดสอบแผงวงจรอัตโนมัติ พบว่า มีค่า %Yield Rate โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 99.33% ซึ่งถือว่า การทำงานนี้ ค่อนข้างจะเสถียร แต่จากการที่แสดงนั้นจะเห็นว่า ยอดแผ่นที่ทำการทดลองนั้นน้อยลง เนื่องจากการย้ายสถานที่ตั้งรวมถึงมีการรวมสายการผลิตทั้ง 2 ด้าน จึงทำให้มีการใช้เวลาในส่วนของการติดตั้ง และแก้ไขโปรแกรม

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ขณะต่อสายบอร์ด Lifter Conveyor พบว่า Output ของ PLC นั้นทำงานตลอด ไม่ว่าจะ สั่งให้ทำงานหรือไม่ เพราะ PLC ที่ใช้นั้น เป็นแบบ Transistor ซึ่ง Common ที่ใช้ต้องเป็นไฟลบ แต่ปรากฏว่า ในตอนแรกนั้น ผู้จัดทำ ต่อไฟบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ขณะที่กำลังตรวจสอบ Input/Output พบว่า ไฟที่ Solenoid Valve กำลังทำงานทุกตัว ซึ่งถือว่า ผิดปกติ นั้นเป็นเพราะสาย 2 เส้นคือ สีแดง และสีดำนั้นมีความหมายจะต้องต่อให้ตรงกับไฟที่ใช้

5.2.3 เมื่อใช้ความเร็วของ Lifter Conveyor เร็วมาก จะส่งผลให้แผ่นกระทบกับ Stopper อย่างรุนแรง ทำให้เกิดการสั่นของแผ่น อาจทำให้แผ่นเสียหาย

5.2.4 ในช่วงแรกที่ทดสอบการทำงานในส่วนของ Lifter Conveyor ติดปัญหาในเรื่องของการวางตำแหน่งของ Photo Sensor2 (ที่อยู่บริเวณ Stopper2) ซึ่งตำแหน่งที่วาง ณ ขณะนั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการจับแผ่นวงจรลดลง จึงต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งการวางเซนเซอร์ใหม่

5.2.5 Stopper ของทั้ง Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor เมื่อ Solenoid Valve สั่งให้หยุดทำงานแล้ว Stopper ไม่ยอมลง เนื่องจากมีแรงกดทับของแผ่นวงจรที่โดน Stopper อยู่

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมการทดสอบแผ่นวงจรอัตโนมัติ

5.3.1 ควรเปลี่ยน Stopper ที่ Lifter Conveyor และ Buffer Conveyor โดยอาจจะใช้วัสดุที่ซึมซับแรงกระแทกให้ได้มากขึ้น เพื่อลดแรงกระแทก ไม่แผ่นเกิดการสั่น ซึ่งส่งผลให้แผ่นวงจรไม่ได้รับความเสียหาย และลดปัญหาเรื่อง Stopper ไม่ยอมลง เมื่อ Solenoid Valve หยุดสั่งให้ทำงาน

5.3.2 เนื่องจาก PLC ที่ใช้ คือ รุ่น KV N40AT ซึ่งมี Input/Output 40 จุด ถือว่า มากเกินจำเป็น อาจจะเปลี่ยนรุ่น เป็น KV N24AT ซึ่งจะมีขนาดเล็กลง ทำให้เหลือพื้นที่ในบอร์ดเยอะขึ้น ซึ่งอาจจะเพียงพอต่อการใส่ Terminal สำหรับไฟ 220 V ทำให้ไม่ต้องรวมสายระหว่างอุปกรณ์ ทำให้สะดวกต่อการตรวจสอบวงจรมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนิดของ Power supply และความแตกต่าง. (2556). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.electronic-solution.co.th/ชนิดของ-power-supply-และความแตกต่าง-8030.page>
- [2] ชิตชัย โพธิ์ประภา. (ม.ป.ป.). รีดสวิตช์ (reed switch). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://phchitchai.wbvschool.net/archives/1402>
- [3] โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve). (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://นิวเมติก.com/solenoid-valve-work/>
- [4] ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.research-system.siam.edu/images/coop/CONSTRUCTION_OF_PRODUCT_PACKING_MACHINE_CONTROL_SET_USING_PLC/4%20ch2.pdf
- [5] พันธุ์ศักดิ์ พลอินทร์. (ม.ป.ป.). อุปกรณ์ประกอบวงจร. ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www2.tatc.ac.th/e-learning/story13.html>
- [6] ฟิวส์ (Fuse) คืออะไร?. (2557). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.pspotech.co.th/ฟิวส์fuseคืออะไร-16114.page>
- [7] ระบบสายพานลำเลียง Belt Conveyor System. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://heiphar.blogspot.com/2014/08/belt-conveyor.html>
- [8] รีเลย์ (Relay) คืออะไร?. (2557). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.pspotech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page>
- [9] อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www2.dede.go.th/bhrd/old/dataenergy/DocEnergy/energy%20saving%20Technogy3.htm>
- [10] อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวแมติกส์. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation02.pdf
- [11] Circuiter. (2555). PCB คืออะไร?. ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.electcircuitz.com/pcb-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html>
- [12] Orathai Yawara. (2556). บทที่ 8 โปรโตคอลแบบต่าง ๆ. ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://orathai1568.blogspot.com/2013/08/8.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] Photo sensor คืออะไร?. (2557). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.psp-tech.co.th/photo-sensor-คืออะไร-21233.page>
- [14] Testing Overview and Black-Box Testing Techniques. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://taladbancyber.com/upfile/20110404090425.pdf>





ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

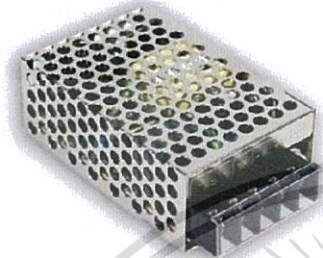
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Switching Power Supply



