รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ
AUTOMATICS PACKING MANUAL AND EQUIPMENT MACHINE

ดนัย ชื่นรัตนตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์อัตโนมัติ

AUTOMATICS PACKING MANUAL AND EQUIPMENT MACHINE

ดนัย ชื่นรัตนตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงาน	เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์อัตโนมัติ
นักศึกษา	นายดนัย ชื่นรัตนตระกูล
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศงาน	นายธีรนัย ด้วงแป้น
สถานประกอบการ	บริษัท ไทยซัมซุง อิเล็คทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์อัตโนมัติ (Automatics Packing Manual And Equipment Machine) ตั้งแต่ทฤษฎีการออกแบบ การสั่งซื้อของ การประกอบ การเขียนโปรแกรม หลักการทำงาน ผลการดำเนินงานและการแก้ปัญหาที่พบระหว่างดำเนินการ รวมถึงข้อเสนอแนะในการพัฒนาสืบต่อไป โดยโครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาปฏิบัติงานแทนมนุษย์ สามารถลดจำนวนพนักงานจำนวน 3 คนต่อไลน์การผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว ลดการยศาสตร์แก่พนักงานจากการทำงานเดิมซ้ำๆ กันเป็นเวลานานๆ และเพิ่มผลผลิตในการผลิตสินค้าให้มากขึ้นจากการทำงานที่ต่อเนื่อง โดยสามารถลดการทำงานของคนจาก 12 วินาทีเหลือ ประมาณ 3 วินาที โดยเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ การออกแบบจะคำนึงถึงเงื่อนไขความแข็งแรง ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งโครงงานนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ไปได้ประมาณ 80% จึงอยู่ในช่วงของกระบวนการพัฒนาในอนาคตสืบต่อไป

คำสำคัญ : เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ, Samsung, คู่มือ

Project Title: Automatics Packing Manual And Equipment Machine

Student: Mr.Danai Chuenrattanatrakul

Department: Instrumentation and Control Engineering

Advisor: Assistant Professor Dr.Noppadol Maneerat

Mentor: Mr.Theeranai Duangpan

Company: Samsung Electronics (Thailand) Public Company Limited.

ABSTRACT

The thesis is written to demonstrate the process of creating Automatics Packing Manual And Equipment Machine; including theory, design, purchase, assembly, programmable principles performance and development to the future. The main objective of the project is to replace human worker due to the fact that machines have many advantages compared to human labors such as perform certain tasks at faster rate than human, do not get exhausted during the working process, enable to produce a lot of goods or services within a short duration of time which can ensure that there are no delays to their customers, reduce company's long-term costs and improve the security's posture for human workers. The design is mostly focusing on strong, safety and convenience. The project can be completed about 80%, therefore the project is process development to the future.

Keywords : Automatic Packing Manual And Equipment Machine, Samsung, Manual

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่มอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา ซึ่งคอยให้คำปรึกษา สนับสนุน และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของรายงานจนทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณทางบริษัท ไทยซัมซุง อิเล็คทรอนิกส์ จำกัด นายธีรนัย ด้วงแป้น และขอขอบคุณพี่ๆ ทุกคนทั้งในแผนก FIT และแผนกอื่นๆ ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนต่างๆ เช่น การให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดช่วงเวลาโครงการสหกิจศึกษา ร่วมถึงการช่วยหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินการ คอยดูแลไถ่ถามความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ ทำให้โครงงานสามารถดำเนินไปและสำเร็จลุล่วง ตลอดจนใช้ทำงานได้ตามที่คาดหวัง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนจบโครงการ จึงขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดให้ถือเป็นความบกพร่องของทางผู้จัดทำและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ดนัย ชื่นรัตนตระกูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VIII

สารบัญตาราง XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4

1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน 6

บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 LCiA (Low Cost Intelligent Automation) 7

2.2 Cartesian Coordinate Robot (Linear Robot) 8

2.3 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) 9

2.4 Sensor 11

2.5 แรงเสียดทาน (Friction Force) และการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง 14

2.6 ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System) 17

2.7 มอเตอร์ 25

2.8 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า 28

2.9 Return of Investment (ROI) 29

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 30

3.1 การคำนวณ ROI เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำโครงงาน 30

3.2 ภาพรวมของระบบ 31

3.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 31

3.4 การออกแบบพื้นที่การติดตั้งชิ้นงานและชิ้นส่วนต่างๆ 37

3.5 การออกแบบ UI โดยใช้โปรแกรม LabView 44

3.6 การออกแบบระบบ Vision ในการอ่าน QR Code 46
โดยใช้โปรแกรม LabView และ Vision Assistant

3.7 การออกแบบระบบไฟฟ้าและ PLC 47

3.8 การออกแบบวงจรลม 55

3.9 การประยุกต์ใช้ Relay ในการควบคุม DC Motor 56

3.10 การเชื่อมต่อ XYZ Cartesian Robot ให้ทำงานร่วมกับ PLC 57

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 59

4.1 ผลการสร้างและประกอบชิ้นส่วนของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ 59

4.2 การประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้า 74

4.3 การประกอบชุดนิวแมติกส์ 78

4.4 ผลการทดลอบการใช้ Vacuum Pad ในการดูด Manual Book 79

4.5 ผลการทดสอบการ Packing คู่มือ ตาม Model ที่ได้กำหนดไว้ 81

บทที่ 5 การสรุปผลและการดำเนินโครงงาน 84

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 84

5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ 84

เอกสารอ้างอิง 89

ประวัติผู้เขียน 91

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 การทำงานแบบเดิมและภาพการทำงานของโครงงาน 1

2.1 Cartesian Robot 8

2.2 Work Envelop of Cartesian Robot 8

2.3 ลักษณะโครงสร้างของ PLC 10

2.4 อุปกรณ์ Input ชนิดต่างๆ 10

2.5 อุปกรณ์ Output ชนิดต่างๆ 10

2.6 ส่วนประกอบของ Linear Encoder 11

2.7 หลักการทำงานของ Inductive Proximity Sensor 12

2.8 หลักการทำงานของ Capacitive Proximity Sensor 12

2.9 หลักการทำงานของ Photoelectric Sensor ประเภท Through-beam 13

2.10 หลักการทำงานของ Photoelectric Sensor ประเภท Fiber Optic 13

2.11 หลักการทำงานของ Pressure Switch 14

2.12 แรงเสียดทาน 14

2.13 การเคลื่อนที่บนพื้นเอียง 16

2.14 ระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน 18

2.15 โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว 19

2.16 โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง 19

2.17 ตัวอย่างสัญลักษณ์วาล์ว 21

2.18 หลักการทำงานของ Vacuum Ejector 24

2.19 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 25

2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 26

2.21 อินดักชันมอเตอร์ 26

2.22 หลักการทำงานของอินดักชันมอเตอร์ 27

2.23 เอซีเซอร์โวมอเตอร์ 27

2.24 หลักการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ 28

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 ภาพรวมของระบบ 31
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 32
3.3 ภาพรวมของชิ้นงานทั้งหมด 37
3.4 แสดงพื้นที่การติดตั้งชิ้นงาน 38
3.5 ออกแบบชั้นวางคู่มือ 38
3.6 ออกแบบที่ลำเลียงแบตเตอรี่ AAA 40
3.7 ออกแบบที่ลำเลียงรีโมทแอร์ 40
3.8 การออกแบบ Gripper 41
3.9 การออกแบบ Conveyor หลัก ลำเลียงอุปกรณ์ต่างๆ 43
3.10 การออกแบบ Conveyor ลำเลียง Pack Screw 44
3.11 การออกแบบหน้าจอแสดงผลโดยใช้โปรแกรม LabView 44
3.12 การออกแบบหน้าจอการคีย์โมเดลโดยใช้โปรแกรม LabView 45
3.13 การออกแบบหน้าจอผลการอ่านค่า QR Code โดยใช้โปรแกรม LabView 45
3.14 การใช้งานโปรแกรม NI Vision Assistant ในการประมวลผล QR Code ที่ถ่ายจากกล้อง 46
3.15 การเขียนโปรแกรม LabView ให้ใช้งานร่วมกับ Vision Assistant 46
3.16 การออกแบบการวางอุปกรณ์ต่างๆ บนตู้ควบคุมไฟฟ้า 47
3.17 การออกแบบวงจรไฟฟ้า 1 เฟส 220 VAC 48
3.18 การเชื่อมต่อระหว่าง PLC และอุปกรณ์ Input/Output 49
3.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Input กับ Terminal Input Board 50
3.20 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Output กับ Terminal Output Relay Board 53
3.21 วงจรลมที่ได้ออกแบบไว้ 55
3.22 การต่อวงจร Relay 2 ตัวในการควบคุม DC Motor 56
3.23 ไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง PLC และ XYZ Cartesian Robot 57
4.1 การจัดวางชิ้นงานจริง 59
4.2 โครงสร้างของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor รูปแบบที่ 1 60
4.3 โครงสร้างของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor รูปแบบที่ 2 61

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 โครงสร้างที่วางกระบอกสูบสำหรับการผลัก Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 61

4.5 ที่ดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 62

4.6 การติด Photo Sensor ประเภท Through-beam ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 62

4.7 การติด Capacitive Proximity Sensor ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 63

4.8 การติด DC Motor ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 63

4.9 การติด Lead Screw กับ Linear Guide ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 64

4.10 การติด Inductive Proximity Sensor ในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ลงสุดของลิฟต์ในตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 64

4.11 การติด Inductive Proximity Sensor ในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ขึ้นสุดของลิฟต์ในตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 64

4.12 การติด Photo Sensor ประเภท fiber-Optic ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor 65

4.13 โครงสร้างของรางใส่รีโมทที่ได้ประกอบขึ้น 65

4.14 ช่องว่างสำหรับรองรับรีโมท 66

4.15 ช่องว่างสำหรับรองรับรีโมท 67

4.16 ทดสอบการไหลของรีโมทแอร์ 67

4.17 แก้ไขโครงสร้างและปรับขนาดความชันของรางรีโมทแอร์ 68

4.18 รางรีโมทแอร์ที่แก้ไขแล้ว 68

4.19 Capacitive Proximity Sensor ในการตรวจสอบรีโมทแอร์ 69

4.20 XYZ Cartesian Robot ที่ใช้หยิบรีโมทแอร์ 69

4.21 การยึด Cartesian Robot แต่ละแกนเข้าด้วยกัน 70

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 XY Guide Cylinde 70

4.23 โครงสร้างของ XY Guide Cylinder 71

4.24 โครงสร้างของ XY Guide Cylinder 71

4.25 Gripper สำหรับดูด Manual Book 72

4.26 Gripper สำหรับดูด Case PCB และ Packing Assessor 72

4.27 Gripper สำหรับดูดรีโมทแอร์ 73

4.28 การดูด Manual Book 73

4.29 ตู้ไฟที่มีการจัดวางอุปกรณ์ไว้แล้ว 74

4.30 ตู้ควบคุมไฟฟ้าและ PLC 74

4.31 ไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบ 75

4.32 ตู้ไฟที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 76

4.33 ตู้ควบคุม XYZ Cartesian Robot และ Drive Motor 77

4.34 ไฟแสดงสถานะการทำงานของ XYZ Cartesian Robot 77

4.35 ตู้ไฟที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 78

4.36 การติดตั้งระบบนิวแมติกส์ที่ด้านหลังตู้ควบคุมไฟฟ้า 79

4.37 ทดลองการใช้ Vacuum Pad ดูด Manual Book 81

4.38 ทดสอบการ Packing ตาม Model ต่างๆ 81

4.39 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 5 82

4.40 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 4 82

4.41 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 3 83

4.42 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 2 83

4.43 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 1 84

4.44 ปัญหาสันหนังสือชนกัน 84

4.45 Photo Sensor สำหรับตรวจจับ Holder Lock และ Cap Screw 85

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 6

2.1 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Cartesian Robot 9

2.2 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฟฟ้า 17

2.3 ทางเดินลมของวาล์ว 21

2.4 วาล์วชนิดต่างๆ 22

2.5 แสดงสัญลักษณ์ บอกความหมายของการเลื่อนลิ้นวาล์ว (Spool) ควบคุมทิศทาง 23

3.1 แสดงงบประมาณที่ใช้ในการทำโครงงานโดยสังเขป 30

3.2 ข้อมูลของ Manual Book, Case PCB, Packing Assessor และรีโมทแอร์ 42

3.3 แสดงการทำงานของวงจร Relay ในการขับเคลื่อน DC Motor 56

3.4 แสดงการเชื่อมต่อ I/O ระหว่าง PLC กับ Controller ของ XYZ Cartesian Robot และหน้าที่ของแต่ละ Pin56 57

3.5 ตารางแสดงการออกแบบ Step ในการเคลื่อนที่ของ XYZ Cartesian Robot 58

4.1 ผลการทดลองการใช้ Vacuum Pad รุ่น ZPT40HSJ25-B01-A18 ในการดูด Manual Book 79

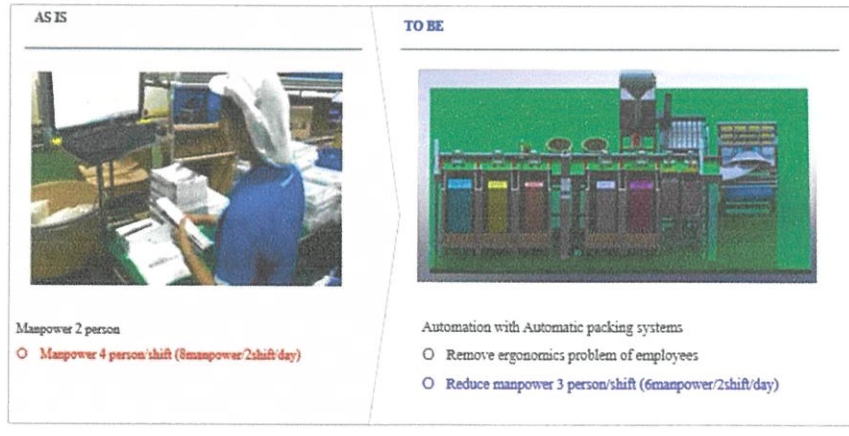
5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ 86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงาน

ระบบการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมยุคปัจจุบันนี้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การนำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคน การสร้างระบบอัตโนมัติและการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการผลิต อีกทั้งยังเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ขึ้น และเป็นที่นิยมอย่างมากในการจัดการระบบอุตสาหกรรม ซึ่งทางบริษัท ไทยซัมซุง อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด ได้มีนโยบายสนับสนุนระบบอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับระบบอุตสาหกรรม 4.0 โดยใช้ชื่อว่า “สมาร์ทแฟคทอรี่ (Smart Factory)” ซึ่งเป็นระบบการเชื่อมต่อข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในงานอุตสาหกรรม เพื่อลดอัตราการทำงานที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อมนุษย์ และเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในปัจจุบันทางโรงงานเครื่องปรับอากาศ (Air Condition Factory) นั้นได้เริ่มมีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้การผลิตมากขึ้น แต่ในส่วนของการบรรจุคู่มือเครื่องปรับอากาศนั้น แต่เดิมทางโรงงานเครื่องปรับอากาศได้ว่าจ้างบริษัทข้างนอกในการบรรจุคู่มือ แต่เนื่องจากบริษัทที่ถูกว่าจ้างนั้นได้ยกเลิกธุรกิจ ทางโรงงานจึงได้ทำการบรรจุคู่มือขึ้นเอง โดยใช้พนักงานทั้งหมด 4 คน และในปีนี้ทางผู้บริหารโรงงานเครื่องปรับอากาศมอบหมายให้พัฒนาในส่วนของการบรรจุคู่มือนั้นให้เป็นระบบอัตโนมัติ จึงได้มีการจัดทำเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติขึ้น โดยเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัตินี้จะช่วยลดปัญหาด้านการยศาสตร์ และความผิดพลาดของพนักงานที่อาจจะเกิดขึ้น



รูปที่ 1.1 ภาพการทำงานแบบเดิมและภาพการทำงานของโครงงาน

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัตินี้ เป็นเครื่องที่ช่วยลดแรงงานคนในไลน์การผลิต 3 คนจากทั้งหมด 4 คน สาเหตุที่เหลือพนักงานไว้หนึ่งคนเพราะว่าเครื่องบรรจุคู่มือนี้ ยังจำเป็นต้องใช้พนักงานในการจัดเตรียมคู่มือ และเติมสิ่งของที่จะบรรจุเข้าสู่เครื่องบรรจุอัตโนมัติ ส่วนประกอบและหลักการของเครื่องบรรจุคู่มืออัตโนมัติมีดังนี้ ส่วนที่หนึ่งใช้กระบอกสูบชนิดไกด์ไซลินเดอร์ (Guide Cylinder) 2 กระบอกมาประกอบให้มีลักษณะคล้าย XY Cartesian Robot เคลื่อนที่จากคอนเวเยอร์ไปยังตู้วางหนังสือ และได้ออกแบบตัวหยิบคู่มือ (Gripper) โดยการใช้ระบบลมสุญญากาศ (Vacuum System) ในการหยิบคู่มือออกมาจากตู้ใส่คู่มือมาวางยังคอนเวเยอร์ เพื่อป้องกันคู่มือที่หยิบมานั้นเกิดความเสียหาย ส่วนที่สองใช้ XYZ Cartesian Robot ร่วมกับกรีปเปอร์ระบบสุญญากาศ เพื่อหยิบรีโมทจากกล่องมายังคอนเวเยอร์

ในการตรวจสอบรุ่นและโมเดลที่จะผลิตนั้นได้มีการใช้งานซอฟแวร์ LabView ในการออกแบบระบบคีย์ข้อมูล และมีการนำระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision System) มาทำการอ่านคิวอาร์โค้ด(QR-Code) ของคู่มือแต่ละเล่มเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนเริ่มการผลิต รวมถึงออกแบบระบบให้มีบันทึกข้อมูลการผลิตในแต่ละวันว่าผลิตได้กี่ชุดและมีผลเสียอยู่กี่ชุด และสรุปผลออกมาในรูปแบบ Text File

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัตินี้จะช่วยให้พนักงานไม่ต้องทำงานรูปแบบเดิมซ้ำๆ และลดการเกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำงานของพนักงาน ซึ่งในการลงทุนสร้างเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัตินี้มีการใช้งบประมาณที่สูง แต่ช่วยลดจำนวนพนักงานได้เป็นจำนวนมาก เลยทำให้ค่าตอบแทนในการลงทุน (Return of Investment) นั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งคุ้มค่าที่จะลงทุน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อออกแบบและสร้างระบบ Automation ในการบรรจุคู่มือการใช้งานรีโมทคอนโทรล แบตเตอรี่ขนาด AAA และอื่นๆ ให้แก่เครื่องปรับอากาศ (Air Condition)

2. เพื่อศึกษาการใช้งานระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision) ร่วมกับโปรแกรมของ LabView ในการตรวจสอบคู่มือที่ทำการบรรจุเพื่อให้ตรงกับรุ่นของเครื่องปรับอากาศที่ผลิตออกมาในแต่ละวัน

3. เพื่อสร้างระบบการตรวจสอบยอดการผลิต และระบบการเพิ่มหรือลดรุ่นในการผลิตเพื่อให้ทางโรงงานนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลได้

4. เพื่อลด Tact Time จากเดิม 12 วินาที ให้เหลือ 3 วินาที

5. เพื่อทำการลดกระบวนการทำงานของพนักงานให้น้อยลง และลดปัญหาการทำงานซ้ำๆ และลดจำนวนพนักงานที่ทำงานในไลน์การบรรจุคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

1.3.1.1 สร้าง XY Cartesian Robot โดยใช้ต้นกำลังเป็น Guide Cylinder

1. แกน X ระยะเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตร
2. แกน Y ระยะเคลื่อนที่ 100 มิลลิเมตร

1.3.1.2 XYZ Cartesian Robot ที่นำมาใช้หยิบรีโมทแอร์ ต้นกำลังเป็น Electric Actuator

1. แกน X ระยะเคลื่อนที่ 400 มิลลิเมตร
2. แกน Y ระยะเคลื่อนที่ 600 มิลลิเมตร
3. แกน Z ระยะเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตร

1.3.1.3 มอเตอร์ที่ใช้ลำเลียงชั้นหนังสือใช้เป็น DC Motor 24 VDC เป็นต้นกำลัง

1.3.1.4 Buffer เติมคู่มือ, Case PBC, สายไฟ ใช้ระบบ Pneumatic

1. Buffer คู่มือ ใช้ต้นกำลังเป็น Air Cylinder ระยะเคลื่อนที่ 350 มิลลิเมตร
2. Buffer Case PCB และสายไฟ ใช้ต้นกำลังเป็น Air Cylinder ระยะเคลื่อนที่ 100 มิลลิเมตร

1.3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

1. เขียนโปรแกรมอ่าน QR Code โดยใช้โปรแกรม LabView
2. ควบคุม XY Cartesian Robot, Motor, Air Cylinder, Sensor โดยใช้ PLC เป็น Controller เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Ladder Diagram
3. ควบคุม XYZ Cartesian Robot โดยใช้ Controller ของตัวมันเอง เชื่อมต่อร่วมกันกับ PLC

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาทาง “การยศาสตร์” ที่อาจก่อให้เกิดผลเสียแก่พนักงานอันเนื่องมาจากการทำงานซ้ำๆ และลดจำนวนพนักงานลงได้

2. เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ สามารถผลิตคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศได้ตรงตามรุ่นที่กำหนดไว้

3. เพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพื่อในตรงกับรุ่นของเครื่องปรับอากาศ

4. เข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์ XYZ Cartesian Robot และการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

5. เข้าใจหลักการทำงานและเขียนโปรแกรมควบคุม AC Servo Motor กับ Servo Amplifier

6. เข้าใจการเขียนโปรแกรม PLC ด้วยภาษา Ladder Diagram ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงการเชื่อมต่อ Servo Amplifier กับ PLC และ Robot Controller กับ PLC

7. เข้าใจหลักการเขียนโปรแกรม LabView ในการประยุกต์ใช้ระบบแมชชีนวิชัน ระบบการเพิ่มหรือลดรุ่นในการผลิต ระบบการจัดเก็บข้อมูลการผลิต และการเชื่อมต่อกับ PLC

8. ลดเวลาการทำงานของโรงงานเพื่อเพิ่มกำไรและยอดการผลิตให้กับบริษัท

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ระดมสมองกับเพื่อนในกลุ่มหลังจากที่ได้รับโจทย์จากทางโรงงาน

2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมอเตอร์ นิวแมติกส์ เซนเซอร์ โรบอท ระบบแวคคัม (ระบบสุญญากาศ) และระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

3. ศึกษาการทำงานของพนักงานที่ทำงานในส่วนของการบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริม

4. ร่าง Concept ของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ และจัดทำงบประมาณเพื่อนำไปเสนอกับโรงงาน

5. ทำการนำเสนอ Concept Project ให้กับทางโรงงาน เพื่อจะขอทำการอนุมัติโครงงาน และงบประมาณที่ใช้ในการทำโครงงาน

6. ลง Detail Design ของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ

7. ทำการ List อุปกรณ์ที่จะทำการสั่งซื้อ

8. ทำการเปิด Approval Use Bugged และเปิด Purchase Request เพื่อทำการสั่งซื้อของเพื่อนำมาทำโครงงาน

9. ทำการเดินเรื่อง Bidding ในการสั่งซื้อ Conveyor เพื่อใช้ในการลำเลียงคู่มือ และอุปกรณ์เสริม

10. ในระหว่างการรอของที่สั่งซื้อก็ทำการศึกษาระบบการตรวจจับ QR-Code ด้วยกล้องผ่านโปรแกรม LabView และการเชื่อมต่อ PLC กับ LabView ผ่าน MC Protocol หรือ NI OPC Protocol

11. ในระหว่างการรอของที่สั่งซื้อก็ทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของ XYZ Cartesian Robot และการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อระหว่าง Robot Controller กับ PLC

12. ในระหว่างการรอของที่สั่งซื้อก็ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุม AC Servo Motor ผ่าน Servo Amplifier และการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อระหว่าง Servo Amplifier กับ PLC

13. ทดสอบ Vacuum Ejector กับ Vacuum Pad ในการดูดคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศ, รีโมทคอนโทรล, Case PCB, สายไฟ แล้วบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

14. เมื่อได้รับของแล้วจึงเริ่มทำการประกอบโครงสร้างทั้งหมดของระบบ ประกอบตู้คอนโทรล เดินระบบไฟฟ้าและระบบนิวแมติกส์

15. ทำการเขียนโปรแกรมในส่วนของการอ่าน QR-Code ด้วยกล้อง และเขียน GUI ในการเพิ่มหรือลดรุ่นในการผลิตและการดึงข้อมูลมาในรูปแบบ Text File

16. ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการควบคุมระบบทั้งรวมถึงทดสอบระบบ เพื่อหาข้อผิดพลาดก่อนลงติดตั้งในพื้นที่งานจริง

17. ติดตั้งชิ้นงานที่หน้างานจริง ที่โรงงานเครื่องปรับอากาศ (Air Condition Factory)

18. วิเคราะห์ สรุป วิจารณ์โครงงาน และจัดทำรายงานการนำเสนอ

1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

การวางแผนการดำเนินงานไว้ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)																										
	มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1. เลือกหัวข้อโครงงาน																											
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง																											
3. การออกแบบในส่วนต่างๆ																											
3.1 การออกแบบทางกล																											
3.2 การออกแบบทางไฟฟ้า																											
3.3 การออกแบบโปรแกรม																											
4. สั่งซื้ออุปกรณ์																											
5. การรวบรวมชิ้นงาน																											
5.1 ประกอบโครงสร้างหลัก																											
5.2 การต่อวงจรไฟฟ้า																											
5.3 การเขียนโปรแกรม																											
6. ทดสอบระบบและแก้ไข																											
7. ติดตั้งที่หน้างานจริง																											
8. ทดสอบกับงานจริง																											
9. สรุปเกี่ยวกับโครงงาน																											

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก่อนที่จะเริ่มทำการออกแบบระบบส่วนต่างๆ นั้น ได้ศึกษา ค้นคว้าข้อมูล ที่เป็นประโยชน์และเหมาะสมแก่การสร้างเครื่องบรรจุคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (Air Condition) และอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาต่อยอดเครื่องบรรจุคู่มือการใช้งานเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติในอนาคต ได้เรียบเรียงหัวข้อไว้การศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.1 LCiA (Low Cost intelligent Automation)

2.2 Cartesian Coordinate Robot (Linear Robot)

2.3 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

2.4 Sensor

2.5 แรงเสียดทาน (Friction Force) และการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

2.6 ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System)

