รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องทดสอบชิ้นงาน
Bound Test Machine

นายธนา วัฒนกิจ

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องทดสอบชิ้นงาน
Bound Test Machine

นายธนา วัฒนกิจ

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงาน	เครื่องทดสอบชิ้นงาน
นักศึกษา	นายธนา วัฒนกิจ
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า
ผู้นิเทศงาน	นายภานุวัฒน์ มีชำนาญ
สถานประกอบการ	บริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นโดยนำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนการออกแบบ และผลิตเครื่องจักรที่ใช้ในการทดสอบแรงกดชิ้นงาน (Bushings) โดยใช้ระบบ Pneumatic ในการทำงาน เพื่อคัดเลือกชิ้นงานที่ทนต่อแรงกดในระยะที่กำหนด ตามค่าที่ Monoshashi sensor อ่านค่าได้ ให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า และคัดเลือกชิ้นงานที่ไม่ผ่านออก เพื่อให้ได้ชิ้นงานไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป แทนการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบแบบเดิม เพื่อเพิ่มความเป็นมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นงาน ซึ่งในที่นี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการผลิตเครื่องจักรนี้ขึ้น ตั้งแต่การออกแบบระบบไฟฟ้า จัดทำและผลิตระบบไฟฟ้า และเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC) โดยเครื่องทดสอบชิ้นงานนี้สามารถลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

คำสำคัญ : Bushings ,PLC , Pneumatic ,Monoshashi

Project Title:	Bound Test Machine
Student:	Mr.Thana Watthanakit
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Faculty:	Engineering
Advisor:	Asst.Prof.Dr.Wandee Petchmaneelumka
Mentor:	Mr.Phanuwat Meechamnan
Company:	A.I. Industry Co., Ltd, Pathumthani Thailand

ABSTRACT

This report presents the study about design process and production of bound test machines (Bushings). To selected pieces of work that resists the pressure. According to customer requirements. Moreover, there are many theories concerning the project, for example electrical system design, the preparation and wiring of electrical and programming with Programmable logic controller (PLC). The report also contains the schedule for engineering job to help the client to understand the scope of work. by a test workpiece, this can save time and increase accuracy in selection.

Keywords: Bushings, PLC , Pneumatic ,Monoshashi

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัด ที่เป็นสถานที่ให้ความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในเรื่องงานและการใช้ชีวิตในการทำงานให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าได้มีโอกาสทำงานอยู่ในบริษัท และยังสามารถช่วยข้าพเจ้าในการศึกษาต่อไปได้ในอนาคตได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณภานุวัฒน์ มีชำนาญ พี่เลี้ยงที่ดูแลและให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดในการทำโครงงานนี้ และขอขอบคุณพี่ๆทุกคนในแผนกไฟฟ้าที่คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ และเป็นทั้งพี่และเพื่อนร่วมงานที่ดีตลอดระยะเวลาการทำงาน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการสหกิจศึกษานี้ที่ให้คำปรึกษา และคอยช่วยเหลือปัญหาต่างๆที่เกิดจากการทำงานสหกิจศึกษา ในภาคการศึกษานี้ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่มอบความรู้ทางทฤษฎี และปฏิบัติ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำโครงการสหกิจครั้งนี้ได้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

ผู้จัดทำ

ธนา วัฒนกิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน	2
1.4 วิธีการดำเนินการทำโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้า	4
2.1.1 ส่วนประกอบของแบบทางไฟฟ้า	4
2.1.2 การต่อวงจร Input และ Output แบบ Sink และ Source	8
2.2 ความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักร	9
2.2.1 Circuit Breaker	9
2.2.2 Circuit Protector	10
2.2.3 Switching Power Supply	10
2.2.4 Noise Filter	11
2.2.5 Reed Switch	11
2.2.6 Relay	11
2.2.7 Emergency Stop Switch	12
2.2.8 Push Button Switch	13
2.2.9 Selector Switch	13
2.2.10 Signal Tower Light	14
2.2.11 Area Sensor	14
2.2.12 Photoelectric sensor	15
2.2.13 Limit Switch (Striker)	16
2.2.14 Programmable Logic Controller (PLC)	16
2.3 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม	17
2.3.1 ความหมายของ PLC	17

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี	17
2.3.2.1 ภาคอินพุต	18
2.3.2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)	18
2.3.2.3 หน่วยความจำของพีแอลซี	19
2.3.2.4 ภาคเอาท์พุต	19
2.3.2.5 หน่วยจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)	19
2.3.3 ชนิดของพีแอลซี	20
2.3.4 อุปกรณ์การโปรแกรม	20
2.3.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม	21
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน	26
2.4.1 AutoCAD	26
2.4.2 GX Works2	27
2.4.3 GT Designer3	28
2.5 ระบบนิวเมติกส์	29
2.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบนิวแมติกส์	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	31
3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร (Electric circuit design)	31
3.1.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องจักร	31
3.1.2 การออกแบบวงจรกำลัง (Power circuit)	32
3.1.2 การออกแบบวงจรควบคุม (Control circuit)	33
3.1.3 การออกแบบวงจรอินพุต เอาต์พุต (Input/output circuit)	33
3.1.4 การวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม (Board Layout)	34
3.1.5 การออกแบบขนาดของตู้ (Control & Operation Box)	35
3.1.6 การส่งแบบให้ลูกค้าตรวจ (Drawing approval)	36
3.1.7 สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำตู้ควบคุม (Purchasing)	36
3.2 การจัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Panel and Machine wiring)	38
3.2.1 การวาง Layout	38
3.2.2 การเดินสายไฟ	38
3.2.3 การติดตั้งตู้ควบคุมเข้ากับตัวเครื่องจักร	39
3.2.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring)	39
3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องจักร (Test & Adjust)	41
3.3.1 การออกแบบและดำเนินการเขียนโปรแกรม	41
3.3.2 การเขียนโปรแกรม PLC (Programming)	43

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.3 การเขียนโปรแกรม Touch screen	48
3.3.4 การเช็คอินพุตและเอาต์พุตของการทำงานของเครื่องจักร	53
3.3.5 การทดสอบโปรแกรมและติดตั้ง (Test & Install program)	53
3.3.6 การรับความเห็นเพิ่มเติมจากลูกค้า (Customer inspection)	55
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	56
4.1 ผลการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุม	56
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม	56
4.3 ผลการทดสอบการทำงาน	58
4.4 ผลการทดสอบความเที่ยงตรงของระบบ	62
4.5 ผลการทดสอบหน้าจอแสดงผล	64
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	65
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	65
5.3 แนวทางการแก้ไข	66
5.4 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)	4
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)	5
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)	5
รูปที่ 2.4 แสดงส่วนอินพุต (Input Module)	6
รูปที่ 2.5 แสดงส่วนเอาต์พุต (Output Module)	6
รูปที่ 2.6 แสดงการวางอุปกรณ์ภายในตู้ไฟฟ้า (Board Layout)	7
รูปที่ 2.7 แสดงขนาดและทรงของตู้ไฟฟ้า (Control Box)	7
รูปที่ 2.8 การต่อแบบ Sink และ Source	8
รูปที่ 2.9 แสดง Circuit Breaker	9
รูปที่ 2.10 แสดง Circuit Protector	10
รูปที่ 2.11 แสดง Switching Power Supply	10
รูปที่ 2.12 แสดง Noise Filter	11
รูปที่ 2.13 แสดง Reed Switch	11
รูปที่ 2.14 แสดง Relay	12
รูปที่ 2.15 แสดง Emergency Stop Switch	12
รูปที่ 2.16 แสดง Push Button Switch	13
รูปที่ 2.17 แสดง Push Button Switch with Lamp	13
รูปที่ 2.18 แสดง Selector Switch	13
รูปที่ 2.19 แสดง Signal Tower Light	14
รูปที่ 2.20 แสดง Area Sensor	14
รูปที่ 2.21 แสดงการทำงาน Photo sensor	15
รูปที่ 2.22 แสดง Limit Switch (Striker)	16
รูปที่ 2.23 แสดง PLC ของ Mitsubishi	16
รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี	17
รูปที่ 2.25 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต	18
รูปที่ 2.26 แสดงส่วนประกอบของซีพียู	18
รูปที่ 2.27 แสดงโครงสร้างของพีแอลซีและหน่วยความจำ	19
รูปที่ 2.28 แสดงพีแอลซีชนิดบล็อก	20
รูปที่ 2.29 แสดงพีแอลซีชนิดโมดูล	20
รูปที่ 2.30 แสดงตัวป้อนโปรแกรมมือถือ	21
รูปที่ 2.31 แสดงตัวป้อนคอมพิวเตอร์ส่วนตัว	21
รูปที่ 2.32 แสดงวงจรแลดเดอร์	22

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.33 แสดงคำสั่ง LOAD และ LOAD NOT 22
รูปที่ 2.34 แสดงคำสั่ง AND และ AND NOT 22
รูปที่ 2.35 แสดงคำสั่ง OR และ OR NOT 23
รูปที่ 2.36 แสดงคำสั่ง OUT และ OUT NOT 23
รูปที่ 2.37 แสดงคำสั่ง AND LOAD และ OR LOAD 23
รูปที่ 2.38 แสดงคำสั่งIL(02) และ ILC(03) 24
รูปที่ 2.39 แสดงคำสั่งเซต(SET) และรีเซต (RESET) 24
รูปที่ 2.40 แสดงคำสั่ง TIMER - TIM 25
รูปที่ 2.41 แสดงคำสั่ง COUNTER – CNT 25
รูปที่ 2.42 โปรแกรม AutoCAD 26
รูปที่ 2.43 หน้าต่างของโปรแกรม AutoCAD 26
รูปที่ 2.44 โปรแกรม GX Works2 27
รูปที่ 2.45 หน้าต่างของโปรแกรม GX Works2 27
รูปที่ 2.46 โปรแกรม GT Designer3 28
รูปที่ 2.47 หน้าต่างของโปรแกรม GT Designer3 28
รูปที่ 2.48 กรองลมดักน้ำ ปรับแรงดันจ่ายน้ ามัน (F.R.L.) แบบ 3 ตัวเรียง F.R.L. 29
รูปที่ 2.49 กระบอกสูบทางเดียว และสัญลักษณ์ 30
รูปที่ 2.50 กระบอกสูบสองทาง และสัญลักษณ์ 30
รูปที่ 3.1 รายละเอียดความต้องการจากลูกค้า 31
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบในวงจรกำลัง 32
รูปที่ 3.3 PLC Specification 32
รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบในวงจรควบคุม 33
รูปที่ 3.5 วงจรอินพุต 33
รูปที่ 3.6 วงจรเอาต์พุต 34
รูปที่ 3.7 Board layout 34
รูปที่ 3.8 ขนาดตู้ควบคุม 35
รูปที่ 3.9 ขนาดตู้ปฏิบัติการ 35
รูปที่ 3.10 เอกสาร EE BOM ในการสั่งซื้อ 36
รูปที่ 3.11 ใบสั่งทำตู้ควบคุม 37
รูปที่ 3.12 การเดินสายไฟตู้ควบคุม 38
รูปที่ 3.13 การเดินสายไฟตู้ปฏิบัติการ 38
รูปที่ 3.14 การติดตั้งตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ เข้ากับเครื่องจักร 39

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.15 การติดตั้งเซนเซอร์เข้ากับตัวเครื่องจักร 39
รูปที่ 3.16 การ Wiring สายไฟที่ตัวเครื่องจักรเข้าตู้ควบคุม 40
รูปที่ 3.17 การติดตั้งทาวเวอร์ไลท์เข้ากับตัวเครื่องจักร 40
รูปที่ 3.18 Bound test machine Flowchart 42
รูปที่ 3.19 หน้าจอตั้งค่ารุ่น PLC ที่ใช้ โปรแกรม GX Works2 43
รูปที่ 3.20 การแบ่งโปรแกรมออกเป็น 6 ส่วน 44
รูปที่ 3.21 โปรแกรมส่วน MAIN 44
รูปที่ 3.22 โปรแกรมส่วน LS_ASSY 45
รูปที่ 3.23 โปรแกรมส่วน FAULT 45
รูปที่ 3.24 โปรแกรมส่วน MANUAL 46
รูปที่ 3.25 โปรแกรมส่วน AUTO 46
รูปที่ 3.26 โปรแกรมส่วน DISPLAY 47
รูปที่ 3.27 โปรแกรมส่วน OUTPUT 47
รูปที่ 3.28 การตั้งค่ารุ่น ทัสกรีน โปรแกรม GT Designer3 48
รูปที่ 3.29 การแบ่งโปรแกรมออกเป็น 6 ส่วน 48
รูปที่ 3.30 หน้าเมนูหลัก 49
รูปที่ 3.31 หน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ 49
รูปที่ 3.32 หน้าการตั้งค่า 50
รูปที่ 3.33 หน้าแสดงการแจ้งเตือน 51
รูปที่ 3.34 หน้าแสดงประวัติการแจ้งเตือน 52
รูปที่ 3.35 หน้าเช็คอินพุตและเอาต์พุต 52
รูปที่ 3.36 หน้าจอเข้ารหัสผ่าน 52
รูปที่ 3.37 การเช็คอินพุตและเอาต์พุต 53
รูปที่ 3.38 การลงโปรแกรมไปยังPLC 53
รูปที่ 3.39 การเลือกรูปแบบการเชื่อมต่อ 54
รูปที่ 3.40 การเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการเขียนลงไป 54
รูปที่ 3.41 ทำการลงโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ไปยัง PLC 54
รูปที่ 3.42 การตรวจสอบจากลูกค้า 55
รูปที่ 4.1 แบบ 3D Model (ซ้าย) กับ เครื่องจริง (ขวา) 56
รูปที่ 4.2 การเรียกใช้ Monitor (write mode) 57
รูปที่ 4.3 หน้าต่าง Monitor (write mode) ดูสถานะการทำงาน 57
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างชิ้นงาน OK 58

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างชิ้นงาน NG 58
รูปที่ 4.6 แสดงแกนท่อใน (Inner tube) และแกนท่อนอก (Outer tube) 58
รูปที่ 4.7 กระบอกลม Support press ทำงาน 59
รูปที่ 4.8 กระบอกลม Work test ทำงานที่ Inner tube 59
รูปที่ 4.9 กระบอกลม Head press ทำงาน 60
รูปที่ 4.10 กระบอกลม Work test ทำงานที่ Outer tube 60
รูปที่ 4.11 แสดงผลบนหน้าจอ HMI 61
รูปที่ 4.12 กระบอกสูบทั้งหมดกลับสู่ตำแหน่งปกติ จบการทำงาน 61
รูปที่ 4.13 Precision for inner tube comparison 62
รูปที่ 4.14 Precision for outer tube comparison 63
รูปที่ 4.15 แสดงหน้าจอแสดงผล 64

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่าง ใบปะหน้ารายละเอียดสั่งทำตู้ควบคุม	37
ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานหน้าเมนูหลัก	49
ตารางที่ 3.3 แสดงการทำงานหน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ	50
ตารางที่ 3.4 แสดงการทำงานหน้าการตั้งค่า	51
ตารางที่ 4.1 Precision for inner tube	62
ตารางที่ 4.2 Precision for outer tube	63
ตารางที่ 4.3 กรณีงานที่เกิดจากการทดสอบชิ้นงาน	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บูชหรือบูชยาง เป็นตัวกลางรับแรงกดแรงดึงแรงบิดและอีกสารพัดแรง ในจุดที่มีการขยับเคลื่อนตัวได้ ลดแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนที่เกิด มีส่วนเชื่อมต่อระหว่างสองส่วน ทำให้พลังงานที่ส่งผ่านบูชลดลง ใช้งานทั่วไปในระบบกันสะเทือนรถยนต์ ที่ปลอกทำจากยางสังเคราะห์หรือยูรีเทน แยกผิวของวัตถุโลหะสองชิ้นออกจากกันขณะที่มีการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวนี้ช่วยให้ชิ้นส่วนช่วงล่างสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ลดการส่งผ่านของเสียงรบกวนและการสั่นสะเทือนขนาดเล็กไปยังโครงของรถ บูชยางอาจอธิบายได้ว่าเป็นตัวที่ยืดหยุ่นหรือติดตั้งกันกระแทก

ทาง Bridgestone NCR ได้มีความต้องการดำเนินงานปรับปรุงเครื่องทดสอบชิ้นงานบูช โมเดลใหม่ โดยระบบใหม่ที่ทำการออกแบบนั้นจะต้องมีความสามารถทดแทนเครื่องเดิมได้ คือสามารถทดสอบวัดชิ้นงานที่ทนต่อแรงกดในระยะที่กำหนดได้ โดยการวัดทั้ง Inner tube และ Outer tube ของตัวบูช เพื่อให้ได้ชิ้นงานไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป แทนการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบ และเพิ่มความเป็นมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นงาน โดยระบบจะต้อง Alarm เมื่อพบชิ้นงานที่ไม่ผ่านการทดสอบ ซึ่งจะต้องมีการแสดงผลบนหน้า HMI Panel

ในการศึกษานี้จึงได้นำเสนอแนวคิดในการใช้งาน PLC และระบบนิวแมติกส์ ในการควบคุมและสั่งงานให้กระบอกสูบสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และใช้เซนเซอร์ Monosashi-kun ในการวัดตำแหน่งที่กระบอกสูบกดลงไป อีกทั้งยังต้องมีตู้ควบคุม ที่มีการวางระบบไฟฟ้า และมีการเขียน PLC ที่เหมาะสมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร จนถึงการทดสอบและติดตั้งเครื่องจักรที่ Bridgestone NCR เพื่อให้กระบวนการทำงานได้ตามเป้าหมาย ลดข้อผิดพลาดในการทำงาน สามารถนำเครื่องจักรไปใช้งานในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรทางไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม PLC โดยใช้โปรแกรม GX Works2 ของ Mitsubishi
3. เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานและปฏิบัติการชิ้นงานตามที่ลูกค้าต้องการได้จริง

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1. ทำการออกแบบระบบใหม่ที่สามารถทดแทนเครื่องเดิมได้
2. โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งงาน PLC คือ โปรแกรม GX Works2 โดยใช้ภาษา Ladder ในการเขียน
3. โปรแกรมที่ใช้ออกแบบหน้า HMI คือ GT Designer3 ของ Mitsubishi เพื่อให้แสดงค่า Position, Alarm ต่างๆ และป้อนค่า Setting ที่ต้องการทางหน้าจอHMI

1.4 วิธีการดำเนินการทำโครงงาน

1. ออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร
2. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำตู้ควบคุม
3. เดินสายไฟตู้ควบคุมตามแบบทางไฟฟ้า
4. ติดตั้งตู้ควบคุมเข้ากับตัวเครื่องจักร
5. ทำการเขียนโปรแกรม PLC ของ Mitsubishi ด้วยภาษา Ladder ควบคุมการทำงานเครื่องจักร
6. ทำการทดสอบโปรแกรมและติดตั้ง
7. รับข้อความเห็นเพิ่มเติมจากลูกค้า เพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงตามความต้องการ
8. จัดการแก้ไขแบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ
9. ติดตั้งเครื่องจักรเข้ากับสายการผลิตที่หน้างาน

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. รับหัวข้อและศึกษางานที่ได้รับ	←	—	—	→												
2. ออกแบบวงจรไฟฟ้า		←	—	→												
3. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้				←	—	→										
4. เดินสายไฟตู้ควบคุม						←	—	→								
5. เดินสายไฟเข้ากับเครื่องจักร								←	—	→						
6. เขียนโปรแกรม										←	—	—	→			
7. ทดสอบเครื่องจักร													←	—	→	
8. แก้ไขงานให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า															↔	
9. ส่งเครื่องและติดตั้งให้กับลูกค้า																↔