25W Single Output Switching Power Supply

RS-25 series



■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- All using 105°C long life electrolytic capacitors
- Withstand 300VAC surge input for 5 second
- High operating temperature up to 70°C
- Withstand 5G vibration test
- No load power consumption < 0.5W
- High efficiency, long life and high reliability
- 3 years warranty



SPECIFICATION

MODEL	RS-25-3.3	RS-25-5	RS-25-12	RS-25-15	RS-25-24	RS-25-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	12V	15V	24V	48V
	RATED CURRENT	6A	5A	2.1A	1.7A	1.1A	0.57A
	CURRENT RANGE	0 ~ 6A	0 ~ 5A	0 ~ 2.1A	0 ~ 1.7A	0 ~ 1.1A	0 ~ 0.57A
	RATED POWER	19.8W	25W	25.2W	25.5W	26.4W	27.36W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.85 ~ 3.6V	4.75 ~ 5.5V	10.8 ~ 13.2V	13.5 ~ 16.5V	22 ~ 27.6V	42 ~ 54V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION Note.5	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	1800ms, 23ms/230VAC 4000ms, 30ms/115VAC at full load					
HOLD UP TIME (Typ.)	80ms/230VAC 14ms/115VAC at full load						
INPUT	VOLTAGE RANGE	88 ~ 264VAC 125 ~ 373VDC (Withstand 300VAC surge for 5sec. Without damage)					
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz					
	EFFICIENCY (Typ.)	73.5%	78.5%	81.5%	83.5%	86%	85%
	AC CURRENT (Typ.)	0.7A/115VAC 0.4A/230VAC					
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 30A/230VAC					
	LEAKAGE CURRENT	<2mA/ 240VAC					
PROTECTION	OVERLOAD	110 ~ 180% rated output power Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed					
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.45V	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	17.25 ~ 20.25V	27.6 ~ 32.4V	55.2 ~ 64.8V
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-20 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")					
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing					
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH					
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)					
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes					
SAFETY & EMC (Note 6)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1 approved					
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC					
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH					
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B, EN61000-3-2, -3					
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, light industry level, criteria A					
	MTBF	309.7Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)					
	DIMENSION	78*51*28mm (L*W*H)					
NOTE	PACKING	0.2Kg; 60pcs/13Kg/0.46CUFT					
	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load. 6. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 380mm*360mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)						

File Name:RS-25-SPEC 2015-10-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



25W Single Output Switching Power Supply

RS-25 series

Mechanical Specification Case No.931A Unit:mm

Terminal Pin No. Assignment			
Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4	DC OUTPUT -V
2	AC/N	5	DC OUTPUT +V
3	FG		

Block Diagram fosc : 60KHz

Derating Curve **Output Derating VS Input Voltage**



File Name:RS-25-SPEC 2015-10-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RJ Series

Relays **IDEC**

Part Numbers

Type	Contacts	Coil Voltage	Standard	with Indicator Light
	SPDT	12V DC	RJ1S-C-D12	RJ1S-CL-D12
		24V DC	RJ1S-C-D24	RJ1S-CL-D24
		100-110V DC	RJ1S-C-D100	RJ1S-CL-D100
		24V AC	RJ1S-C-A24	RJ1S-CL-A24
		120V AC	RJ1S-C-A120	RJ1S-CL-A120
	DPDT	12V DC	RJ2S-C-D12	RJ2S-CL-D12
		24V DC	RJ2S-C-D24	RJ2S-CL-D24
		100-110V DC	RJ2S-C-D100	RJ2S-CL-D100
		24V AC	RJ2S-C-A24	RJ2S-CL-A24
		120V AC	RJ2S-C-A120	RJ2S-CL-A120
		240V AC	RJ2S-C-A240	RJ2S-CL-A240

E

Relays

Socket Part Numbers (DIN Rail or Panel Mount):

Part Numbers	Description
SJ1S-05B	SPDT Standard Screw Terminal
SJ1S-07L	SPDT Finger-safe Screw Terminal
SJ2S-05B	DPDT Standard Screw Terminal
SJ2S-07L	DPDT Finger-safe Screw Terminal
SJ9Z-C	Replacement Locking Lever

Ratings

Coil Ratings at 20°C (relays with LED indicator)

Coil Sensitivity	Nominal Voltage	Nominal Current	Coil Resistance	Power Consumption	Pull-in Voltage	Drop-Out Voltage	Max Allowable Voltage
DC Coil	12V	48mA	271Ω	0.53W	70% Max	10% Min	170%
	24V	25.7mA	1,060Ω				160%
	100-110V	5.2-5.7mA	18,870Ω				
AC Coil (60Hz)	24V	41.1mA	243Ω	0.9VA	80% Max	30% Min	140%
	120V	8.1mA	5270Ω				
	240V	4.1mA	21,530Ω				

Contact Ratings

	Contact	RJ1S		RJ2S	
		NO Contact	NC Contact	NO Contact	NC Contact
Contact Load Ratings	Resistive Load (Max)	12A @ 250VAC/30VDC	12A @ 250VAC; 6A @ 30VDC	8A @ 250VAC/30VDC	8A @ 250VAC; 4A @ 30VDC
		7.5A @ 250VAC; 6A @ 30VDC	7.5A @ 250VAC; 3A @ 30VDC	4A @ 250VAC; 4A @ 30VDC	4A @ 250VAC; 2A @ 30VDC
	Inductive Load (Max)	100mA @ 5VDC	10mA @ 5VDC		
		Min Applicable Load (reference value)			
Contacts Max Power Allowed	Resistive Load (Max)	AC: 3,000VA; DC: 360W	AC: 3,000VA; DC: 180W	AC: 2,000VA; DC: 240W	AC: 2,000VA; DC: 120W
		AC: 1,875VA; DC: 180W	AC: 1,875VA; DC: 90W	AC: 1,000VA; DC: 120W	AC: 1,000VA; DC: 60W
	Inductive Load (Max)				