2.7 มอเตอร์

2.8 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

2.9 Return on Investment (ROI)

2.1 LCiA (Low Cost intelligent Automation)

LCiA หรือ Low Cost intelligent Automation เป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือหรือกลไกที่เป็นระบบอัตโนมัติ โดยอาศัยต้นทุนที่ต่ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน สร้างกลไกที่เรียบง่ายและสามารถซ่อมแซมหรือแก้ไขได้ง่าย โดยอาศัยหลักการพลังงานและธรรมชาติ เช่น แรงโน้มถ่วง ลูกเบี้ยว แสง เฟือง เป็นต้น เพื่อมาเป็นตัวช่วยในการสร้างกลไก และเน้นการใช้วัสดุที่หาง่ายเพื่อนำมาสร้างกลไกที่ไม่ซับซ้อน

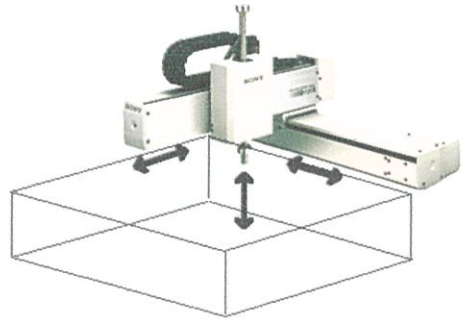
ประโยชน์ที่ได้รับจาก LCiA

1. เพิ่มอัตราการผลิต เพราะกลไกการทำงานจะเร็วกว่าการใช้แรงงานคน
2. ลดการใช้แรงงาน และลดท่าทางการทำงานที่ไม่พึงประสงค์
3. ปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้ดีขึ้น ไม่แออัดจากการทำงานที่ต้องใช้แรงงาน
4. เพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน เพราะลดความเสี่ยงที่คนต้องใช้แรงทำงานด้วยตัวเอง

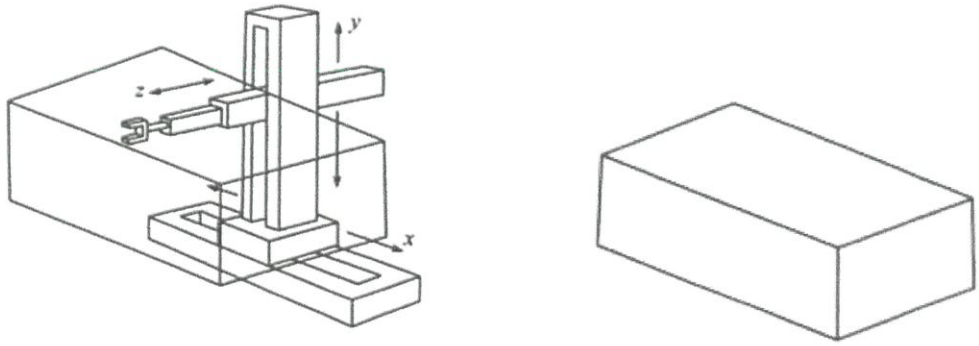
5. กระตุ้นศักยภาพในการพัฒนาของบริษัทหรือองค์กร
6. ใช้ต้นทุนที่ต่ำในการสร้างระบบอัตโนมัติ
7. สามารถบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องจักรหรือกลไกได้ง่าย

2.2 Cartesian Coordinate Robot (Linear Robot)

Cartesian Coordinate Robot หรือ Linear Robot เป็นหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบเชิงเส้น (Prismatic) มีทิศทางตามแนวแกน X, Y และ Z ตามกฎมือขวา ระบบพิกัด Cartesian ดังรูปที่ 2.1 นี้เรียกว่า Cartesian หรือ Rectangular Type การเคลื่อนที่จะอ้างอิงถึงการเลื่อนซ้ายเลื่อนขวาของแกน X หรือการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงของแกน Y และการเลื่อนเข้าเลื่อนออกของแกน Z ดังรูปที่ 2.2(ก) ส่วน Workspace ของ Cartesian Robot มีรูปร่างคล้ายกล่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก ดังรูปที่ 2.2(ข)



รูปที่ 2.1 Cartesian Robot [2]



(ก) Arm Configuration **(ข)** กล่องสี่เหลี่ยมมุมฉาก

รูปที่ 2.2 Work Envelop of Cartesian Robot [2]

Cartesian Robot นั้นต้องการพื้นที่ขนาดใหญ่ในการทำงาน อย่างไรก็ตาม Cartesian Robot มีโครงสร้างที่แข็งแรงและให้ตำแหน่งที่แม่นยำต่อ End-effector

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Cartesian Robot

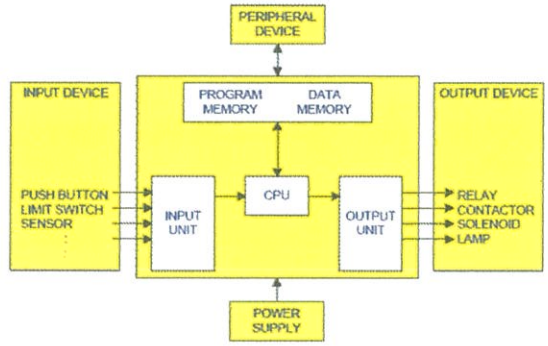
ที่	ข้อดี	ข้อเสีย
1	เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ	ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
2	การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน	บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์
3	มีส่วนประกอบที่เรียบง่าย	ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้
4	โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่	แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนักๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่น ใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine Loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่างๆ

2.3 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable Logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ ซึ่ง PLC นั้นถูกสร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อมาทดแทนวงจรรีเลย์ ด้วยเหตุผลที่ว่าการใช้วงจรรีเลย์ จะต้องเดินสายไฟเป็นจำนวนมาก หรือที่เรียกว่า Hard-wired เมื่อมีความจำเป็นที่จะเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

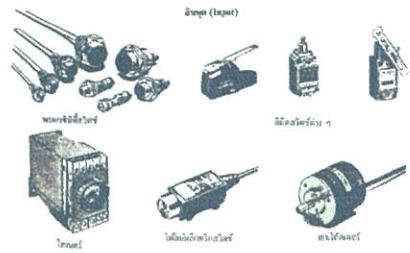
ภายใน PLC มี Microprocessor เป็นตัวสั่งการ และที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องอ่านบาร์โค๊ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของ PLC [3]

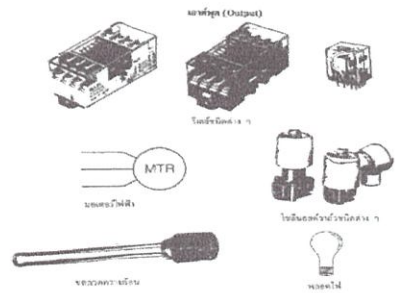
2.3.1. หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-output Unit)

1. หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ Input ชนิดต่างๆ [3]

2. หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ รีเลย์ และโซลีนอยด์วาล์ว ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์ Output ชนิดต่างๆ [3]

2.3.2. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

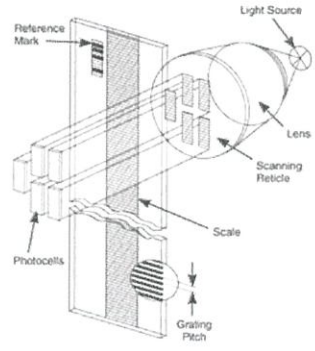
ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต เอาต์พุต

2.4 Sensor

2.4.1 Linear Encoder

Linear Encoder เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบการเคลื่อนไหวเชิงเส้นโดยการสร้างสัญญาณดิจิตอลมาตอบสนองต่อการเคลื่อนไหว โดยเอ็นโคดเดอร์นั้นสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเร็ว ทิศทาง และตำแหน่ง

Incremental Position Encoder (เอ็นโคดเดอร์ตำแหน่งแบบเพิ่มค่า) ประกอบด้วยแผ่นบรรทัดแนวตรง ที่เคลื่อนที่ตามกลไกที่ต้องการวัดระยะทาง ในกรณีของออปติคอลเอ็นโคดเดอร์ จะมีการเจาะรูเพื่อให้แสงผ่านไปเป็นระยะๆ เพื่อบอกตำแหน่งของแผ่นบรรทัด โดยจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ออกมาทุกครั้งที่มีการเลื่อนแกนเอ็นโคดเดอร์ ทำให้สามารถทราบระยะทางเคลื่อนที่ไปได้ โดยเอาต์พุตปกติจะมีแค่เพียงบิตเดียวหรือสองบิตเพื่อให้บอกทิศทางได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของ Linear Encoder [5]

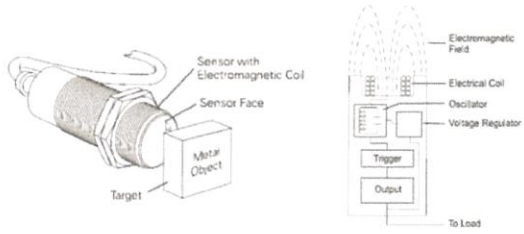
เอ็นโคดเดอร์แบบนี้มีข้อเสียตรงที่ข้อมูลของการเคลื่อนที่จะหายไปหมดเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าดับหรือมีการแยกสายสัญญาณออกแม้เพียงชั่วขณะเดียว หรือเมื่อมีการรบกวนของสัญญาณเกิดขึ้น ทำให้ต้องมีการปรับเทียบกับจุดอ้างอิงอยู่ตลอดเวลาเพื่อความถูกต้อง นอกจากนี้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ยังมักจำเป็นที่จะต้องผ่านวงจรนับ (Counter) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงขนานที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์

2.4.2 Proximity Sensor

Proximity Sensor เป็นเซนเซอร์ที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือ

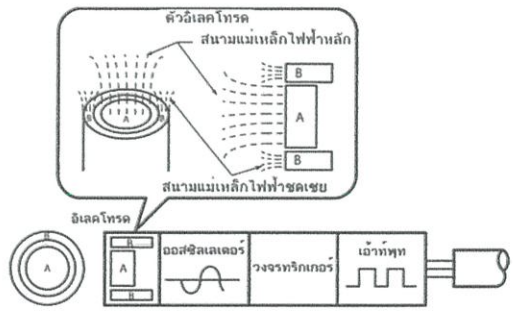
วัตถุภายนอก ตรวจจับวัตถุโดยใช้หลักการของการเหนี่ยวนำและไฟฟ้าสถิต แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ Inductive Proximity Sensor และ Capacitive Proximity Sensor

1. Inductive Proximity Sensor เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของ Inductive Proximity Sensor [6]

2. Capacitive Proximity Sensor เป็นเซนเซอร์ที่มีโครงสร้างและหลักการทำงานคล้ายกับ Inductive Proximity Sensor แตกต่างที่ Capacitive Proximity Sensor จะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ เซนเซอร์ชนิดนี้สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ไม่ได้เป็นโลหะได้ และเป็นโลหะได้ ดังรูปที่ 2.8



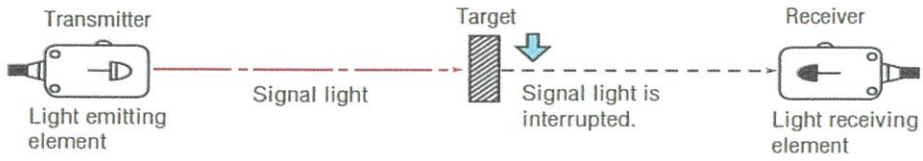
รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของ Capacitive Proximity Sensor [7]

2.4.3 Photoelectric Sensor (โฟโต้อิเล็คทริคเซนเซอร์)

Photoelectric Sensor เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด มีระยะตรวจจับวัตถุไกล เวลาตอบสนองรวดเร็ว ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับสูง และตรวจจับวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส ตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver)

1. Through-beam Sensors

Emitter และ Receiver จะติดตั้งอยู่ตรงข้ามกันและเพื่อให้แสงจาก Emitter เข้าสู่ Receiver ได้ตลอดเวลา เมื่อวัตถุที่ตรวจจับวิ่งตัดผ่านแสงที่ปล่อยออกจาก Emitter สู่ Receiver จะทำให้ปริมาณแสงที่เข้าสู่ Receiver นั้นลดลง ดังรูปที่ 2.9

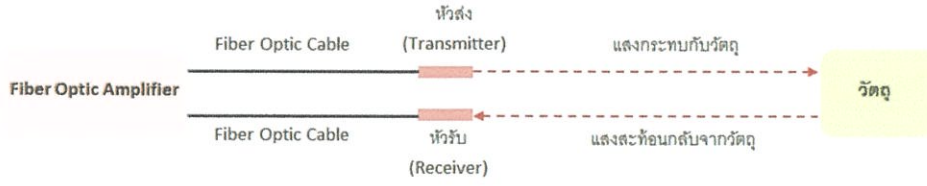


รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของ Photoelectric Sensor ประเภท Through-beam [8]

เมื่อลำแสงไม่สามารถถึงตัวรับจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate

2. Fiber Optic Sensor

เป็นโฟโต้เซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ออกแบบมาให้ตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กมากๆ หรือต้องการติดตั้งภายในพื้นที่จำกัด แต่ยังคงรูปแบบ หรือวิธีการในการทำงานเหมือนโฟโต้เซนเซอร์ทั่วๆ ไป เพียงแต่มีการแยกในส่วนของตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสงออกจากเลนส์ หรือท่อนำแสง ซึ่งในส่วนของ Fiber Optics Sensor นั้นจะใช้การนำแสงไปยังจุดที่ต้องการตรวจจับผ่านสายไฟเบอร์ และรับแสงกลับมายังตัวรับสัญญาณผ่านทางสายไฟเบอร์ ดังรูปที่ 2.10

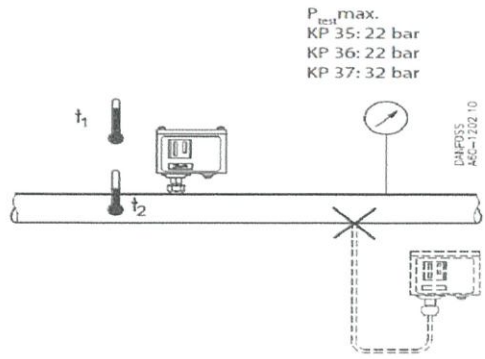


รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของ Photoelectric Sensor ประเภท Fiber Optic [9]

2.4.4 Pressure Switch

อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันหรือเครื่องวัดแรงดัน มีหน้าที่ในการตรวจวัดแรงดันของของเหลวหรือก๊าซ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อควบคุม แสดงผลค่าของแรงดันที่ต้องการจะวัด โดยหน่วยในการแสดงผลของค่าแรงดันที่วัดได้นั้น มี Bar, mbar, kpa, psi, mmHg เป็นต้น ซึ่งหลักการทำงานจะ

แปลงปริมาณความดันทางกายภาพให้ออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า (สัญญาณ Output) ซึ่งสัญญาณ Output ที่ออกมานั้นจะมีหลายแบบ เช่น Analog 4-20mA, 0-10VDC, NPN, PNP เป็นต้น ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของ Pressure Switch [10]

2.5 แรงเสียดทาน (Friction Force) และการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

2.5.1 แรงเสียดทาน (Friction Force)

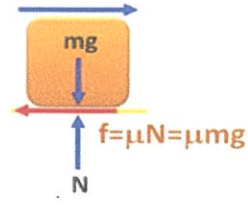
แรงเสียดทาน หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ 2 ชิ้นที่สัมผัสกัน ซึ่งแรงนี้เป็นแรงที่ผิววัตถุผิวหนึ่งต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุอีกผิวหนึ่ง ขนาดของแรงเสียดทานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส และน้ำหนักของวัตถุที่กดลงบนอีกผิวหนึ่ง มีสูตรการคำนวณดังนี้ ดังรูปที่ 2.12

$$F = ma$$

โดยที่ F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัม.เมตรต่อวินาที^{2} (N,kg.m/sec^2)

a = ความเร่ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง (m/s^2)

m = มวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัม



รูปที่ 2.12 แรงเสียดทาน

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

1. น้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุที่กดลงบนพื้น ถ้าน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุมาก จะเกิดแรงเสียดทานมาก ถ้าน้ำหนักหรือแรงกดของวัตถุน้อยจะเกิดแรงเสียดทานน้อย

2. ลักษณะของผิวสัมผัส ถ้าพื้นเรียบจะเกิดแรงเสียดทานน้อย เนื่องจากพื้นผิวเรียบมีการเสียดสีระหว่างกันน้อย ถ้าพื้นผิวขรุขระจะเกิดแรงเสียดทานมากเนื่องจากพื้นผิวขรุขระมีการเสียดสีระหว่างกันมาก

2.5.2 แรงเสียดทานสถิต

เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุอยู่นิ่งจนถึงเริ่มต้นเคลื่อนที่ มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$f_s = \mu_s N$$

โดยที่ f_s = แรงเสียดทานสถิต หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

μ_s = สัมประสิทธ์ความเสียดทานสถิต ไม่มีหน่วย

2.5.3 แรงเสียดทานจลน์

เป็นแรงเสียดทานขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต มีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$f_k = \mu_k N$$

โดยที่ f_k = แรงเสียดทานจลน์ หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

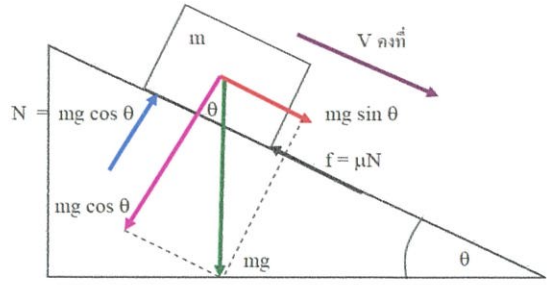
μ_k = สัมประสิทธ์ความเสียดทานจลน์ ไม่มีหน่วย

2.5.4 การเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

วัตถุอยู่บนพื้นเอียงแล้ววัตถุลื่นไถลลงมาตามพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่ มุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับ คือ มุมของความเสียดทาน θ โดยแบ่งออกเป็น ดังรูปที่ 2.13

θ_s คือมุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่

θ_k คือมุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว



รูปที่ 2.13 การเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

เมื่อวัตถุอยู่บนพื้นเอียงจะมีแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ (mg) แรงเสียดทาน (f) และแรงพื้นเอียงกระทำกับวัตถุ (N) ทำการกระจายแรง *mg* แล้ว จะหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ในขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ได้ดังนี้

$$f_s = mg\sin\theta_s$$

$$N = mg\cos\theta_s$$

$$\frac{f_s}{N} = \frac{mg\sin\theta_s}{mg\cos\theta_s}$$

$$\mu_s = \frac{f_s}{N} = \tan\theta_s$$

โดยที่ f_s = แรงเสียดทานสถิต หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

θ_s = มุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่

mg = แรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ หน่วยเป็นนิวตัน

μ_s = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ไม่มีหน่วย

ในลักษณะเดียวกัน ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ได้จากสมการ

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \tan\theta_k$$

โดยที่ f_k = แรงเสียดทานจลน์ หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

μ_k = สัมประสิทธ์ความเสียดทานจลน์ ไม่มีหน่วย

2.6 ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System)

ระบบนิวแมติกส์เป็นระบบที่ใช้อากาศมาบีบอัดเพื่อเพิ่มแรงดันของอากาศ นำไปใช้ในการส่งกำลังเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ลม เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันได้มีการใช้ลมอัดและระบบนิวแมติกส์มาใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถใช้งานได้ในระยะยาว ราคาไม่แพง มีความทนทานต่อสภาพอากาศ อุณหภูมิ และมีความปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากจะไม่ทำให้กลายเป็นวัตถุไวไฟ และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฟฟ้า

หัวข้อเปรียบเทียบ	ระบบนิวแมติกส์	ระบบไฟฟ้า
ต้นกำลัง	เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
อุปกรณ์ควบคุม	วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วปรับอัตราการไหล วาล์วควบคุมความดัน	สวิตช์ รีเลย์
อุปกรณ์ทำงาน	กระบอกสูบ มอเตอร์ลม	มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดไฟ
อุปกรณ์ส่งกำลัง	ท่อลม	สายไฟ

2.6.1 ส่วนประกอบของระบบนิวแมติกส์

1. เครื่องอัดลม (Air Compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นำอากาศที่ความดันบรรยากาศมาอัดให้มีความดันสูงเพื่อนำไปจ่ายให้กับระบบนิวแมติกส์ ลมอัดที่ออกมาจะมีความร้อนและไอน้ำอยู่ด้วย เพื่อไม่ให้ไอน้ำในลมกลั่นตัวออกมาเป็นหยดน้ำในท่อลมหลักหรือท่อสาขา และการที่จะทำให้ลมมีอุณหภูมิลดลงจึงต้องมี Heat Exchange หรือที่ใช้น้ำสำหรับหล่อลมร้อนให้เย็น

2. มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ให้กำลังขับทางกลแก่เครื่องอัดลม

3. เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat Exchange) มีทำหน้าที่ระบายความร้อนลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศที่ถูกอัดให้มีความดันสูงจะทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นตามไปด้วย

4. เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Air Filter) ซึ่งทำหน้าที่ในการกรองลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศมีความชื้นและฝุ่นละออง

5. ถังเก็บลมอัด ทำหน้าที่เก็บกักลมที่ทำการอัด และจ่ายลมออกด้วยความดันสม่ำเสมอ

6. เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) ทำหน้าที่กำจัดความชื้นออกจากลมอัด ป้องกันการเกิดหยดน้ำกลั่นตัวในระบบซึ่งจะทำความเสียหายให้อุปกรณ์อื่นได้

7. อุปกรณ์กรองลม (Air Filter) ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด

8. ชุดควบคุมและปรับคุณภาพของลมอัด (Service Unit) ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ทำงานหรือเครื่องจักร เพื่อกรองความชื้น ปรับความดันของลมอัด และผสมน้ำมันหล่อลื่น ประกอบด้วย

(1) อุปกรณ์กรองลม (Air Filter) ทำหน้าที่กรองลมให้สะอาดและดักความชื้น

(2) อุปกรณ์ควบคุมความดันของลมอัด (Pressure Regulating Value) ทำหน้าที่รักษาความดันใช้งานให้อยู่คงที่ ถึงแม้ความดันต้นทางจะเปลี่ยนแปลง

(3) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Oil Lubricator) ทำหน้าที่ผสมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัด เพื่อป้องกันการเสียดสีของอุปกรณ์ทำงานที่มีการเคลื่อนที่ในระบบ

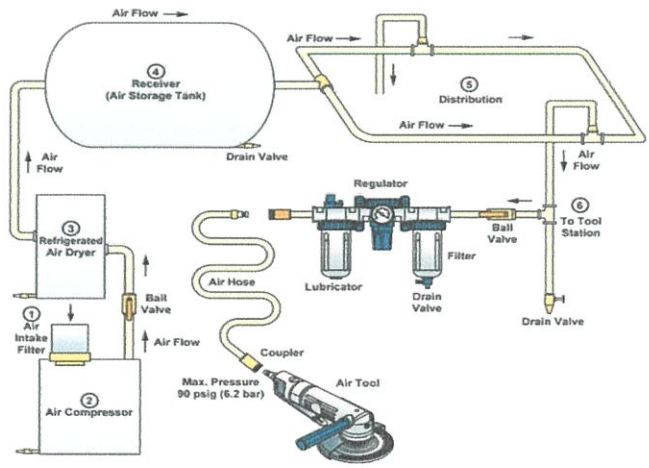
9. อุปกรณ์ควบคุมทิศทางลมอัด ได้แก่ วาล์วชนิดต่างๆ ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางการทำงานของระบบ ประกอบด้วย

(1) วาล์วควบคุมทิศทาง ทำหน้าที่ควบคุมลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก

(2) วาล์วปรับความเร็ว ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้มีปริมาณมากน้อยตามต้องการ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ช้า หรือเร็ว ได้แก่ วาล์วปรับอัตราการไหลและวาล์วคายไอเสีย

10. อุปกรณ์การทำงาน (Working Element) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแรงดัน (ลมอัด) เป็นพลังงานกล ได้แก่ กระบอกสูบ มอเตอร์ลม

11. อุปกรณ์เก็บเสียงหรือตัวเก็บเสียง (Air Silencer) ทำหน้าที่กรองสียงลมหรือเก็บเสียงลมอัดที่ออกจากรูระบายลมทิ้งไม่มีเสียงดัง ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน [11]

2.6.2 ความดัน (Pressure, P)

ความดัน หมายถึง แรงกดดันของอากาศที่กระทำต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย และเครื่องมือที่ใช้วัดความดันบรรยากาศคือ มาโนมิเตอร์ หรือเกจวัดความดัน ใช้สูตรว่า

$$P = \frac{F}{A}$$ มีหน่วยเป็น $\frac{N}{m^2}$ คือ ค่าของปาสคาล (Pascal) เขียนย่อว่า Pa

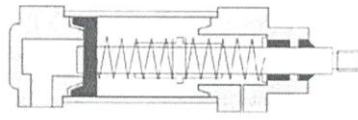
โดยที่ F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน หรือกิโลกรัม.เมตรต่อวินาทีกำลังสอง ($N, kg.\,m/sec^2$)

A = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

2.6.3 กระบอกสูบ

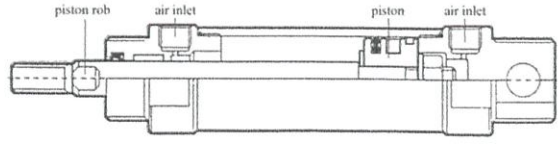
อุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ (Air Cylinder) กระบอกสูบที่ใช้กันมากในระบบนิวแมติกส์แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว (Single Acting Air Cylinder) กระบอกสูบทางเดียวใช้แรงดันลมอัดกระทำก้านสูบให้เคลื่อนที่เพียงด้านเดียว ส่วนการเคลื่อนที่กลับจะอาศัยแรงสปริง กระบอกสูบแบบนี้จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำไม่มากนัก เนื่องจากแรงที่กระทำกับโหลดจะถูกต้านด้วยแรงสปริง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว [11]

2. กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง (Double Acting Air Cylinder) กระบอกสูบแบบสองทางจะใช้แรงดันลมกระทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและออกทั้งสองทาง แรงกระทำที่ได้จากกระบอกสูบชนิดนี้จะมากกว่ากระบอกสูบแบบทางเดียวเพราะไม่มีแรงสปริงเป็นตัวต้าน จึงเหมาะสำหรับงานแทบทุกประเภทที่ต้องการการเคลื่อนที่ในลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรง ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง [11]

2.6.4 การเลือกขนาดของกระบอกสูบ (Cylinder Sizing)

ขนาดมาตรฐานของกระบอกลมตาม ISO สามารถแสดงให้เห็นได้ดังต่อไปนี้ 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 140, 160, 200, 250, 320 mm.