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาการออกแบบทางไฟฟ้า
2. ได้ศึกษาการโปรแกรม PLC ด้วยโปรแกรม GX Works2
3. เครื่องจักรสามารถทดสอบชิ้นงาน และแสดงผลที่หน้าจอ HMI ได้อย่างมีความแม่นยำ
4. สามารถนำเครื่องจักรไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมต่างๆ ไปต่อยอดใช้งานในอนาคตได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีของการสร้างเครื่องจักร โดยการที่จะสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้า จะต้องมีความรู้ในเรื่องต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการทำงานและทำให้งานมีความถูกต้องมากขึ้น ควรความรู้พื้นฐานที่ใช้ มีดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้า

2.2 ความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักร

2.3 การเขียนโปรแกรม PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

2.5 ระบบนิวเมติกส์

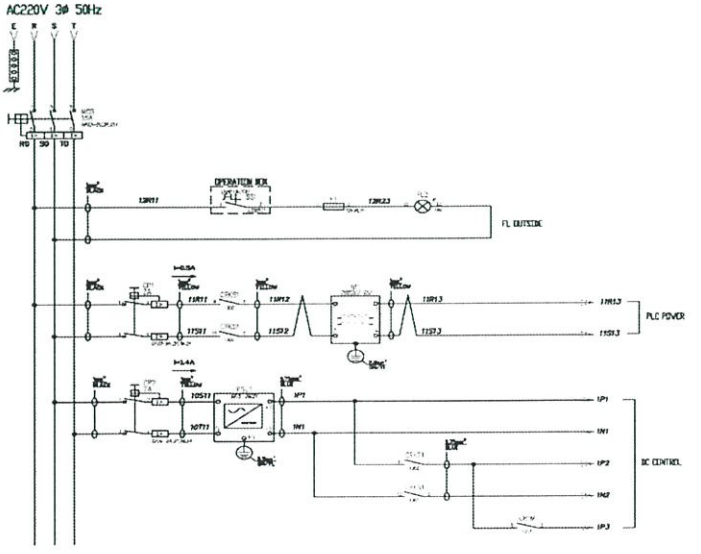
2.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้า

2.1.1 ส่วนประกอบของแบบทางไฟฟ้า

ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือมอเตอร์โดยทั่วไป การเขียนแบบไฟฟ้านั้น เพื่อให้การอ่านแบบไฟฟ้าเข้าใจกันทุกคน จะแบ่งออกเป็นหัวข้อหลักตามมาตรฐานการออกแบบไฟฟ้า ดังนี้

2.1.1.1 วงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)

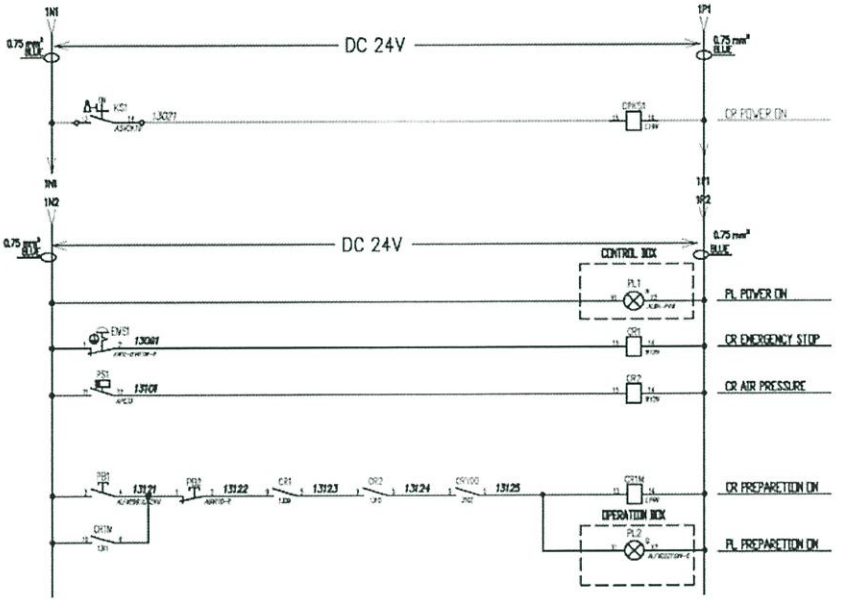
เป็นวงจรที่รับกำลังไฟฟ้ามาจากด้านแหล่งจ่ายไฟ แล้วจ่ายกำลังไฟฟ้าไปให้โหลด เช่น มอเตอร์ ฮีตเตอร์ เป็นต้น วงจรกำลังจึงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าวงจรควบคุม และมีขนาดสายไฟฟ้าหรือขนาดพิกัดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใหญ่กว่าวงจรควบคุม



รูปที่ 2.1 แสดงวงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)

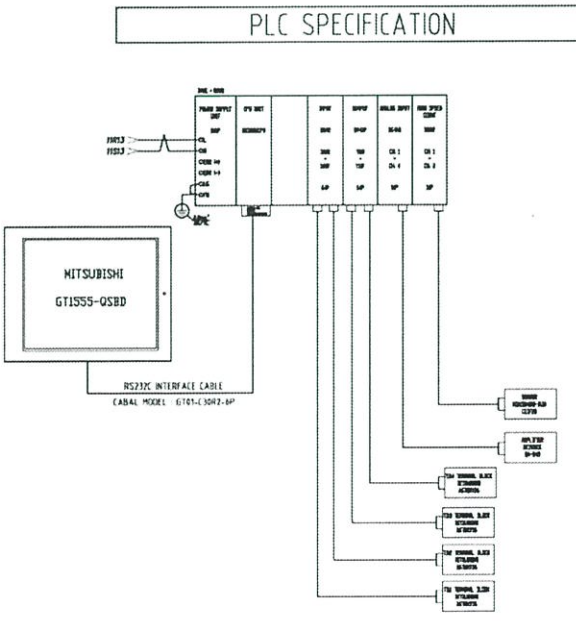
2.1.1.2 วงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)

เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรกำลัง หรือ เป็นวงจรที่ควบคุมวงจรกำลัง วงจรควบคุมจะมีขนาดสายไฟฟ้าหรือขนาดพิกัดอุปกรณ์ไฟฟ้าเล็กกว่าวงจรกำลัง และใช้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าวงจรกำลัง เช่น 220VAC, 24VDC



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)

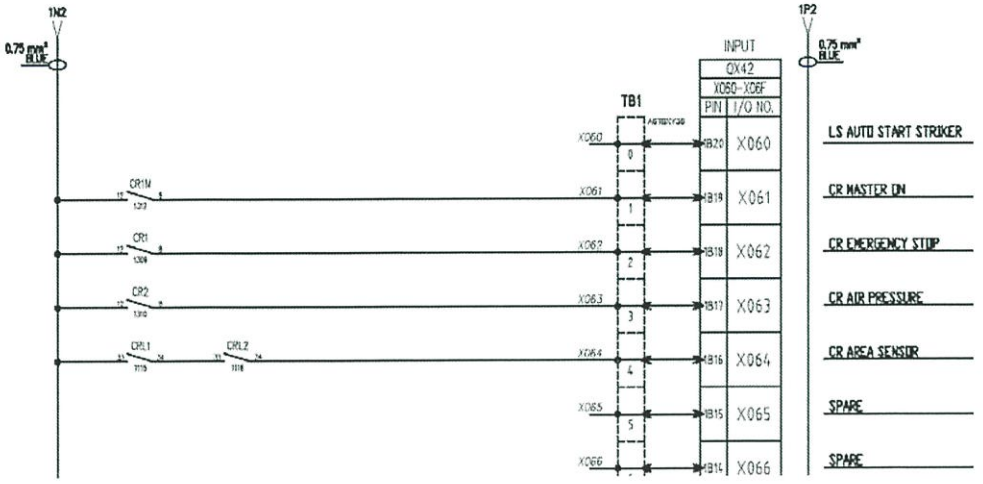
2.1.1.3 ส่วนประกอบของ PLC (PLC Specification)



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)

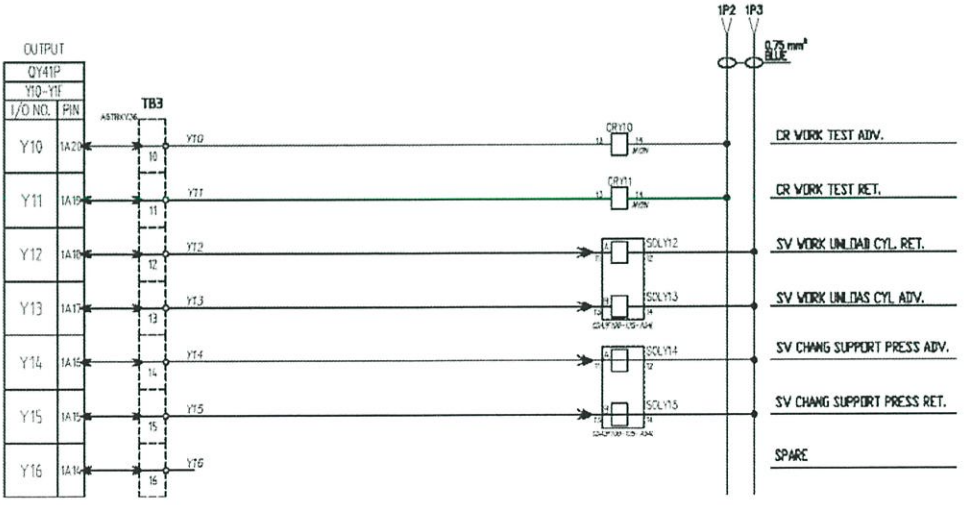
2.1.1.4 ส่วนอินพุตและเอาต์พุตในการใช้งาน (I/O Module)

ส่วนอินพุต แสดงการรับข้อมูลจากอุปกรณ์เข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเพื่อทำการประมวลผล สัญญาณอินพุตต่างๆ



รูปที่ 2.4 แสดงส่วนอินพุต (Input Module)

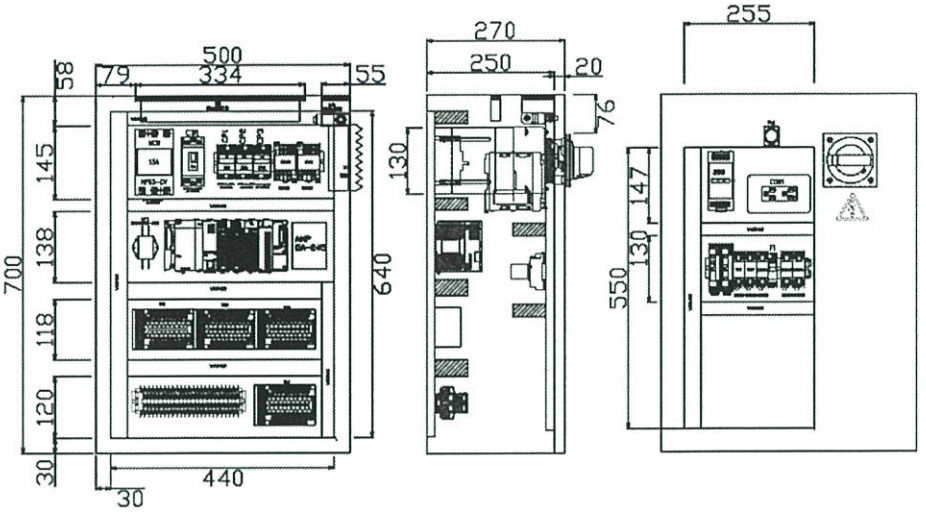
ภาคเอาท์พุต แสดงการรับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาท์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนเอาต์พุต (Output Module)

2.1.1.5 ส่วนแสดงการวางอุปกรณ์ภายในตู้ไฟฟ้า (Board Layout)

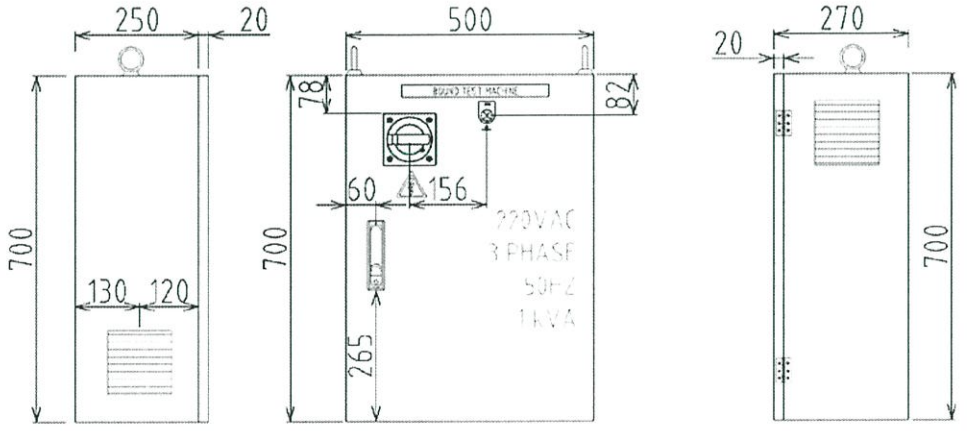
เป็นการจำลองการจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ ให้พอดีกับขนาดตู้ เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติงานจริง และบอกระยะต่างๆ ในการจัดวาง



รูปที่ 2.6 แสดงการวางอุปกรณ์ภายในตู้ไฟฟ้า (Board Layout)

2.1.1.6 ขนาดและทรงของตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box)

เป็นการบอกขนาดและทรงของตู้คอนโทรล และการจัดวางอุปกรณ์ติดกับตู้ เพื่อนำไปสั่งทำตู้ต่อไป



รูปที่ 2.7 แสดงขนาดและทรงของตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box)

2.1.2 การต่อวงจร Input และ Output แบบ Sink และ Source

2.1.2.1 การต่อวงจร Input แบบ Sink

ในการต่อสายแบบ Sink Input นั้นจะต่อไฟเลี้ยงเข้าที่เซนเซอร์ตามปกติ เช่นไฟเลี้ยงของเซนเซอร์ขั้วบวกสีน้ำตาล ขั้วลบสีน้ำเงิน เราก็จะต่อไฟจากแหล่งจ่ายขั้วบวกเข้าที่สายสีน้ำตาลของเซนเซอร์และต่อไฟลบเข้าที่สายสีน้ำเงินของเซนเซอร์ และนำขั้วลบมาต่อที่ขา COM โดยจะมีสายสีดำของเซนเซอร์เป็นสาย Output จากเซนเซอร์ ซึ่งเราจะนำสายสีดำนี้มาต่อเข้าที่ขา I0 ถึง In

2.1.2.2 การต่อวงจร Input แบบ Source

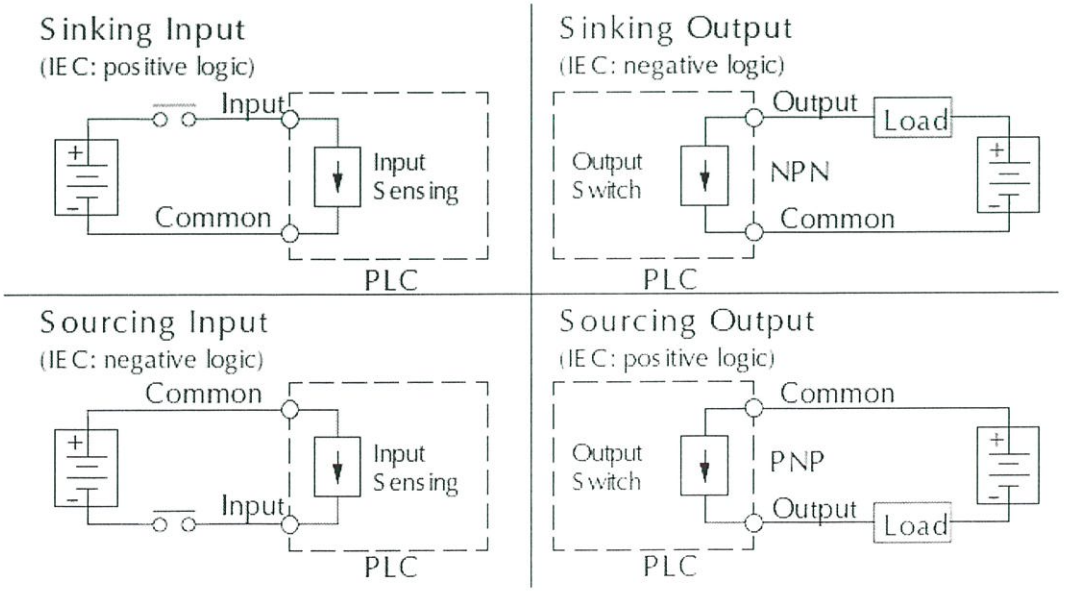
ในการต่อสายแบบ Source Input นั้น นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงเข้าที่เซนเซอร์ตามปกติ เช่นไฟเลี้ยงของเซนเซอร์ ขั้วบวกสีน้ำตาล ขั้วลบสีน้ำเงิน เราก็จะต่อไฟจากแหล่งจ่ายขั้วบวกเข้าที่สายสีน้ำตาลของเซนเซอร์และต่อไฟลบเข้าที่สายสีน้ำเงินของเซนเซอร์ และนำขั้วบวกมาต่อที่ขา COM โดยจะมีสายสีดำของเซนเซอร์เป็นสาย Output จากเซนเซอร์ ซึ่งเราจะนำสายสีดำนี้มาต่อเข้าที่ขา I0 ถึง In

2.1.2.3 การต่อวงจร Output แบบ Sink

ในการต่อสายแบบ Sink Output นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงขั้วบวกเข้าที่ load และ ต่อไฟเลี้ยงขั้วลบเข้าที่ขา COM

2.1.2.3 การต่อวงจร Output แบบ Source

ในการต่อสายแบบ Source Output นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงขั้วบวกเข้าที่ COM และ ต่อไฟเลี้ยงขั้วลบเข้าที่ขา load



รูปที่ 2.8 การต่อแบบ Sink และ Source

2.2 ความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักร

ในการออกแบบไฟฟ้า จำเป็นต้องมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อวงจรนั้นๆ ทั้งแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ที่อุปกรณ์นั้นสามารถรองรับได้

2.2.1 Circuit Breaker (CB)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อย่างอัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น ในการเลือกเบรกเกอร์ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานที่ใช้ ต้องคำนึงถึง 2 ประเด็นด้วยกัน คือ จำนวน Pole และ ค่าพิกัดกระแส

2.2.1.1 จำนวน Pole เป็นตัวบอกว่าเบรกเกอร์ที่เราใช้นั้นเป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส

- 4 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟสโดยป้องกันสาย line และสาย neutral เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูง หากมีความผิดปกติของระบบไฟฟ้า เบรกเกอร์สามารถป้องกันได้ทั้ง 4 เส้น
- 3 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟสโดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว จะใช้กันมากในอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม
- 2 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟสโดยป้องกันสาย line และสาย neutral มักจะใช้มาเป็นเมนเบรกเกอร์ในตู้คอนซูมเมอร์ ยูนิท มีทั้งที่เป็นเบรกเกอร์แบบ MCB และ MCCB
- 1 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟสโดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว ส่วนใหญ่จะเป็นเบรกเกอร์ลูกย่อยที่ใช้ร่วมกับตู้คอนซูมเมอร์ ยูนิท และมักใช้ในบ้านที่พักอาศัย

2.2.1.2 ค่าพิกัดกระแส (Breaking Capacity IC, Amp Trip AT, Amp Frame AF)

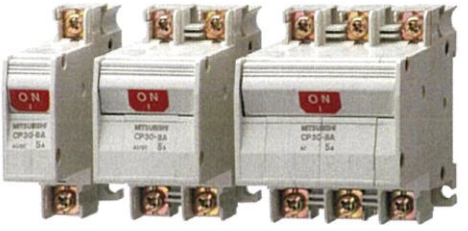
เป็นตัวบอกถึงความสามารถ ขีดจำกัด ในการใช้งานของเบรกเกอร์ โดยที่ควรทราบมีดังนี้