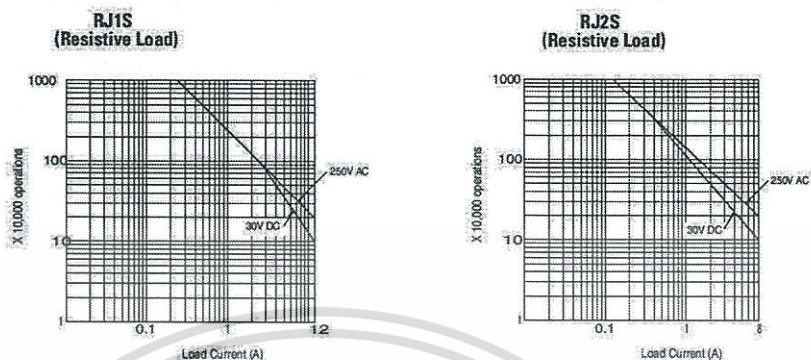
E-4

www.idec.com

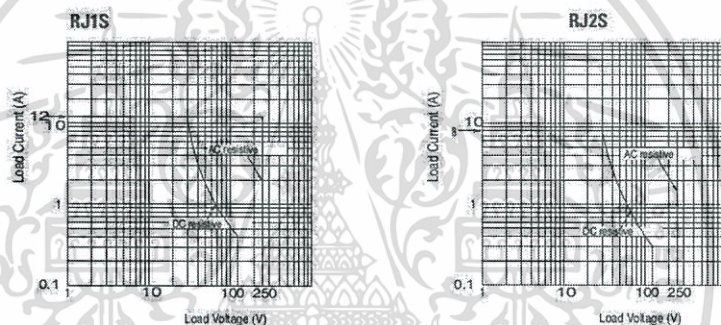
USA: (800) 262-IDECE or (408) 747-0550, Canada: (888) 317-IDECE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

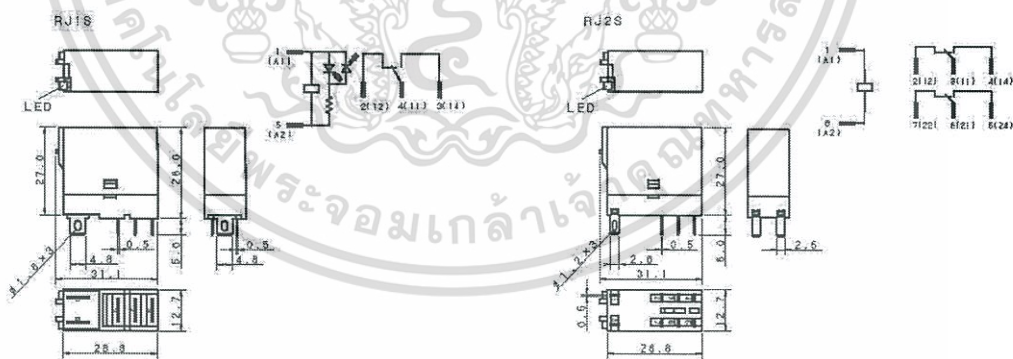
Electrical Life Curves



Maximum Switching Capacity



Dimensions



Dimensions are in mm.

www.idec.com

USA: (800) 262-IDEC or (408) 747-0550, Canada: (888) 317-IDEC

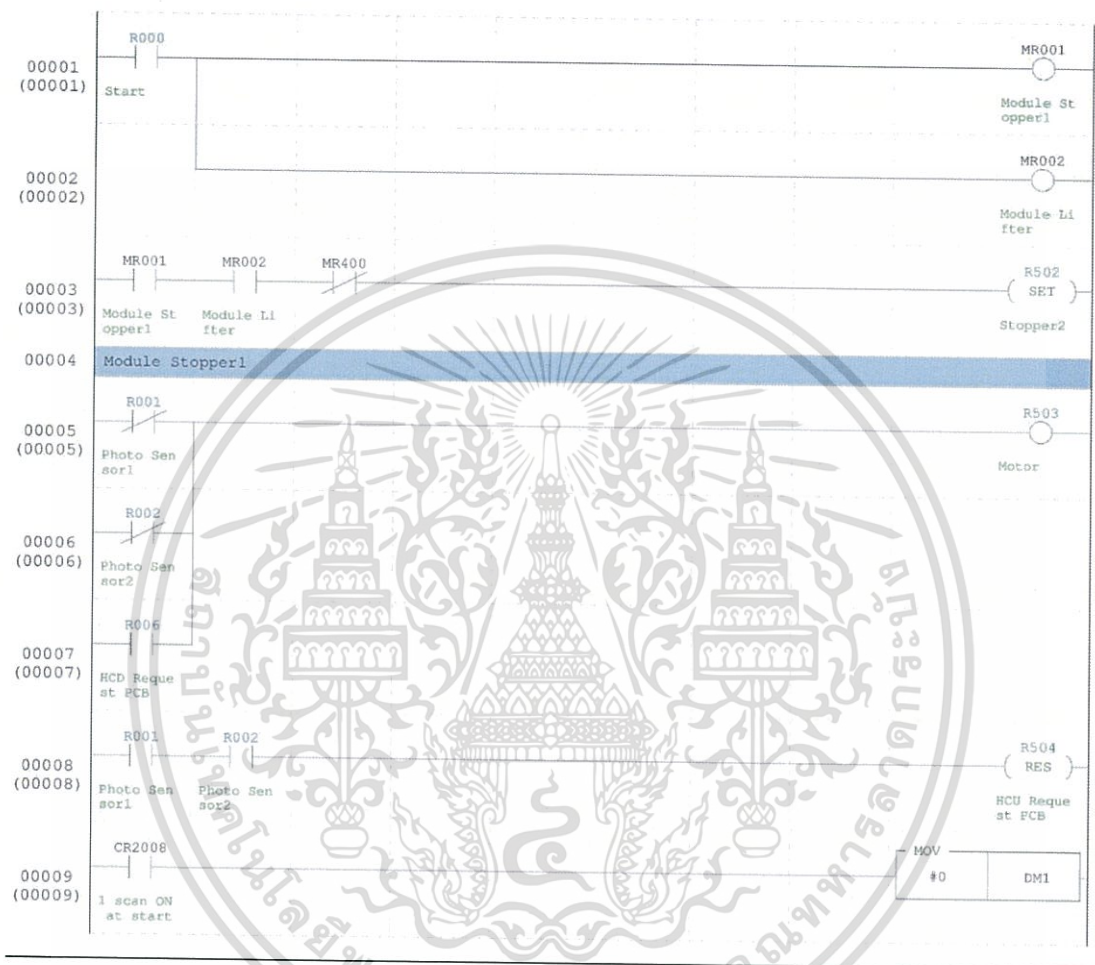
E-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