การคำนวณแรงของกระบอกสูบในเชิงทฤษฎี

$$F = PA$$

ขนาดของ Bore หาได้จากสูตร พื้นที่วงกลมดังนี้

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

โดยที่ P = แรงดันอากาศ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$

A = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

d = เส้นรอบวงกลม มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

2.6.5 วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด

วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัดมีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอสูบ มอเตอร์ลม สามารถทำงานและเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้องตามความต้องการ โดยใช้หลักการเปิดปิดลมอัดจากรูลมอัดหนึ่งไปยังรูลมอัด อีกรูหนึ่งวาล์วลม (Air Valve), วาล์วควบคุมทิศทางลม (Pneumatic Directional Control Valve) มีชื่อเรียกหลายชื่อบ้างก็เรียกว่าโซลินอยด์วาล์ว (Pneumatic Solenoid Valve) แต่บางคนก็จะเรียกโซลินอยด์วาล์ว โดยให้หมายถึงวาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2/2 เท่านั้นก็มี

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2/2 หมายถึงตัววาล์วมี 2 รู (Port)/2 ตำแหน่ง

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 คือ ตัววาล์วมีรูลม 3 รู/2 ตำแหน่ง

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/3 คือ ตัววาล์วมีรูลม 3 รู/3 ตำแหน่ง

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 คือ ตัววาล์วมีรูลม 4 รู/2 ตำแหน่ง

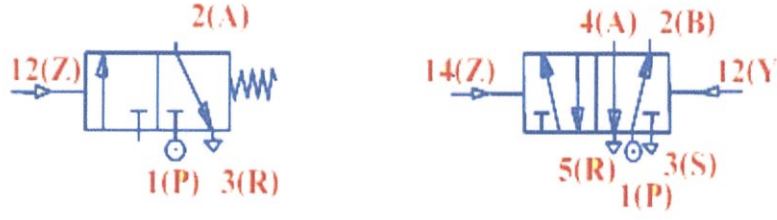
วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 คือ ตัววาล์วมีรูลม 4 รู/3 ตำแหน่ง

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5/2 คือ ตัววาล์วมีรูลม 5 รู/2 ตำแหน่ง

วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5/3 คือ ตัววาล์วมีรูลม 5 รู/3 ตำแหน่ง

2.6.7 การเขียนสัญลักษณ์วาล์วควบคุมทิศทาง

การเขียนสัญลักษณ์ จะใช้รูปสี่เหลี่ยมหนึ่งรูปแทนตำแหน่งของวาล์ว 1 ตำแหน่ง ถ้าวาล์วควบคุมมีตำแหน่งการทำงานหลายตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยมหลายรูปต่อกัน เช่น วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยม 2 รูปติดต่อกัน ในลักษณะสี่เหลี่ยมที่แสดงตำแหน่งของวาล์วนี้จะประกอบด้วยตำแหน่งปกติ หรือตำแหน่งที่วาล์วยังไม่ถูกเลื่อนและตำแหน่งการทำงานของวาล์ว ดังรูปที่ 2.17



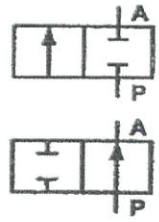
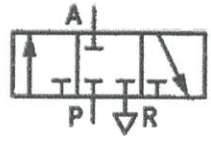
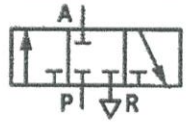
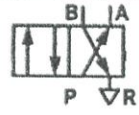
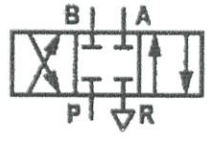
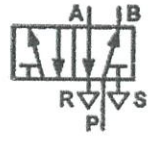
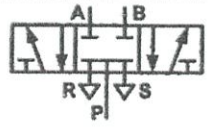
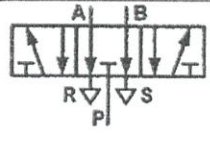
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างสัญลักษณ์วาล์ว [12]

ทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทางในระบบนิวแมติกส์จะมีการกำหนดรหัสทางต่อลม เพื่อให้เกิดความสะดวก และเข้าใจตรงกันในการออกแบบ และต่อวงจร การกำหนดรหัสทางต่อลมของวาล์วควบคุมทิศทางโดยทั่วๆ ไปสามารถกระทำได้ดังตารางที่ 2.3

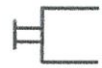
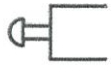
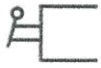
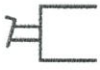
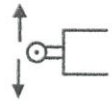
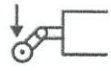
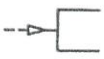
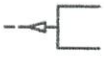
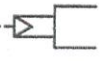
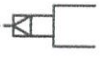
ตารางที่ 2.3 ทางเดินลมของวาล์ว

ตัวเลข	ตัวอักษร	ตัวอักษรต่อ	หน้าที่
1	P	Sub	รูระบายลมอัดเข้าวาล์ว
2,4	A,B	Out	รูต่อลมอัดไปใช้งาน
3,5	R,S	Ex	รูระบายลมทิ้ง
12,14	X,Y,Z	Signal In	รูต่อเข้าวาล์วควบคุมเพื่อผลในการบังคับให้วาล์วทำงาน

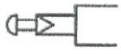
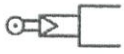
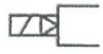
ตารางที่ 2.4 วาล์วชนิดต่างๆ

ลำดับ	สัญลักษณ์	ความหมาย
1.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2/2 ปกติปิด (2/2 Valve Normally Closed) วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2/2 ปกติเปิด (2/2 Valve Normally Open)
2.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 ปกติปิด (3/2 Valve Normally Closed) วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/2 ปกติเปิด (3/2 Valve Normally Open)
3.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3/3 ตำแหน่งกลางปิด (3/3 Valve Mid-Position Closed)
4.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/2 (4/2 Valve)
5.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งกลางปิด (4/3 Valve Mid-Position Closed)
6.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งกลางเร่งระบายลม (4/3 Valve Mid-Position Exhausted)
7.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5/3 (5/3 Valve)
8.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5/3 ตำแหน่งกลางปิด (5/3 Valve Mid-Position Closed)
9.		วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5/3 ตำแหน่งกลางเร่งระบายลม (5/3 Valve Mid-Position Exhausted)

ตารางที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ บอกความหมายของการเลื่อนลิ้นวาล์ว (Spool) ควบคุมทิศทาง (Pneumatic Directional Control Valve)

สัญลักษณ์	ความหมาย
1. การเลื่อนลิ้นโดยใช้มือหรือเท้า (Manual Actuator) ก.  General ข.  Push button ค.  Lever ง.  Padle จ. Detent	ใช้ก้ามเนื้อในการเลื่อน (ปุ่มกด) แบบทั่วไป ใช้มือกด (ปุ่มกด) ใช้คันโยกหรือมือบิด ใช้เท้าเหยียบ ใช้คันโยกหรือมือบิดแบบล็อกตำแหน่ง
2. การเลื่อนลิ้นโดยใช้ระบบไกล (Mechanical Actuator) ก. Plunger ข. Spring ค.  Roller lever ง.  Roller lever with idle return (Roller Trip)	ใช้กลไกภายนอกเป็นตัวกด ทำงานสองทาง ใช้สปริงดันวาล์วให้กลับตำแหน่งปกติ ใช้ล้อลูกกลิ้งเป็นตัวกด ทำงานได้สองทาง ใช้ล้อลูกกลิ้งเป็นตัวกด ทำงานได้ทางเดียว
3. การเลื่อนลิ้นโดยใช้ลม (Pneumatic Actuator) ก.  Direct by Pressure (Pilot) ข.  Direct by Pressure Relief ค. Differential Pressure ง.  Indirect by Pressure (Pilot) จ.  Indirect by Pressure Relief	ใช้ลมในการเลื่อนวาล์วโดยตรง ระบายลมให้วาล์วเลื่อนโดยตรง เลื่อนลิ้นด้วยความดันที่แตกต่าง ใช้ลมไปเลื่อนวาล์วทางอ้อม ระบายจากวาล์วทางอ้อม

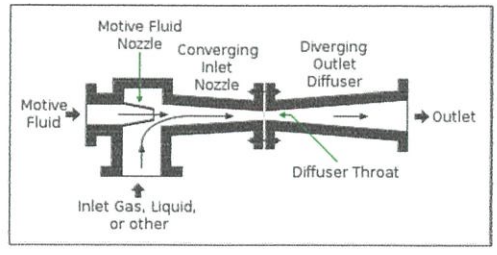
ตารางที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ บอกความหมายของการเลื่อนลิ้นวาล์ว (Spool) ควบคุมทิศทาง (Pneumatic Directional Control Valve) (ต่อ)

4. การเลื่อนลิ้นโดยใช้ไฟฟ้า (Electrical Actuator) Solenoid	ใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า 1 ขด
5. การเลื่อนลิ้นแบบผสม (combined Actuation) ก.  Push botton and Pressure ข. Push botton or Pressure ค.  Roller lever and Pressure ง.  Solenoid and Pressure จ. Spring Centred	ใช้ปุ่มกดละใช้ลมช่วย ใช้ปุ่มกดหรือใช้ลมช่วย ใช้กลไกลูกกลิ้งและลมช่วย ใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย ใช้สปริงดันวาล์วให้อยู่ในตำแหน่งกลาง

2.6.8 ระบบลมสุญญากาศ (Vacuum System)

1. Vacuum Ejector

ตัวกำเนิดความดันสุญญากาศ (Vacuum Ejector) อาศัยหลักการที่ทำให้เกิดสุญญากาศตรงบริเวณคอคอดที่เป็นเสมือนท่อ 3 แยก Venturi ที่อยู่ภายในตัวกำเนิดความดันสุญญากาศตัว Ejector โดยบริเวณนี้เหมือนทาง 3 แพร่งในรูปข้างล่างลมเข้ามาทางรูที่ 1 และเมื่อลมไหลเข้ามาเร็วในคอขาดของตัวกำเนิดความดันสุญญากาศ เช่น พื้นที่หน้าตัดที่ลมไหลผ่านลดลง 900% ความเร็วลมจะมากขึ้น 900% เช่นกัน พื้นที่ลดลง 9 เท่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น 9 เท่า ทำให้ลมที่ไหลผ่านที่ Venturi จะปั่นป่วนอย่างมาก (Turbulence) โดยลมจะไหลออกอย่างรวดเร็วไปสู่รูออกที่ 2 ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่อยู่ตรงข้ามกับทางเข้าที่ 1 บริเวณทาง 3 แพร่ง ที่อยู่ภายใน Venturi ก็จะเกิดสุญญากาศ ดูดอากาศจากทางเข้าที่ 3 ท่อทางเข้าที่ 3 จะไปต่อกับลูกยางดูดจับชิ้นงาน ฯลฯ ในงานจับและวาง ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 หลักการทำงานของ Vacuum Ejector [15]

2. การคำนวณหาขนาดของ Vacuum Pad

การเลือก Pad ให้เหมาะสมกับชิ้นงาน สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$F = PA$$

ขนาดของ Pad หาได้จากสูตร พื้นที่วงกลมดังนี้

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

โดยที่ P = แรงดันอากาศ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$

A = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

d = เส้นรอบวงกลม มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

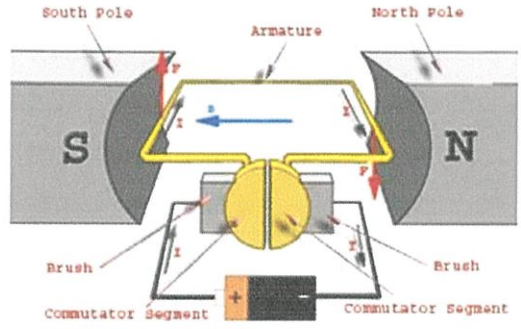
2.7 มอเตอร์

2.7.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [16]

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อมีแรงดันกระแสไฟฟ้าจะเข้าแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์และจะไหลเข้าไปในขดลวด Armature สร้างสนามแม่เหล็ก จากนั้นกระแสไฟฟ้าอีกส่วนจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม เป็นขั้วเหนือและขั้วใต้ ทำให้เกิดแรงบิดในตัว Armature ในขณะ Armature หมุนนั้น เรียกว่า Rotor ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [17]

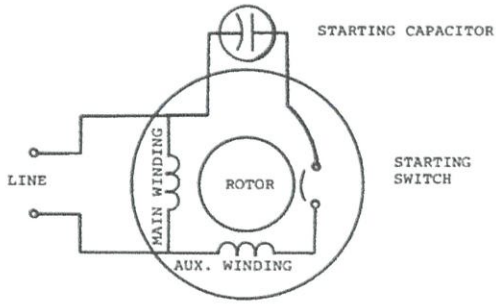
2.7.2 อินดักชันมอเตอร์ (Induction Motor)

อินดักชันมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีราคาถูก แข็งแรงทนทาน โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่ความเร็วของอินดักชันมอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับความถี่ไฟของแหล่งจ่ายและจำนวนขั้วแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 อินดักชันมอเตอร์ [18]

การทำงานของอินดักชันมอเตอร์ เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ 3 เฟสให้ที่ขดลวดทั้ง 3 ของตัวสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบๆ ตัวสเตเตอร์ ทำให้ตัวหมุน (โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ และขั้วแม่เหล็กนี้จะดึงดูดสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบๆ ทำให้มอเตอร์ของอินดักชันมอเตอร์หมุนไปได้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของ

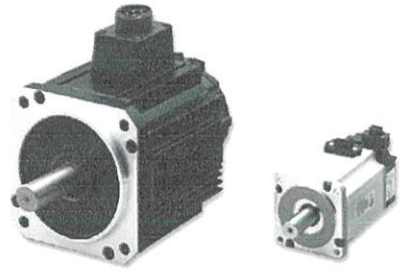
ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นโรเตอร์ของอินดักชันมอเตอร์ จึงหมุนตามสนามแม่เหล็กดังกล่าวด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 หลักการทำงานของอินดักชันมอเตอร์ [19]

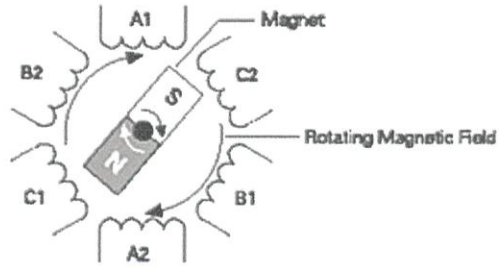
2.7.3 เอซีเซอร์โวมมอเตอร์ (AC Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 เอซีเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของ Ac Servo Motor เมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

2.7.4 กำลังมอเตอร์

การคำนวณกำลังของมอเตอร์เพื่อใช้เลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับงานสามารถใช้สมการได้ดังนี้

$$P = FVS_f$$

$$F = ma$$

$$V = \frac{m}{s}$$

โดยที่ P = กำลังมอเตอร์มีหน่วยเป็นวัตต์ หรือนิวตันเมตรต่อวินาที

F = แรงที่กระทำกับวัตถุมีหน่วยเป็นนิวตัน

mg = น้ำหนักของวัตถุ

V = ความเร็ว

S_f = Safety Factor

2.8 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

2.8.1 กำลังไฟฟ้า

กำลังของกระแสไฟฟ้าคือ พลังงานที่เกิดจากการทำให้ประจุไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้านั้น ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลน้อยก็แสดงว่าใช้พลังงานน้อย ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลมากก็แสดงว่าใช้พลังงานไฟฟ้ามาก

$$P = VI$$

โดยที่ P = กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์

V = ความต่างศักย์ที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

2.8.2 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือ พลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา

$$W = Pt$$

โดยที่ P = กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์

W = พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูล

t = เวลามีหน่วยเป็นวินาที

2.9 Return of Investment (ROI)

เป็นการคิดผลตอบแทนจากเงินลงทุนทั้งหมดว่าอัตราที่ได้รับคือเท่าไหร่ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการลงทุน โดยสูตรคำนวณ ROI จะเป็นไปตามสมการดังนี้

$$\text{Cost} = \text{เงินเดือนพนักงาน (บาท)} * \text{จำนวนปี (เดือน)} * \text{จำนวนพนักงานที่ลด (คน)}$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Invest}}{\text{Cost}}$$

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการหาจุดคุ้มทุนในการสร้างเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ การออกแบบภาพรวมของระบบทั้งหมด การออกแบบโครงสร้างในส่วนต่างๆ การออกแบบกริปเปอร์ในการหยิบคู่มือและรีโมทแอร์ การวาง Layout ในการติดตั้ง การออกแบบระบบไฟฟ้าและ PLC การออกแบบระบบนิวแมติกส์ การประยุกต์ใช้วงจร H-Bright ในการควบคุม DC Motor การเชื่อมต่อระหว่าง Robot Controller กับ PLC และการออกแบบโปรแกรมในส่วนการอ่าน QR-Code และการเพิ่มหรือลดข้อมูลรุ่นที่จะผลิตและการดึงข้อมูลมาในรูปแบบ Text File

3.1 การคำนวณ ROI เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำโครงงาน

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ จะสามารถช่วยลดพนักงานในไลน์การผลิต 6 คน โดยแบ่งเป็น กะเช้าจำนวน 3 คน และกะดึกจำนวน 3 คน โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้ ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงงบประมาณที่ใช้ในการทำโครงงานโดยสังเขป

No.	Description	Amount	Remark
1	Actuator	635,684.66	
2	Pneumatic System	197,336.69	
3	Sensor & Camera	98,965.84	
4	XYZ Cartesian Robot	340,871.00	
5	Electrical System	125,589.06	
Total Amount		1,398,447.24	

เงินเดือนพนักงาน 1 คน จะอยู่ที่ 0.523 K$

$$Cost = 0.523 * 12 * 1000 * 35.5 * 6$$
$$= 1{,}336{,}788.00 \text{ บาท}$$

ใช้ Investment ในการทำวิจัย 1,398,447.24 บาท

ดังนั้น ROI จะได้เป็น $ROI = \frac{1,398,447.24}{1,336,788.00}$

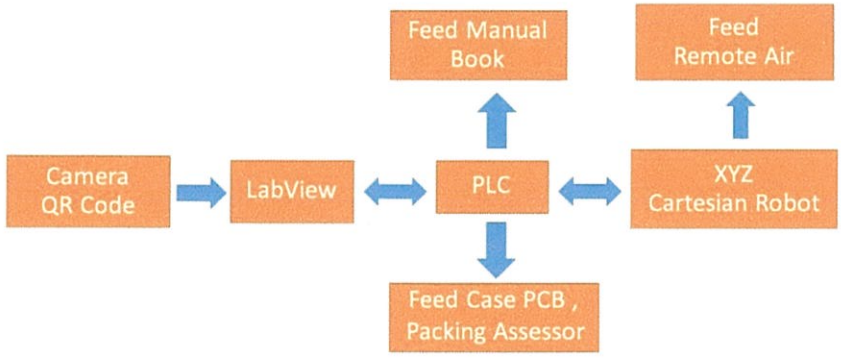
$= 1.04$

ซึ่ง < 2 สามารถคืนทุนได้ภายในเวลา 1 ปี

ซึ่งจากการคำนวณแล้วพบว่า ในการลงทุนสร้างเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัตินี้จะสามารถคืนทุนให้กับบริษัทได้ภายในระยะเวลา 1 ปี

3.2 ภาพรวมของระบบ

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ มีส่วนควบคุมที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ PLC, XYZ Cartesian Robot และ Vision ซึ่งในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC, XYZ Cartesian Robot และ Vision ให้สามารถทำงานร่วมกันได้นั้น ได้เลือกรูปแบบการเชื่อมผ่านสายแลน โดยมี Switching Hub เป็นตัวกลางที่คอยรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ Vision ดังรูปที่ 3.1



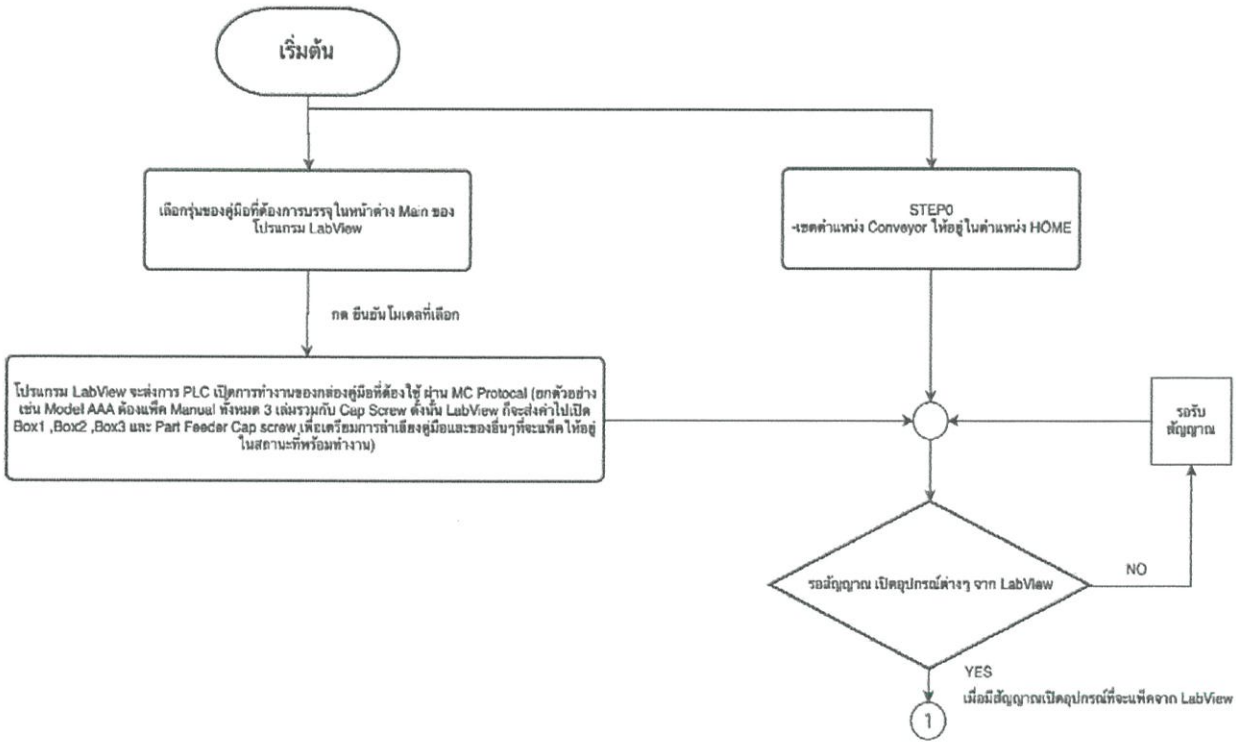
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

3.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

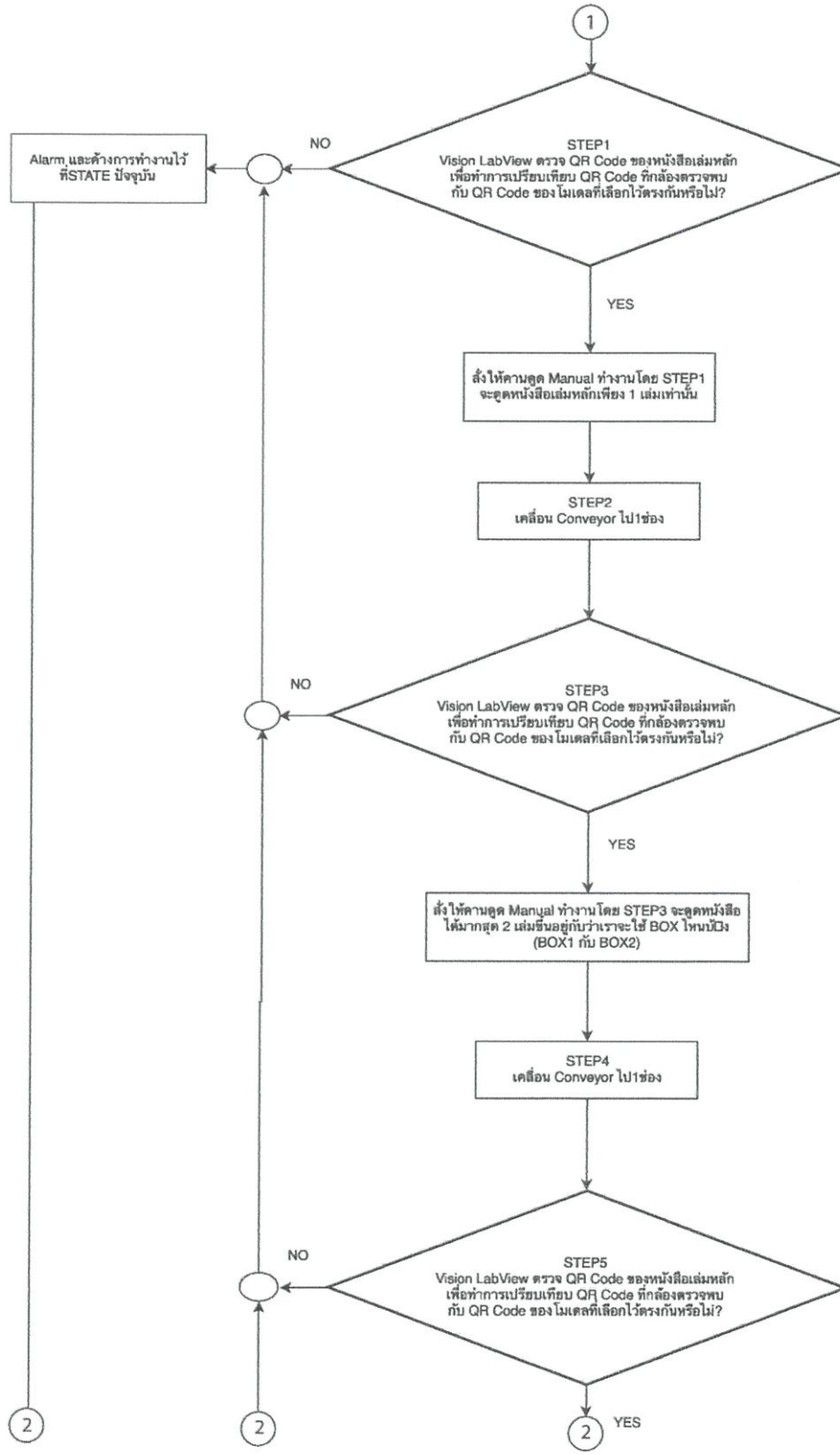
ระบบการทำงานของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติจะเริ่มการทำงานโดยให้ผู้ใช้เลือกโมเดลและรุ่นที่ต้องการ หรือถ้าไม่มีโมเดลที่ต้องการก็ให้ผู้ใช้กดเพิ่ม จากนั้น Photo Sensor ประจำตู้ Feed Manual ทั้ง 7 ตู้จะทำการตรวจสอบกอง Manual ของแต่ละตู้ว่าพร้อมหรือยัง ถ้ายังไม่พร้อมก็สั่งให้ไฟ Alarm สีแดงและลำโพงแจ้งเตือนให้พนักงานนำ Manual มาเติม แต่ถ้าพร้อมแล้วก็สั่งให้ Cylinder ประจำตู้ผลักกอง Manual ไปยังตำแหน่งลิฟต์ยก และจากนั้น Camera ก็ทำการ