- Interrupting Capacitive (IC) หมายถึง พิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้นๆ มักแสดงในหน่อย kA
- Amp Trip (AT) หมายถึง ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด
- Amp Frame (AF) หมายถึง ขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์นั้นๆ เบรกเกอร์ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

รูปที่ 2.9 แสดงภาพ Circuit Breaker

2.2.2 Circuit Protector (CP)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนกันกับ Circuit Breaker ต่างกันตรงที่ Circuit Protector นั้นมีความละเอียดและรวดเร็วในการตัดไฟฟ้าในวงจรมากกว่า



รูปที่ 2.10 แสดงภาพ Circuit Protector

2.2.3 Switching Power Supply

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานนั้นโดยทั่วไปจะคล้ายกันและสิ่งที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบนี้คือ คอนเวอร์เตอร์

Switching Power Supply จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

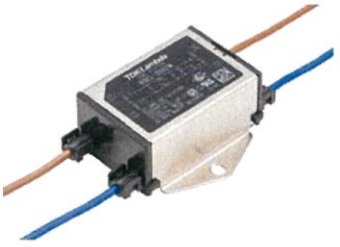
- วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่ แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง
- คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่ แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ
- วงจรควบคุม ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ

การคงค่าแรงดันจะทำโดยการป้อนค่าแรงดันที่ Output กลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้การนำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ Output ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดัน Output คงที่ได้

รูปที่ 2.11 แสดง Switching Power Supply

2.2.4 Noise Filter

เป็นอุปกรณ์กรองกระแสไฟฟ้า ลดสัญญาณรบกวนจากแม่เหล็กไฟฟ้า และสัญญาณรบกวนจากความถี่วิทยุต่างๆ



รูปที่ 2.12 แสดงภาพ Noise Filter

2.2.5 Reed Switch

รีดสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ทำงานโดยไม่ต้องสัมผัส แต่อาศัยอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวสั่งการทำงานส่วนประกอบ มีปุ่มหน้าสัมผัสซึ่งทำงานด้วยสนามแม่เหล็ก และติดตั้งร่วมกับกระบอกสูบชนิดพิเศษที่มีแม่เหล็กถาวรรูปวงแหวนติดตั้งอยู่การทำงานเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ทำให้แม่เหล็กที่ติดตั้งภายในผ่านรีดสวิตช์ สนามแม่เหล็กจะที่ลูกสูบจะเหนี่ยวนำให้ปุ่มหน้าสัมผัสทั้งสองต่อถึงกัน และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับรีดสวิตช์จะหมดอำนาจแม่เหล็ก ปุ่มหน้าสัมผัสจะกลับสู่ตำแหน่งปกติ

รูปที่ 2.13 แสดงภาพ Reed Switch

2.2.6 Relay

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า

ส่วนประกอบของรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่ สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่ เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

ประเภทของรีเลย์ แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือ มักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม

รูปที่ 2.14 แสดง Relay

2.2.7 Emergency Stop Switch

เป็นสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน หรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์หัวเห็ด เป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดา เป็นสวิทช์ที่มักใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่าง ๆ ฉุกเฉิน ซึ่งออกแบบให้เมื่อกดที่ปุ่มนี้แล้ว เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม emergency switch จะต้องหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้เครื่องจักรกลในทันทีทันใด

รูปที่ 2.15 แสดง Emergency Stop Switch

2.2.8 Push Button Switch

สวิตช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ลงไป การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิตช์ กดปุ่มสวิตช์หนึ่งครั้งสวิตช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่ม สวิตช์อีกหนึ่งครั้งสวิตช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิตช์แบบกดบางแบบอาจเป็นชนิด กดติดปล่อยดับ (Momentary) คือขณะกดปุ่มสวิตช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่ม สวิตช์เป็นการตัด (OFF) ทันที

รูปที่ 2.16 แสดง Push Button Switch

สวิตช์แบบกดมีไฟ (Push Button Switch with Lamp) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ลงไป หลักการทำงานเหมือนกันกับ Push Button Switch แต่ต่างกันตรงที่จะมีไฟแสดงสถานะ

รูปที่ 2.17 แสดง Push Button Switch with Lamp

2.2.9 Selector Switch

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้าภาคคอลโทรล เพื่อควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ตามทิศทางที่ต้องการ หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ เป็นสวิตช์ที่ใช้งานกันมากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยการบิดให้คอนแทค ที่อยู่ภายในเปลี่ยนสภาวะปิด (NC) หรือเปิด (NO)

รูปที่ 2.18 แสดง Selector Switch

2.2.10 Signal Tower Light

อุปกรณ์แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักร, Line Conveyer การผลิตในโรงงาน อุตสาหกรรม เครื่องจักรที่ต้องการได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอ, หุ่นยนต์ และเครื่องจักรอัตโนมัติ เป็นต้น โดยจะมีไฟบอกสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักรโดย Tower Light จะมีอยู่ด้วยกัน5 สี คือ สีแดง, สีเหลือง, สีเขียว, สีน้ำเงิน และสีขาว และมี BUZZER เป็นสัญญาณเสียง โดย Tower Light มีทั้งแบบติดต่อเนื่อง และแบบติดกระพริบ

รูปที่ 2.19 แสดง Signal Tower Light

2.2.11 Area Sensor

เซ็นเซอร์เพื่อใช้ป้องกันการทำงานของเครื่องจักรที่ทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงานผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ดูแลเครื่องจักรตามโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีผลทำให้พนักงานมีความปลอดภัย และ มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยภายในตัวม่านแสงจะมีโฟโต้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กหลายๆตัวเรียบกันเพื่อให้ได้ความละเอียดในการตรวจจับ

รูปที่ 2.20 แสดง Area Sensor

2.2.12 Photoelectric sensor

Photo sensor คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด มีระยะตรวจจับวัตถุไกล เวลาตอบสนองรวดเร็ว ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับสูง และตรวจจับวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส ตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ

คุณลักษณะโดยทั่วไป

1. สามารถตรวจจับวัตถุแบบไม่ต้องสัมผัส
2. สามารถตรวจจับวัตถุมากกว่า 10 เมตร
3. สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด
4. สามารถตรวจจับ สี, ขนาด, ความลึก, ตำแหน่ง, พื้นที่, และ อื่นๆ
5. แสดงการตอบสนองโดยการกระพริบของ LED

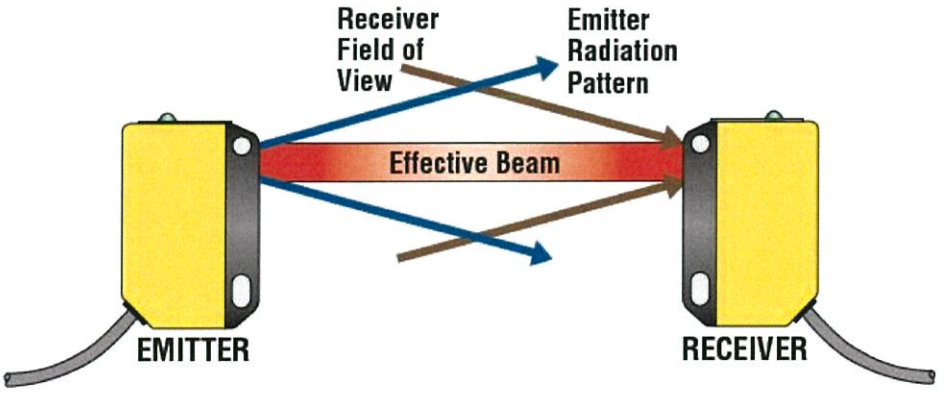
ส่วนประกอบของ Photo sensor

1. Emitter (ตัวส่งสัญญาณ) ประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง, หลอด LED และตัวสร้างสัญญาณมอดูเลสที่อัตราเร็วสูง ส่งเป็นแสงไปยังตัวรับสัญญาณ

2. Receiver (ตัวรับสัญญาณ) ประกอบด้วย ตัวรับแสงเพื่อแปลงสัญญาณ และส่วนของสวิตช์ ทำหน้าที่เป็น Output

ลักษณะการทำงาน

1. Effective beam คือ แสงที่ใช้ในการตรวจจับ
2. Radiation pattern คือ พื้นที่ทั้งหมดของการส่งพลังงานออกมาเพื่อตรวจจับ
3. Field of view คือ พื้นที่ของการตอบสนองการทำงาน



รูปที่ 2.21 แสดงการทำงาน Photo sensor

2.2.13 Limit Switch (Striker)

เป็นสวิตช์แบบไมโคร (Microswitch) คือสวิตช์แบบกดชนิดกดติดปล่อยดับ แต่เป็นสวิตช์ที่สามารถใช้แรงจำนวนน้อยๆ กดปุ่มสวิตช์ได้ ก้านสวิตช์แบบไมโครสวิตช์มีด้วยกันหลายแบบ อาจเป็นปุ่มกดเฉยๆ หรืออาจมีก้านแบบโยกได้มากดปุ่มสวิตช์อีกทีหนึ่ง การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยกดปุ่มสวิตช์หรือกดก้านคันโยกเป็นการต่อ (ON) และเมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มหรือก้านคันโยกเป็นการตัด (OFF)

รูปที่ 2.22 แสดง Limit Switch (Striker)

2.2.14 Programmable Logic Controller (PLC)

เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม ที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

รูปที่ 2.23 แสดง PLC ของ Mitsubishi

2.3 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.3.1 ความหมายของ PLC

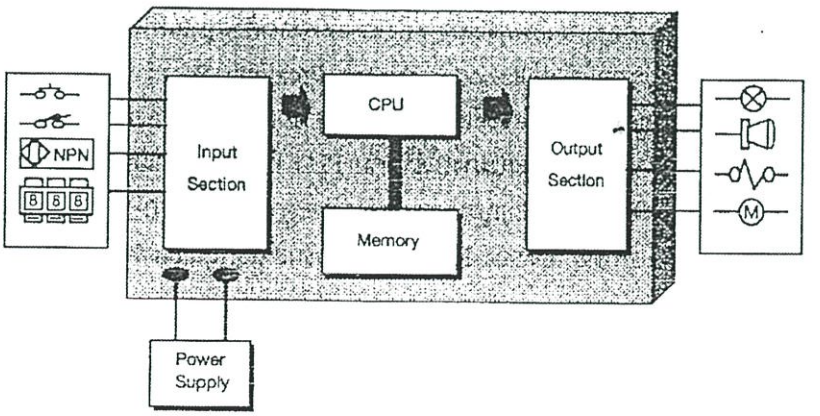
PLC (Programmable Logic Control) คือ อุปกรณ์ชนิดโซลิต-สเตท ที่ทำงานแบบลอจิก การออกแบบการทำงานของพีแอลซี จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานพีแอลซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลิต-สเตท ลอจิก เอเลเมนท์ (Solid-State Digital Logic Element) เพื่อให้การทำงานและการตัดสินใจเป็นแบบลอจิก

การใช้พีแอลซี สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟ ดังนั้นเมื่อจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนระบบการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ จะต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนระบบหรือลำดับการทำงานใหม่ ทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมเท่านั้น นอกจากนี้แล้ว พีแอลซีในปัจจุบันได้หันมาใช้ระบบโซลิต-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

พีแอลซียังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องอ่านบาร์โค๊ด ,เครื่องพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนอกจากพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยวแล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆตัวเข้าด้วยกัน เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากกว่ารีเลย์แบบเก่า ดังนั้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น

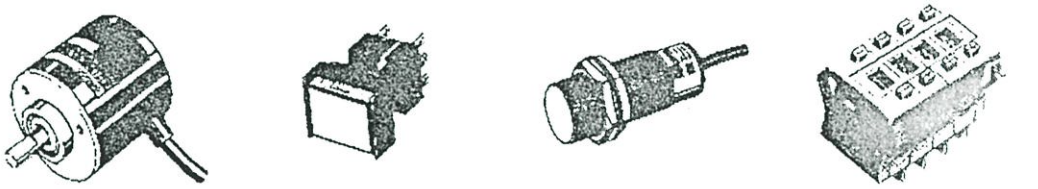
2.3.2 ส่วนประกอบของพีแอลซี

พีแอลซี เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม พีแอลซีประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกมาประกอบย่อยได้ โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างของพีแอลซีจะประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2.24



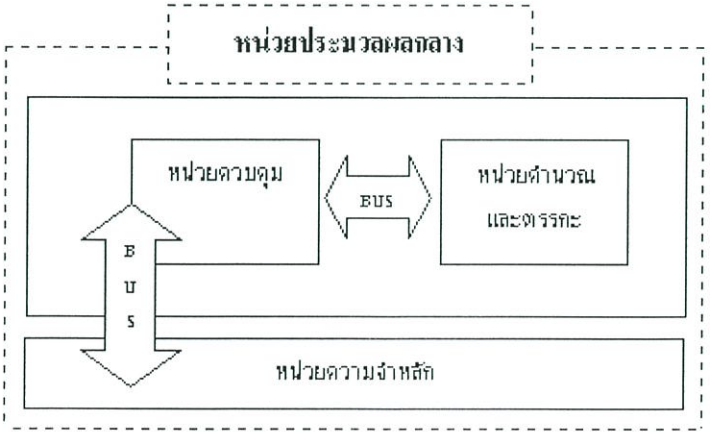
รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี

2.3.2.1 **ภาคอินพุต** ทำหน้าที่ รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเพื่อทำการประมวลผล สัญญาณอินพุตต่างๆที่เข้ามาจะถูกแปลงให้เป็น สัญญาณที่เหมาะสมถูกต้องไม่เช่นนั้นซีพียูจะเสียหายได้ อุปกรณ์อินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะเปิด-ปิด หรือ 0-1 จะสามารถใช้ได้กับพีแอลซีที่รับสัญญาณเป็นแบบดิจิตอลเท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นแบบอนาล็อกมาตรฐานต่างๆ จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของพีแอลซีที่สามารถรับสัญญาณอนาล็อกเท่านั้น



รูปที่ 2.25 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต

2.3.2.2 **หน่วยประมวลผลกลาง** (CPU) ทำหน้าที่ ประมวลผลและควบคุม ซึ่งเปรียบเหมือนสมองของระบบภายใน ซีพียูจะประกอบไปด้วยลอจิกเกทต่างๆ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส เพื่อสำหรับออกแบบวงจรรีเลย์แลดเดอร์ลอจิก ซีพียูจะยอมรับข้อมูลอินพุต จากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่างๆ ต่อจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรง เพื่อใช้สำหรับแรงดันต่ำ



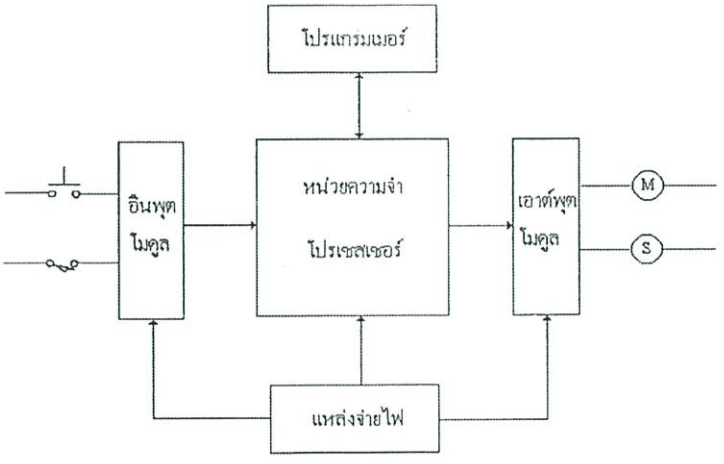
รูปที่ 2.26 แสดงส่วนประกอบของซีพียู

2.3.2.3 หน่วยความจำของพีแอลซี ทำหน้าที่ เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกออกแบบเป็นบิตข้อมูล ภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง พีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ แรม และ รอม

1. แรม (RAM:Random Access Memory) หน่วยความจำนี้มีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงในแรมทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการแก้ไขโปรแกรมบ่อย

2. อีพรอม (EPROM:Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความชนิดอีพรอมจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต มีข้อดีตรงไฟดับแล้วข้อมูลไม่หาย

3. อีอีพรอม (EEPROM:Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือนแรม ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ รวมเอาข้อดีของแรมและอีพรอมไว้ด้วยกัน



รูปที่ 2.27 แสดงโครงสร้างของพีแอลซีและหน่วยความจำ

2.3.2.4 ภาคเอาท์พุต ทำหน้าที่ รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาท์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) ออกจากอุปกรณ์

2.3.2.5 หน่วยจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit) ทำหน้าที่ จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายในพีแอลซี ได้แก่ อุปกรณ์ไอซี เป็นต้นนอกจากนี้ยังจ่ายพลังงานเลี้ยงวงจรที่นามาต่อเข้ากับพีแอลทั้ง ภาคอินพุตและเอาต์พุต

2.3.3 ชนิดของพีแอลซี สามารถจำแนกตามโครงสร้างของพีแอลซีพีได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.3.3.1 พีแอลซีชนิดบล็อก (Block Type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีอยู่ในบล็อกเดียวกันทั้งหมด ในรูปที่ 2.28 จะแสดงพีแอลชนิดบล็อก

รูปที่ 2.28 แสดงพีแอลซีชนิดบล็อก

2.3.3.2 พีแอลซีชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือ แร็ค (Rack Type PLCs) พีแอลซีชนิดนี้ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้หลายแบบขึ้นอยู่กับรุ่นของพีแอลซี ในส่วนของหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำจะอยู่กับซีพียูโมดูล

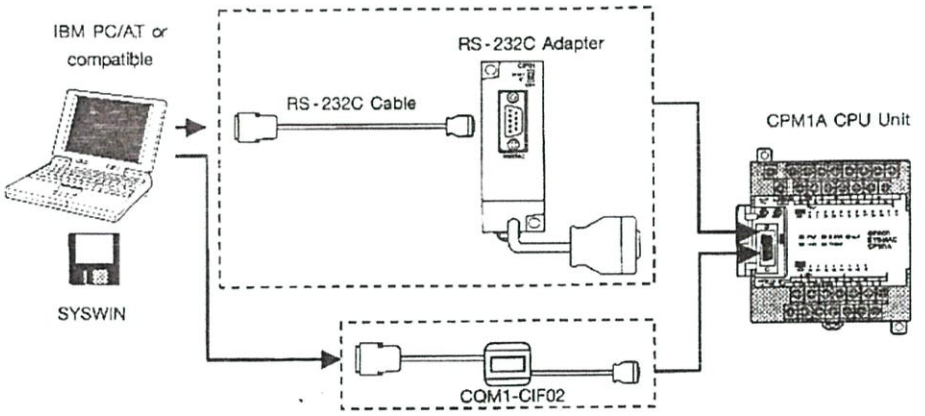
รูปที่ 2.29 แสดงพีแอลซีชนิดโมดูล

2.3.4 อุปกรณ์การโปรแกรม

- ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Hand Held Programmer) ซึ่งการเขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซีโดยการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ ภาษาที่ใช้เป็นภาษาสเตทเมนต์ลิสต์ เช่นคำสั่ง โหลด (LD) แอนด์ (AND) ออร์ (OR) ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐานสามารถเรียกใช้งานโดยการกดปุ่มที่อยู่ที่ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ แต่เมื่อต้องการใช้งานฟังก์ชั่นอื่นๆที่มีอยู่ในพีแอลซีสามารถเรียกใช้โดยปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ ซึ่งวิธีการใช้งานตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือต้องศึกษาจากคู่มือแต่ละรุ่น