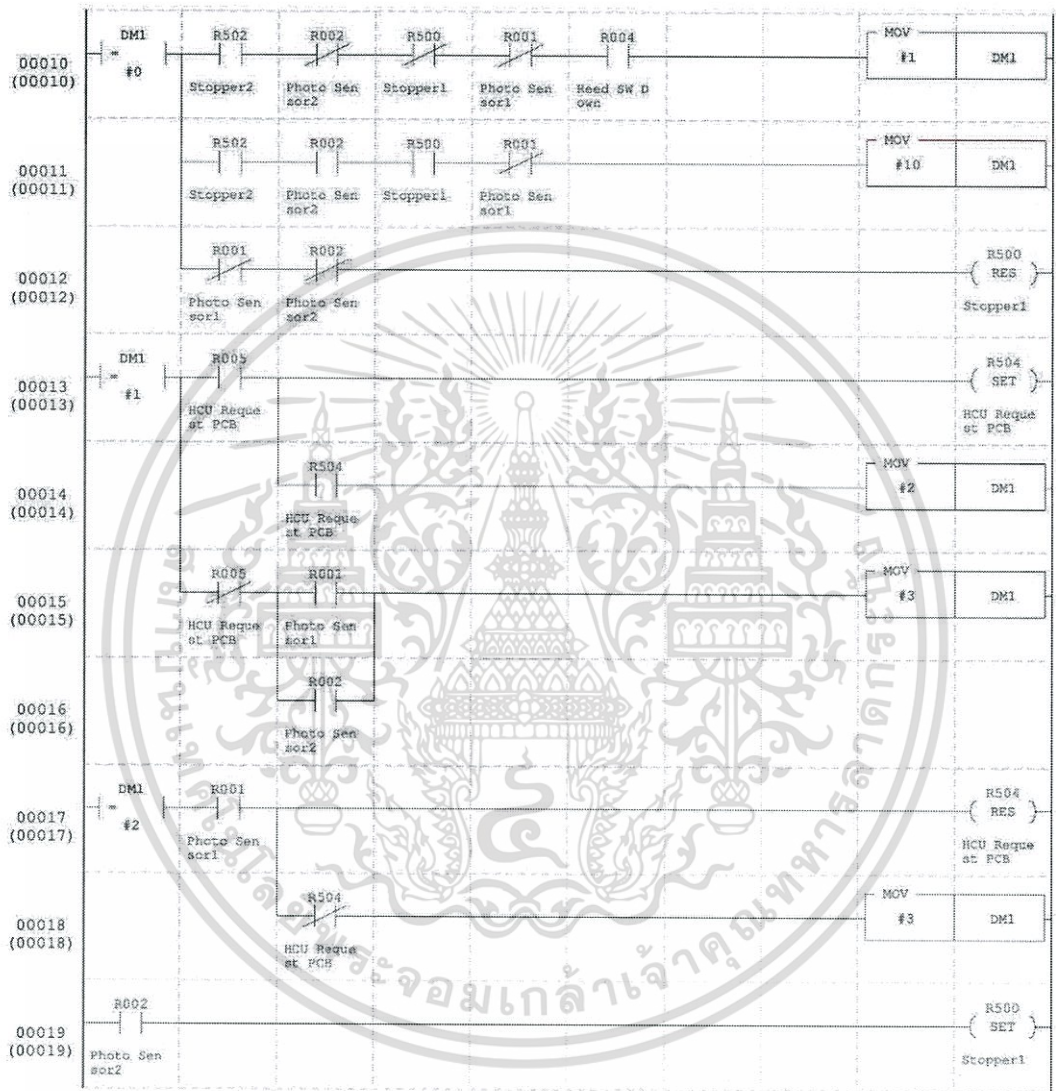


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

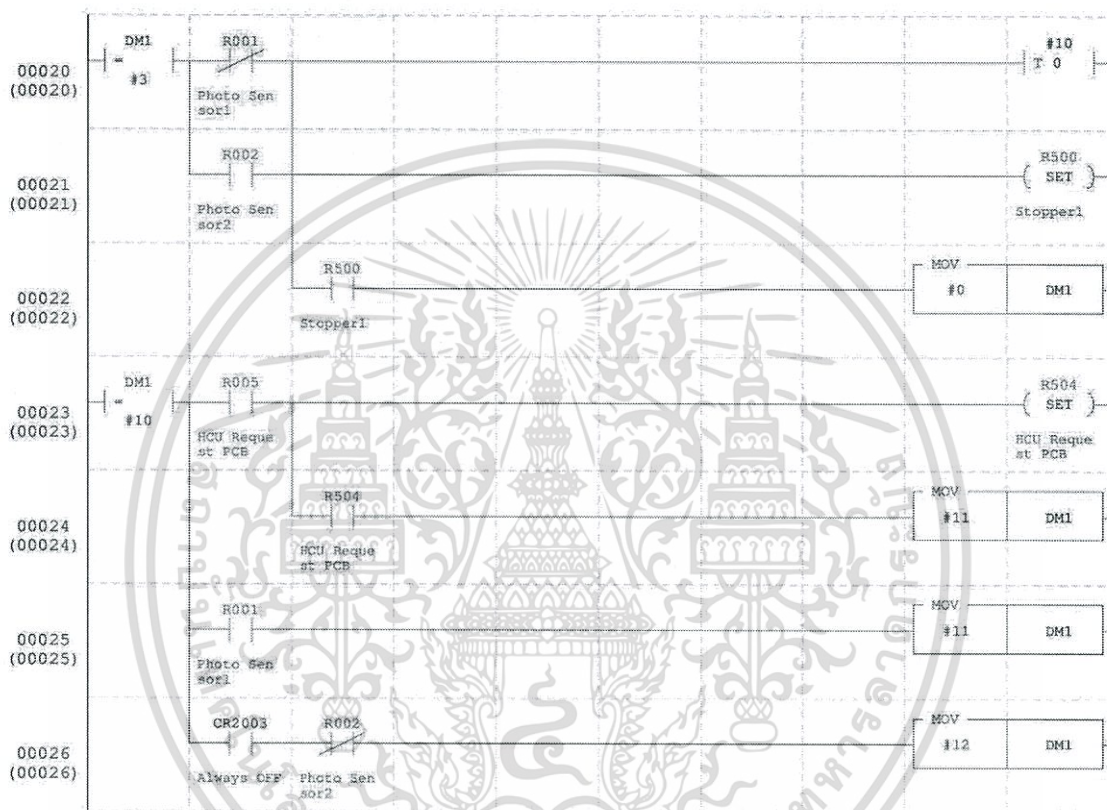