อ่าน QR-Code ว่าตรงกับ Manual Model Code หรือไม่ ถ้าใช่ ไฟ Alarm สีเขียวจะติดและพร้อมทำงาน แต่ถ้าไม่ใช่ ไฟ Alarm สีแดงและลำโพงแจ้งเตือนพนักงานว่าไม่ตรงกัน

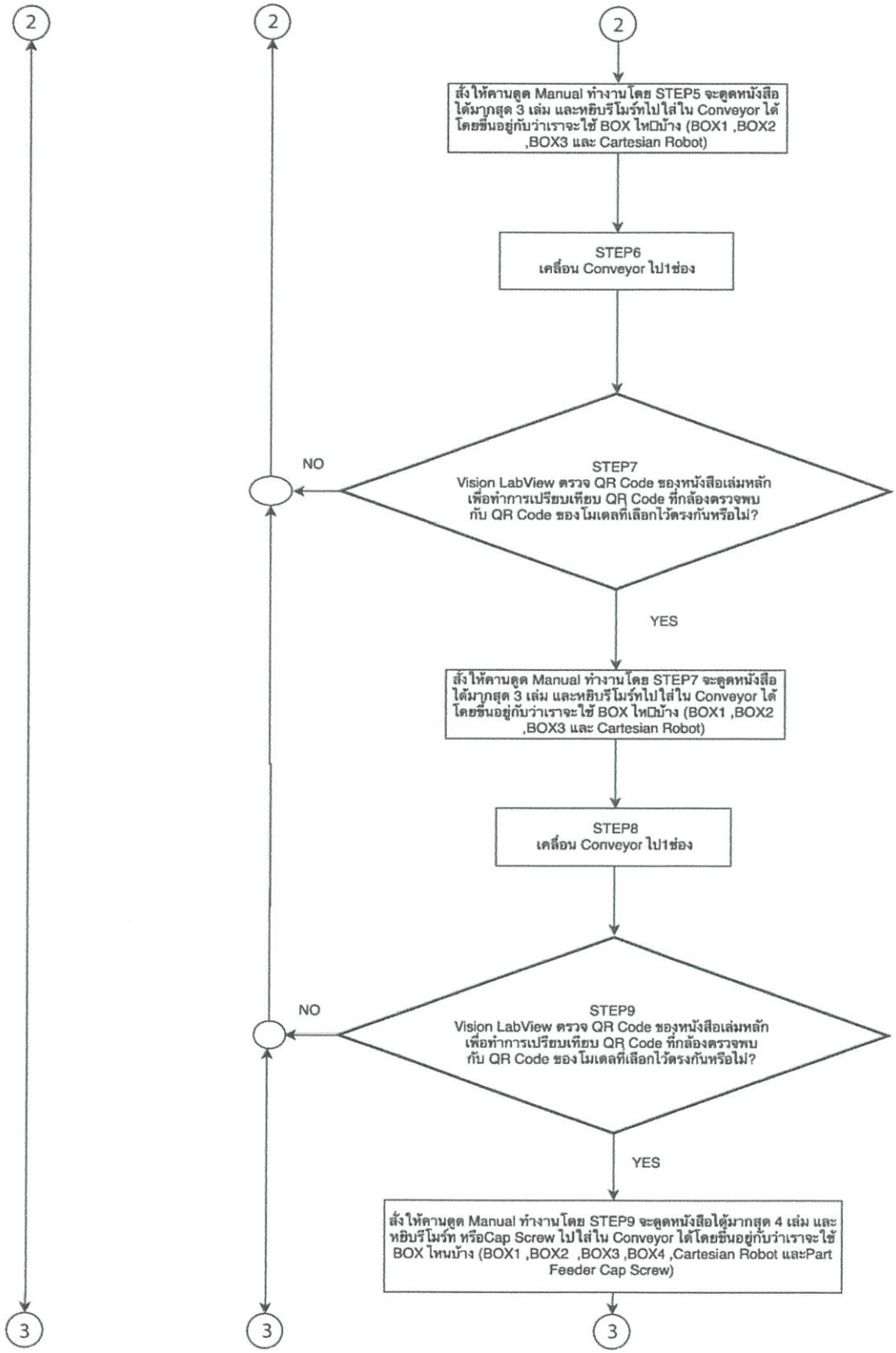
หลังจากนั้นก็ทำการ Feed Manual ตามจำนวนเล่มที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละโมเดล ในส่วนการหยิบ Manual นั้นก็จะมี Capacitive Proximity Sensor คอยตรวจสอบว่าหยิบ Manual ได้หรือไม่ และในส่วนของการ Feed Remote นั้นก็แล้วแต่โมเดลว่ามีโมเดลไหนบ้างที่ต้อง Feed Remote ลงไป ซึ่งตัว Station ของ Remote นั้นก็จะมีด้วยกัน 7 Slot และมี Capacitive Proximity Sensor คอยตรวจสอบ Remote ในแต่ละ Slot ด้วย โดยแผนผังการทำงานของระบบทั้งหมดจะแสดงดังรูปที่ 3.2



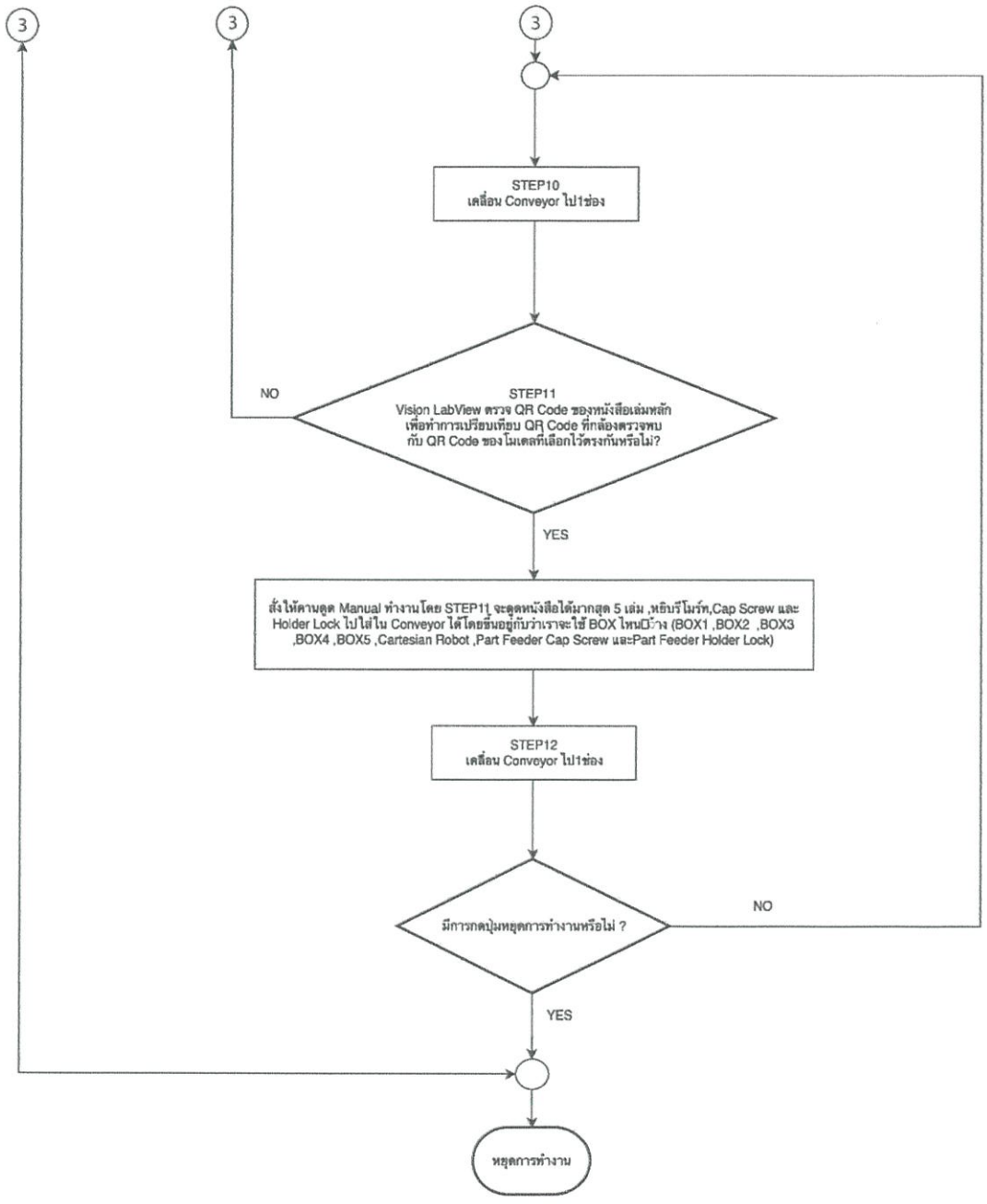
รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม (ต่อ)

จากรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 จะเป็นการแสดงถึงการทำงานของระบบโดยขั้นตอนการทำงานของระบบจะมีดังนี้

3.3.1 Vison

Camera จะคอยทำหน้าที่อ่าน QR Code จาก Manual Book รุ่นต่างๆ แล้วนำไปประมวลผลผ่านโปรแกรม LabView โดยใช้ฟังก์ชัน Vision Assistant ในการประมวลผล จากนั้นก็ทำการตรวจสอบกับ Manual Model ว่าตรงกันหรือไม่ แล้วจากนั้นก็ทำการบันทึกข้อมูลการอ่านค่า QR Code ไว้

3.3.2 PLC

PLC จะคอยทำหน้าที่รับคำสั่งจาก PC หลังจากที่ Vision ประมวลผลเสร็จแล้ว โดยหน้าที่หลักของ PLC ก็คือ รอรับค่าจากเซนเซอร์ตำแหน่งต่างๆ การรับค่าจากปุ่มกด การสั่งงาน DC Motor, AC Servo Motor, กระบอกสูบ, ไฟ LED และ Tower Lamp และ PLC จะคอยส่งสัญญาณให้ XYZ Cartesian Robot ทำงานต่อไป

3.3.3 XYZ Cartesian Robot

XYZ Cartesian Robot จะคอยทำหน้าที่ควบคุมการหยิบรีโมทออกมาจากรางใส่รีโมทที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่ XYZ Cartesian Robot จะทำงานได้นั้นจะต้องรอให้สัญญาณจาก PLC ส่งไปยัง Controller ของ XYZ Cartesian Robot จากนั้น XYZ Cartesian Robot ก็จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ใน Controller

3.3.4 Conveyor

ทำหน้าที่ลำเลียง Manual Book, Battery, Cap Screw, Holder Lock, Pack Screw, Remote, Case PCB และ Packing Assessor ไปยังเครื่องซีลเพื่อเข้าสู่กระบวนการ Packing โดยการสั่งงานนั้นจะสั่งงานผ่านทาง PLC

3.3.5 คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์จะติดตั้งซอฟแวร์ LabView เพื่อเป็นอ่าน QR Code จากกล้องเพื่อประมวลผลให้ PLC ทำงานและมีการออกแบบ UI ให้ผู้ใช้งานนั้นตรวจสอบการอ่าน QR Code จากกล้องและสามารถเพิ่ม Model ได้ในกรณีที่มีการผลิตรุ่นใหม่ออกมา และในหน้าต่างของ UI นั้นทางได้แบ่งออกเป็น 3 หน้าต่างย่อยดังนี้

1. หน้าต่างที่ใช้แสดงผลการอ่าน QR Code จากกล้องว่ากล้องนั้นสามารถตรวจจับ QR Code ได้หรือไม่ ถ้ากล้องอ่าน QR Code ได้ ลำดับถัดไปตรวจสอบ QR Code ที่อ่านได้จาก Manual Book นั้นว่าตรงกับข้อมูลที่ใส่ไว้หรือไม่ ถ้าตรงก็เริ่มการสั่งงานให้ PLC ทำงานได้ทันที แต่ถ้าไม่ตรง UI ก็จะแจ้งเตือนว่า Manual Book ไม่ตรงกัน

2. หน้าต่างการเพิ่ม Model ในการเพิ่ม Model นั้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าต้องการอ่าน QR Code เล่มไหน ใส่พวก Battery, Cap Screw, Holder Lock, Pack Screw, Remote, Case

PCB และ Packing Assessor หรือไม่ เมื่อกำหนดอุปกรณ์เสร็จแล้วก็ทำการ Add Model เพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบ

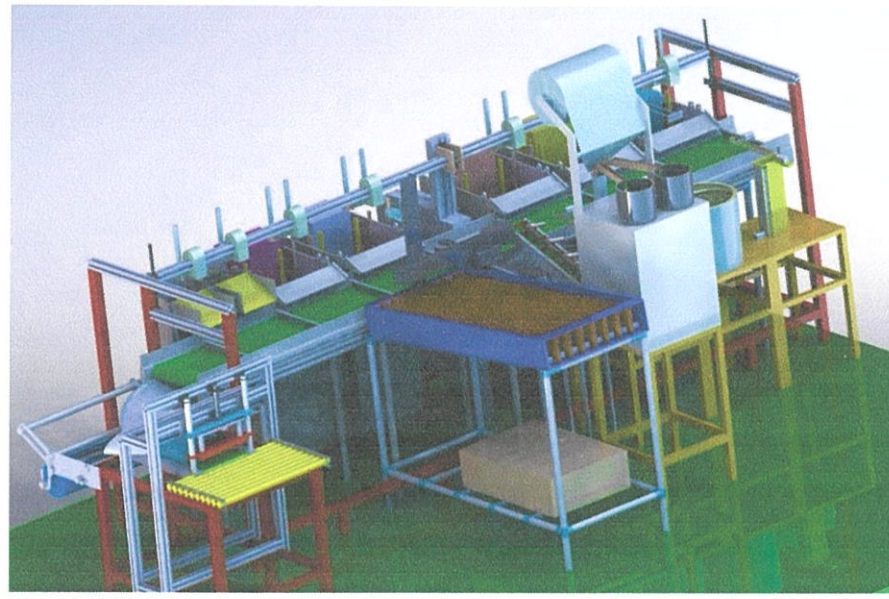
3. หน้าต่างการแสดงผลการอ่านค่า QR Code ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลการอ่าน QR Code ว่าอ่านตรงกันทั้งหมดจำนวนกี่ครั้งและอ่านผิดพลาดจำนวนกี่ครั้ง

3.3.6 Switching Hub

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารกันระหว่าง PC , PLC และ Camera

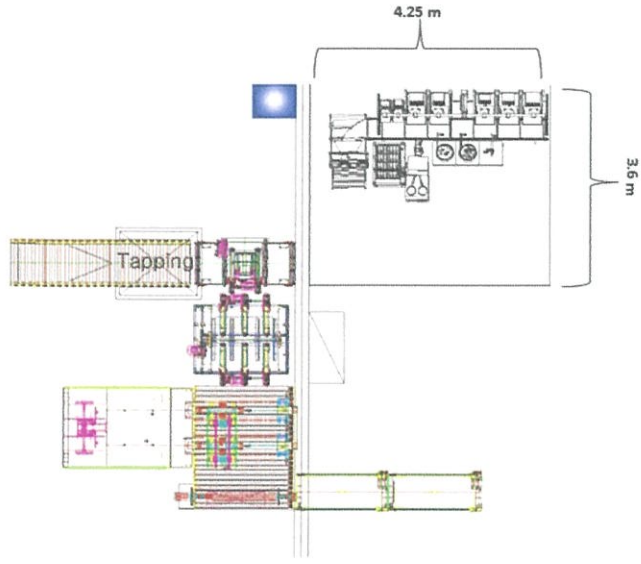
3.4 การออกแบบพื้นที่การติดตั้งชิ้นงานและชิ้นส่วนต่างๆ

เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติได้มีการออกแบบโครงสร้างต่างๆ เพื่อให้ได้ขนาดชิ้นงานที่เหมาะสม



รูปที่ 3.3 ภาพรวมของชิ้นงานทั้งหมด

จากรูปที่ 3.3 ได้กำหนดพื้นที่การติดตั้งชิ้นงานไว้ที่ท้ายไลน์ Indoor (EB, EC Line) ของโรงงานเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพื้นที่ที่ติดตั้งชิ้นงานนั้นมีความกว้าง 3.6 เมตร และยาว 4.25 เมตร ดังรูปที่ 3.4

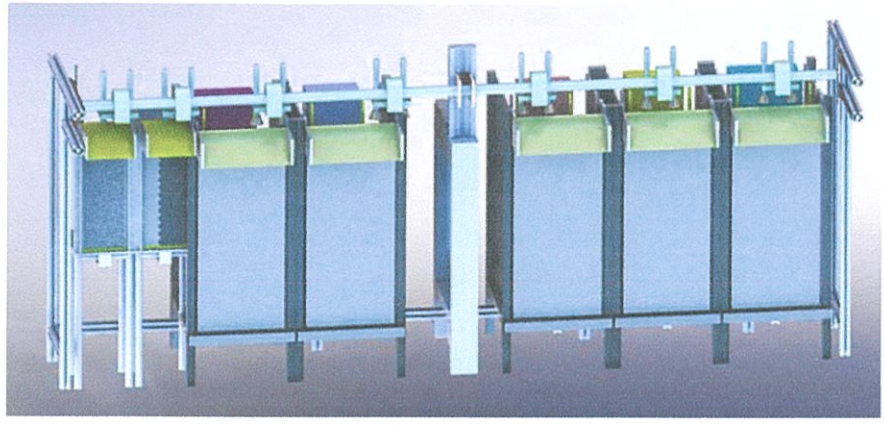


รูปที่ 3.4 พื้นที่การติดตั้งชิ้นงาน

โดยชิ้นงานที่จะติดตั้งนั้นได้มีรายละเอียดในการออกแบบเป็นดังนี้

3.4.1 การออกแบบตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

ตู้ใส่คู่มือนั้นได้ออกแบบโครงสร้างโดยใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 มิลลิเมตร โดยตู้ขนาดใหญ่จะมีความสูง 1200 มิลลิเมตร กว้าง 510 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตรจำนวน 5 ตู้และตู้ขนาดเล็กจะมีความสูง 1200 มิลลิเมตร กว้าง 255 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตรจำนวน 2 ตู้ Cover กล่องทั้งสองขนาดใช้เป็นแผ่นอะคริลิกขนาด 5 มิลลิเมตร ตัวฐานและตัวลำเลียง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียมหนา 10 มิลลิเมตร ตัวส่งกำลังเป็น Lead screw คู่กับ Linear Guide ใช้งานร่วมกับ DC Motor ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การออกแบบชั้นวางคู่มือ

Cylinder ที่ใช้ในการดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor นั้น สามารถคำนวณ Bore Size ได้ดังนี้

จากสูตร $F = PA$ และ $F = \mu N$

จะได้ $F = (0.3)(25)(9.81)$

$= 73.5N$

และ $A = \frac{73.5}{400{,}000}$ *ค่าแรงดันที่ต่ำที่สุดของโรงงานคือ 4 Bar

$= 0.00018375\ m^2$

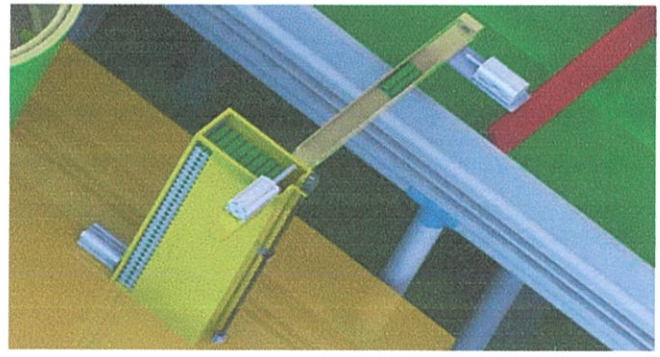
และขนาดของ Bore Size ที่ได้จากการคำนวณเป็น

$$A = p\frac{(\pi D^2)}{4}$$

$$D = 48\ mm$$

3.4.2 การออกแบบตัวลำเลียงแบตเตอรี่ AAA

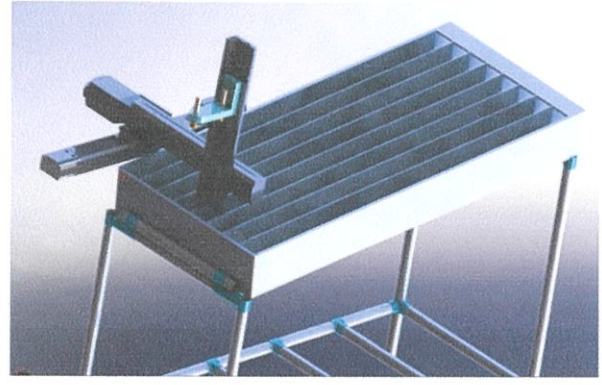
การลำเลียงแบตเตอรี่ขนาด AAA นั้น ทาง MD สั่งไว้ว่าไม่อนุญาตให้ใช้เครื่อง Part feeder ได้คิดเป็นระบบ “แมคคาซีน” โดยทำเป็นลิฟท์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับตู้ใส่ Manual Book โดยโครงสร้างหลักจะเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 มิลลิเมตร Cover กล่องใช้เป็นแผ่นอะคริลิกขนาด 5 มิลลิเมตร ตัวฐานและตัวลำเลียง Battery ใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียมหนา 10 มิลลิเมตร ตัวส่งกำลังเป็น Lead Screw ใช้งานร่วมกับ DC Motor ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การออกแบบตัวลำเลียงแบตเตอรี่ AAA

3.4.3 การออกแบบตัวลำเลียงรีโมทแอร์

การลำเลียงรีโมทแอร์นั้น เดิมทีจะใช้เป็น Conveyor ในการลำเลียง แต่ MD บอกว่ารีโมทห้ามมีรอยขีดข่วนเด็ดขาด จึงได้นำ XYZ Cristian Robot มาใช้ในการลำเลียงรีโมทแอร์

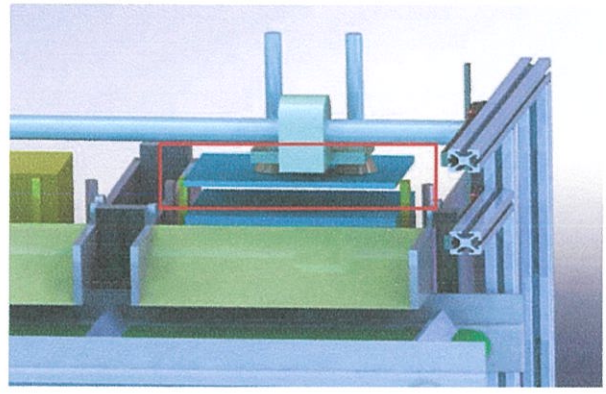


รูปที่ 3.7 การออกแบบตัวลำเลียงรีโมทแอร์

และในส่วนของรางรีโมทแอร์นั้น ได้ออกแบบรางใส่รีโมทแอร์ให้เป็นลักษณะพื้นเอียง 27 องศา จำนวน 7 ช่อง ออกแบบโครงสร้างหลักเป็น Stainless Pipe ร่วมกับ Joints และในส่วนของ Base XYZ Cartesian Robot นั้น ออกแบบโครงสร้างหลักเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 80*80 มิลลิเมตร และขนาด 40*80 มิลลิเมตร

3.4.4 การออกแบบ Gripper ในการลำเลียง Manual Book, Case PCB, Packing Assessor และรีโมทแอร์

ในส่วนของ Gripper นั้นเน้นไปที่การใช้ระบบลมสุญญากาศ (Vacuum) เพราะง่ายต่อการออกแบบ และป้องกันการขาดของกระดาษ และสามารถหยิบจับของที่มีน้ำหนักมากได้ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การออกแบบ Gripper

Vacuum Pad ที่เลือกใช้นั้น มีการคำนวณหน้า Pad ได้ดังนี้

จากสูตร $$F = PA$$

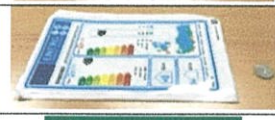
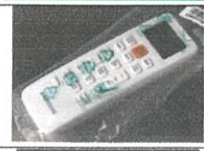
จะได้ $$mg = p\frac{(\pi D^2)}{4}$$

$$(0.6)(9.81) = (0.09)(\frac{(3.14)D^2}{4})$$

$$D = 11.17\ cm.$$

ในส่วนของการดูดจับ Manual Book, Case PCB, Packing Assessor และรีโมทแอร์นั้น มีข้อมูลดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงข้อมูลของ Manual Book, Case PCB, Packing Assessor และรีโมทแอร์

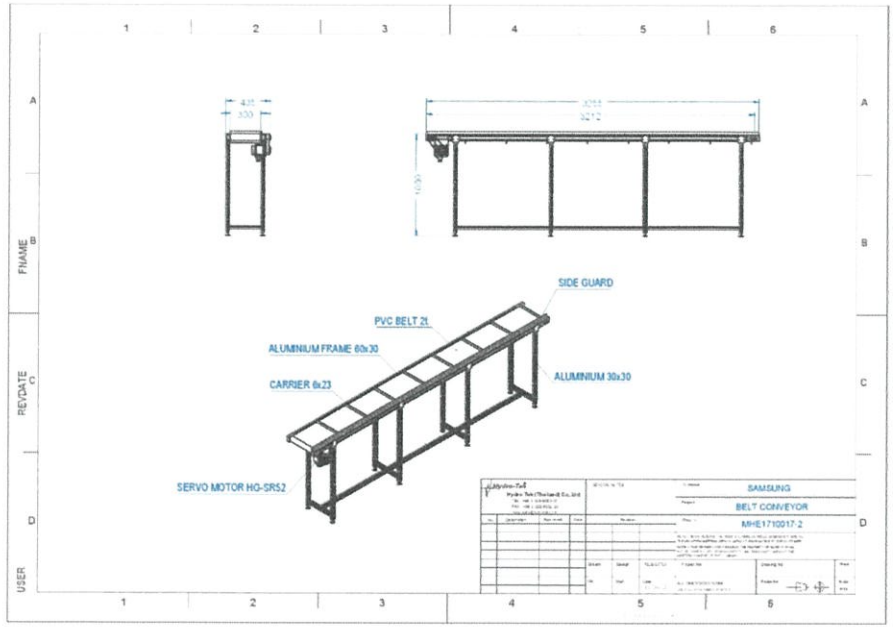
Model Name	Picture	Width (mm.)	Length (mm.)	Depth (mm.)	Weigh (g.)
DB68-06033A-02		143	209	6.7	165.1
DB68-06748A-02		182	255	2.15	82.7
DB68-06748A-02		148	209	27	209.8
D868-07183A		131	183	0.8	4.4
6801-002050		65	105	0.9	4.9
DB68-06943G		140	225	0.1	5.2
DB98-36742A		99	148	0.7	6.9
DB97-24011A		42	80	23	13.2
D893-11115K		136	44	20	69.6
D893-15882Q		137	48	22.5	81.7