รูปที่ 2.30 แสดงตัวป้อนโปรแกรมมือถือ

- คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (PC:Personal Computer) พีซีสามารถใช้เขียนโปรแกรมให้กับพีแอลซีได้ โดยใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ เฉพาะของพีแอลซียี่ห่อนั้น ภาษาที่ใช้เขียนคือภาษาแลดเดอร์ซึ่งทำให้เข้าใจง่ายกว่าสเตทเมนลิสต์ การใช้พีซีง่ายกว่าการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ



รูปที่ 2.31 แสดงตัวป้อนคอมพิวเตอร์ส่วนตัว

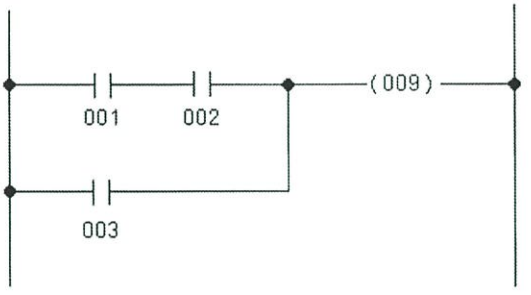
2.3.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

PLC แต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆออกเป็น 5 แบบ คือ

1. LD (Ladder diagram)
2. FBD (Function block diagram)
3. IL (Instruction List)
4. ST (Structure text)
5. SFC (sequential Function chart)

2.3.5.1 LD (Ladder diagram)

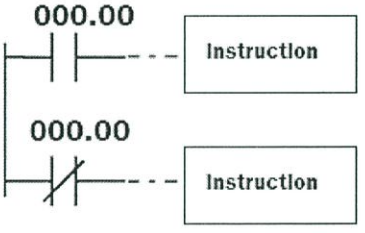
จะเขียนอยู่ในรูปกราฟฟิค ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลดเดอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วย ราง(Rail) ทั้งซ้ายขวาของไดอะแกรมเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตถ์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุท



รูปที่ 2.32 แสดงวงจรแลดเดอร์

โดยมีคำสั่งพื้นฐาน ดังนี้

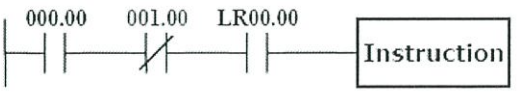
- การใช้คำสั่ง Load (LD), Load Not (LD NOT)



Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	Instruction	
00002	LD NOT	00000
00003	Instruction	

รูปที่ 2.33 แสดงคำสั่ง LOAD และ LOAD NOT

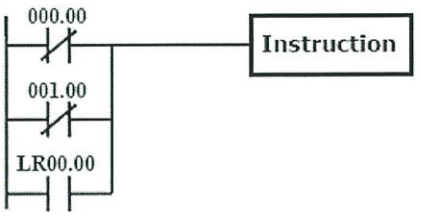
- การใช้คำสั่ง AND, AND NOT



Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	AND NOT	00100
00002	AND	LR 00000
00003	Instruction	

รูปที่ 2.34 แสดงคำสั่ง AND และ AND NOT

- การใช้คำสั่ง OR, OR NOT



Address	Instruction	Operands
00000	LD NOT	00000
00001	OR NOT	00100
00002	OR	LR 00000
00003	Instruction	

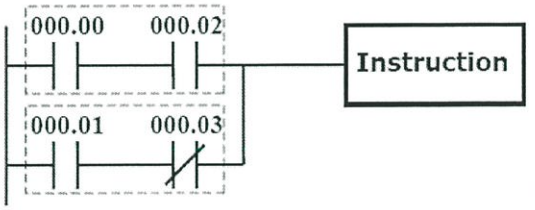
รูปที่ 2.35 แสดงคำสั่ง OR และ OR NOT

- การใช้คำสั่ง OUT

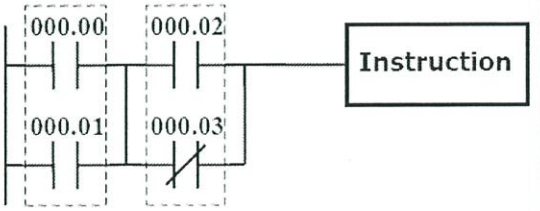
Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	OUT	01000

รูปที่ 2.36 แสดงคำสั่ง OUT และ OUT NOT

- การใช้คำสั่ง AND LOAD (AND LD), OR LOAD (OR LD)



Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	AND	00002
00002	LD	00001
00003	AND NOT	00003
00004	OR LD	

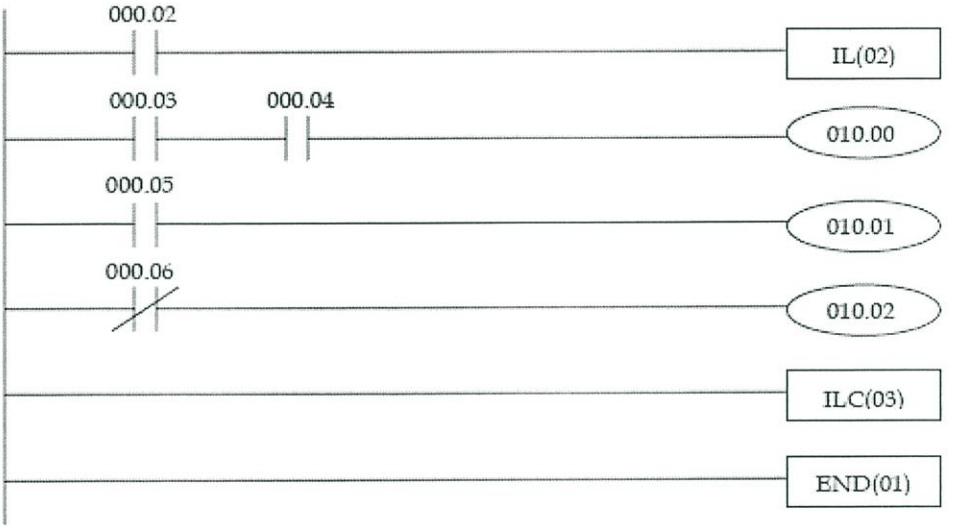


Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	OR	00001
00002	LD	00002
00003	OR NOT	00003
00004	AND LD	

รูปที่ 2.37 แสดงคำสั่ง AND LOAD และ OR LOAD

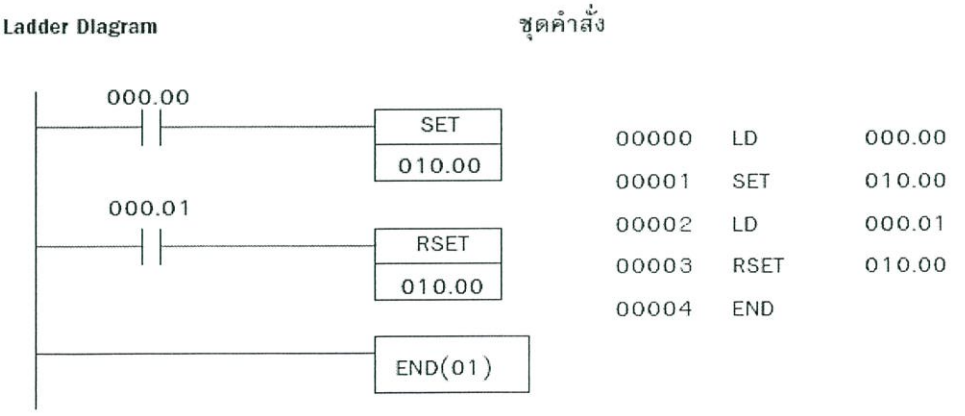
- การใช้คำสั่ง IL(02), ILC(03)

คำสั่ง IL และ ILC จะต้องใช้ร่วมกันคือ ถ้าเริ่มต้นมีการใช้คำสั่งด้วย IL เมื่อใดแล้วถ้าต้องการสิ้นสุดการทำงานต้องจบด้วย ILC, เงื่อนไขของคำสั่งคือ คอนแทคตรงหน้าส่วนของ IL มีสภาวะ “ON” จะทำให้โปรแกรมที่อยู่ระหว่าง IL และ ILC ทำงานเป็นปกติ แต่ถ้าคอนแทคตำแหน่งดังกล่าวมีสภาวะ “OFF” จะทำให้การทำงานของโปรแกรมระหว่าง IL และ ILC ไม่ทำงาน ในขณะเดียวกัน Output Coil ในช่วงนั้นจะมีสภาวะ “OFF” ด้วย



รูปที่ 2.38 แสดงคำสั่งIL(02) และ ILC(03)

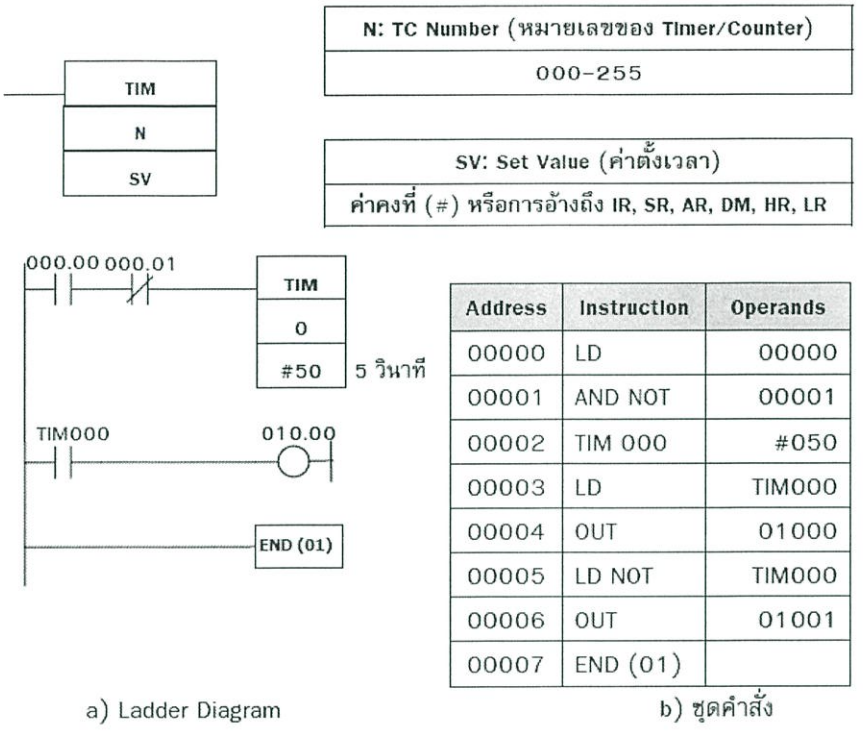
- การใช้คำสั่งเซต (SET) และรีเซต (RESET)



รูปที่ 2.39 แสดงคำสั่งเซต(SET) และรีเซต (RESET)

- การใช้คำสั่ง TIMER - TIM

ใช้ในการจับเวลา,ตั้งเวลา โดยพื้นฐานแล้วต้องกำหนดค่า 2 ค่าคือ N และ SV ตามตัวอย่างข้างล่าง

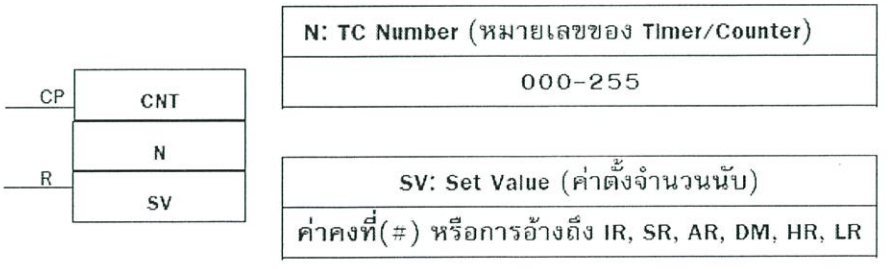


Address	Instruction	Operands
00000	LD	00000
00001	AND NOT	00001
00002	TIM 000	#050
00003	LD	TIM000
00004	OUT	01000
00005	LD NOT	TIM000
00006	OUT	01001
00007	END (01)	

รูปที่ 2.40 แสดงคำสั่ง TIMER - TIM

- การใช้คำสั่ง COUNTER – CNT

เป็นคำสั่งที่ใช้นับจำนวนครั้งของสัญญาณ อินพุต ที่ ON แต่ละครั้ง ซึ่งเป็นคำสั่งที่นับลงจากค่าที่ตั้งไว้ (Set Value)



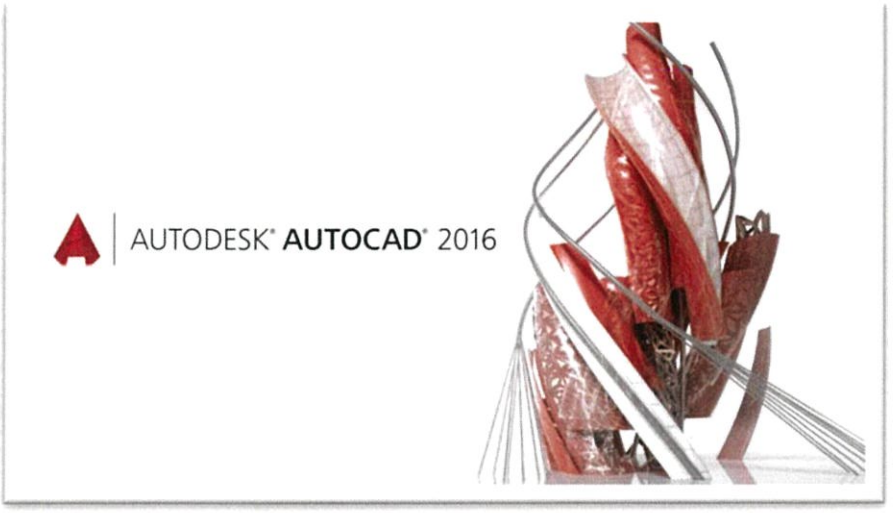
รูปที่ 2.41 แสดงคำสั่ง COUNTER – CNT

- การใช้คำสั่ง END (FUN 01)

การเขียนโปรแกรมทุกครั้ง เมื่อสิ้นสุดการเขียนโปรแกรมแล้วจะต้องจบด้วยคำสั่ง END (01) เสมอ ถ้าไม่มีคำสั่งนี้ เมื่อผู้ใช้สั่ง Run โปรแกรมที่เขียนขึ้น PLC จะเกิด Error

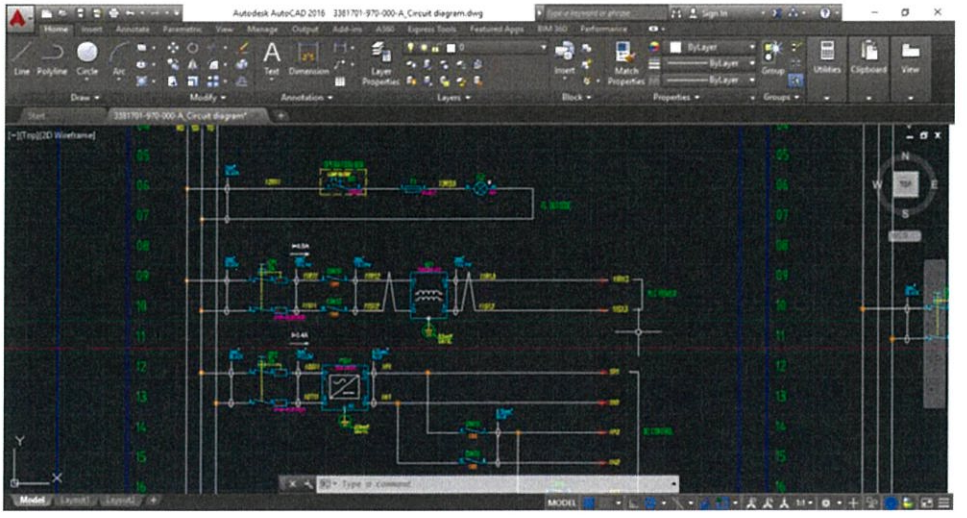
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

2.4.1 AutoCAD



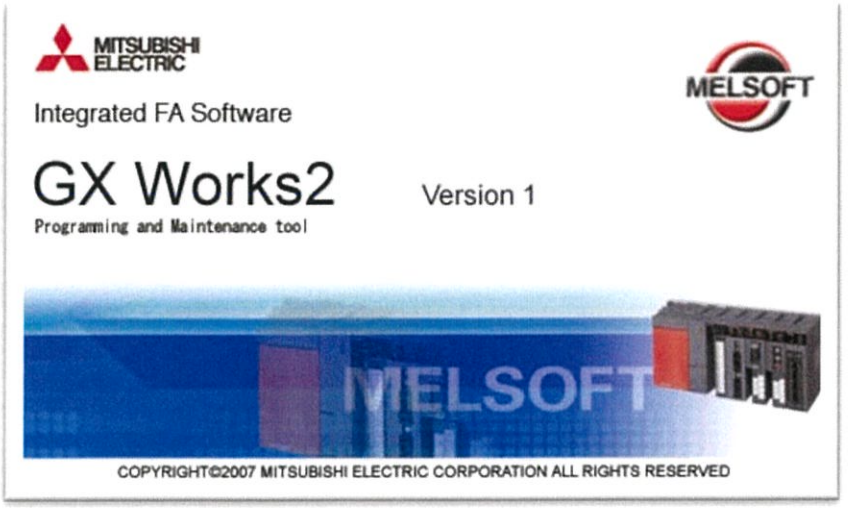
รูปที่ 2.42 โปรแกรม AutoCAD

โปรแกรม AutoCAD เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแบบ มีคำสั่งและเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้งานมากมาย ซึ่งแยกออกเป็นหลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น คำสั่งที่ใช้เขียนชิ้นงาน คำสั่งที่ใช้เขียนตัวอักษร คำสั่งที่ใช้ในการแก้ไขตกแต่งชิ้นงานและตัวอักษร คำสั่งทำสำเนาชิ้นงาน เครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่งบนพื้นที่วาดภาพ และตำแหน่งบนตัววัตถุแต่ละชิ้น เป็นต้น ด้วยเครื่องมือที่มากมายนี้ทำให้โปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการเขียนแบบอย่างมาก ง่ายต่อการออกแบบระบบไฟฟ้า ให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.43 หน้าต่างของโปรแกรม AutoCAD

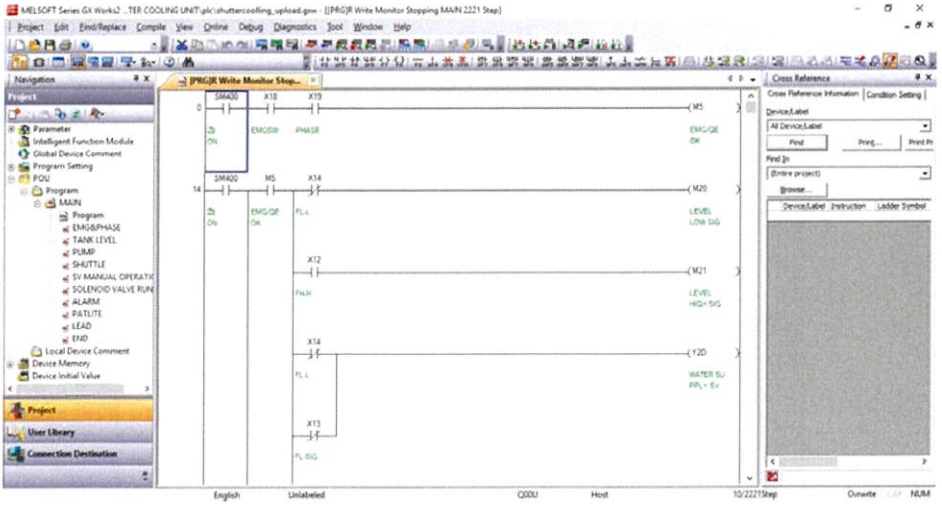
2.4.2 GX Works2



รูปที่ 2.44 โปรแกรม GX Works2

GX Works2 คือ ซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับใช้งานกับ PLC MELSEC, GX Works2 เป็นซอฟต์แวร์รุ่นใหม่ที่รวมความสามารถของ GX developer, GX explorer และ GX simulator ไว้ในซอฟต์แวร์ตัวเดียว เมื่อติดตั้ง GX works2 ก็สามารถใช้งานได้ครบทุกอย่าง โดยไม่ต้องใช้ซอฟต์แวร์อื่นๆอีก โปรแกรมที่เขียนโดยใช้ GX developer เมื่อเขียนไปที่ PLC แล้ว ก็สามารถอ่านหรือแก้ไขโดยใช้ GX works2 ได้ การเขียนโปรแกรมสำหรับ PLC รุ่นใหม่เช่น FX3S จะต้องใช้ GX works2