โปรแกรมควบคุม Lifter Conveyor ด้านที่ 1



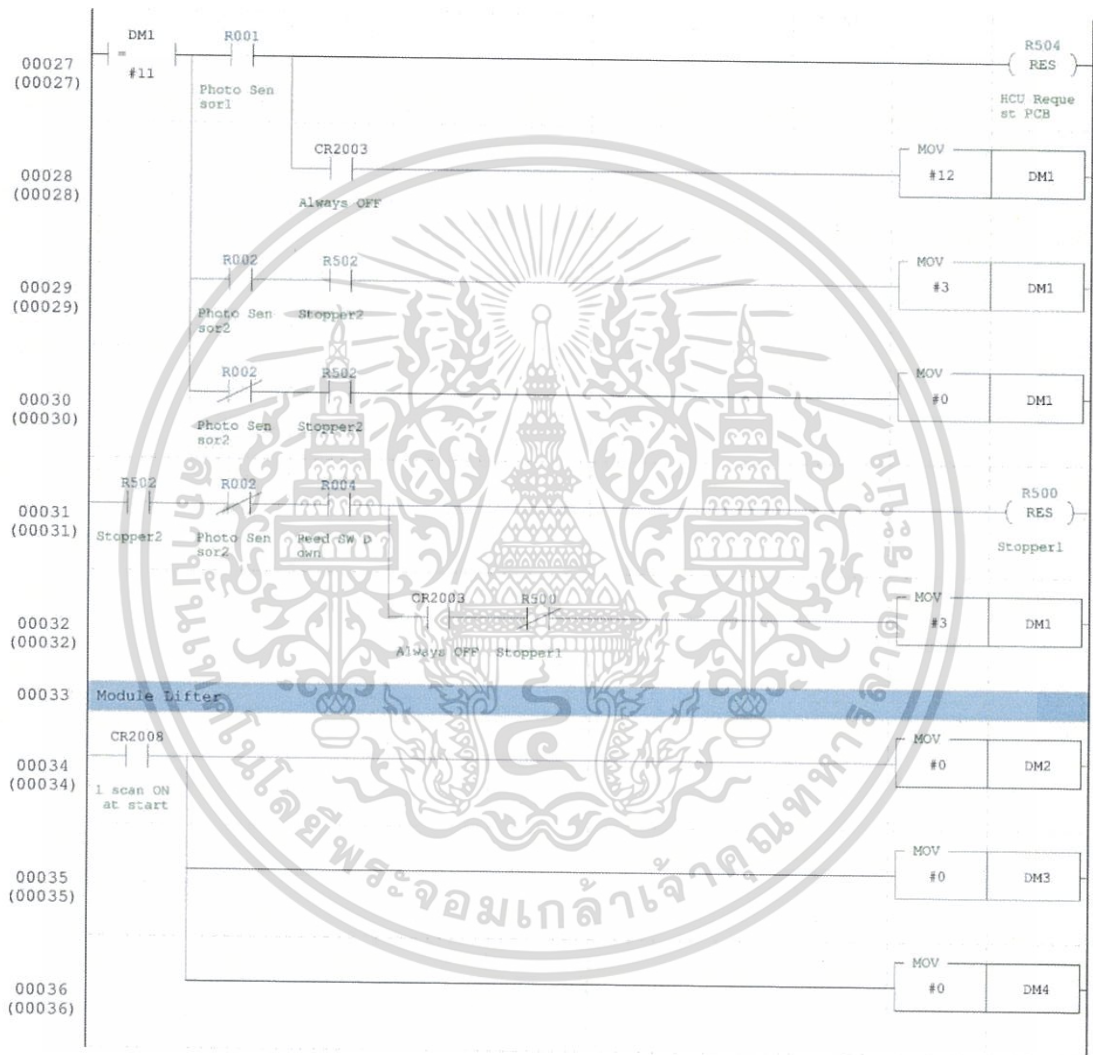
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