3.4.5 การออกแบบ Conveyor ในการลำเลียงอุปกรณ์

ตัว Conveyor นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. Conveyor หลักในการลำเลียง Manual Book

Belt Conveyor ตัวนี้มีโครงสร้างหลักเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 มิลลิเมตร และ 100*40 มิลลิเมตร กว้าง 420 มิลลิเมตร ยาว 3,000 มิลลิเมตร สูง 1,000 มิลลิเมตร มี Guide กั้นแต่ละช่องสูง 80 มิลลิเมตร ใช้ AC Servo Motor เป็นต้นกำลัง ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การออกแบบ Conveyor หลัก ลำเลียงอุปกรณ์ต่างๆ

การคำนวณมอเตอร์สำหรับ Conveyor หลัก

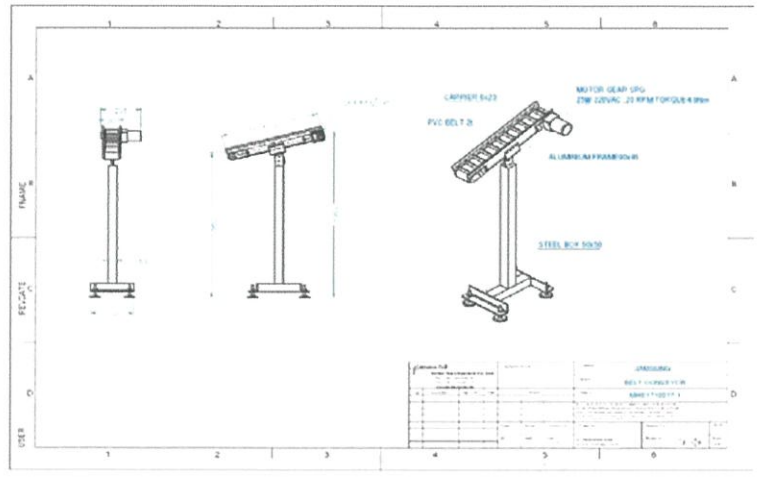
จากสูตร $P = FVS_f$ และ $F = ma$

จะได้ $P = (3)(8)(9.81)(0.5)(3)$

$P = 235.44\ W$

2. Conveyorในการลำเลียง Pack Screw

Belt Conveyor ตัวนี้มีโครงสร้างหลักเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 มิลลิเมตร และ 100*40 มิลลิเมตร กว้าง 92 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร มี Guide กั้นแต่ละช่องสูง 80 มิลลิเมตร ใช้ Induction Motor เป็นต้นกำลัง ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การออกแบบ Conveyor ลำเลียง Pack Screw

3.5 การออกแบบ UI โดยใช้โปรแกรม Labview

ในการออกแบบ UI นั้น ได้ออกแบบให้มีการแสดงภาพการอ่าน QR Code จากกล้อง และเก็บบันทึกผลการอ่าน QR Code และสามารถเพิ่ม Model ได้ในกรณีที่มีรุ่นใหม่ออกมา

ซึ่งจากความต้องการข้างต้นนี้ ทำได้ออกแบบ UI ของ เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติไว้จำนวน 3 หน้า ดังรูปที่ 3.11,รูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.11 การออกแบบหน้าจอแสดงผลโดยใช้โปรแกรม LabView

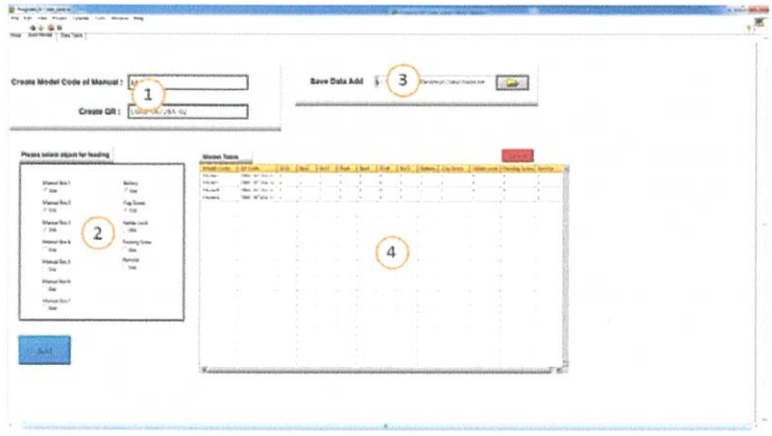
จากรูปที่ 3.11 จะอธิบายรายละเอียดส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

1. Select Model เป็นส่วนที่ไว้สำหรับเลือกรุ่นของ Manual ที่ต้องการผลิต

2. QR Code เป็นส่วนที่ไว้แสดงรหัสของรุ่น Manual Book และภาพจากกล้องในการอ่าน QR Code

3. Check Matching Model เป็นส่วนที่ไว้แสดงอุปกรณ์ต่างๆ ว่าต้องใส่อะไรไปบ้าง

4. Working Status Guide เป็นส่วนที่ไว้แสดงไฟสถานะว่าต้องใช้อุปกรณ์ตัวไหนบ้าง



รูปที่ 3.12 การออกแบบหน้าจอการคีย์โมเดลโดยใช้โปรแกรม LabView

จากรูปที่ 3.12 จะอธิบายรายละเอียดส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

1. Create Model เป็นส่วนที่ไว้สำหรับป้อนข้อมูล Model และรหัส QR Code

2. Select for Packing เป็นส่วนที่ไว้สำหรับเลือกว่าจะใส่อุปกรณ์ชิ้นไหนบ้าง

3. Save Data เป็นส่วนที่ไว้บันทึกข้อมูลของ Model ที่สร้างขึ้น

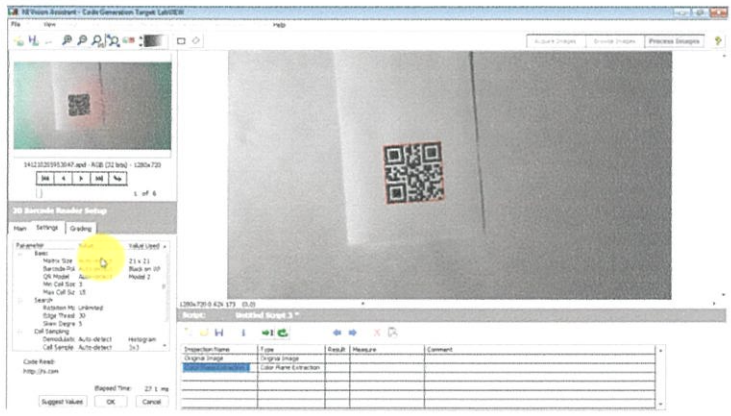
4. Model Table เป็นส่วนที่ไว้แสดงผลการป้อนข้อมูลของแต่ละ Model

รูปที่ 3.13 การออกแบบหน้าจอผลการอ่านค่า QR Code โดยใช้โปรแกรม LabView

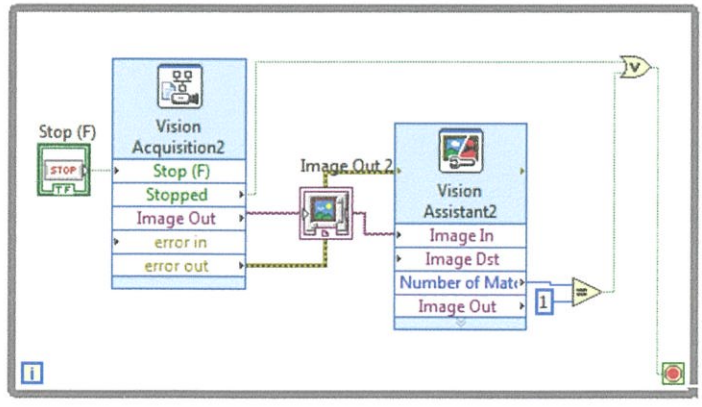
จากรูปที่ 3.13 จะเป็นหน้าจอที่ไว้แสดงผลการอ่านค่า QR Code จาก Manual Book เล่มต่างๆ แบบ Real Time แล้วจากนั้นก็แสดงผลการอ่านว่าอ่านถูกต้องเป็นจำนวนเท่าไหร่หรืออ่านผิดเป็นจำนวนเท่าไหร่

3.6 การออกแบบระบบ Vision ในการอ่าน QR Code โดยใช้โปรแกรม LabView และ Vision Assistant

ในการถ่าย QR Code จากกล้องนั้น ได้เลือกใช้โปรแกรม LabView ในการประมวลผล ซึ่งทาง NI นั้นก็มีซอฟแวร์เสริมเพื่อออกแบบมาให้ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือโปรแกรม NI Vision Assistant เป็นโปรแกรมที่ใช้ประมวลภาพโดยเฉพาะ ดังรูปที่ 3.14 โดยหลังจากประมวลภาพเสร็จแล้วก็สามารถใช้งานร่วมกับ LabView ได้ทันที ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 การใช้งานโปรแกรม NI Vision Assistant ในการประมวลผล QR Code ที่ถ่ายจากกล้อง



รูปที่ 3.15 การเขียนโปรแกรม LabView ให้ใช้งานร่วมกับ Vision Assistant

ซึ่งการใช้งาน NI Vision Assistant นั้นหลักๆ ก็จะเป็นดังนี้

1. การถ่ายภาพจากกล้องแล้วปรับขนาดความคมชัดของภาพ

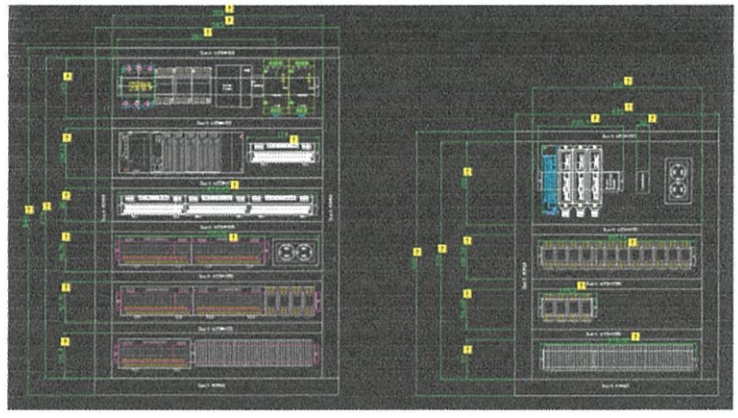
2. การเปลี่ยนรูปภาพจากภาพสีให้กลายเป็นภาพขาว-ดำ และปรับขนาดของแสง เพื่อให้ประมวลภาพได้ง่ายขึ้น

3. การเลือกรูปแบบการอ่านรหัสและการเทียบรหัสระหว่างภาพที่อ่านกับรหัสที่ได้กำหนดไว้

3.7 การออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบPLC

3.7.1 การออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า

เนื่องจากระบบของ PLC นั้นจำเป็นจะต้องมีการออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อใช้ในการควบคุม PLC, AC Servo Motor, DC Motor, Solenoid Vale, Relay, LED Lamp, Tower Lamp และ Sensor ให้สามารถใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้จัดทำตู้ควบคุมขึ้นมา เพื่อง่ายต่อใช้งานและเป็นระเบียบเรียบร้อยของระบบ โดยภายในตู้ควบคุมจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การออกแบบการวางอุปกรณ์ต่างๆ บนตู้ควบคุมไฟฟ้า

1. **ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า** 220 VAC ตู้ควบคุมจำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในกล่องควบคุมทั้งหมด ซึ่งจำเป็นต้องเป็นแหล่งจ่ายที่หาได้ง่าย เนื่องจากเป็นแหล่งจ่ายหลักที่จ่ายให้กับกล่องควบคุม ดังนั้นจึงเลือกที่จะต่อไฟ 220 VAC เข้าไปใช้ในกล่องควบคุม

2. **เซอร์กิตเบรกเกอร์** ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ที่ต่อกับเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นเกิดความเสียหายขึ้นจากกระแสที่เกินกำหนด

3. **Noise Filter** ทำหน้าที่กรองกระแสไฟฟ้า เพื่อลดปัญหาเรื่องของสัญญาณรบกวนที่อาจจะทำให้อุปกรณ์นั้นมีปัญหาได้

4. **แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24 V DC 20 A** ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้า 220 VAC เข้ามา แล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า 24 VDC

5. **PLC** ส่วนของ PLC นั้นได้เลือกเอา PLC ของ Mitsubishi รุ่น Q-Series เป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจาก Vision ซึ่ง PLC รุ่น Q-Series มีข้อดีคือ ประมวลผลข้อมูลด้วยความเร็วและความแม่นยำสูง รูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งานด้วยภาษา Ladder และเหมาะแก่การใช้งานกับเครื่องจักรขนาดใหญ่

6. **I/O Board** ทำหน้าที่นำสัญญาณจาก Sensor เข้ามายัง PLC หรือส่งสัญญาณจาก PLC ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ

7. **Push Button และ Selector Switch** ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟของสัญญาณให้ไหลเข้าสู่ PLC

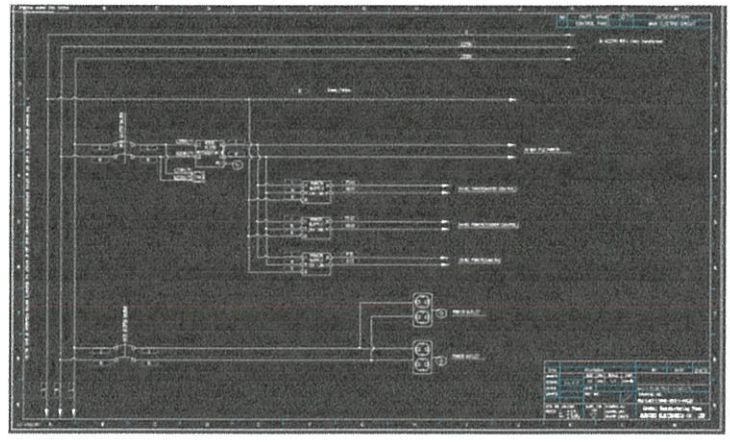
8. **ปุ่ม Emergency Stop** ทำหน้าที่หยุดเครื่องจักรในกรณีที่เครื่องจักรนั้นเกิดปัญหาขึ้น

9. **LED Lamp และ Tower Lamp** ทำหน้าที่เป็นไฟแจ้งเตือนสถานะของตู้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ

10. **Relay** ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิดวงจร โดยการจ่ายไฟเข้าที่ขดลวดของตัวรีเลย์

3.7.2 วงจรไฟฟ้า 1 เฟส 220 VAC

ระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ และPLC นั้นต้องการไฟ 220 VAC ในการทำงาน จึงได้ออกแบบวงจรไฟฟ้าสำหรับจ่ายไฟเข้า PLC ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การออกแบบวงจรไฟฟ้า 1 เฟส 220 VAC

จากรูปที่ 3.17 นั้นภายในวงจรนั้นจะประกอบไปด้วย

1. **Circuit Breaker** จำนวน 2 ตัว ขนาด 20 A และ 10 A สำหรับการตัดไฟระบบทั้งหมด และแหล่งจ่ายไฟสำรองสำหรับการซ่อมบำรุง

2. **Noise Filter** สำหรับกรองกระแสไฟฟ้าก่อนจ่ายไฟเข้า PLC และ Power Supple

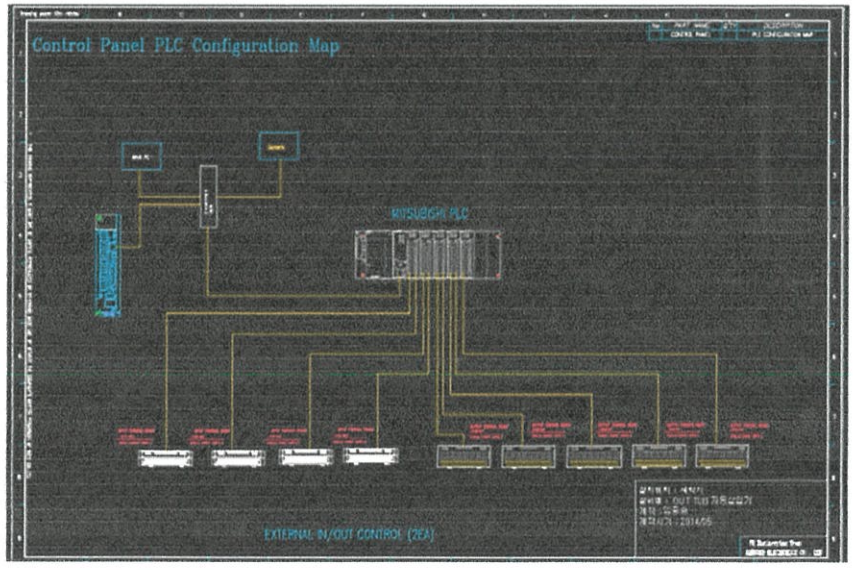
3. **Power Supple** ขนาด 24 VDC และ 12 DC ใช้ในการจ่ายไฟให้กับ DC Motor, Relay, Solenoid Vale, LED, Sensor, Bottom และ Camera

4. **พัดลมระบายความร้อน**

5. **ปลั๊กสำรอง ใช้สำหรับการซ่อมบำรุง**

3.7.3 การออกแบบ Input/Output

ในส่วนของ PLC นั้นได้มีการออกแบบระบบเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.18 โดยระบบการเชื่อมต่อจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้



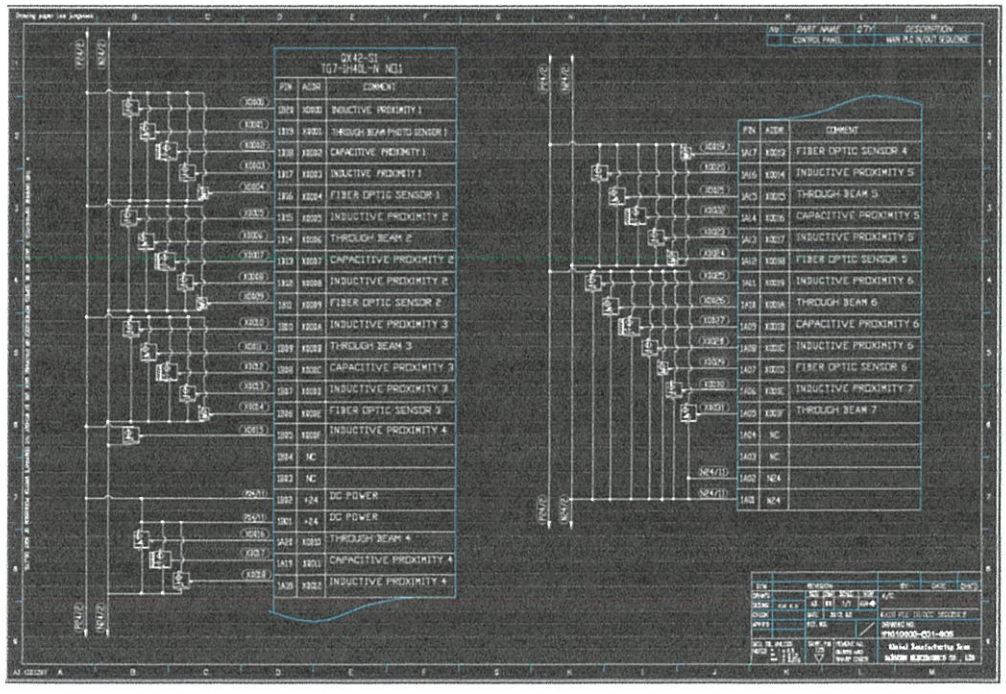
รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อระหว่าง PLC และอุปกรณ์ Input/Output

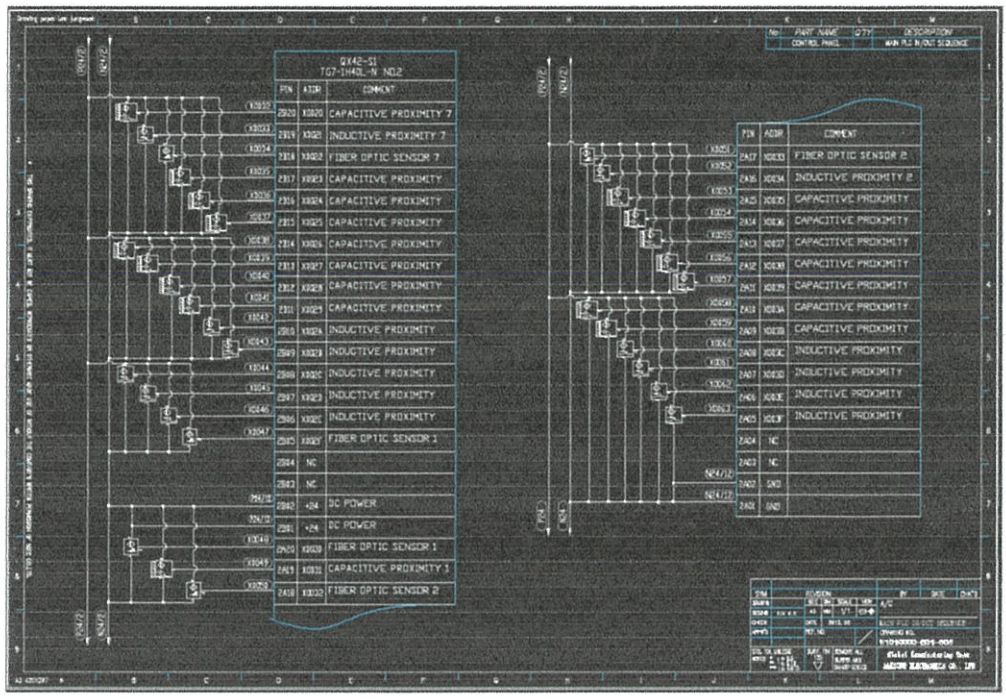
1. Input Module Mitsubishi QX42-S1 จำนวน 2 ตัว ใช้งานร่วมกับ Terminal Input Board จำนวน 4 ตัว โดยโมดูลอินพุตของ PLC เป็นแบบ Positive Common Type ดังนั้นอุปกรณ์ภายนอกที่เป็นตัวรับสัญญาณอินพุตนั้นต้องต่อกับไฟ -24V ทั้งหมด เมื่อ PLC ทำงาน อุปกรณ์อินพุตตัวนั้นๆ จึงจะทำงานครบวงจร

โดยอุปกรณ์ Input ทั้งหมดนั้นจะประกอบไปด้วย

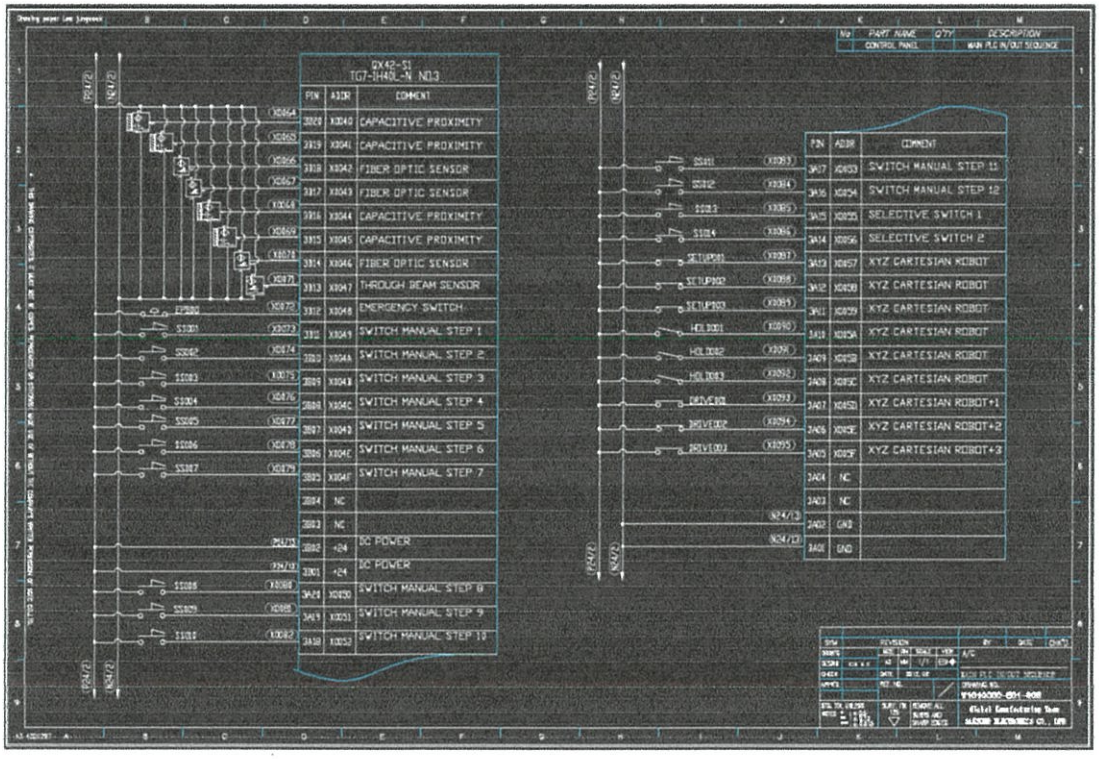
1. Inductive Proximity Sensor จำนวน 25 ตัว
2. Capacitive Proximity Sensor จำนวน 19 ตัว
3. Photo Sensor (Through Beam Type) จำนวน 8 ตัว
4. Photo Sensor (Fiber Optic Type) จำนวน 14 ตัว
5. Vacuum Sensor จำนวน 6 ตัว
6. Emergency Bottom จำนวน 1 ตัว
7. Push Bottom จำนวน 3 ตัว
8. Selector Switch จำนวน 13 ตัว
9. Controller Robot จำนวน 3 ตัว