โดยสามารถกำหนดการทำงานของ PLC จากการเขียนโปรแกรมในภาษา Ladder ซึ่งจะใช้รีเลย์ช่วยภายในโปรแกรม และอุปกรณ์ที่ต่อกับ Input และ Output Module ของ PLC ในการควบคุมการทำงาน โดยสามารถดูสถานการทำงานภายใน โปรแกรมได้โดยใช้ Monitor Mode

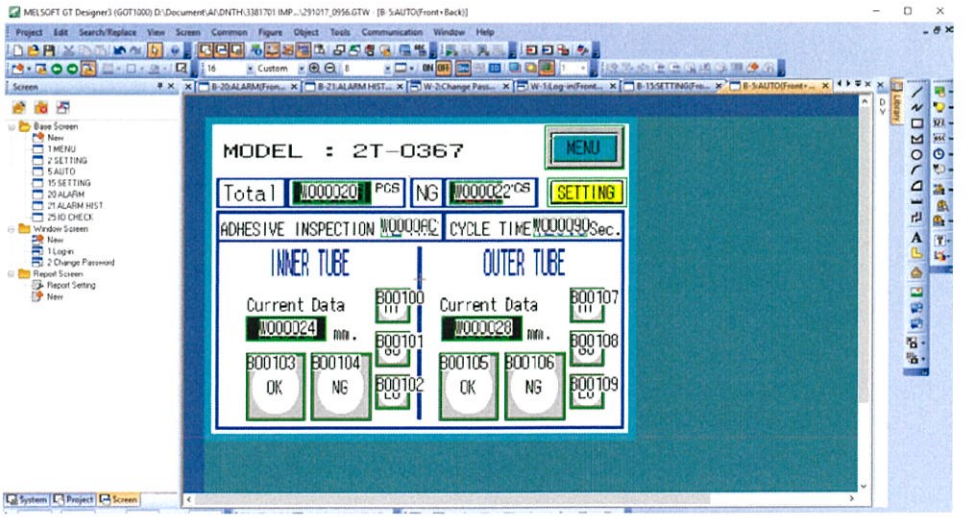


รูปที่ 2.45 หน้าต่างของโปรแกรม GX Works2

2.4.3 GT Designer3

รูปที่ 2.46 โปรแกรม GT Designer3

GT Designer3 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนหน้าจอ Touch screen ของ Mitsubishi ซึ่งจะเรียกว่า GOT (Graphic Operation Terminal) ซึ่งในที่นี้ใช้รุ่น GOT1000 โดยโปรแกรมสามารถ Simulation กับ PLC Mitsubishi เพื่อจำลองการทำงานได้



รูปที่ 2.47 หน้าโปรแกรม GT Designer3

2.5 ระบบนิวเมติกส์

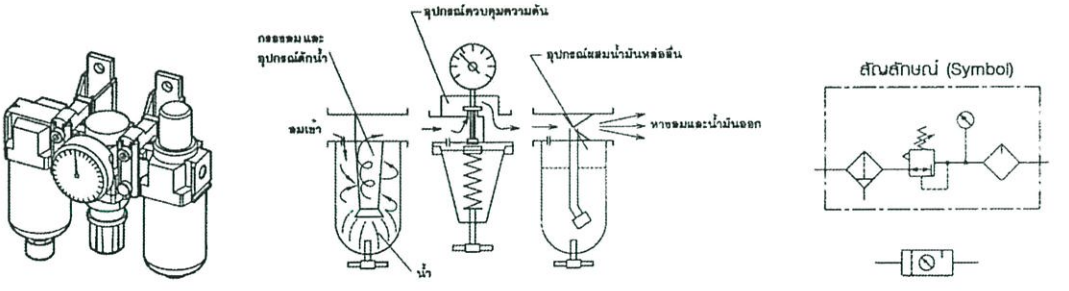
ระบบนิวแมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบ หรือ มอเตอร์ลม

2.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบนิวแมติกส์ ที่สำคัญ มี 3 อุปกรณ์ คือ

1. ชุดกรองลมดักน้ำนิวแมติกส์ ปรับแรงลม จ่ายน้ำมัน (F.R.L UNIT) ชุดกรองลมดักน้ำ ชุดบริการลมอัด F.R.L Unit หรือ FRL Combination/ Preparation unit ใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพลม ที่ได้รับการลดฝุ่นและดักน้ำ ที่ออกมาจากปั๊มลม ซึ่งเต็มไปด้วยไอน้ำ และ ยังคงมีฝุ่นหลงเหลืออยู่ แม้จะผ่านการลดไอน้ำ และผ่านหม้อกรองลมหลัก (Main Filter) แล้วก็ตาม

- อักษร F. หรือ AF มาจากคำเต็มว่า Air Filter หรือตัวกรองลมดักน้ำ ตัวกรองที่ใช้ในท่อลม สาขาก่อนเข้าเครื่องจักร สามารถกรองฝุ่นขนาดเกิน 40, 0.3 หรือ 0.01ไมครอน ให้เลือกใช้พร้อมทั้งกรอง ไอน้ำออกได้ สำหรับ ฟิลเตอร์ขนาดใหญ่ที่ต่อหลังปั๊มลม จะมีตะแกรงกรองขนาด 50 ไมครอน
- อักษร R. หรือ AR มาจากคำเต็มว่า Air Regulator หรือ ตัวปรับแรงดันลม เครื่องปรับแรงดันลม อุปกรณ์ควบคุมความดันลม
- อักษร L. หรือ AL มาจากคำเต็มว่า Air Lubricator หรือ ตัวผสมน้ำมันหล่อลื่น เครื่องผสมน้ำมันล่อลื่น อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น

ชุดกรองลมดักน้ำ 9 แบบ 3 ตัวเรียง เขียนสั้นๆว่า F.R.L. ชุดกรองลมดักน้ำ 9 แบบ 2 ตัวเรียงกัน เขียนสั้นๆว่า FR.L.



รูปที่ 2.48 กรองลมดักน้ำ ปรับแรงดันจ่ายน้ ามัน (F.R.L.) แบบ 3 ตัวเรียง F.R.L.

2. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) ทำหน้าที่ ควบคุมลมอัดให้ไหลผ่านวาล์วไปในทิศทางที่ต้องการเพื่อให้กระบอกสูบทำงานหรือหยุดทำงาน หรือหยุดค้างตำแหน่งการทำงานได้

3. กระบอกสูบ (Cylinder)

- กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder) จะมีรูลมที่ด้านลูกสูบรูเดียว เมื่อมีลมอัดเข้าทางด้านลูกสูบจะทำให้ลูกสูบ เคลื่อนที่ออกและจะระบายลมทิ้งทางด้านก้านสูบ ในขณะเดียวกันขณะเคลื่อนที่กลับจะอาศัยแรงสปริง ภายในกระบอกสูบโดยทั่วไปกระบอกสูบทางเดียวจะถูกออกแบบให้มีความยาวช่วงชักไม่เกิน 100 มิลลิเมตร จึงเหมาะกับงานที่ไม่มีโหลดมากนัก หรือลักษณะงานที่มีขนาดเล็ก เช่น งานจับยึดชิ้นงาน งาน กดอัดชิ้นงาน เป็นต้นลักษณะของกระบอกสูบทางเดียว

รูปที่ 2.49 กระบอกสูบทางเดียว และ สัญลักษณ์

- กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder) จะมีรูลมที่ด้านลูกสูบและก้านลูกสูบ ลมอัดทั้งสองด้านจะดันลูกสูบให้ เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออก กระบอกสูบชนิดนี้จะมีแรงดันทำงานได้ 2 ทิศทาง ซึ่งเหมาะสมกับงานที่มี โหลดกว่ากระบอกสูบด้านเดียว โดยทั่วไปกระบอกสูบสองทางใช้กับงานที่ต้องการความยาวช่วงชักยาวๆ หรือลักษณะงานที่มีขนาดใหญ่และงานที่ต้องการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง ลักษณะของกระบอกสูบสองทาง

รูปที่ 2.50 กระบอกสูบสองทาง และสัญลักษณ์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการโครงงาน เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ได้วางแผนไว้ โดยขั้นตอนการผลิตเครื่องจักรได้กล่าวตาม หัวข้อต่อไปนี้

3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร (Electric circuit design)

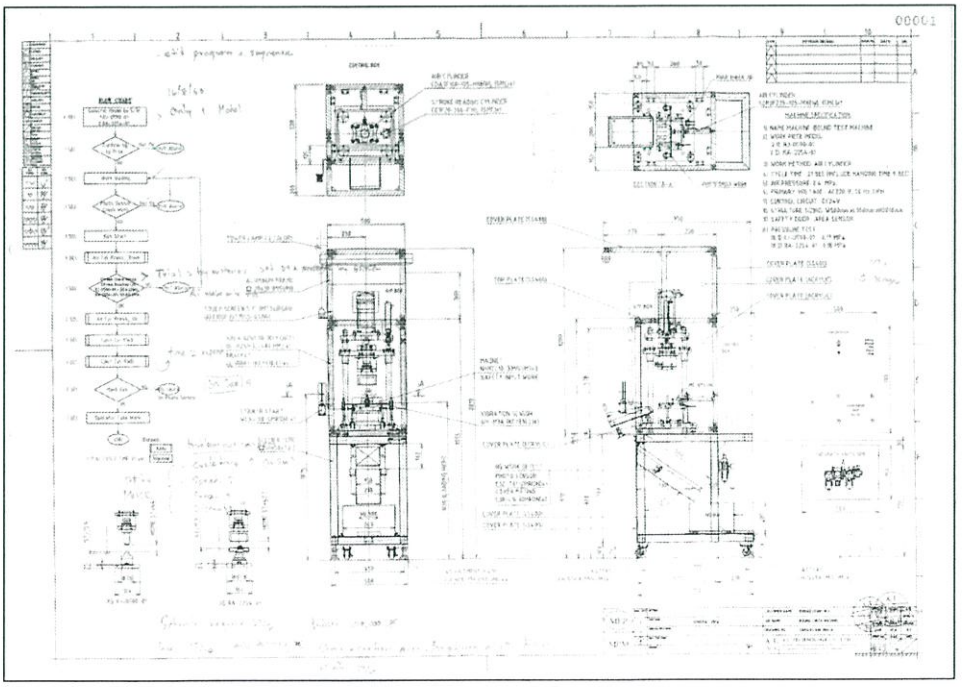
3.2 การจัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Panel and Machine wiring)

3.3 การเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานเครื่องจักร (Test & Adjust)

3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร (Electric circuit design)

3.1.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องจักร

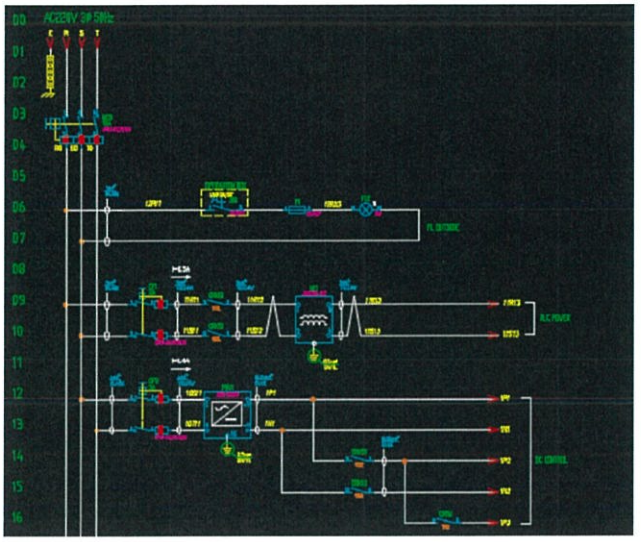
รับความต้องการและคอนเซปจากลูกค้า เพื่อมาศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร และเลือกอุปกรณ์ เซนเซอร์ที่ต้องใช้ในเครื่องจักร โดยเครื่องนี้เป็นเครื่องทดสอบชิ้นงาน เพื่อแยกชิ้นงานที่ไม่ผ่านการทดสอบออกไป โดยมีการใช้กระบอกสูบในการกดทดสอบ และมีเซนเซอร์วัดระยะที่กดลงไป ถ้ากดลงไปเกินที่กำหนด จะมีต้องมีการ Alarm NG แยกใส่กล่อง NG box ในการทดสอบจะมีการกดชิ้นงานสองครั้ง คือ ที่ Inner tube และ Outer tube ถ้าไม่มีการ alarm ทั้งสองครั้งจะถือว่าชิ้นงานนั้นผ่านการทดสอบ ถ้ามีการalarmครั้งใดครั้งหนึ่งถือว่าชิ้นงานนั้นไม่ปผ่านการทดสอบ



รูปที่ 3.1 รายละเอียดความต้องการจากลูกค้า

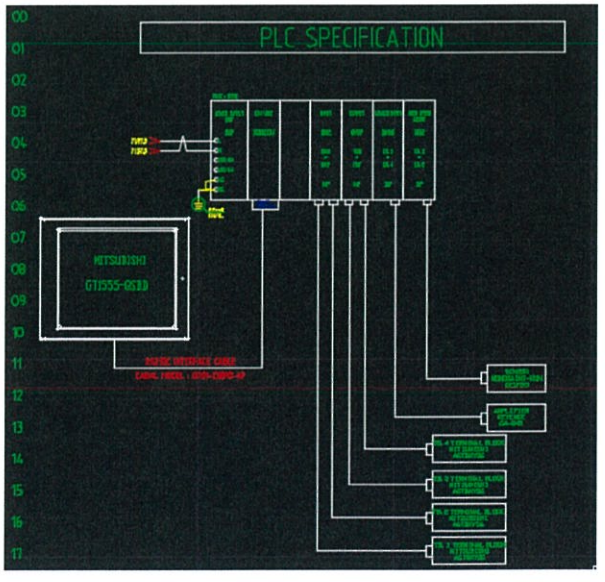
3.1.2 การออกแบบวงจรกำลัง (Power circuit)

ในการเขียนแบบในที่นี้จะใช้โปรแกรม AutoCAD โดยวงจรกำลังเป็นวงจรที่รับกำลังไฟฟ้ามาจากด้านแหล่งจ่ายไฟ แล้วจ่ายกำลังไฟฟ้าไปให้โหลด เช่น มอเตอร์ ฮีตเตอร์ เป็นต้น ซึ่งก่อนจะออกแบบต้องรู้แรงดันไฟฟ้า และอุปกรณ์ที่ใช้ โดยการใช้งานหรือการต่อสายไฟของแต่ละอุปกรณ์สามารถศึกษาได้จากคู่มือ (Manual) ในส่วนของ Power circuit จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส 50Hz



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบในวงจรกำลัง

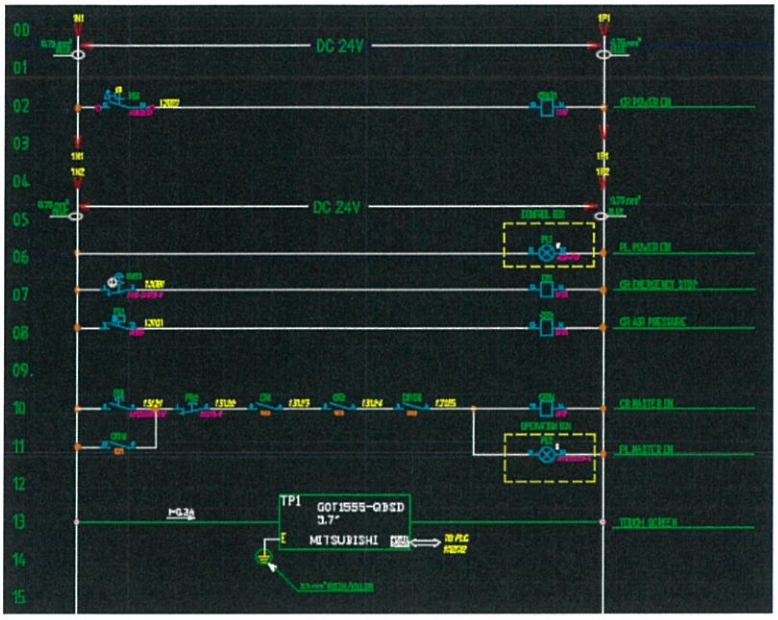
PLC Specification จะเป็นส่วนที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับ PLC โดยจะใช้การ์ด CPU รุ่น Q03UDECPU การ์ด POWER SUPPLY รุ่น Q61P การ์ดอินพุต QX42 การ์ดเอาต์พุต QY42P รวมถึงการบอกอินพุตของอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับ PLC



รูปที่ 3.3 PLC Specification

3.1.2 การออกแบบวงจรควบคุม (Control circuit)

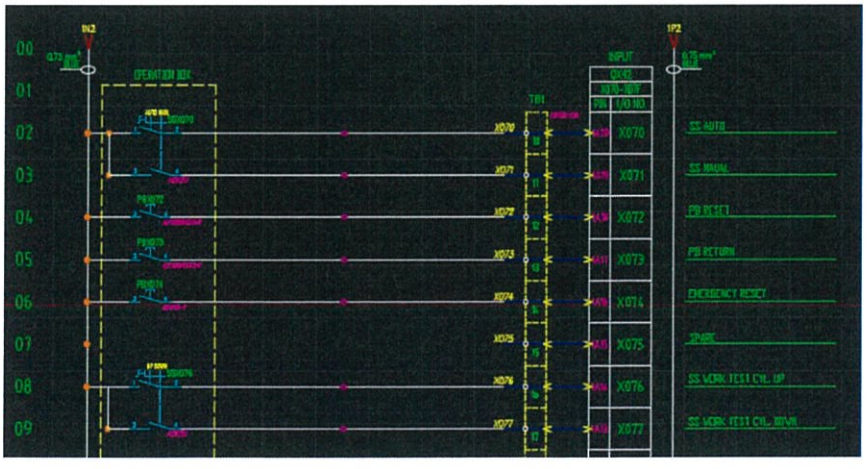
เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรกำลัง จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จากวงจรกำลังต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งในวงจรควบคุม นั้นจะมีการต่อวงจร Master on ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบในวงจรควบคุม

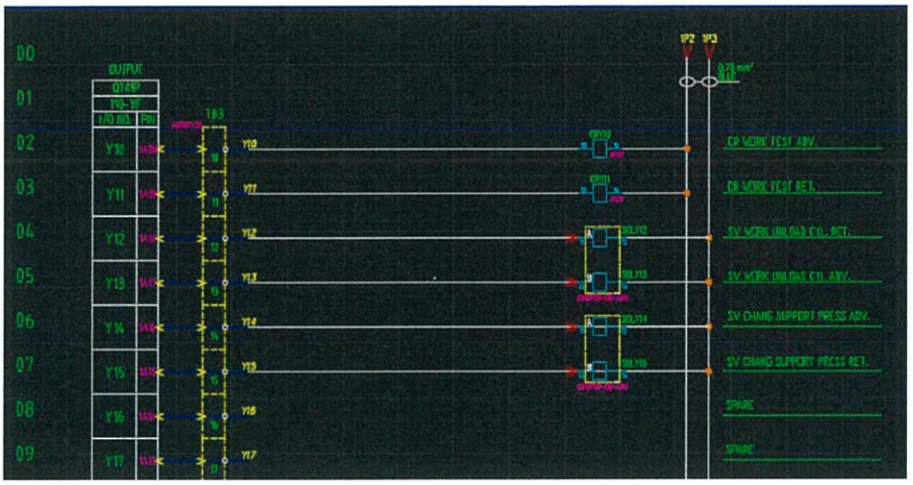
3.1.3 การออกแบบวงจรอินพุต เอาต์พุต (Input/output circuit)