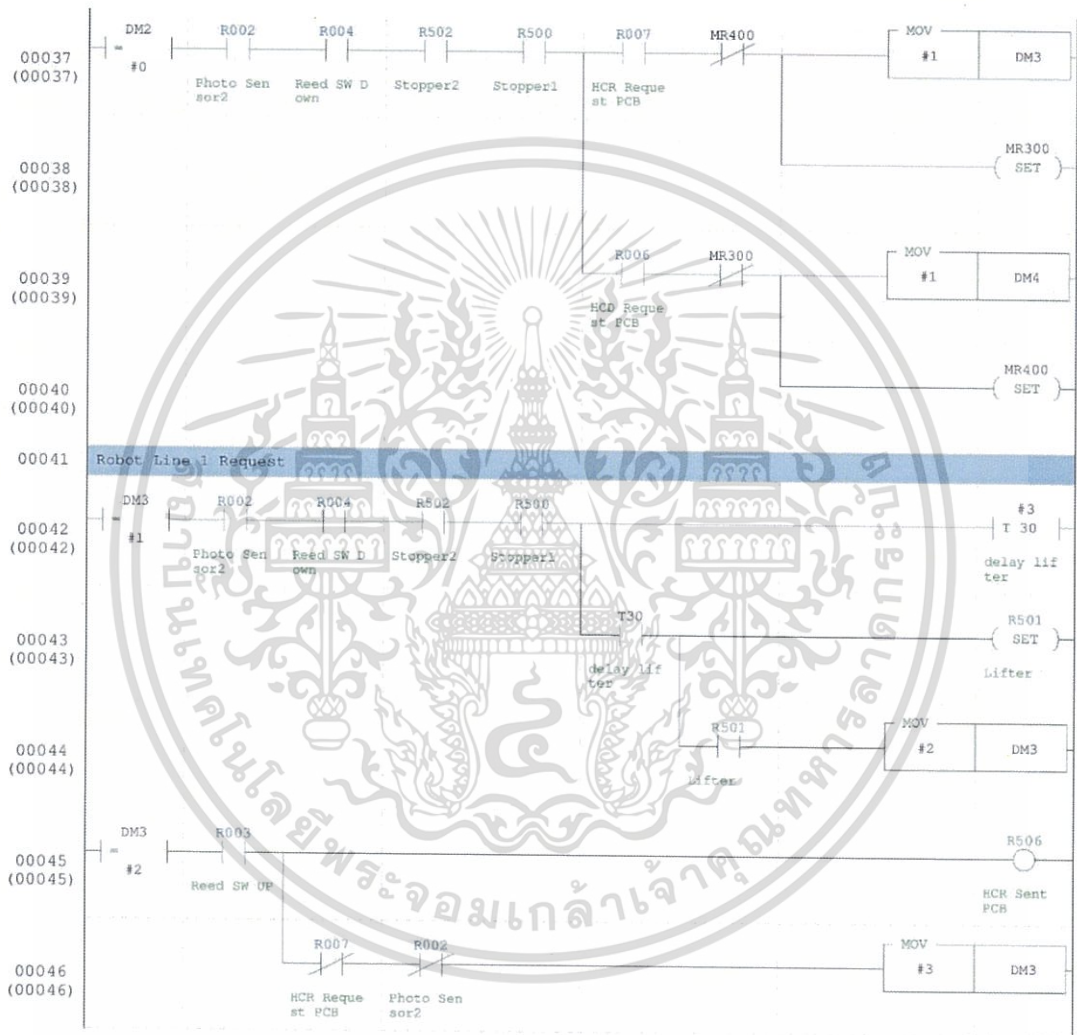
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



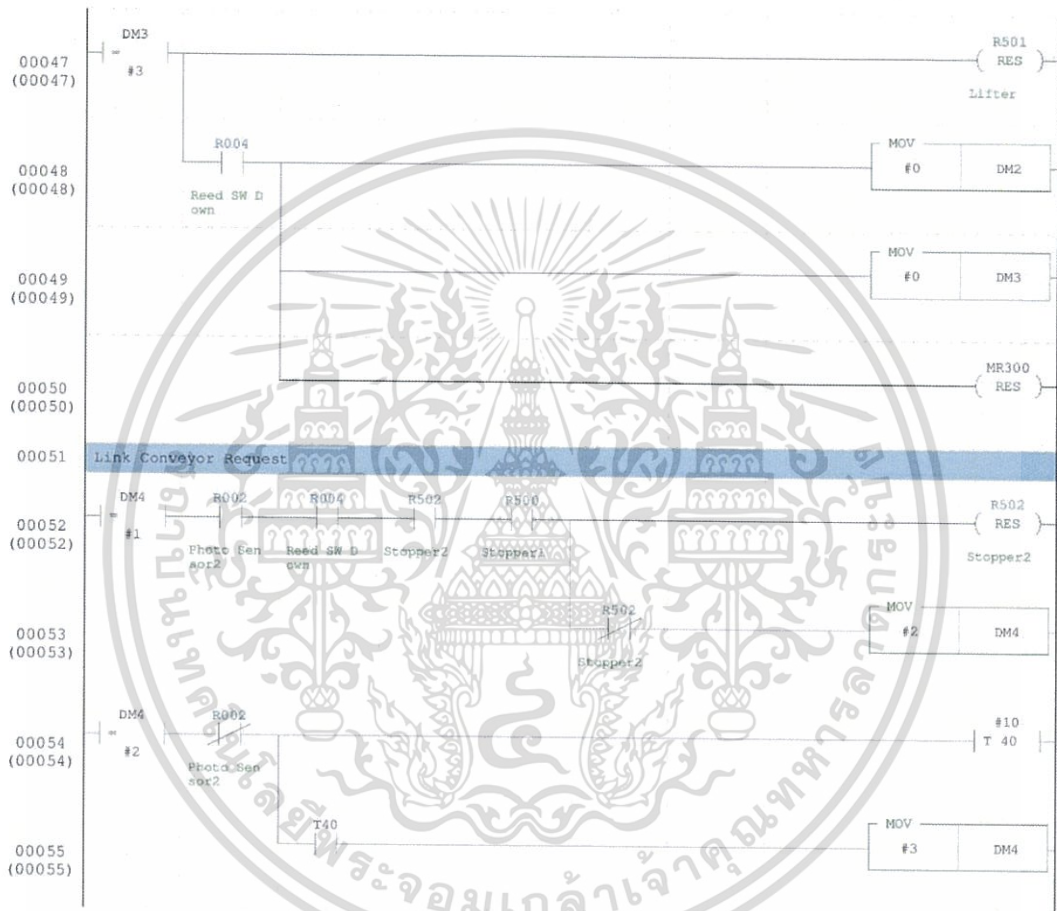
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