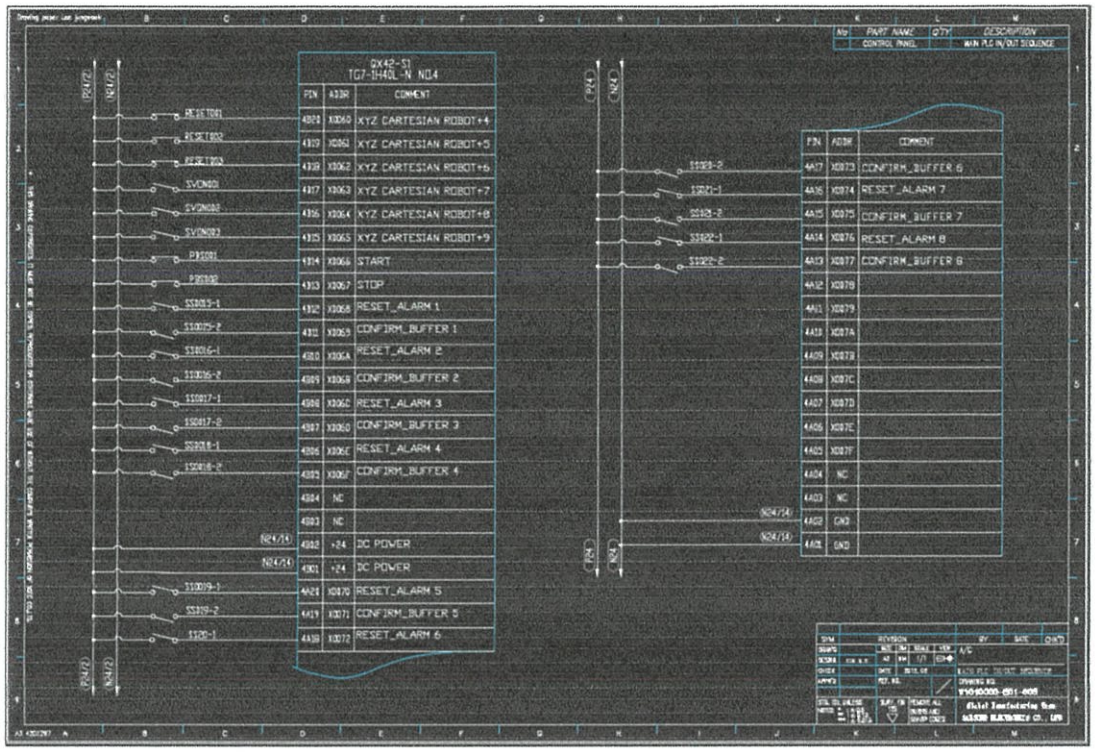
ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถต่อเข้ากับ Terminal Input Board ได้ดังรูปที่ 3.19





รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Input กับ Terminal Input Board





รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Input กับ Terminal Input Board (ต่อ)

2. Output Module Mitsubishi QY42P จำนวน 3 ตัว ใช้งานร่วมกับ Terminal Output Relay Board จำนวน 5 ตัว โมดูลเอาต์พุตของ PLC เป็นแบบ Sink Type ซึ่งจะตรงข้ามกับโมดูลอินพุต ดังนั้นอุปกรณ์ที่เป็น เอาต์พุตนั้นต้องต่อกับไฟ +24V ทั้งหมด เมื่อ PLC ทำการสั่งงานอุปกรณ์เอาต์พุตนั้นๆ อุปกรณ์นั้นจึงจะสามารถทำงานได้

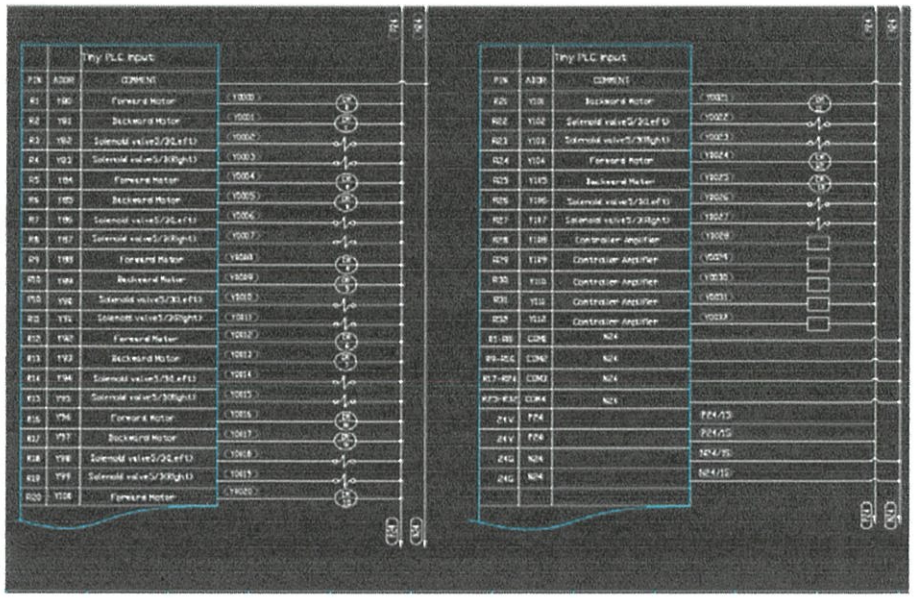
โดยอุปกรณ์ Output ทั้งหมดนั้นจะประกอบไปด้วย

1) Relay 24 VDC จำนวน 20 ตัว
2) 5/3 Solenoid Vale จำนวน 7 ตัว
3) 5/2 Solenoid Vale จำนวน 6 ตัว
4) Vacuum Ejector จำนวน 6 ตัว
5) Piezo Resonator จำนวน 2 ตัว
6) Linear Resonator จำนวน 2 ตัว
7) Linear Resonator Hopper จำนวน 2 ตัว
8) Servo Amplifier จำนวน 1 ตัว
9) LED จำนวน 2 ดวง

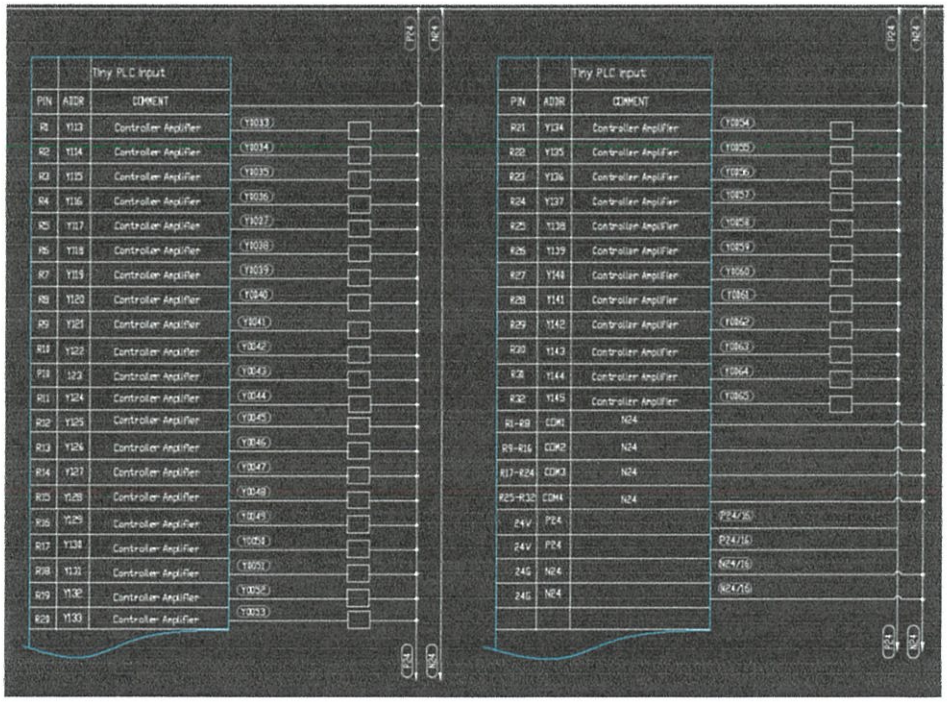
10) Tower Lamp จำนวน 8 แท่ง

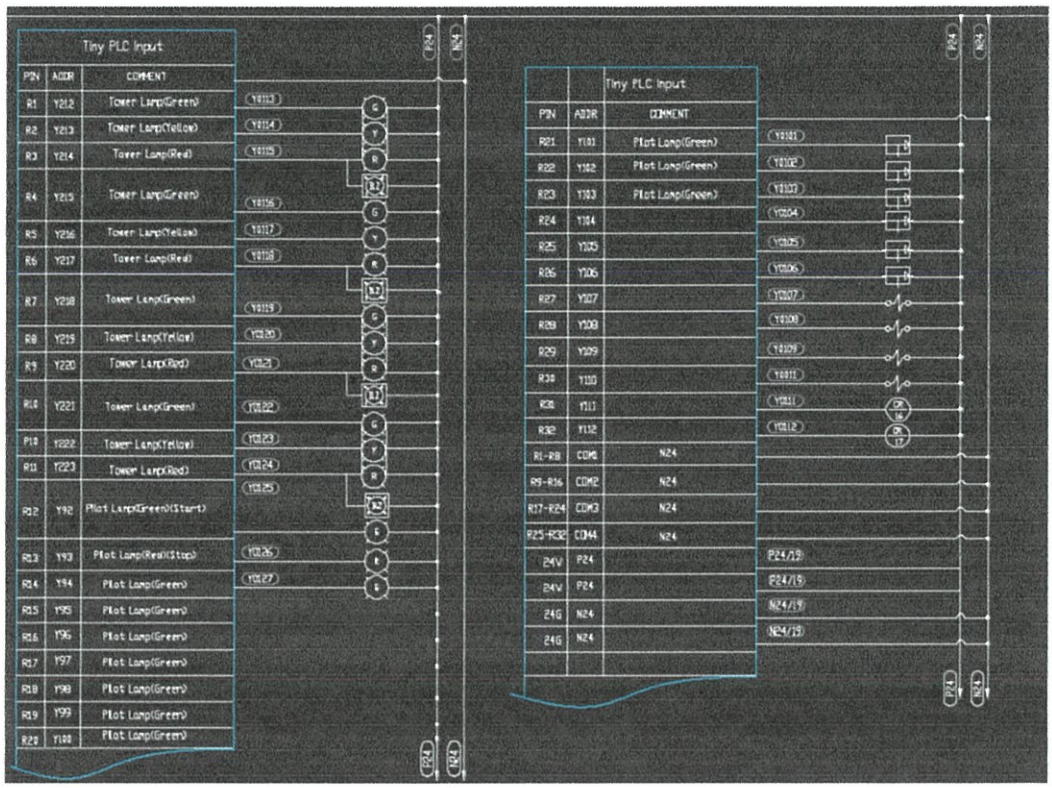
11) Controller Robot จำนวน 3 ตัว

ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถต่อเข้ากับ Terminal Output Relay Board ได้ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Output กับ Terminal Output Relay Board

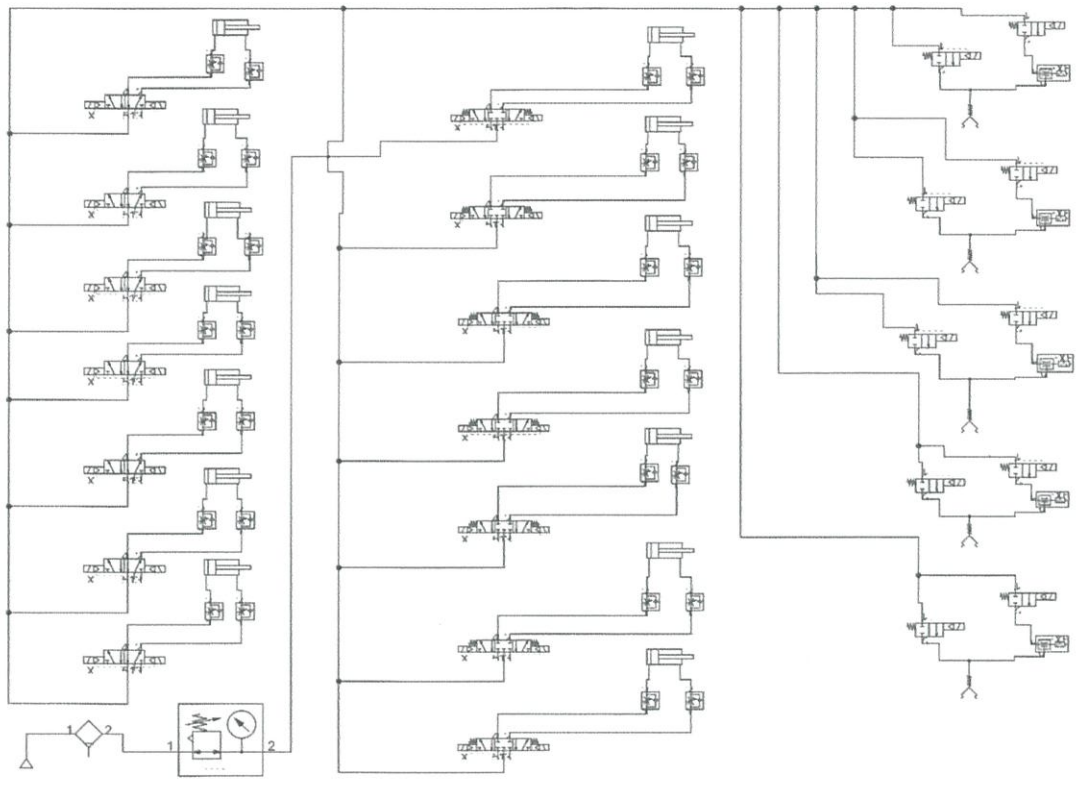




รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ Output กับ Terminal Output Relay Board (ต่อ)

3.8 การออกแบบวงจรลม

ส่วนที่สำคัญที่สุดสำหรับระบบนิวแมติกส์คือ ระบบลมสำหรับใช้งานกระบอกสูบและ Vacuum Pad ได้ออกแบบวงจรลมไว้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรลมที่ได้ออกแบบไว้

จากรูปที่ 3.21 นี้ในส่วนของวงจรลมจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Regulator ใช้สำหรับปรับค่าของแรงดันลมให้เหมาะสมกับกระบอกสูบและ Vacuum Ejector

2. Solenoid Vale 5/3 ใช้สำหรับเป็นทางผ่านของลม และใช้เป็นตัวกำหนดทิศทางของกระบอกสูบ โดย Solenoid Vale 5/3 นี้จะใช้งานในส่วนของการดัน Buffer ของหนังสือ และ Case PCB

3. Solenoid Vale 5/2 ใช้สำหรับเป็นทางผ่านของลม และใช้เป็นตัวกำหนดทิศทางของกระบอกสูบ โดย Solenoid Vale 5/2 นี้จะใช้งานในส่วนของการ Feed Cap Screw และ Holder Lock

4. Air Cylinder ใช้สำหรับเป็นต้นกำลังในการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

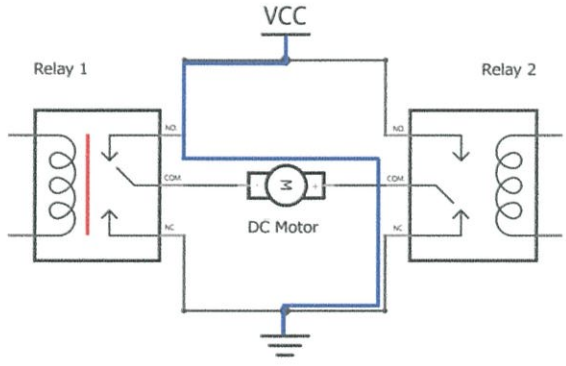
5. Vacuum Ejector ใช้สำหรับสร้างลมสุญญากาศ โดยใช้งานร่วมกับ Vacuum Pad

6. Vacuum Pad ใช้สำหรับดูดหนังสือและ Case PCB

3.9 การประยุกต์ใช้ Relay ในการควบคุม DC Motor

ในการควบคุม DC Motor ด้วย Relay นั้น ต้องใช้หลักการแบบเดียวกันกับการต่อวงจรแบบ H-Bridge Drive โดยการใช้ Relay 2 ตัวต่อการควบคุม DC Motor 1 ตัว

โดยในส่วนของการต่อ Relay เพื่อให้ DC Motor สามารถทำงานได้นั้น จะต้องต่อตามรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การต่อวงจร Relay 2 ตัวในการควบคุม DC Motor

หลักการทำงานของวงจร Relay ในการขับเคลื่อน DC Motor สามารถแสดงผลออกมาดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงการทำงานของวงจร Relay ในการขับเคลื่อน DC Motor

การทำงานของ Relay		การทำงานของมอเตอร์
Relay 1	Relay 2	
“OFF”	“OFF”	มอเตอร์หยุดหมุน
“ON”	“OFF”	มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา
“OF”	“ON”	มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา
“ON”	“ON”	มอเตอร์หยุดหมุน

3.10 การเชื่อมต่อ XYZ Cartesian Robot ให้ทำงานร่วมกับ PLC

หน้าที่ของ XYZ Cartesian Robot คือ การเคลื่อนที่หยิบรีโมทให้ออกมาจากรางใส่รีโมทบนตำแหน่งต่างๆ โดยการทำงานร่วมกันระหว่าง PLC และ XYZ Cartesian Robot ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง PLC และ XYZ Cartesian Robot

ในการเชื่อมต่อ I/O ระหว่าง PLC กับ Controller ของ XYZ Cartesian Robot นั้น จะใช้ Input จำนวน 11 Pin และ Output จำนวน 13 Pin โดยแต่ละ Pin จะมีหน้าที่ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงการเชื่อมต่อ I/O ระหว่าง PLC กับ Controller ของ XYZ Cartesian Robot และหน้าที่ของแต่ละ Pin

INPUT 11 PIN (From PLC To LEC-W6)		OUTPUT 13 PIN (From LEC-W6 To PLC)	
PIN Name	PIN Description	PIN Name	PIN Description
SVON (Servo On)	Motor energizes.	SVRE (Servo ready)	Motor energizes.
Set up	Return to origin.	SETON (Set on)	Return to origin.
DRIVE (Drive)	Operation command.	INP (In position)	Operation completed.
IN0	Select operation No.(Step No.) by combination.	OUT0	Output operation completion No.(Step No.) by combination.
IN1		OUT1	
IN2		OUT2	
IN3		OUT3	
IN4		OUT4	
IN5		OUT5	
HOLD	Stop temporarily.	AREA	Step data “Area” output
RESET	Operation/Alarm reset.	BUSY	Operating.
		*ESTOP	Stopping due to emergency.
		*ALARM	Generating alarm.

จากตารางที่ 3.4 นี้ทำให้รู้ว่าไม่จำเป็นต้องใช้ครบทุก Pin เพียงแค่ออกแบบ Step การทำงานของ XYZ Cartesian Robot ให้ครอบคลุมกับงานที่ใช้ก็พอ ซึ่ง Step ได้ออกแบบนั้นจะเป็นไปตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการออกแบบ Step ในการเคลื่อนที่ของ XYZ Cartesian Robot

แกนในการเคลื่อนที่	No of Step	Number of Input			Description
		In.2	In.1	In.0	
X	0	-	-	0	Return to origin.
	1	-	-	1	เคลื่อนที่ไปยัง Conveyor
Y	0	0	0	0	Return to origin.
	1	0	0	1	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 1
	2	0	1	0	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 2
	3	0	1	1	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 3
	4	1	0	0	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 4
	5	1	0	1	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 5
	6	1	1	0	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 6
	7	1	1	1	เคลื่อนที่ไปยังรางใส่รีโมทแอร์รางที่ 7
Z	0	-	0	0	Return to origin.
	1	-	0	1	ดูดรีโมทจากรางใส่รีโมท
	2	-	1	0	ปล่อยรีโมทให้ตกสู่ Conveyor

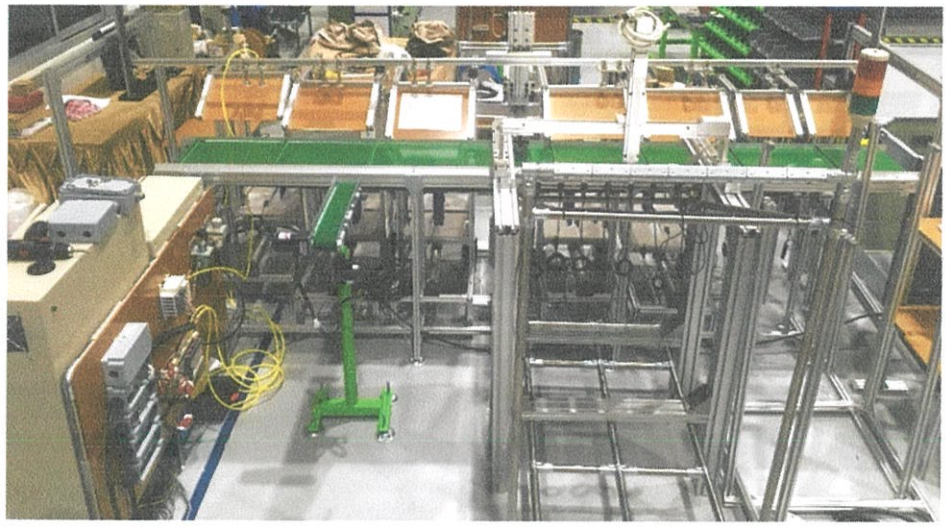
จากตารางที่ 3.5 สามารถลด Pin ของ Input จากเดิม 11 Pin เหลือ 8 Pin และ Output จากเดิม 13 Pin เหลือ 10 Pin โดย Pin ที่ลดได้คือ IN3, IN4, IN5, OUT3, OUT4 และ OUT5

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

เมื่อทำการออกแบบระบบการทำงานในส่วนต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไป จะเป็นขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน การเดินระบบไฟฟ้าและระบบนิวแมติกส์ และการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบระบบต่างๆ รวมถึงการเก็บผลการทดสอบระบบต่างๆ เพื่อทำการหาข้อผิดพลาด และทำการแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปดำเนินการติดตั้งใช้งานจริง

4.1 ผลการสร้างและประกอบชิ้นส่วนของเครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ

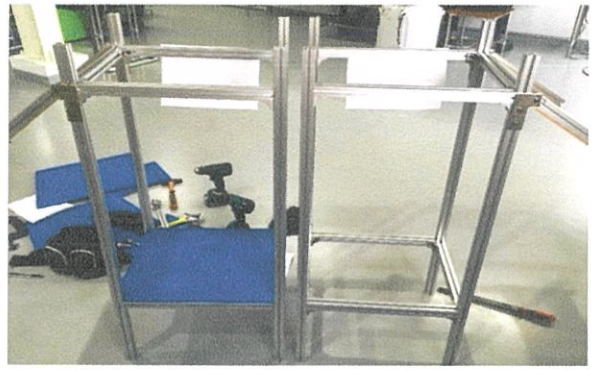
จากการออกแบบที่ได้กล่าวไปในบทที่ 3 นั้น ในการสร้างและประกอบชิ้นส่วนของ เครื่องบรรจุคู่มือและอุปกรณ์เสริมอัตโนมัติ ได้แบ่งเฟสในการสร้างและประกอบชิ้นงานออกเป็น 4 ส่วน แล้วนำชิ้นงานทั้งหมดมารวมเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การจัดวางชิ้นงานจริง

4.1.1 ตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

จากการออกแบบและสร้างตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 โครงสร้างของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ที่ได้ประกอบขึ้นมา รูปแบบที่ 1

จากรูปที่ 4.2 นี้โครงสร้างหลักประกอบด้วย

1. Structure ใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 mm.

2. ยึดโครงสร้างด้วย Profile Bracket ร่วมกับ T-Nut Size M6 และ Hex Socket Head Cap Screws Bolt M6 ความยาว 10 mm.

3. ฐานวางใช้แผ่นซุปเปอร์ลีน หนา 10 mm.

4. ถาดลำเลียงอุปกรณ์ใช้แผ่น Bakelite หนา 5 mm.

หลังจากที่ได้ทดลองการผลัก Manual Book โดยการใช้กระบอกสูบ พบว่า แผ่นซุปเปอร์ลีนที่นำมาใช้ทำฐานวาง Manual Book บางแผ่นเกิดการโก่งตัวขึ้น เลยทำให้เวลากระบอกสูบดัน Manual Book เกิดการสะดุด เลยมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนฐานรองจากเดิมใช้แผ่นซุปเปอร์ลีนเป็นแผ่นอลูมิเนียมแทนดังรูปที่ 4.3

(ก) ตู้วาง Manual Book

(ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

รูปที่ 4.3 โครงสร้างของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ที่ได้ประกอบขึ้นมา รูปแบบที่ 2

จากรูปที่ 4.3 นี้โครงสร้างหลักประกอบด้วย

1. Structure ใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 mm.

2. ยึดโครงสร้างด้วย Profile Bracket ร่วมกับ T-Nut Size M6 และ Hex Socket Head Cap Screws Bolt M6 ความยาว 10 mm.

3. ฐานวางใช้แผ่นอลูมิเนียม AL5083 หนา 10 mm.

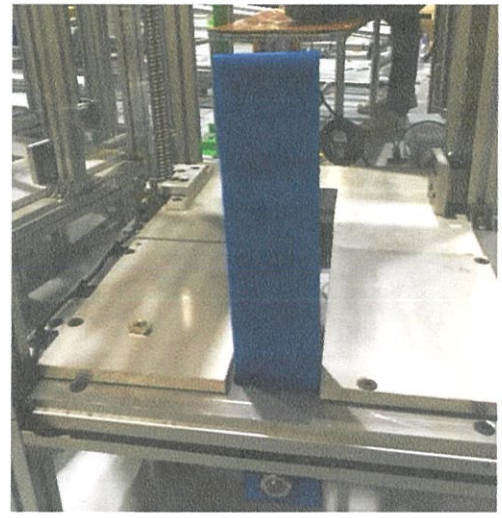
4. ถาดลำเลียงยอุปกรณ์ใช้แผ่น Bakelite หนา 5 mm.