วงจรอินพุต เป็นการเขียนบอกอุปกรณ์อินพุตทั้งหมดที่ต่อเข้า PLC ที่ใช้ในการสั่งการ ในที่นี้จะใช้ PLC ของ Mitsubishi Q Series (Q03UDECPU) ซึ่งต่อการ์ดอินพุต QX42 64P ใช้แอดเดรส X060-X09F



รูปที่ 3.5 วงจรอินพุต

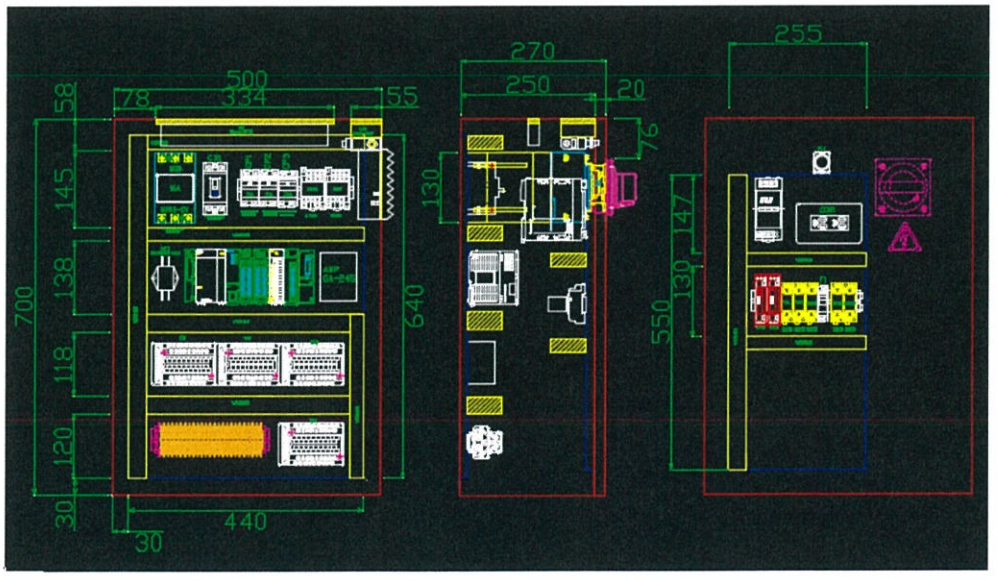
วงจรเอาต์พุต เป็นการเขียนบอกอุปกรณ์เอาต์พุตทั้งหมดใช้ PLC ในการสั่งการ ในที่นี้จะใช้ PLC ของ Mitsubishi Q Series (Q03UDECPU) ซึ่งต่อการ์ดอินพุต QY42P 64P ใช้แอดเดรส Y100-Y12F



รูปที่ 3.6 วงจรเอาต์พุต

3.1.4 การออกแบบการวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม (Board Layout)

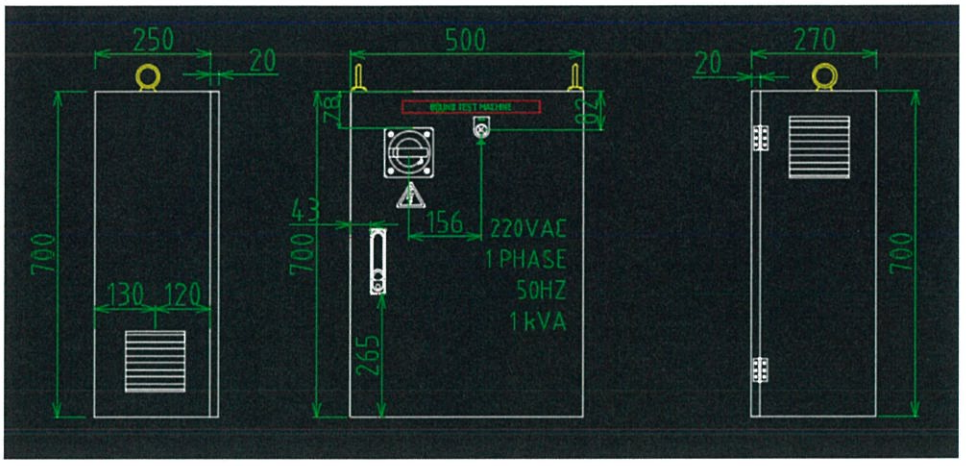
เมื่อทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าแล้ว นำอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดมาจัดวาง layout โดยขนาดของแต่ละอุปกรณ์ ต้องดูได้จากคู่มือ (Manual) ของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อที่จะให้ได้ขนาดที่เป็นจริง เมื่อนำมาจัดวางแล้ว ในงานปฏิบัติจริงจะได้ไม่มีปัญหา โดยการจัดวางนั้น จะคำนึงถึงความเหมาะสมของขนาดตู้ควบคุมที่ใช้ และมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย



รูปที่ 3.7 Board layout

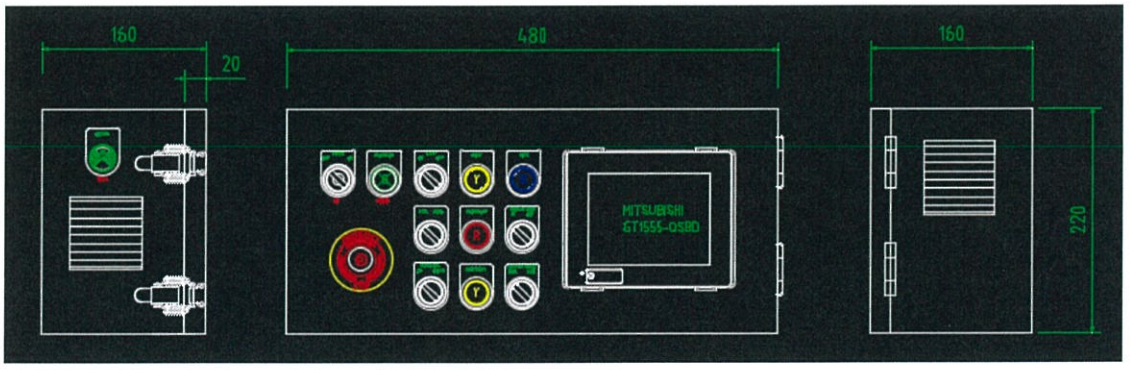
3.1.5 การออกแบบขนาดของตู้ (Control Box & Operation Box design)

การออกแบบตู้ควบคุม โดยตู้ที่ใช้ในงานนี้เป็นตู้ขนาด กว้าง 500 มม. สูง 700 มม. ลึก 290 มม . ติด Eye Bolt สำหรับยกตู้ 2 ตัว ติดช่องพัดลมที่ด้านขวาบน และช่องระบายอากาศที่ด้านซ้ายล่าง ด้านหน้าเจาะรูสำหรับติดHandle breaker และติดกุญแจฝาตู้



รูปที่ 3.8 ขนาดตู้ควบคุม

การออกแบบตู้ปฏิบัติการเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน ควรมีการจัดวางอุปกรณ์ให้สวยงามและสะดวกต่อการใช้งาน



รูปที่ 3.9 ขนาดตู้ปฏิบัติการ

3.1.6 การส่งแบบให้ลูกค้าตรวจ (Drawing approval)

เมื่อออกแบบเสร็จแล้ว ต้องส่งแบบให้ลูกค้าตรวจก่อน เพราะอาจมีรายละเอียดที่ต้องแก้ไขเพิ่มเติม เมื่อทางลูกค้าได้ approve และ confirm เรียบร้อยแล้ว จะมีการทำเอกสาร EE DWG. Check Sheet เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบ และทำการเตรียมการ Wiring ต่อไป

3.1.7 การสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำตู้ควบคุม (Purchasing)

ในการสั่งซื้ออุปกรณ์แต่ละครั้ง จะลงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ต้องการสั่งซื้อ ทั้งชนิด รุ่น ยี่ห้อ รวมถึงจำนวนของอุปกรณ์ ในเอกสาร EE BOM แล้วออกใบจัดซื้อ (Purchase requisition) เพื่อจะส่งต่อให้แผนกจัดซื้อ คำนวณราคาและจัดซื้อ ของตามรายการวัสดุอุปกรณ์นั้นๆ และเพื่อให้สามารถตรวจสอบอุปกรณ์เวลาส่งมาถึงได้อย่างถูกต้อง

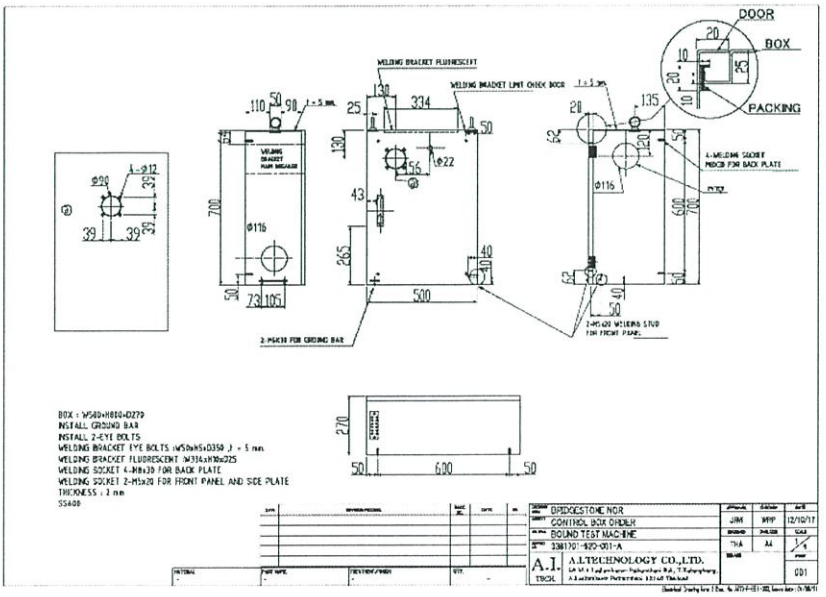
A.L TECHNOLOGY / A.L INDUSTRY				COST :	-	
เรื่อง :	Electrical Standard Part List					
BILL OF MATERIAL FOR PROJECT Name :		PROJECT No :	CUSTOMER :	REQUESTER :		
IMPROVEMENT BOUND CHECK MACHINE		5301701	BRIDGESTONE	PANYA		
ITEM	Symbol	Material Description	Model	Brand	CODE (ERP)	Q'ty
1		PROXIMITY SENSOR	EM-005	KEYENCE	PE-KEY-EM005X-01	1
2		HANDLE	F-15V	MITSUBISHI	PE-MIT-F15VXX-01	1
3		CIRCUIT BREAKER	NF125-CV,2P,80A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF125C-05	1
4		COVER BREAKER	TCS-15V3	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS15V-02	1
5		CIRCUIT BREAKER	NF63-CV,50A,3P	MITSUBISHI	PE-MIT-NF2CV3-02	1
6		COVER	TCS-05V3	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS15V-02	1
7		CIRCUIT BREAKER	NF30-CS,2P,5A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF2CV3-02	3
8		COVER BREAKER	TCS-03C'S2W	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS15V-02	3
9		CIRCUIT PROTECTOR	CP30-CS,2P,1M,3A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP302P-02	2
10		CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA,2P,5A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP302P-02	2
11		CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA,1-M,2P,,2A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP301P-01	1
12		PLC POWER SUPPLY	Q61P	MITSUBISHI	PE-MIT-Q61PA2-01	1
13		CPU UNIT	Q00UCPU	MITSUBISHI	PE-MIT-Q00UCP-01	1
14		BASE UNIT	Q38B	MITSUBISHI	PE-MIT-Q38BA2-01	1
15		INPUT MODULE	QX40	MITSUBISHI	PE-MIT-QX40CP-01	4
16		OUTPUT MODULE	QY40P	MITSUBISHI	PE-MIT-QY40PP-01	4
17		SUPPORT	KMK-100	MISUMI	PE-MIS-KMK100-01	2
18		POWER SUPPLY UNIT	S8JX-G15024C D	OMRON	PE-OMR-S8JXG1-02	1
19		CONTROL RELAY 24VDC	LY4N-D2	OMRON	PE-OMR-LY4ND-02	2
20		SOCKET RELAY	PTF14A-E	OMRON	PE-OMR-PTF14A-02	2

รูปที่ 3.10 เอกสาร EE BOM ในการสั่งซื้อ

จากการออกแบบตู้ Control และตู้ Operation นำมาใส่แบบบอกขนาด ทั้งความสูง ความกว้าง และความลึกของตู้ ระยะรูที่เจาะ วัสดุที่ใช้ทำตู้ ความหนาของวัสดุ พร้อมทั้งบอกระยะเชื่อม SOCKET สำหรับยึดบอร์ด และทำการสั่งซื้อกับทาง Supplier โดยแนบใบปะหน้าเพื่อแสดงรายละเอียดการทำตู้ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่าง ใบปะหน้ารายละเอียดสั่งทำตู้ควบคุม

DETAILS	Box1 Control Box 1 Pcs
1.1	Size: W500 x H800 x D270 (mm.)
1.2	ใช้เหล็กทำตู้หนา 1.5 mm.
1.3	เชื่อม Stud M8x30 mm สำหรับยึด Board ระยะ ตามแบบ 4 ตัว
1.4	มีNut สำหรับยึดแท่ง Ground Bar พร้อมแท่ง Ground Bar ขนาด, ระยะตามแบบ
1.5	มี stud bolt สำหรับต่อสาย ground ระหว่างประตูตู้กับตัวตู้
1.6	ทำคิ้วตู้เป็นแบบกันน้ำ
1.7	เชื่อมราง C ที่ประตูตู้ด้านในทั้ง 4 ด้าน (ติดฟองน้ำอยู่ในรางC)
1.8	กุญแจฝาตู้ A280-3
1.9	เจาะรูที่ประตูตู้,ด้านข้างและข้างล่างตู้ ขนาด,ระยะ ตามแบบ
1.10	ติด Eye Bolt สำหรับยกตู้ 2 ตัว
	**เจียร์ในส่วนที่เจาะหรือตัดทั้งด้านในและด้านนอก เพื่อลบคม



รูปที่ 3.11 ใบสั่งทำตู้ควบคุม

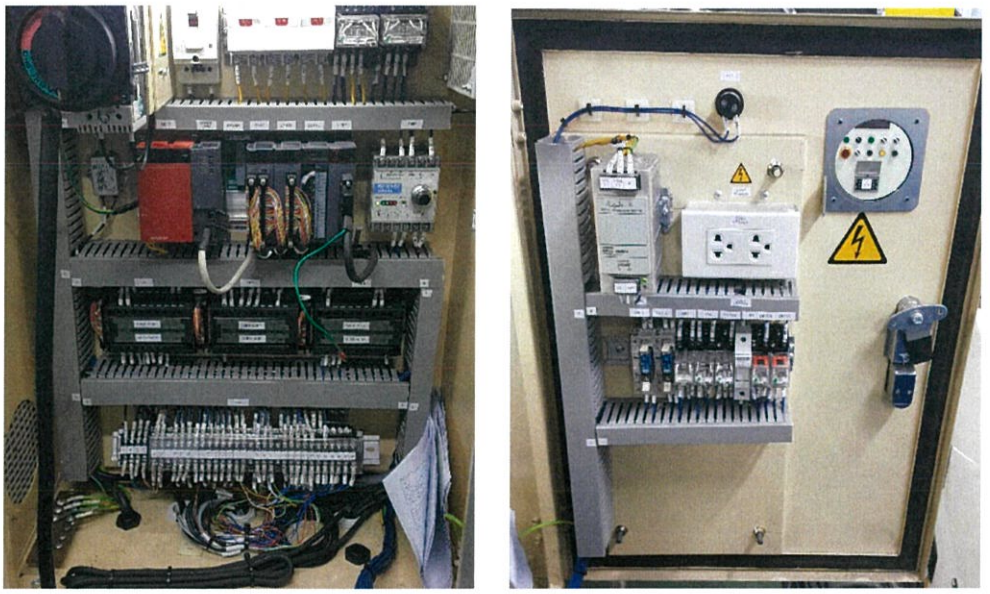
3.2 การจัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Panel and Machine wiring)

3.2.1 การวาง Layout

เมื่อได้อุปกรณ์ที่สั่งซื้อมาครบแล้ว เริ่มทำการวัดระยะการวางอุปกรณ์ ตามแบบ board layout โดยทำการวัดและเจาะรู Board ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ ติดตั้งอุปกรณ์รวมทั้ง Wire Duct สำหรับเก็บสายไฟเพื่อความเรียบร้อย และติดตั้งรางสำหรับยึดอุปกรณ์และ Relay ที่ Board

3.2.2 การเดินสายไฟ

ในการต่อสายไฟ จะมีการกำหนดสีและขนาดของสายไฟ รวมถึงการใส่ Mark Tube บอกเลข Mark ของสายไฟนั้นๆ



รูปที่ 3.12 การเดินสายไฟตู้ควบคุม

รูปที่ 3.13 การเดินสายไฟตู้ปฏิบัติการ

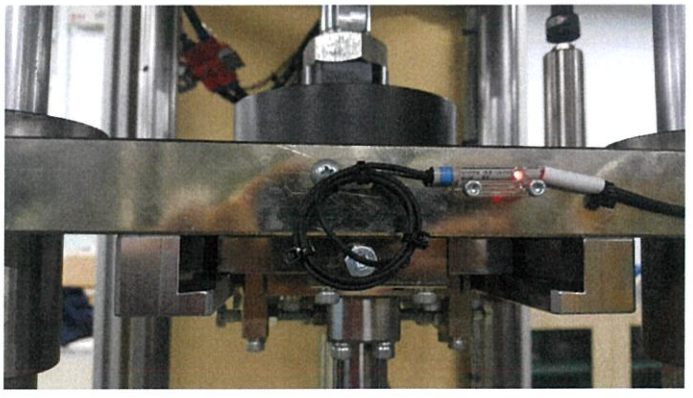
3.2.3 การติดตั้งตู้ควบคุมเข้ากับตัวเครื่องจักร

เมื่อทำการเดินสายไฟเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การติดตั้งตู้ควบคุม และตู้ปฏิบัติการ ทั้งสองเข้ากับเครื่องจักรตาม ตำแหน่งที่กำหนดไว้ตามที่ฝ่ายออกแบบเครื่องจักรกลได้ออกแบบไว้

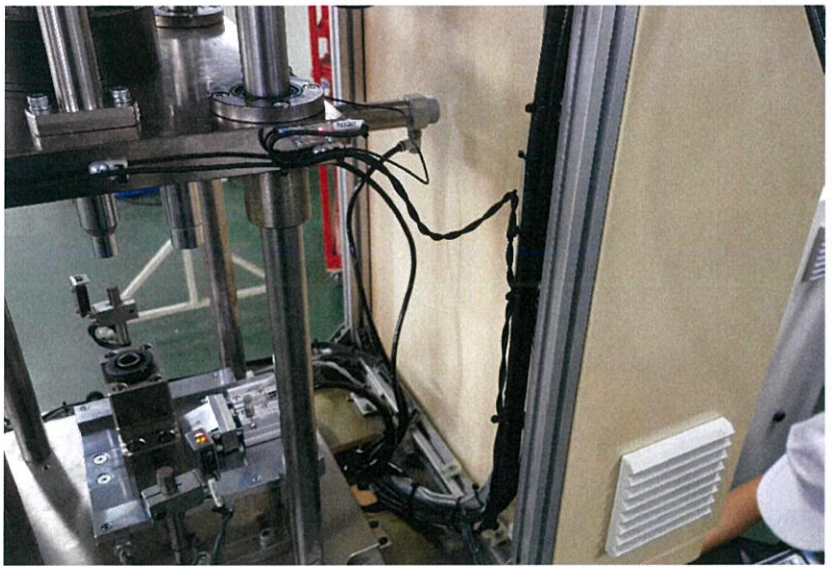
รูปที่ 3.14 การติดตั้งตู้ควบคุม และตู้ปฏิบัติการ เข้ากับเครื่องจักร