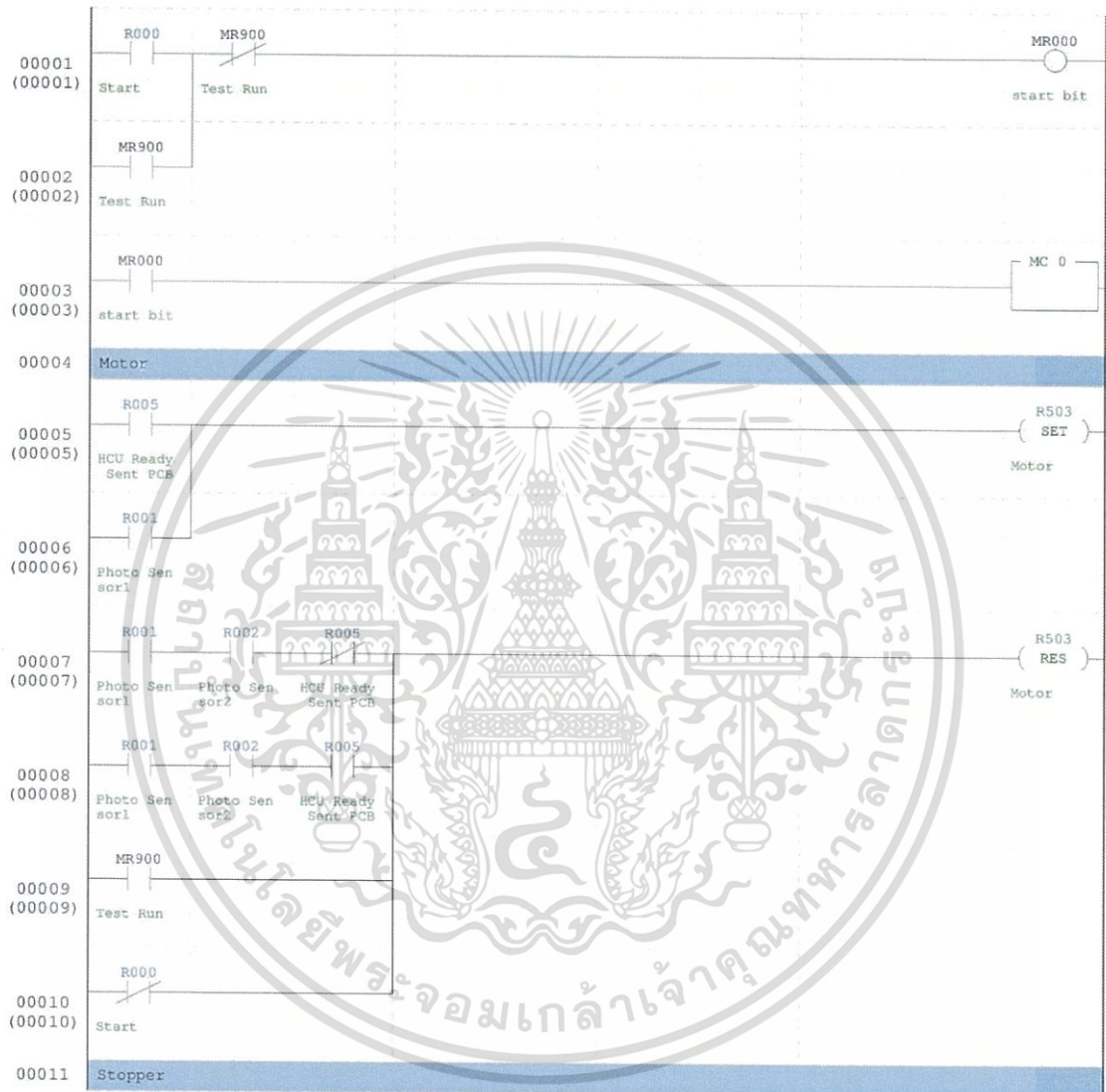


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

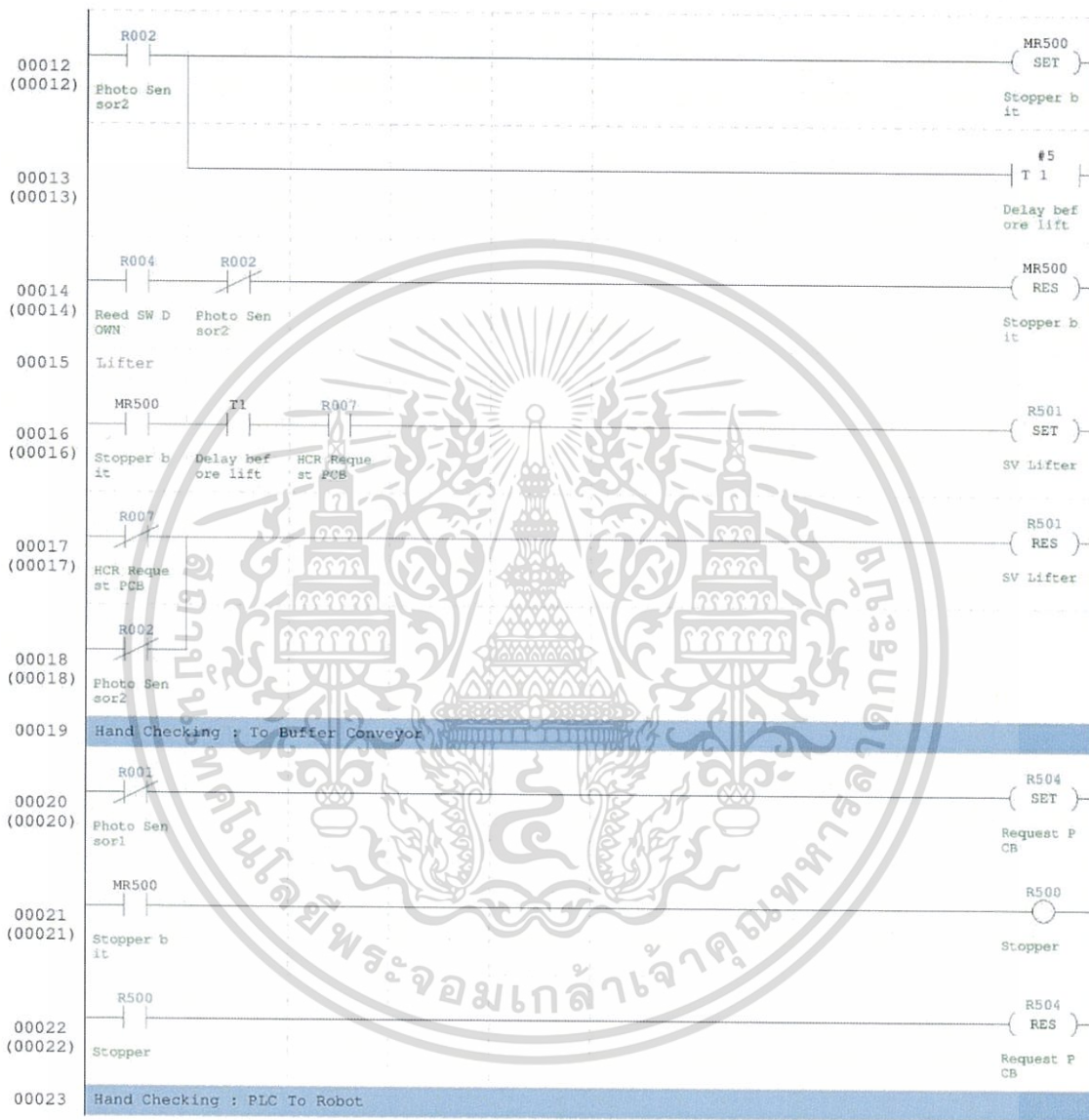


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

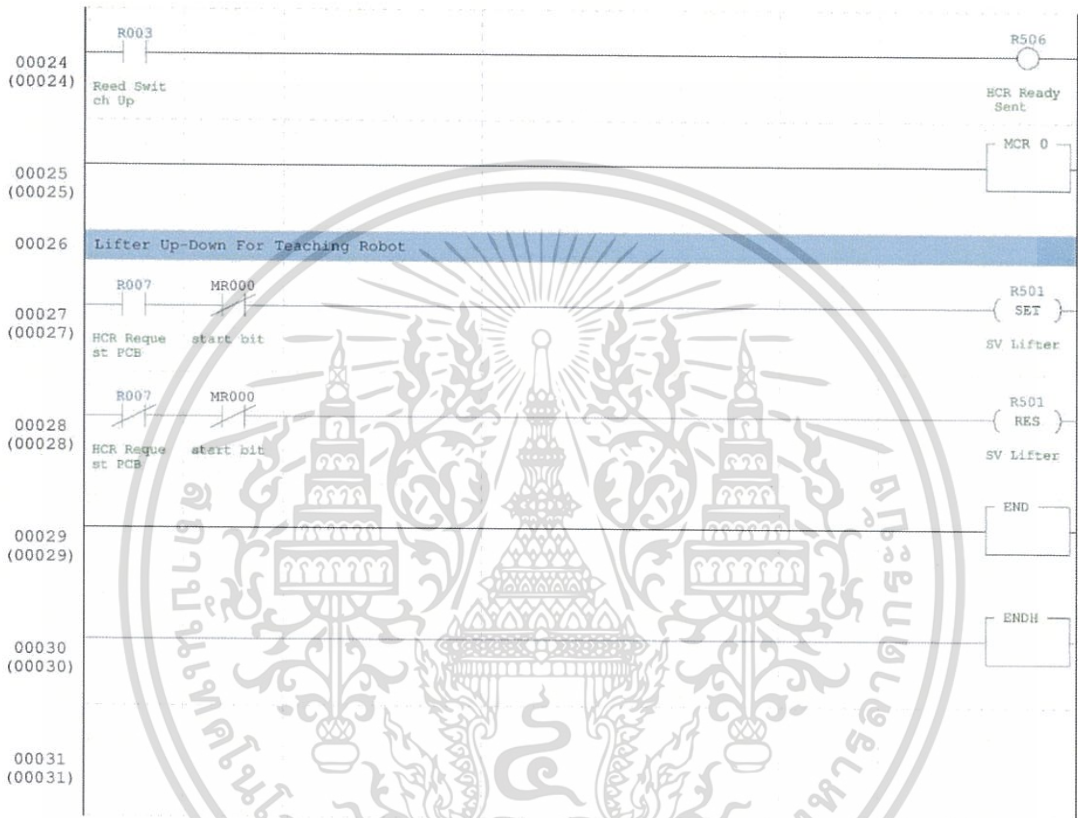
โปรแกรมควบคุม Lifter Conveyor ด้านที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวฐิตินันท์ จันทรมณฑล
วัน เดือน ปีเกิด 22 ธันวาคม 2536
ที่อยู่ 231/3 ซ.ปลุกจิต ถ.พระราม4 ต.ลุมพินี อ.ปทุมวัน จ.กรุงเทพมหานคร
10330
Email : nan2548@hotmail.com Tel. 089-4458866

ประวัติการศึกษา 2555-ปัจจุบัน กำลังศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงานและผลงานวิจัย
2558 Hardware/PLC Engineer แผนก Research & Development
บริษัท แคล-คอมพ์ อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้