ในส่วนของการติดกระบอกสูบที่ใช้สำหรับดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ให้อยู่ในพื้นที่ลิฟต์นั้น จะติดไว้ใต้ฐานของตู้หนังสือทั้ง 7 ตู้ ดังรูปที่ 4.4 และที่ดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor นั้นทำจากแผ่นซุปเปอร์ลีน หนา 10 mm. กว้าง 50 mm. ยาว 400 mm. ดังรูปที่ 4.5

(ก) ตู้วาง Manual Book

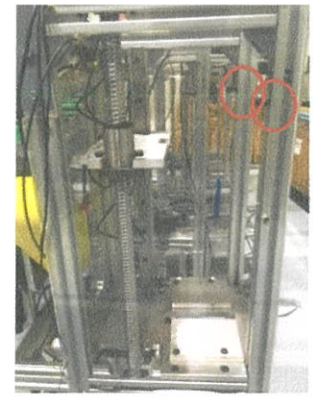
(ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

รูปที่ 4.4 โครงสร้างที่วางกระบอกสูบสำหรับการผลัก Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor



รูปที่ 4.5 ที่ดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

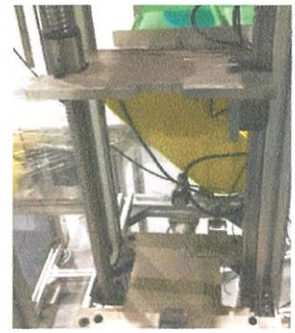
พนักงานที่นำ Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor มาใส่ไว้ในตู้ ได้ออกแบบให้มีการติด Photo Sensor ชนิด Through-beam สำหรับการตรวจสอบ Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ที่พนักงานใส่เข้าไปในตู้ ดังรูปที่ 4.6 และหลังจากที่ Photo Sensor ตรวจเจอกอง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor แล้ว กระบอกสูบจะเริ่มทำการดัน Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ให้ไปอยู่ในพื้นที่ลิฟต์ โดยมี Capacitive Proximity Sensor ในการตรวจสอบ ดังรูปที่ 4.7



(ก) ตู้วาง Manual Book **(ข)** ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

รูปที่ 4.6 การติด Photo Sensor ประเภท Through-beam ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

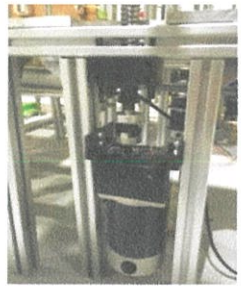
(ก) ตู้วาง Manual Book



(ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

รูปที่ 4.7 การติด Capacitive Proximity Sensor ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

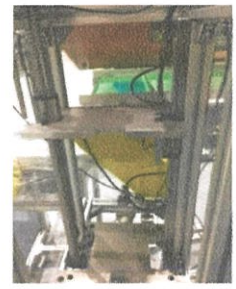
ลิฟต์ที่ใช้ลำเลียง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor นั้นจะใช้ต้นกำลังเป็น DC Motor ร่วมกัน Lead Screw กับ Linear Guide ส่วนฐานลำเลียงนั้นจะใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียม หนา 10 mm. ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 และมีการตรวจสอบตัวลิฟต์ด้วยว่าขึ้นสุด หรือลงสุด แล้วหรือยัง โดยการใช้ Inductive Proximity Sensor ในการตรวจสอบ โดยติด Inductive Proximity Sensor ไว้ที่ฐานของตู้วางหนังสือ และส่วนบนสุดของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11



(ก) ตู้วาง Manual Book

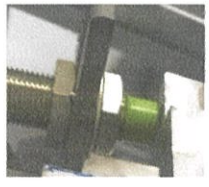
(ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

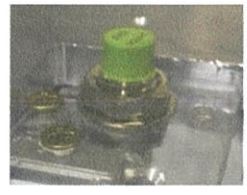
รูปที่ 4.8 การติด DC Motor ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor



(ก) ตู้วาง Manual Book (ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

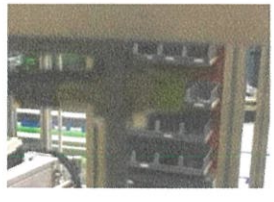
รูปที่ 4.9 การติด Lead Screw กับ Linear Guide ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor





(ก) ตู้วาง Manual Book (ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

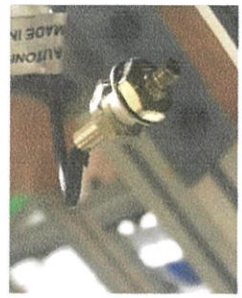
รูปที่ 4.10 การติด Inductive Proximity Sensor ในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ลงสุดของลิฟต์ในตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor



(ก) ตู้วาง Manual Book (ข) ตู้วาง Case PCB และ Packing Assessor

รูปที่ 4.11 การติด Inductive Proximity Sensor ในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ขึ้นสุดของลิฟต์ในตู้วาง Manual Book , Case PCB และ Packing Assessor

ในการตรวจสอบหนังสือที่อยู่บนสุดนั้น จะใช้เป็น Photo Sensor ประเภท Fiber Optic เพราะสามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กและบางได้ ดังรูปที่ 4.12



(ก) ตัวรับแสง

(ข) ตัวส่งแสง

รูปที่ 4.12 การติด Photo Sensor ประเภท Fiber-Optic ของตู้วาง Manual Book, Case PCB และ Packing Assessor

4.1.2 รางใส่รีโมทแอร์ และ XYZ Cartesian Robot

จากการออกแบบและสร้างรางใส่รีโมทแอร์ ได้ดังรูปที่ 4.13

(ก) Top View

(ข) Front View

(ค) Side View

รูปที่ 4.13 โครงสร้างของรางใส่รีโมท ที่ได้ประกอบขึ้นมา

จากรูปที่ 4.13 นี้ โครงสร้างหลักประกอบด้วย

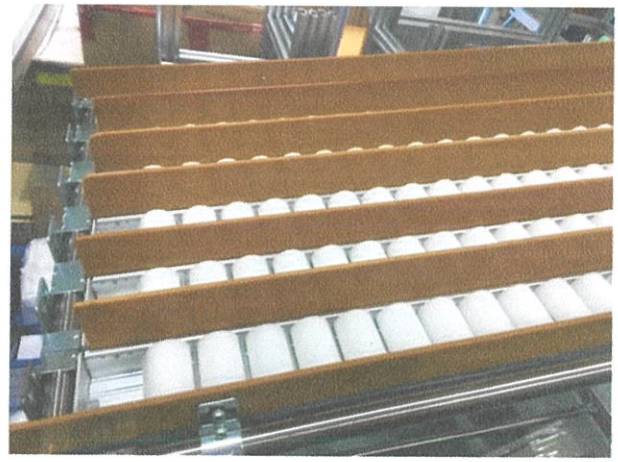
1. Structure ใช้ท่อสแตนเลสกลม Diameter 28 mm. หนา 1 mm.

2. ยึดโครงสร้างด้วยข้อต่อฉากและข้อต่อตรงร่วมกับ Hex Socket Head Cap Screws Bolt M6 ความยาว 25 mm. และ Nut M6.

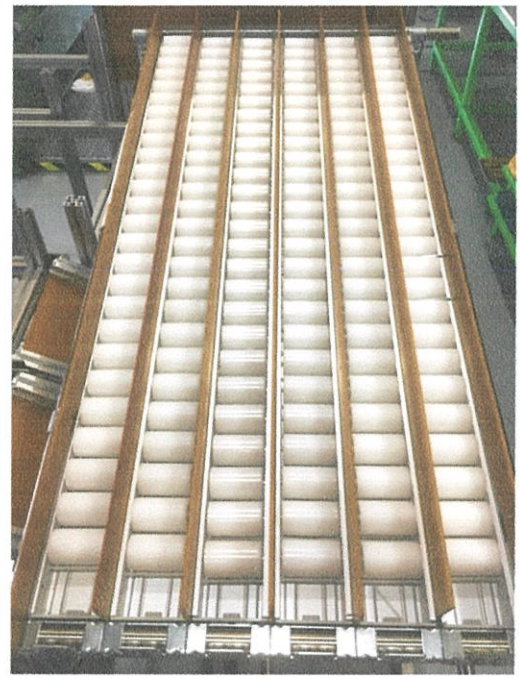
3. ตัวลำเลียงรีโมทใช้ Roller Track Diameter 40 mm กว้าง 69.5 mm. หนา 3 mm. ยึดร่วมกับ Placon Support สูง 39 mm ยาว 90 mm.

4. ที่คั่นรางรีโมททำจากแผ่น Bakelite หนา 5 mm.

จากการทดสอบการไหลของรีโมท พบว่ารีโมทมีการเชิดหน้าขึ้นและรีโมทไหลแบบติดขัด ในการแก้ปัญหานี้ทำได้วางแผนที่จะทำฝาปิดข้างบนโดยใช้แผ่นอะคริลิคเผื่อลดปัญหาการเชิดหน้าของรีโมท แต่ปัญหาต่อมาก็คือ ถ้านำแผ่นอะคริลิคมาปิดด้านบนแล้วเวลารีโมทไม่ไหล พนักงานจะทำแก้ไขได้อย่างยากลำบาก ดังนั้นจึงตัดสินใจว่าจะแก้ปัญหานี้โดยการทำร่องไว้รองรับ ดังรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ช่องว่างสำหรับรองรับรีโมท



รูปที่ 4.15 ช่องว่างสำหรับรองรับรีโมท

ผลการทดสอบพบว่าช่วยลดการเชิดหน้าของรีโมทได้เป็นอย่างดี เพราะเนื่องจากส่วนที่นูนที่สุดของรีโมทแอร์นั้นได้ตกลงไปในช่องได้พอดี ดังรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 ทดสอบการไหลของรีโมทแอร์

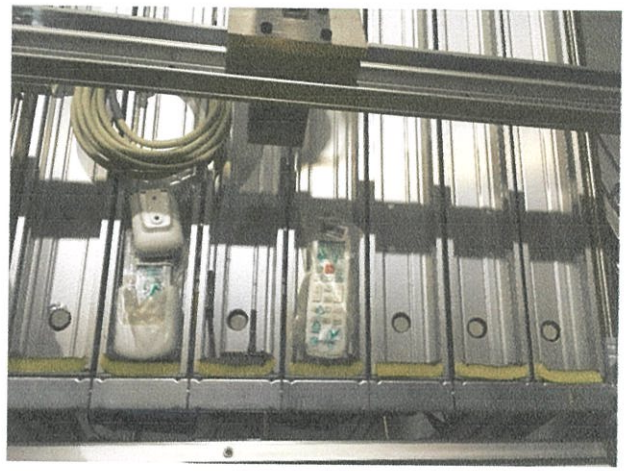
แต่ก็เกิดปัญหาที่ตัวรีโมทแอร์ตัวที่ 2 เป็นต้นไปก็คือ รีโมทก็ยังสามารถเชิดหน้าได้เหมือนเดิม จึงตัดสินใจแก้ไขรางใส่รีโมทใหม่ ดังรูปที่ 4.17 โดยการนำ Roller Track ออก แล้วปรับความชันของรางรีโมทให้มากขึ้น ดังรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.17 แก้ไขโครงสร้างและปรับขนาดความชัน ของรางรีโมทแอร์

รูปที่ 4.18 รางรีโมทแอร์ที่แก้ไขแล้ว

จากรูปที่ 4.18 นี้ มีการเสริมฟองน้ำไว้คอยป้องกันการกระแทกของรีโมทแอร์ และจากการทดลองแล้วพบว่า ไม่มีการเชิดหน้าของรีโมท

ในการตรวจสอบว่ามีรีโมทอยู่ในรางใส่รีโมทอยู่นั้น จะมี Capacitive Proximity Sensor ในการตรวจสอบรีโมทแต่ละราง โดยติดไว้ทั้งหมด 7 ตัว 7 ราง ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 Capacitive Proximity Sensor ในการตรวจสอบรีโมทแอร์

ในส่วนของ XYZ Cartesian Robot ที่ใช้หยิบรีโมทนั้นจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 XYZ Cartesian Robot ที่ใช้หยิบรีโมทแอร์

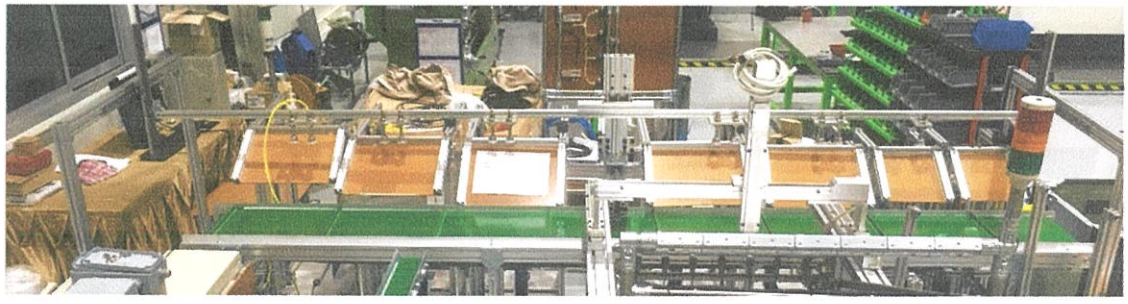
จากรูปที่ 4.20 นี้ โครงสร้างของฐานวาง XYZ Cartesian Robot นั้นจะใช้เป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 40*80 mm และ 80*80 mm โดยแต่ละจุดจะยึด Bracket ไว้เพื่อเชื่อมโครงสร้างให้เข้ากัน และใช้ Metal Joint ชนิด GS-16S ในการยึดโครงสร้างระหว่างรางรีโมทแอร์และฐานของ XYZ Cartesian Robot

ในการยึด Robot แต่ละแกนเข้าด้วยกันนั้น จะใช้วัสดุเป็นแผ่นอลูมีเนียม AL5083 หนา 10 mm. ทำเป็นตัวฉาก และใช้ Hex Socket Head Cap Screws Bolt M4 ความยาว 30 mm. ยึดติดกับ Robot ในแต่ละแกน ดังรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 การยึด Cartesian Robot แต่ละแกนเข้าด้วยกัน

4.1.3 โครงสร้างของ XY Guide Cylinder

XY Guide Cylinder ที่ได้ประกอบขึ้นมาจะมีรูปแบบดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 XY Guide Cylinder

จากรูปที่ 4.22 นี้ ต้นกำลังของแกน X และ Y นั้นจะใช้เป็นกระบอกสูบชนิด Compact Guide Cylinder ที่มีระยะการเคลื่อนที่ 300 mm. และ 100 mm. มี Linear Guide Support เพื่อช่วยให้การรับแรงไม่ตกที่กระบอกสูบมากเกินไป และประคองด้านข้างเพื่อลดการสั่นในที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ

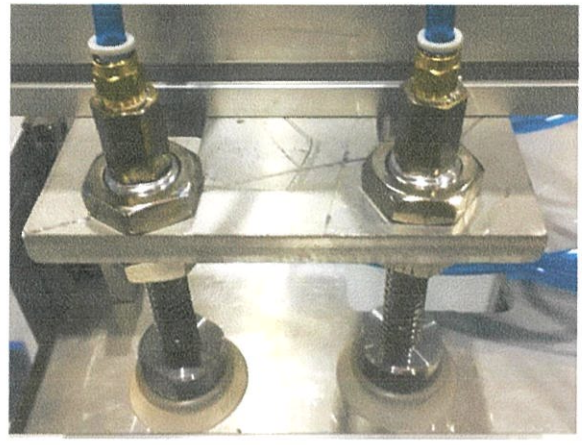
โครงสร้างของ XY Guide Cylinder นั้นจะใช้เป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ 30*30 mm และ 30*60 mm ร่วมกับ Bracket เชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยใช้ Hex Socket Head Cap Screws Bolt M6 และ T-Nut M6 และตัวประคองด้านข้างแกน Y ทั้งสองนั้นจะใช้เป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ 30*60 mm ดังรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.23 โครงสร้างของ XY Guide Cylinder

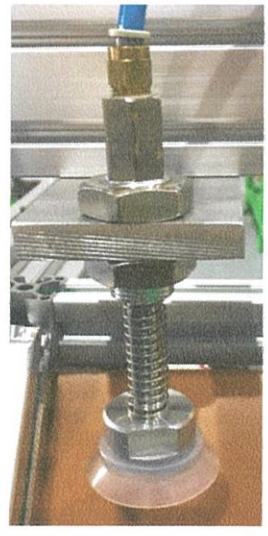
รูปที่ 4.24 โครงสร้างของ XY Guide Cylinder

4.1.4 Gripper Vacuum System

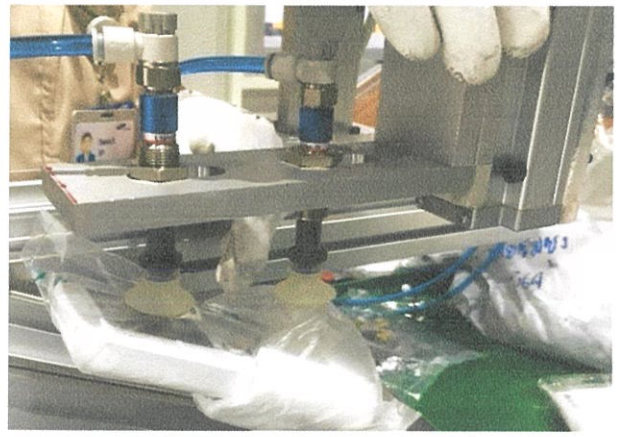
Gripper ที่ใช้หยิบ Manual Book, Case PCB, Packing Assessor และรีโมทแอร์ จะใช้ระบบลมสุญญากาศในการหยิบจับ โดย Gripper ที่ได้ประกอบขึ้นมานั้นจะมีทั้งหมด 3 รูปแบบดังรูปที่ 4.25, รูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.25 Gripper สำหรับดูด Manual Book



รูปที่ 4.26 Gripper สำหรับดูด Case PCB และ Packing Assessor

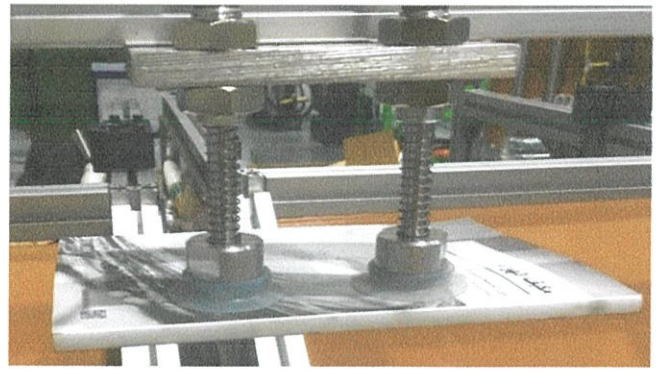


รูปที่ 4.27 Gripper สำหรับดูดรีโมทแอร์

จากรูปที่ 4.26 จะเป็น Gripper สำหรับใช้ดูด Manual Book ขึ้นมา จะมี Vacuum Pad อยู่ 2 จุด โดยจะทำการดูดที่บริเวณสันหนังสือ เพื่อป้องกันการฉีกขาดของ Manual Book ดังรูปที่ 4.28

จากรูปที่ 4.26 จะเป็น Gripper สำหรับดูด Case PCB และPacking Assessor ขึ้นมา จะมี Vacuum Pad อยู่ 1 จุด โดยจะทำการดูดที่บริเวณจุดกึ่งกลางของ Case PCB และ PackingAssessor

จากรูปที่ 4.27 จะเป็น Gripper สำหรับใช้ดูดรีโมทแอร์ขึ้นมา จะมี Vacuum Pad อยู่ 2 จุด โดยจะทำการดูดที่บริเวณหน้าจอรีโมทและที่บริเวณถาดรองรีโมทแอร์



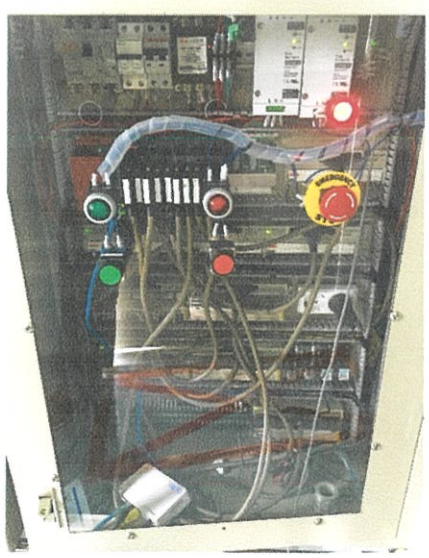
รูปที่ 4.28 การดูด Manual Book

4.2 การประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้า

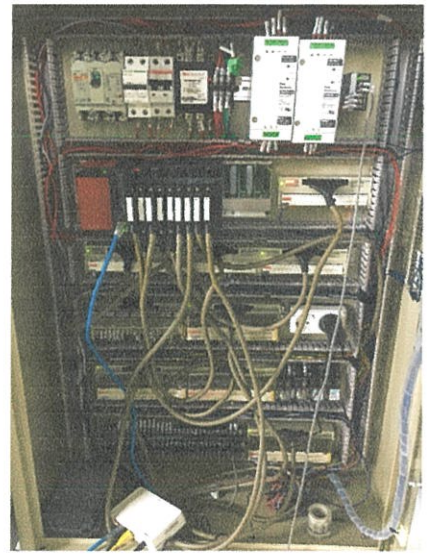
จากที่ได้ออกแบบระบบไฟฟ้าไว้ในบทที่ 3 นั้น ได้นำอุปกรณ์ทั้งหมดมาจัดใส่ไว้ในตู้ควบคุม ได้ดังรูปที่ 4.29 โดยตู้ควบคุมไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 2 ตู้ คือ ตู้ควบคุม PLC และตู้ใส่อุปกรณ์ Controller Robot, Servo Amplifier และ Relay Drive

รูปที่ 4.29 ตู้ไฟที่มีการจัดวางอุปกรณ์ไว้แล้ว

4.2.1 ตู้ควบคุมไฟฟ้าและ PLC



(ก) ฝาหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้า

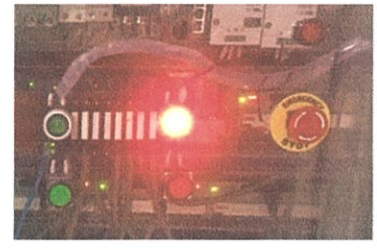


(ข) อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า

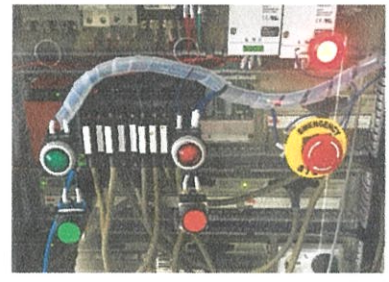
รูปที่ 4.30 ตู้ควบคุมไฟฟ้าและ PLC

จากรูปที่ 4.30(ก) จะเป็นฝาหน้าของตู้ควบคุมไฟฟ้า โดยจะมีปุ่มกดสีเขียวสำหรับเริ่มการทำงานของโปรแกรม เมื่อกดปุ่มสีเขียวแล้ว ไฟ LED สีเขียวก็จะติด ไฟ LED สีแดงก็จะดับ ดังรูปที่ 4.31(ก) ส่วนปุ่มสีแดงสำหรับหยุดการทำงานของโปรแกรม เมื่อกดปุ่มสีแดงแล้ว ไฟ LED สีเขียวก็จะดับ ไฟ LED สีแดงก็จะติด ดังรูปที่ 4.31(ข) และมีปุ่ม Emergency Stop ไว้สำหรับหยุดการทำงานของระบบทั้งหมด ก็จะมีไฟ LED สีแดงแจ้งเตือนขึ้น ดังรูปที่ 4.31(ค)

(ก) ไฟแสดงการทำงานระบบ



(ข) ไฟแสดงระบบหยุดทำงาน



(ค) ไฟแจ้งเตือนเมื่อกดปุ่ม Emergency Stop

รูปที่ 4.31 ไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 4.30(ข) จะเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้ควบคุม PLC โดยสามารถอธิบายการจัดวางอุปกรณ์ได้ดังนี้

1. แถวที่ 1 ประกอบไปด้วย เบรกเกอร์ไฟฟ้าแบบไฟ 3 เฟสขนาด 20 A 1 ตัว และเบรกเกอร์ไฟฟ้าแบบไฟ 1 เฟสขนาด 20 A และ 10 A อย่างละ 1 ตัว, Noise Filter ชนิด 1 เฟส จำนวน 1 ตัว, Terminal Block จำนวน 3 ตัว, Power Supply 24 V 10 A จำนวน 2 ตัวต่อขนานกันเพื่อให้กระแสที่ 20 A และ Power Supply 12 V 1.3 A จำนวน 1 ตัว

2. แถวที่ 2 ประกอบไปด้วย PLC Station และ Input Terminal จำนวน 1 ตัว

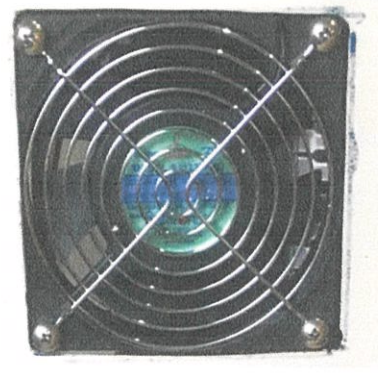
3. แถวที่ 3 ประกอบไปด้วย Input Terminal จำนวน 3 ตัว

4. แถวที่ 4 ประกอบไปด้วย Output Relay Terminal จำนวน 2 ตัว และปลั๊กไฟสำหรับการซ่อมบำรุงจำนวน 1 ตัว

5. แถวที่ 5 ประกอบไปด้วย Output Relay Terminal จำนวน 2 ตัว และ Relay คู่กับ Relay Socket จำนวน 4 ตัว

6. แถวที่ 6 จะเป็นการวาง Terminal Block จำนวน 40 ตัว และ Output Relay Terminal จำนวน 2 ตัว

และด้านข้างตู้ทางขวามือได้ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเอาไว้สำหรับระบายความร้อนภายในตู้ โดยใช้เป็นพัดลมชนิด AC 1 เฟส 220 VAC และมีการใส่ตะแกรงกั้นเพื่อป้องกันพัดลมบาดมือดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ตู้ไฟที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

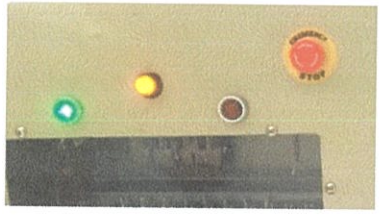
4.2.2 ตู้ควบคุม XYZ Cartesian Robot และ Drive Motor

(ก) ฝาหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้า

(ข) อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า

รูปที่ 4.33 ตู้ควบคุม XYZ Cartesian Robot และ Drive Motor

จากรูปที่ 4.33(ก) จะเป็นฝาหน้าของตู้ควบคุม XYZ Cartesian Robot และ Drive Motor โดยจะมีไฟแสดงสถานะการทำงานของ XYZ Cartesian Robot โดยไฟสีเขียวคือ Robot จะทำงาน และไฟสีแดงคือ Robot มีปัญหา ส่วนปุ่มสีเหลืองจะเป็นปุ่ม Reset Robot และมีปุ่ม Emergency Stop ไว้สำหรับหยุดการทำงานของ Robot ดังรูปที่ 4.34



(ก) ไฟแสดงการทำงานของ Robot

(ข) ไฟแสดงแจ้งเตือน Robot มีปัญหา

รูปที่ 4.34 ไฟแสดงสถานะการทำงานของ XYZ Cartesian Robot

จากรูปที่ 4.33(ข) จะเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายในตู้ควบคุม XYZ Cartesian Robot และ Drive Motor โดยสามารถอธิบายการจัดวางอุปกรณ์ได้ดังนี้