3.2.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring)

เป็นการเดินสายไฟและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Sensor ต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ตามแบบ Circuit Diagram เข้ากับตัวเครื่องจักร



รูปที่ 3.15 การติดตั้งเซนเซอร์เข้ากับตัวเครื่องจักร



รูปที่ 3.16 การเดินสายไฟที่ตัวเครื่องจักรเข้าตู้ควบคุม

รูปที่ 3.17 การติดตั้งทาวเวอร์ไลท์เข้ากับตัวเครื่องจักร

3.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องจักร (Test & Adjust)

3.3.1 การออกแบบและดำเนินการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมจะมีอยู่สองโหมดการทำงานด้วยกันคือ โหมดบังคับด้วยมือ (Manual) และโหมดการทำงานอัตโนมัติ (Auto) โดยในโหมดอัตโนมัตินั้นจะดำเนินลำดับขั้นการทำงานหลักๆ สองขั้นตอนและมี Algorithm คล้ายๆกัน

ลำดับขั้นตอนโหมดการทำงานอัตโนมัติ ดังนี้

1. ระบบเข้าสู่การทำงานอัตโนมัติ (Auto)

2. วางชิ้นงานและเริ่มการทำงานโดยกด Start

3. เซนเซอร์ตรวจหาชิ้นงาน ถ้าพบ เริ่มการทำงาน

4. เริ่มสั่งให้กระบอกลม support press ทำงาน Forward เพื่อรองรับ JIG

5. กระบอกลม work test กดลงมายังชิ้นงานที่ Inner tube 5 มิลลิเมตร โดยเซนเซอร์ Monosashi-kunจะเริ่มวัดระยะผิวจากชิ้นงาน เป็น 0 มิลลิเมตร

6. เปรียบเทียบ ระยะที่กดลงมาอยู่ในช่วง Upper และ Lower ที่กำหนด เริ่มทำงานต่อ ถ้าระยะที่กดลงมาไม่อยู่ในช่วง Upper และ Lower ที่กำหนด Alarm part NG นำชิ้นงานออก

7. กระบอกลม support press กับ work test กับสู่ตำแหน่งปกติ เตรียมเริ่มขั้นตอนต่อไป

8. กระบอกลม Head press ทำงาน Forward

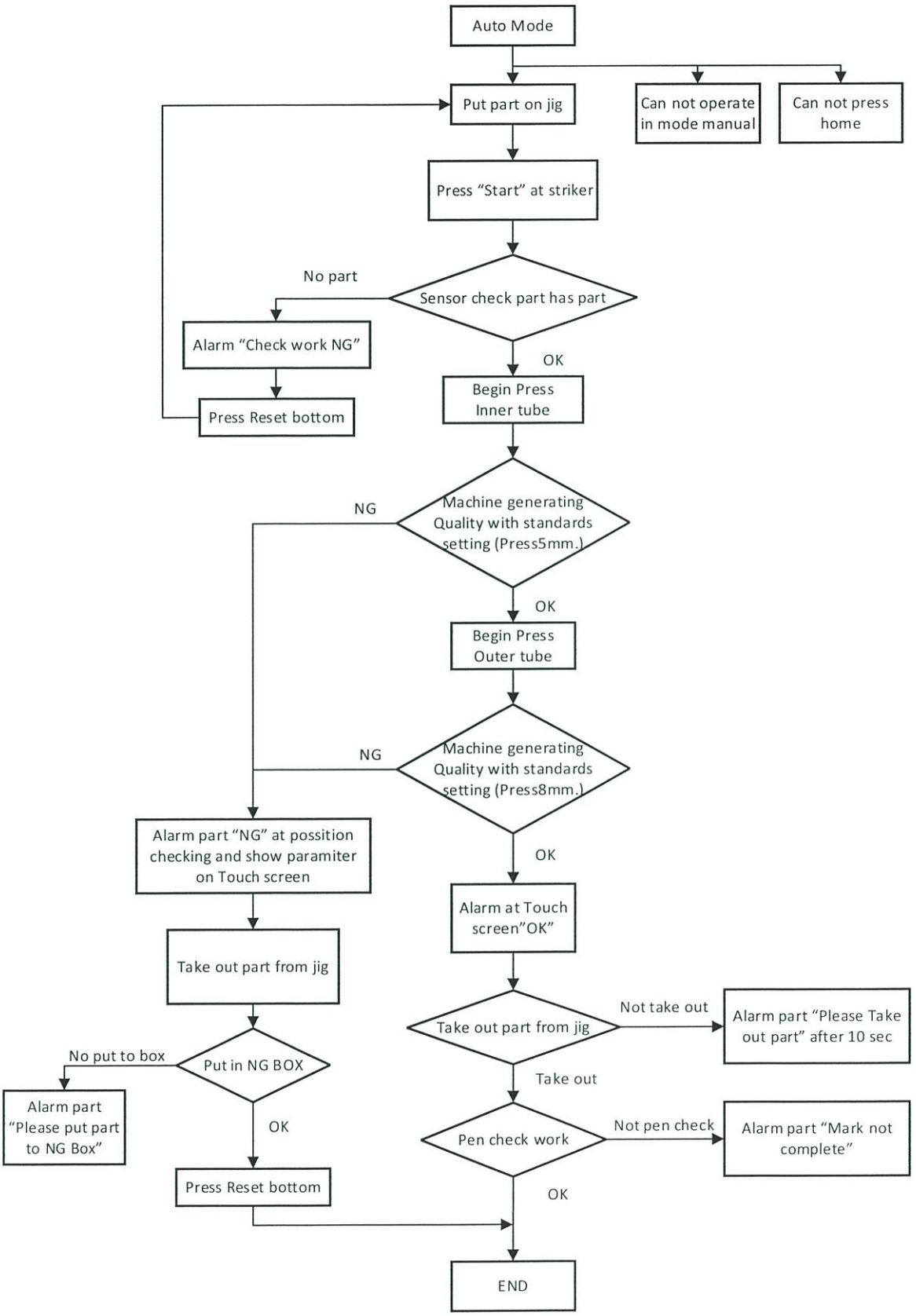
9. กระบอกลม work test กดลงมายังชิ้นงานที่ Outer tube 8 มิลลิเมตร โดยเซนเซอร์ Monosashi-kunจะเริ่มวัดระยะผิวจากชิ้นงาน เป็น 0 มิลลิเมตร

10. เปรียบเทียบ ระยะที่กดลงมาอยู่ในช่วง Upper และ Lower ที่กำหนด เริ่มทำงานต่อ ถ้าระยะที่กดลงมาไม่อยู่ในช่วง Upper และ Lower ที่กำหนด Alarm part NG นำชิ้นงานออก

11 .แสดงผลหน้าจอ OK นำชิ้นงานออก

12 .ทำเครื่องหมายที่ชิ้นงาน

ดังนั้น เราได้แผนภาพการออกแบบและการดำเนินการของเครื่องจักร ซึ่งได้แสดง Algorithm ไว้ด้วยและจะถูกนำเอาไปใช้เป็นหลักอ้างอิง เมื่อดำเนินการสร้างจริง

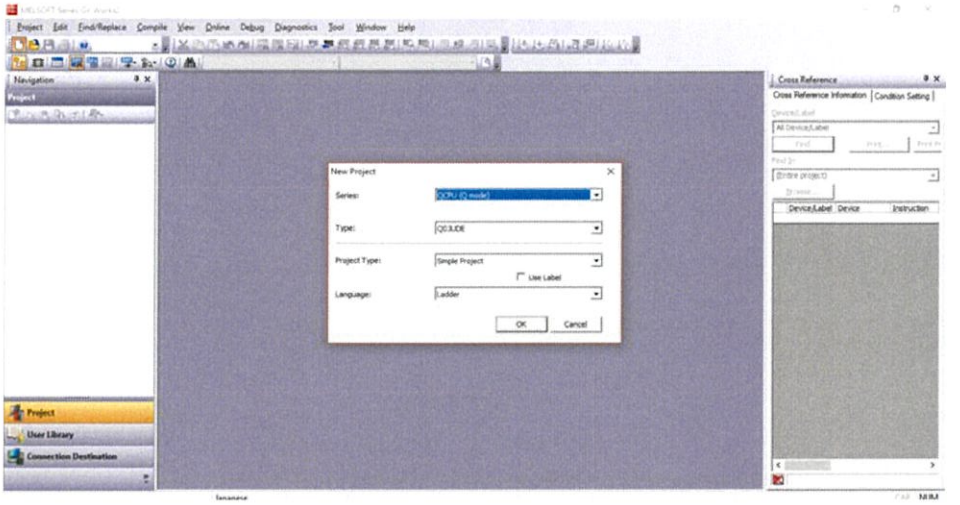


รูปที่ 3.18 Bound test machine Flowchart

3.3.2 การเขียนโปรแกรม PLC (Programming)

การเริ่มต้นเขียนโปรแกรม PLC ของ Mitsubishi โดยใช้โปรแกรม GX Works2 ในการเขียนภาษา Ladder ขั้นตอนแรกจะต้องเลือกรุ่นของ PLC ให้ตรงกันกับ Hardware PLC เพื่อให้โปรแกรม Link เข้า PLC ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์แบบดังนี้

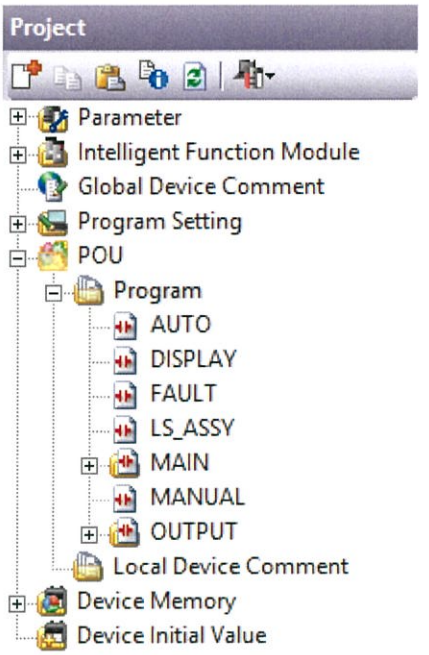
Series (ซีรีย์รุ่นของพีแอลซี) : QCPU (Q Mode)
Type (รุ่นของซีพียู) : Q03UDE
Project type (ประเภทโปรเจค) : Simple Project
Language (ภาษาที่ใช้) : Ladder



รูปที่ 3.19 หน้าจอตั้งค่ารุ่น PLC ที่ใช้ โปรแกรม GX Works2

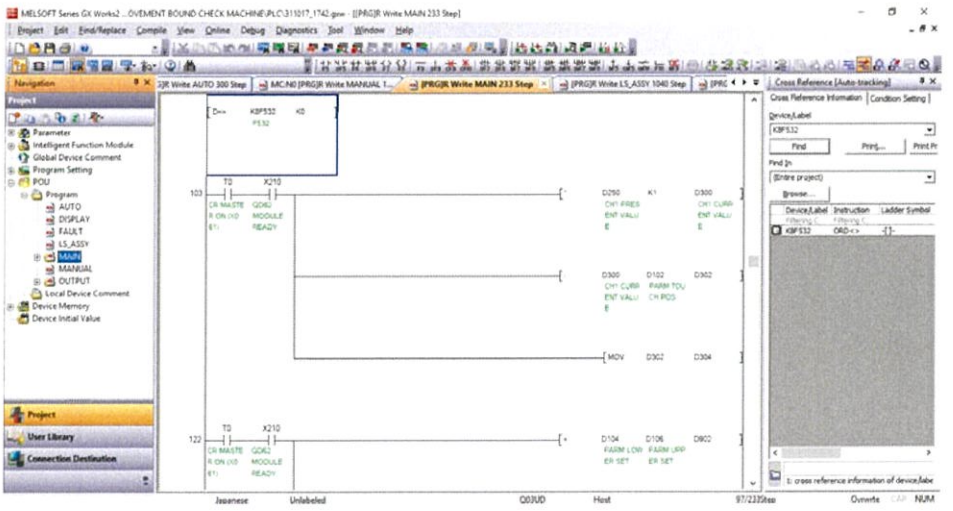
การเขียนโปรแกรมควบคุมหรือโปรแกรมขั้นบันได (Ladder Diagram) เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนและการแก้ไขในอนาคต จะมีเป็นการแบ่งโปรแกรมออกเป็นภาคส่วนในการควบคุม โดยการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐานทางบริษัท เอ.ไอ.อินดัสตรี้ จำกัด จะมีการแยกออกเป็น 7 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. MAIN คือ ภาคการควบคุมหลักของเครื่องจักร
2. LS ASSY คือ ภาคสัญญาณอินพุต
3. FAULT คือ ภาคความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร
4. MANUAL คือ ภาคการควบคุมด้วยมือ
5. AUTO คือ ภาคการควบคุมอัตโนมัติ
6. DISPLAY คือ ภาคการควบคุมทางหน้าจอ
7. OUTPUT คือ ภาคสัญญาณเอาต์พุต



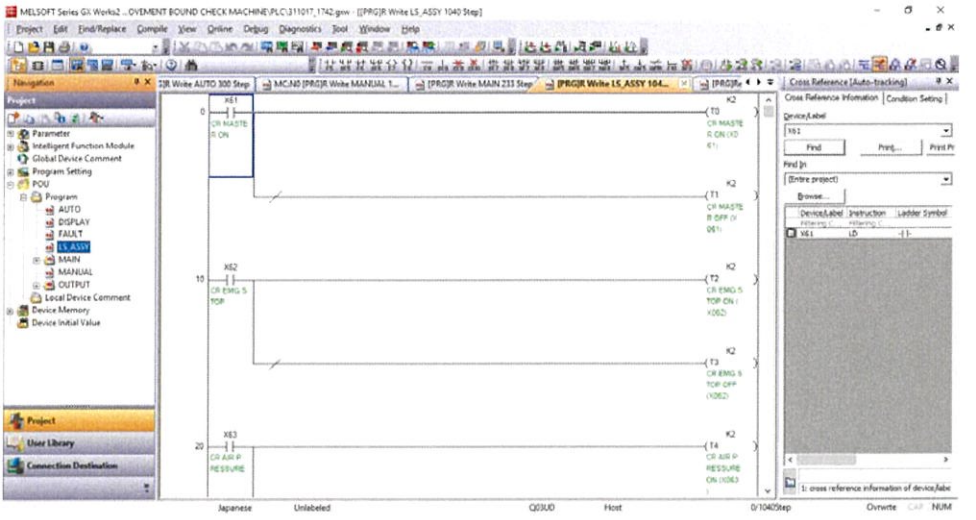
รูปที่ 3.20 การแบ่งโปรแกรมออกเป็น 6 ส่วน

1. ภาค MAIN หรือ ภาคการควบคุมหลักของเครื่องจักร เป็นส่วนหลักที่บ่งบอกถึงสถานะที่สำคัญ อาทิเช่น ความปกติของ PLC การรีเซตความผิดพลาด เครื่องจักรอยู่ในสถานะเริ่มต้น หรือ สถานะความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเครื่อง เป็นต้น



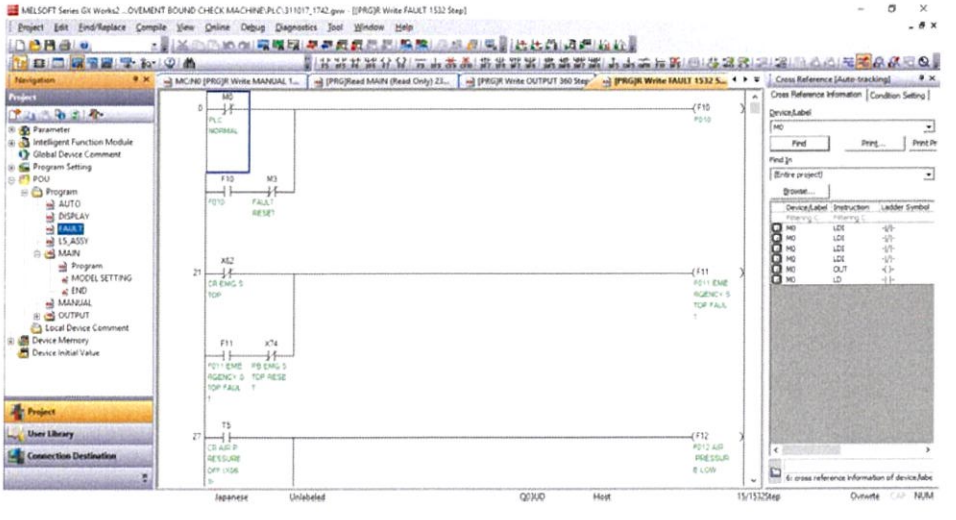
รูปที่ 3.21 โปรแกรมส่วน MAIN

2. ภาค LS_ASSY หรือ ภาคสัญญาณอินพุต เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศสัญญาณอินพุตที่ใช้ทั้งหมดตามแบบไฟฟ้า ซึ่งขับออกผ่าน Relay หรือ Timer เพื่อนำทั้ง 2 อย่าง ที่ได้กล่าวมานั้นไปใช้ในภาคอื่นๆต่อไป



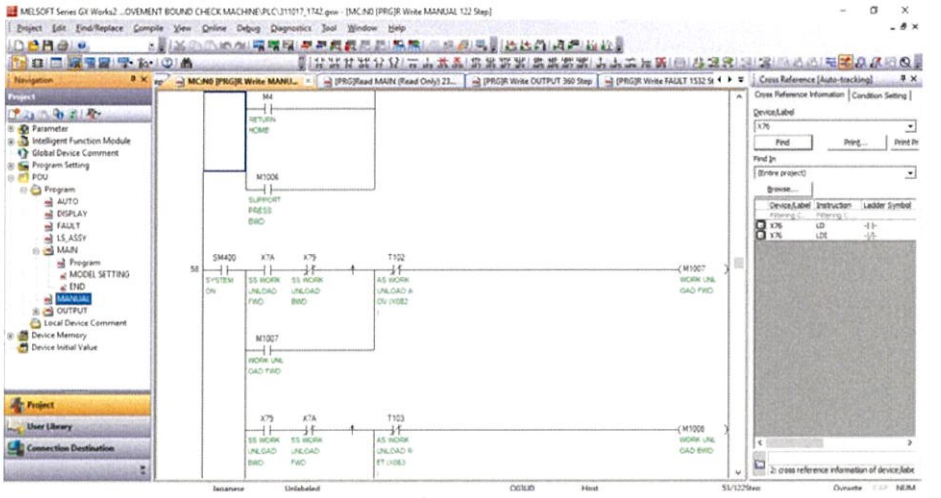
รูปที่ 3.22 โปรแกรมส่วน LS_ASSY

3. ภาค FAULT หรือ ภาคความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร เป็นส่วนที่จะแสดงสถานะความผิดพลาดทุกอย่างภายในเครื่องจักรนี้ อาทิเช่น PLC เกิดความผิดปกติ, Pressure Switch ไม่ทำงานอันเนื่องจากไม่มีแหล่งจ่ายลมเข้าเครื่อง, Auto Stop Fault หรือความผิดพลาดหยุดการทำงานอัตโนมัติทันที อาทิเช่น เครื่องจักรไม่อยู่ในสถานะเริ่มต้นแต่สามารถเริ่มการทำงานได้ , Cycle Stop Fault หรือความผิดพลาดหยุดการทำงานเมื่อจบรอบ และ Other Fault หรือความผิดพลาดอื่นๆ อาจจะ เป็นได้ทั้งการแจ้งเตือนต่างๆก็ได้