1. แถวที่ 1 ประกอบไปด้วย Servo Amplifier จำนวน 1 ตัว, Controller Robot จำนวน 3 ตัว และ Capacitor จำนวน 1 ตัว

2. แถวที่ 2 จะเป็นการวาง Relay คู่กับ Relay Socket จำนวน 12 ตัว

3. แถวที่ 3 จะเป็นการวาง Relay คู่กับ Relay Socket จำนวน 4 ตัว

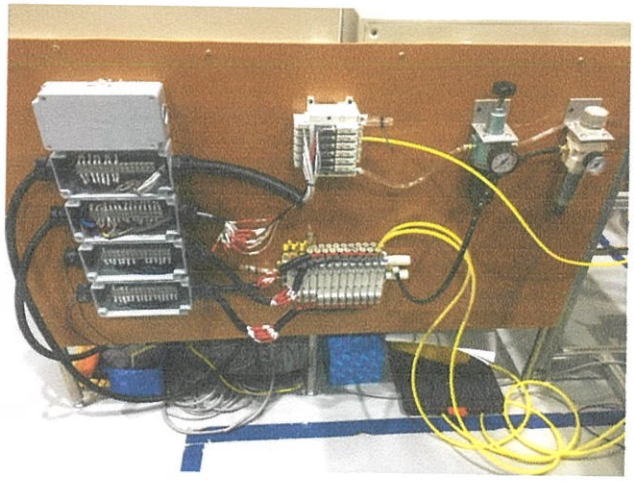
4. แถวที่ 4 จะเป็นการวาง Terminal Block จำนวน 40 ตัว

และด้านข้างตู้ทางซ้ายมือได้ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเอาไว้สำหรับระบายความร้อนภายในตู้ โดยใช้เป็นพัดลมชนิด DC 24 VDC และมีการใส่ตะแกรงกั้นเพื่อป้องกันพัดลมบาดมือ ดังรูปที่ 4.35

ภาพที่ 4.35 ตู้ไฟที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

4.3 การประกอบชุดนิวแมติกส์

จากที่ได้ออกแบบระบบนิวแมติกส์ไว้ในบทที่ 3 นั้น ต่อมาได้นำอุปกรณ์มาติดไว้ที่บริเวณด้านหลังของ Station ที่วางตู้ควบคุมไฟฟ้า ได้ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 การติดตั้งระบบนิวแมติกส์ที่ด้านหลังตู้ควบคุมไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.36 จะเป็นอุปกรณ์ระบบนิวแมติกส์ โดยสามารถอธิบายการจัดวางอุปกรณ์ได้ดังนี้

1. Regulator ลม จำนวน 2 ตัวสำหรับจ่ายให้ระบบ Vacuum และกระบอกสูบ

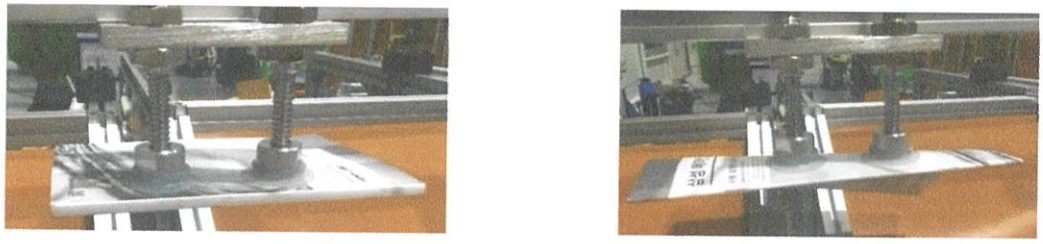
2. Vacuum Ejector และ Vacuum Sensor จำนวน 6 ตัว สำหรับการดูด Manual Book, Case PCB, Packing Assessor

3. Solenoid Vale 5/3 จำนวน 9 ตัว และ 5/2 จำนวน 4 ตัว สำหรับใช้งานกระบอกสูบ

4. กล่องพักสายไฟ จำนวน 5 กล่อง สำหรับพักสายไฟ Solenoid Vale, Vacuum Ejector และ Vacuum Sensor

4.4 ผลการทดสอบการใช้ Vacuum Pad ในการดูด Manual Book

จากการทดลองใช้ Vacuum Pad รุ่น ZPT40HSJ25-B01-A18 จำนวน 2 หัว ในการดูด Manual Book ดังรูปที่ 4.37



(ก) Manual Book Type DB68-06033A-02 (ข) Manual Book Type DB68-06748A-02

รูปที่ 4.37 ทดลองการใช้ Vacuum Pad ดูด Manual Book

จากรูปที่ 4.37 สามารถเขียนตารางการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการใช้ Vacuum Pad รุ่น ZPT40HSJ25-B01-A18 ในการดูด Manual Book

Manual Book Model	แรงดันลมที่ตั้งไว้	รอยยับขณะทำการดูด	การดูดซ้อนกันของ Manual Book
DB68-06033A-02	4 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการใช้ Vacuum Pad รุ่น ZPT40HSJ25-B01-A18 ในการดูด Manual Book (ต่อ)

Manual Book Model	แรงดันลมที่ตั้งไว้	รอยยับขณะทำการดูด	การซ้อนกันของ Manual Book
DB68-06748A-02	4 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
6801-002209-01	4 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
6801-002050-04	4 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
DB68-06909A-01	4 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	ไม่เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
DB68-06943D-01	4 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	3.2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน
	2 kg/cm^2	เกิดรอยยับ	ไม่เกิดการดูดซ้อน

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการใช้ Vacuum Pad รุ่น ZPT40HSJ25-B01-A18 ในการดูด Manual Book นั้น เหมาะแก่การดูด Manual Book Model DB68-06033A-02 และ DB68-06748A-02 มากกว่า เพราะมันไม่เกิดรอยยับและการดูดซ้อนกัน ส่วน Manual Book Model 6801-002209-01, 6801-002050-04, DB68-07183A-00 และ DB68-06909A-01 นั้นเวลาดูดจะเกิดการดูดซ้อนกันและมีรอยยับขณะดูด

4.5 ผลการทดสอบการ Packing คู่มือ ตาม Model ที่กำหนดไว้

ในการทดสอบการ Packing นั้นได้ทำการทดสอบด้วยกันทั้งหมด 5 Model ด้วยกัน ดังนี้

Model 1 ประกอบด้วย Manual Book Type DB68-06033A-02 และ Type DB68-06748A-02

Model 2 ประกอบด้วย Manual Book Type DB68-06033A-02 และ Cap Screw

Model 3 ประกอบด้วย Manual Book Type DB68-06033A-02, Type DB68-06748A-02, Cap Screw และHolder Lock

Model 4 ประกอบด้วย Manual Book Type DB68-06033A-02 จำนวน 2 เล่ม, Type DB68-06748A-02, Cap Screw และ Holder Lock

Model 5 ประกอบด้วย Manual Book Type DB68-06033A-02, Type DB68-06748A-02 อย่างละ 2 เล่ม, Cap Screw และ Holder Lock

รูปที่ 4.38 ทดสอบการ Packing ตาม Model ต่างๆ

จากรูปที่ 4.38 นี้ สามารถเขียนตารางสรุปผลได้ดังนี้

No.	การดูด Manual Book				การทำงาน Part Feeder		Success	Error					
	Manual Book 1	Manual Book 2	Manual Book 3	Manual Book 4	Cap Screw	Holder Lock		Manual Book 1	Manual Book 2	Manual Book 3	Manual Book 4	Cap Screw	Holder Lock
1	/	/	/	/	2	3	/						
2	/	/	-	/	3	3				ดูดหนังสือไม่ขึ้น		จ่ายเกินมา 1	
3	-	-	/	/	4	4		สันหนังสือชนกาน	หนังสือไม่ไหล			จ่ายเกินมา 2	จ่ายเกินมา 1
4	/	/	/	/	2	4							จ่ายเกินมา 1
5	/	/	/	-	3	3					สันหนังสือชนกาน	จ่ายเกินมา 1	
6	-	-	/	/	2	3		หนังสือแบะหน้า	หนังสือดูดซ้อน				
7	-	/	/	/	3	4						จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
8	/	/	/	/	2	3	/						
9	/	-	-	/	3	5			หนังสือชนกัน	ดูดหนังสือไม่ขึ้น		จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 2
10	/	/	/	/	2	3	/						
11	/	/	/	-	3	3					หนังสือชนกัน	จ่ายเกินมา 1	
12	-	/	/	/	3	3		หนังสือไม่ไหล				จ่ายเกินมา 1	
13	/	/	/	/	3	4						จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
14	/	/	/	/	2	3	/						
15	-	-	/	/	2	4		สันหนังสือชนกาน	ดูดซ้อน				จ่ายเกินมา 1
16	/	/	/	/	2	3	/						
17	/	/	-	-	3	4				ดูดหนังสือไม่ขึ้น	หนังสือไม่ไหล	จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
18	/	-	/	/	3	5			หนังสือชนกัน			จ่ายเกินมา 1	
19	/	-	/	/	3	4			ดูดซ้อน			จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
20	/	/	/	/	2	3	/						
ค่าเฉลี่ย	0.75	0.7	0.85	0.85	0.4	0.55	0.3	0.25	0.3	0.15	0.15	0.55	0.4

รูปที่ 4.39 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 5

No.	การดูด Manual Book			การทำงาน Part Feeder		Success	Error				
	Manual Book 1	Manual Book 2	Manual Book 3	Cap Screw	Holder Lock		Manual Book 1	Manual Book 2	Manual Book 3	Cap Screw	Holder Lock
1	/	/	/	1	3					ขาด2	
2	/	/	/	3	3	/					
3	/	/	/	4	3					จ่ายเกินมา 1	
4	/	/	/	5	3					จ่ายเกินมา 2	
5	/	/	/	4	4					จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
6	/	-	/	4	3			หนังสือชนกัน		จ่ายเกินมา 1	
7	/	/	/	3	3	/					
8	/	/	/	3	3	/					
9	-	/	-	3	1		หนังสือไม่ไหล		สันหนังสือชนกาน		ขาด 2
10	/	-	/	3	3			ดูดซ้อน			
11	-	/	/	3	3		หนังสือวางเบี้ยว				
12	/	/	/	5	3						
13	-	/	/	3	4		หนังสือวางเบี้ยว			จ่ายเกินมา 2	จ่ายเกินมา 1
14	-	-	/	3	4		หนังสือวางเบี้ยว	หนังสือชนกัน			จ่ายเกินมา 1
15	/	/	/	3	3	/					
16	/	/	/	4	3					จ่ายเกินมา 1	
17	/	/	-	3	4				หนังสือชนกัน		จ่ายเกินมา 1
18	/	/	/	4	3					จ่ายเกินมา 1	
19	/	-	/	4	3			หนังสือชนกัน		จ่ายเกินมา 1	
20	/	/	/	3	3	/					
ค่าเฉลี่ย	0.8	0.8	0.9	0.55	0.75	0.25	0.2	0.2	0.1	0.45	0.25

รูปที่ 4.40 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 4

No.	การดูด Manual Book		การทำงาน Part Feeder		Success	Error			
	Manual Book 1	Manual Book 2	Cap Screw	Holder Lock		Manual Book 1	Manual Book 2	Cap Screw	Holder Lock
1	/	/	1	3				ขาด 1	
2	/	/	2	3	/				
3	/	/	3	4				จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
4	/	/	2	5					จ่ายเกินมา 2
5	/	/	3	2				จ่ายเกินมา 1	ขาด 1
6	/	/	3	4				จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
7	-	/	3	4		ดูดหนังสือไม่ขึ้น		จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
8	/	/	3	3				จ่ายเกินมา 1	
9	/	/	2	3	/				
10	/	/	3	4				จ่ายเกินมา 1	จ่ายเกินมา 1
11	-	/	2	4		สันหนังสือชนคาน			จ่ายเกินมา 1
12	/	/	2	3	/				
13	/	/	2	4					จ่ายเกินมา 1
14	/	/	2	4					จ่ายเกินมา 1
15	/	/	2	4					จ่ายเกินมา 1
16	/	/	2	3	/				
17	/	/	2	3	/				
18	/	/	2	3	/				
19	/	/	2	3	/				
20	-	/	2	3		หนังสือไม่ไหล			
ค่าเฉลี่ย	0.85	1	0.65	0.5	0.35	0.15	0	0.35	0.5

รูปที่ 4.41 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 3

No.	การดูด Manual Book	การทำงาน Part Feeder	Success	Error	
	Manual Book 1	Cap Screw		Manual Book 1	Cap Screw
1	/	3	/		
2	/	5			จ่ายเกินมา 2
3	/	6			จ่ายเกินมา 3
4	/	5			จ่ายเกินมา 2
5	/	3	/		
6	/	4			จ่ายเกินมา 1
7	/	5			จ่ายเกินมา 2
8	/	3	/		
9	/	4			จ่ายเกินมา 1
10	/	5			จ่ายเกินมา 2
11	/	5			จ่ายเกินมา 2
12	/	3	/		
13	/	3	/		
14	/	5			จ่ายเกินมา 2
15	/	4			จ่ายเกินมา 1
16	/	2	/		
17	/	5			จ่ายเกินมา 2
18	/	7			จ่ายเกินมา 4
19	/	5			จ่ายเกินมา 2
20	/	3	/		
ค่าเฉลี่ย	1	0.35	0.35	0	0.65

รูปที่ 4.42 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 2

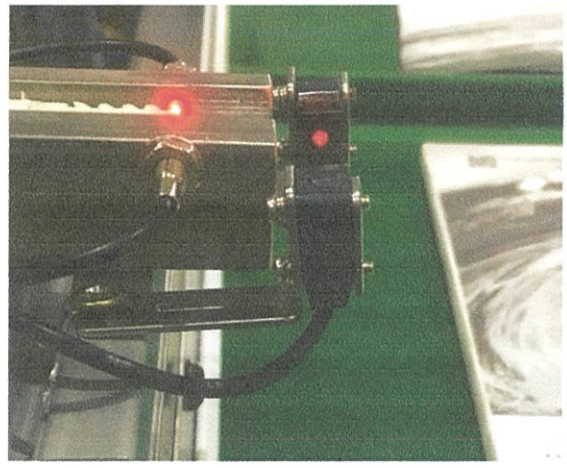
No.	การดูด Manual Book		Success	Error	
	Manual Book 1	Manual Book 2		Manual Book 1	Manual Book 2
1	/	/	/		
2	/	-			ดูดหนังสือไม่ขึ้น
3	/	/	/		
4	/	-			หนังสือไม่ไหล
5	/	/	/		
6	/	/	/		
7	-	/	/	หนังสือแบะหน้า	
8	/	/	/		
9	-	/	/	สันหนังสือชนคาน	
10	/	/	/		
11	/	/	/		
12	/	-			ดูดหนังสือไม่ขึ้น
13	/	/	/		
14	/	/	/		
15	/	/	/		
16	/	/	/		
17	/	/	/		
18	/	/	/		
19	/	-			สันหนังสือชนคาน
20	/	/	/		
ค่าเฉลี่ย	0.9	0.8	0.8	0.1	0.2

รูปที่ 4.43 ตารางบันทึกผลการ Packing Model ที่ 1

จากรูปที่ 4.39, 4.40, 4.41, 4.42 และ 4.43 นี้พบว่า ค่าเฉลี่ยในการหยิบ Manual Book ในแต่ละตู้นั้นถือว่าใช้ได้ มี Error ไม่มาก โดยสาเหตุการเกิด Error นั้นส่วนใหญ่จะเกิดจากสันหนังสือของตู้ใบที่ 2 เป็นต้นไปนั้น ไหลไปชนกับหนังสือที่อยู่บน Conveyor ก่อนนี้แล้ว ดังรูปที่ 4.44 และก็อีกสาเหตุก็คือ สันหนังสือนั้นชนกับคานตู้ใส่หนังสือ ทำให้ไม่สามารถดูดหนังสือไปยัง Conveyor ได้

รูปที่ 4.44 ปัญหาสันหนังสือชนกัน

ในการ Feed Cap Screw และ Holder Lock นั้นยังมี Error ที่มาก เนื่องจากตำแหน่งของ Photo Sensor ที่ติดอยู่นั้นบวกกับการไหลของ Cap Screw และ Holder Lock ทำให้ตรวจจับไม่ทัน เลยทำให้เกิดปัญหาการ Feed ที่เกินออกมา



รูปที่ 4.45 Photo Sensor สำหรับตรวจจับ Holder Lock และ Cap Screw

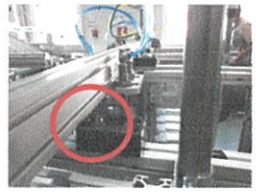
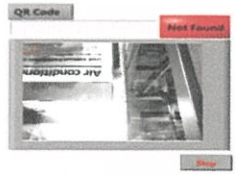
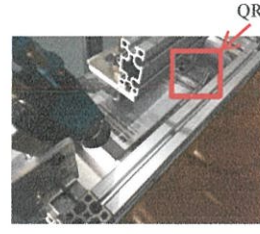
บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในแต่ละส่วนนั้น ทำให้พบปัญหาอยู่หลายที่ด้วยกัน ตั้งแต่การอ่านค่า QR-Code ของ Manual Book, พื้นของฐานวาง Manual Book กับฐานยกไม่สม่ำเสมอกัน, การดูดรีโมทไม่ขึ้น และปัญหาการไหลของรีโมทแอร์ ซึ่งสาเหตุสามารถเกิดได้ทั้งจากตัวโปรแกรม หรือจากตัวโครงสร้างเอง หรือสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย ทำได้คิดแนวทางการแก้ไขปัญหาไว้แล้ว

5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ

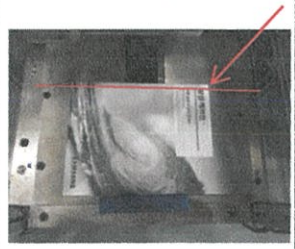
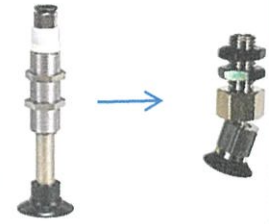
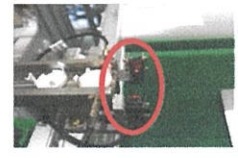
ตารางที่ 5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ

ลำดับ	ปัญหาที่พบ	สาเหตุ	ข้อเสนอแนะ
1	คานดูดหนังสือชนกับ Support Unit 	ฐานของคานดูดไม่สามารถยึดติดกับพื้นได้ จึงทำให้คานเกิดการขยับเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมเมื่อกระบอกลมทำงาน	ยึดฐานของคานกับพื้นให้อยู่กับที่ เพื่อสร้างความมั่นคงและทนทานต่อแรงผลักของกระบอกลม
2	กล้องตรวจ QR-CODE ไม่พบ 	การใส่หนังสือผิดฝั่ง 	กลับทิศของหนังสือให้ QR-CODE อยู่ด้านเดียวกลับกล้อง

ตารางที่ 5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ (ต่อ)

3	ลิฟต์เคลื่อนที่ลง ก่อนที่หนังสือจะหมด	ตำแหน่งติดเซนเซอร์ไฟเบอร์ออฟติคห่างจากอินดักทีฟเซนเซอร์ มากกว่าระยะความสูงของหนังสือ (หนังสือมีความบางมากเกินไป จนเซนเซอร์ตรวจจับไปพบ หรืออีกกรณีอินดักทีฟเซนเซอร์ตรวจจับลิฟต์ว่าขึ้นมาถึงด้านบนสุดก่อนที่หนังสือจะหมด) 	เปลี่ยนตำแหน่งติดเซนเซอร์
4	หนังสือยับ	ระดับความชันของ Slop ไม่เหมาะสมจึงจะให้หนังสือไหลลงมาไม่สุด 	ปรับระดับความชันของ Slop ให้เหมาะสม

ตารางที่ 5.2 ปัญหาที่พบเจอและข้อเสนอแนะ (ต่อ)

5	ไม่สามารถ Buffer หนังสือเล่มใหญ่ได้ 	ขนาดของลิฟต์ยกหนังสือที่กว้างเกินไปจึงทำให้ เล่มหนังสือตรงตำแหน่ง Buffer เข้าไปพาดเกี่ยวลิฟต์ยก	ตัดลิฟต์ยกตรงส่วนท้ายออกเพิ่มอีก 5 cm
6	คานตกลง Solenoid Valve 5/3 ไม่สามารถอั้นลมได้	ขนาดของคานยกที่ใหญ่ จึงทำให้คานหนักส่งผลให้ Solenoid รับแรงที่กระทำแต่กระบอกลมไม่ไหว	เพิ่มขนาดของ Solenoid Valve ให้ใหญ่ขึ้น
7	การดูดรีโมทไม่ติด	เนื่องจากรีโมทถูกวางในแนวพื้นเอียง แต่ Gripper ที่ออกแบบไว้มีลักษณะตรงจึงทำให้มีช่องว่างให้ลมสุญญากาศรั่ว จึงทำให้ดูดรีโมร์ทไม่ขึ้นบ้าง	ใช้ก้าน Vacuum Pad ที่ออกแบบมาให้สามารถดูดวัตถุที่อยู่ในลักษณะพื้นเอียงได้ 
8	การ Feed Cap Screw กับ Holder Lock ไม่ตรงกับจำนวนที่ตั้งไว้	เมื่อ Cap Screw กับ Holder Lock ตกลงมาไม่ตรงกับตำแหน่ง Sensing Distance ของเซนเซอร์แสง จึงทำให้เซนเซอร์ตรวจไม่พบ 	ขยับตำแหน่งติดเซนเซอร์ให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ Cap Screw กับ Holder Lock ตกลงสู่ Conveyor

เอกสารอ้างอิง

[1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560, **บทความ หุ่นยนต์** [Online] , Available: https://th.wikipedia.org/wiki/หุ่นยนต์ [2017, August 2].

[2] Applicadthai, **บทความ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม** [Online] , Available: https://www.applicadthai.com/articles/หุ่นยนต์อุตสาหกรรม-industrial-robot-type/ [2017, August 2].

[3] Btananuwat, **บทความ โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)** [Online] , Available: http://btananuwat.tripod.com/plc/content.htm [2017, August 2].

[4] Star-circuit, **บทความ โครงสร้างทั่วไปของ PLC** [Online] , Available: http://www.star-circuit.com/article/PLC.html [2017, August 2].

[5] **ANAHEIMAUTOMATION, บทความ Encoder Guide** [Online] , Available: http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/encoder-guide.php#sthash.FtsNiFGl.oDVbXA0Y.dpbs [2017 , August 2].

[6] **Arduinoeducation, บทความ Proximity Sensor** [Online] , Available: http://arduinotestbyegg.blogspot.com/2015/03/arduino-note-23315-distance-sensor.html[2017 , August 2].

[7] **Supremelines, บทความ คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์**[Online] , Available: http://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2089-คาปาซิทีฟ-พร็อกซิมิตี้-เซนเซอร์-capacitive-proximity-sensors.html [2017 , August 2].

[8] **SensorBasics, บทความ What is a Photoelectric Sensor?** [Online] , Available: https://www.keyence.com/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/ [2017 , August 2].

[9] **Factomart, บทความ Fiber Optic Sensor คืออะไร** [Online] , Available: https://www.factomart.com/th/fiber-optic-sensor [2017 , August 2].

[10] **CVTRADING, บทความ สวิตช์ความดัน (Pressure Switch)** [Online] , Available: http://www.cvt.co.th/th/content/103/54.html [2017 , August 2].

[11] Dept.Mechanical Technology Education King Mongkut's University of Technology Thonburi, **บทความ ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวแมติกส์** [Online] , Available: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_1.htm [2017, August 2].

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] Dept.Mechanical Technology Education King Mongkut's University of Technology Thonburi, **บทความ วาล์วและอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม [Online] ,** Available: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_1-2.htm [2017, August 2].

[13] A B C Book Store, **บทความ อุปกรณ์พื้นฐานของระบบนิวเมติกมีอะไรบ้าง** [Online] , Available: http://abcbookstore.net/29/อุปกรณ์ของระบบนิวเมติกมีอะไรบ้าง [2017, August 2]

[14] นิวแอนไฮด์, **บทความ วาล์วควบคุมทิศทาง (DIRECTIONAL CONTROL VALVE)** [Online] , Available: http://www.pneu-hyd.co.th/บทความ -นิวเมติกส์ -ไฮดรอลิก/410-directional-control-valve_วาล์วควบคุมทิศทาง.html [2017 , August 2].

[15] นิวแอนไฮด์, **บทความ อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ (VACUUM EQUIPMENT)** [Online] , Available: http://www.pneu-hyd.co.th/บทความ -นิวเมติกส์ -ไฮดรอลิก/412-vacuum-equipment_อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ.html [2017 , August 2].

[16] Psptech, **บทความ มอเตอร์ (Motor) คืออะไร?** [Online] , Available: http://www.psptech.co.th/มอเตอร์motorคืออะไร-19171.page [2017 , August 2].

[17] electrical4u.com, **บทความ Working or Operating Principle of DC Motor** [Online] , Available: https://www.electrical4u.com/working-or-operating-principle-of-dc-motor/[2017 , August 2].http://www.psptech.co.th/มอเตอร์motorคืออะไร-19171.page [2017 , August 2].

[18] RKJMotors, **บทความ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด3เฟส(A.C. Three phase Motor)** [Online] , Available: http://www.rungkitjarearnmotor.myreadyweb.com/article/topic-57209.html [2017 , August 2].

[19] What-When-How, **บทความ SINGLE-PHASE INDUCTION MOTORS (Electric Motor)** [Online] , Available: http://what-when-how.com/electric-motors/single-phase-induction
-motors-electric-motor/ [2017 , August 2].

[20] Chanaphinp, **บทความ เซอร์โวมอเตอร์** [Online] , Available: http://chanaphinp.blogspot.com/[2017 , August 2].

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายดนัย ชื่นรัตนตระกูล

วัน เดือน ปีเกิด 21 พฤษภาคม พุทธศักราช 2539

ที่อยู่ปัจจุบัน 1263/104 พฤษาทาวเน็กซ์ ต.บางชัน อ.คลองสามวา กรุงเทพมหานครฯ 10510

เบอร์โทรศัพท์ 082-642-6945

E-mail wizardjack53@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2546-2551	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จาก โรงเรียนประชาราษฎร์อุปถัมภ์วิทยา
พุทธศักราช 2552-2554	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ
พุทธศักราช 2555-2557	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จาก โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ
พุทธศักราช 2558-2561	ศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการทำงาน

พุทธศักราช 2559	ฝึกงานบริษัท A.I. technology จำกัด (มหาชน) ฝ่าย Maintainance แผนก ไฟฟ้า 2
พุทธศักราช 2560	ฝึกงานและสหกิจศึกษาบริษัท Thai Samsung Electronics (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ฝ่าย Innovation แผนก FIT (Factory Innovation Technology)