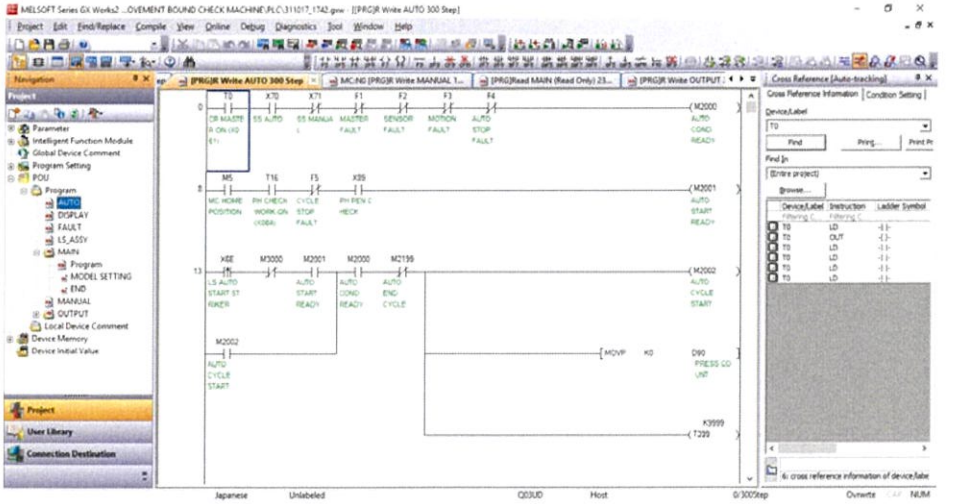
รูปที่ 3.23 โปรแกรมส่วน FAULT

4. ภาค MANUAL หรือ ภาคการควบคุมด้วยมือ เป็นการทำงานแบบทำงานส่วนใดส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ผ่านการสั่งการบนตู้ Operation ของเครื่องจักร ส่วนใหญ่จะใช้ ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่องจักร



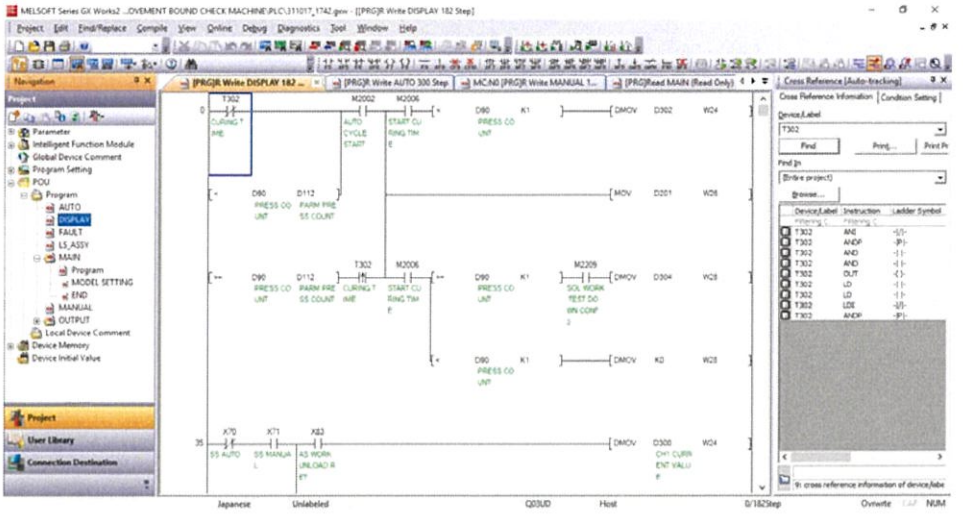
รูปที่ 3.24 โปรแกรมส่วน MANUAL

5. ภาค AUTO หรือ ภาคการควบคุมอัตโนมัติ เป็นการทำงานอัตโนมัติซึ่งเป็นหัวใจหลักในการผลิตชิ้นงานหรือสั่งทำชิ้นงานใดๆ บนเครื่องจักรนี้ด้วยความรวดเร็ว โดยจะนำขั้นตอนการทำงานที่ลูกค้าต้องการนั้น นำมาเขียนโปรแกรมลงบนส่วนของภาคนี้ เพื่อให้เครื่องจักรตามงานอัตโนมัติอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และเวลาแก้ไขขั้นตอนการทำงานเครื่องจักรนั้นจะ ได้เข้ามาแก้ไขได้ที่นี่



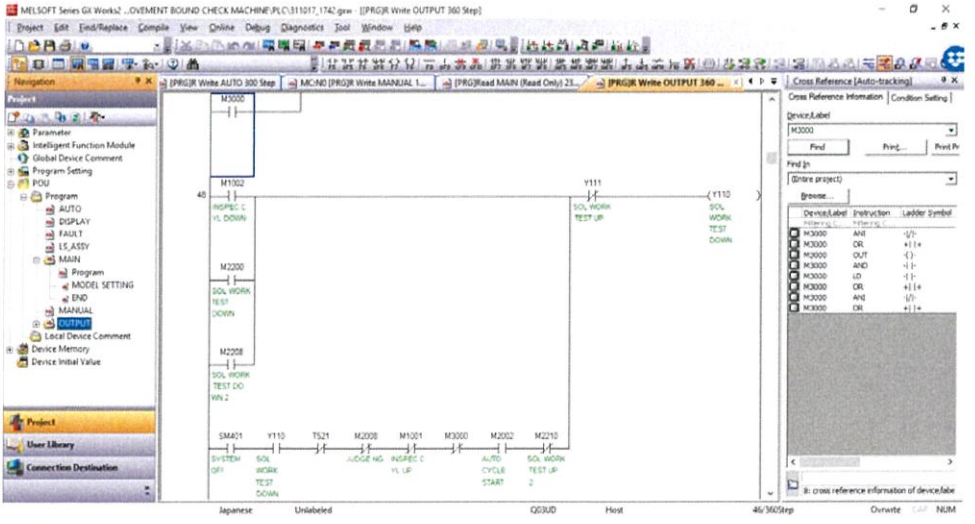
รูปที่ 3.25 โปรแกรมส่วน AUTO

6. ภาค DISPLAY หรือ ภาคการควบคุมทางหน้าจอ เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและแสดงผลผ่านทางหน้าจอทัสกรีน เพื่อให้การทำงานสอดคล้องกับการเขียนทัสกรีน แสดงผลได้ตรงกับค่าที่ PLC โดยหน้าจอทัสกรีนเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ผ่การสั่งการบนตู้ Operation ของเครื่องจักร



รูปที่ 3.26 โปรแกรมส่วน DISPLAY

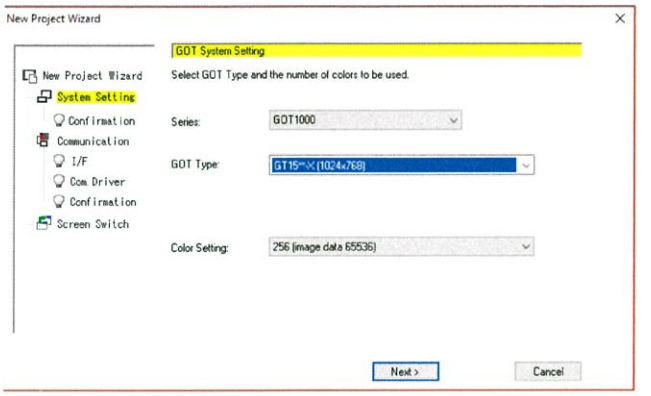
7. ภาค OUTPUT หรือ ภาคสัญญาณเอาต์พุต เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งจะนำพอยล์ของเอาต์พุต ไปใช้งานเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการส่งค่าไปใช้งานหรือแสดงผล อาทิเช่น คอยล์ ของรีเลย์ โซลินอยด์ วาล์ว หรือ คอนโทรลเลอร์ต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 3.27 โปรแกรมส่วน OUTPUT

3.3.3 การเขียนโปรแกรม Touch screen

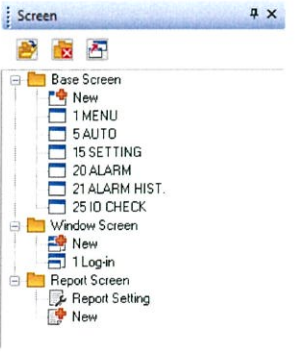
เครื่องจักรนี้ใช้หน้าจอทัสกรีนของ Mitsubishi GOT1000 โดยใช้โปรแกรม GT Designer3 ในการเขียนในการเขียนหน้าจอ ขั้นตอนแรกจะต้องเลือกรุ่นของหน้าจอทัสกรีนในโปรแกรม ให้ตรงกันกับ Hardware เพื่อให้โปรแกรม Link เข้า หน้าจอทัสกรีน ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์แบบ เช่นเดียวกับการลิงค์กับ PLC



รูปที่ 3.28 การตั้งค่ารุ่น ทัสกรีน โปรแกรม GT Designer3

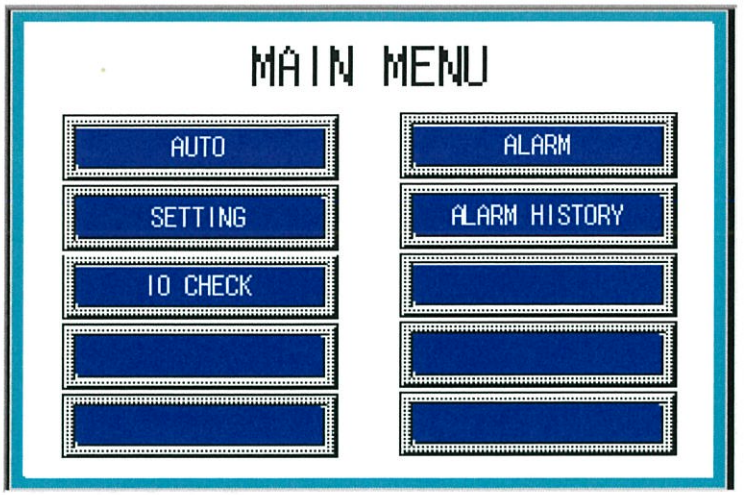
การเขียนโปรแกรมหน้าจอ Touch screen เพื่อแสดงผลการทำงานของเครื่องจักร และป้อนค่าการตั้งค่าผ่านทางหน้าจอแทนการแก้ไขผ่าน PLC โดยเครื่องนี้จะมีการเขียนเป็น 7 หน้า คือ

1. MENU คือ หน้าเมนูหลัก
2. AUTO คือ หน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ
3. SETTING คือ หน้าการตั้งค่า
4. ALARM คือ หน้าแสดงการแจ้งเตือน
5. ALARM HIST. คือ หน้าแสดงประวัติการแจ้งเตือน
6. IO CHECK คือ หน้าเช็คอินพุตและเอาต์พุต
7. LOG-IN คือ หน้าจอเข้ารหัสผ่าน



รูปที่ 3.29 การแบ่งโปรแกรมออกเป็น 6 ส่วน

1. MENU Page หรือ หน้าเมนูหลัก

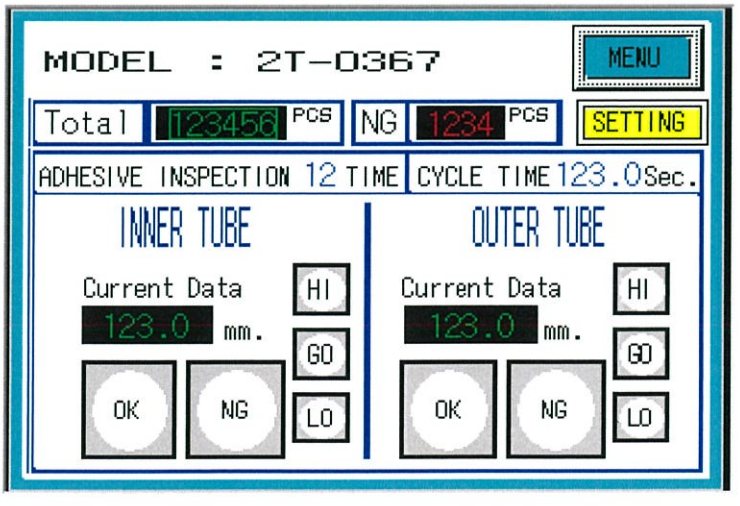


รูปที่ 3.30 หน้าเมนูหลัก

ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานหน้าเมนูหลัก

ชื่อ	การทำงาน
AUTO	เปลี่ยนไปยังหน้าจอAuto
SETTING	เปลี่ยนไปยังหน้าจอSetting
IO CHECK	เปลี่ยนไปยังหน้าจอMonitor I/O
ALARM	เปลี่ยนไปยังหน้าจอAlarm
ALARM HISTORY	เปลี่ยนไปยังหน้าจอAlarm history

2. AUTO Page หรือ หน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ

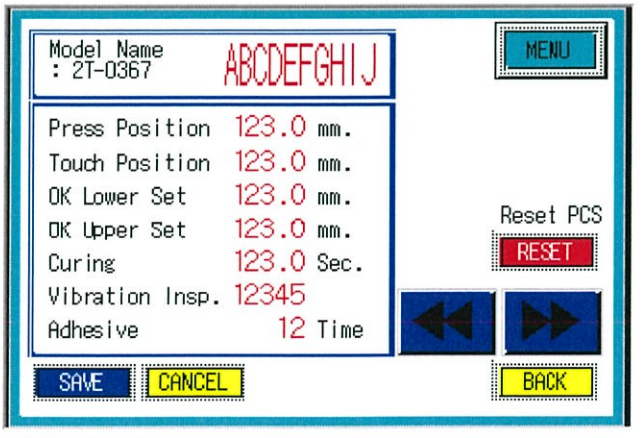


รูปที่ 3.31 หน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.3 แสดงการทำงานหน้าโหมดการทำงานอัตโนมัติ

ชื่อ	การทำงาน
MENU	เปลี่ยนหน้าไปยังหน้าเมนูหลัก
SETTING	เปลี่ยนหน้าไปยังหน้าการตั้งค่า
TOTAL	จำนวนงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ
NG	จำนวนงานเสียที่ตรวจสอบ
CYCLE TIME	เริ่มเวลาเมื่อ "กดเริ่มที่สวิตซ์สไตเกอร์".
	หยุดเวลาเมื่อ "ปากกาทำเครื่องหมาย".
ADHESIVE INSPECTION	ตัวเลขแสดงจำนวนครั้งที่กด
INNER CURREN DATA	ตัวเลขแสดงจำนวนค่าที่วัดได้เมื่อกดชิ้นงานลงไป
INNER OK	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานOK
INNER NG	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานNG
INNER HI	แสดงไฟสถานะเมื่อระยะทดสอบที่วัดเกินกว่าค่าสูงสุด
INNER GO	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานOK พร้อมสำหรับขั้นต่อไป
INNER LO	แสดงไฟสถานะเมื่อระยะทดสอบที่วัดน้อยกว่าค่าต่ำสุด
OUTER CURREN DATA	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานNG
OUTER OK	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานOK
OUTER NG	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานNG
OUTER HI	แสดงไฟสถานะเมื่อระยะทดสอบที่วัดเกินกว่าค่าสูงสุด
OUTER GO	แสดงไฟสถานะเมื่อชิ้นงานOK พร้อมสำหรับขั้นต่อไป
OUTER LO	แสดงไฟสถานะเมื่อระยะทดสอบที่วัดน้อยกว่าค่าต่ำสุด

3. SETTING Page หรือ หน้าการตั้งค่า

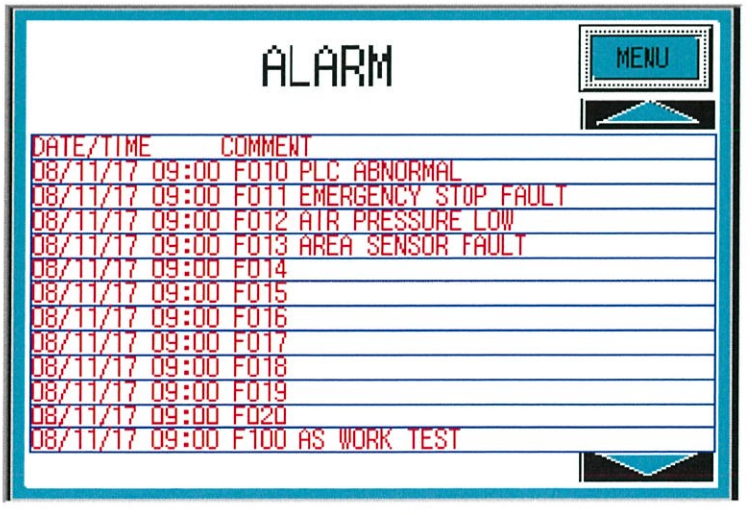


รูปที่ 3.32 หน้าการตั้งค่า

ตารางที่ 3.4 แสดงการทำงานหน้าการตั้งค่า

ชื่อ	การทำงาน
MODEL NAME	ข้อความแสดงผลโมเดลที่เลือก
PRESS POSITION	ตั้งค่าสำหรับระยะที่จะให้กดลงไป
TOUCH POSITION	ตั้งค่าสำหรับระยะที่ผิวงาน
OK LOWER SET	ตั้งค่าสำหรับระยะขอบเขตต่ำสุด
OK UPPER SET	ตั้งค่าสำหรับระยะขอบเขตสูงสุด
CURING	ตั้งค่าสำหรับเวลาที่ใช้ในการกดงาน
VIBRATION INSP.	ตั้งค่าสำหรับการสั่นสะเทือน
ADHESIVE	ตั้งค่าสำหรับจำนวนครั้งที่กด
RESET	กดเพื่อล้างค่านับจำนวนชิ้นงานทั้งหมดและงานเสีย
SAVE	กดเพื่อบันทึกการตั้งค่าในแต่ละโมเดล
CANCEL	กดเพื่อยกเลิกการตั้งค่าในแต่ละโมเดล
FWD	กดเพื่อเลือกโมเดลต่อไป
BWD	กดเพื่อเลือกโมเดลก่อนหน้า
MENU	เปลี่ยนหน้าไปยังหน้าเมนูหลัก
BACK	ย้อนกลับไปยังหน้าที่ผ่านมา

4. ALARM Page หรือ หน้าแสดงการแจ้งเตือน

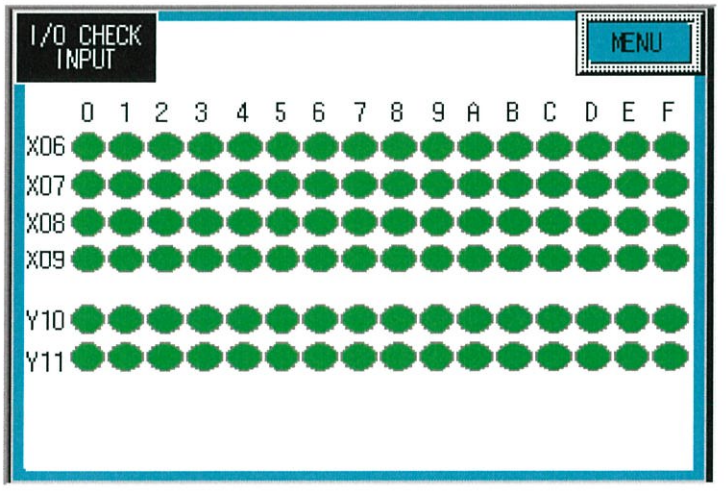


รูปที่ 3.33 หน้าแสดงการแจ้งเตือน

5. ALARM HIST. Page หรือ หน้าแสดงประวัติการแจ้งเตือน

รูปที่ 3.34 หน้าแสดงประวัติการแจ้งเตือน

6. IO CHECK Page หรือ หน้าเช็คอินพุตและเอาต์พุต



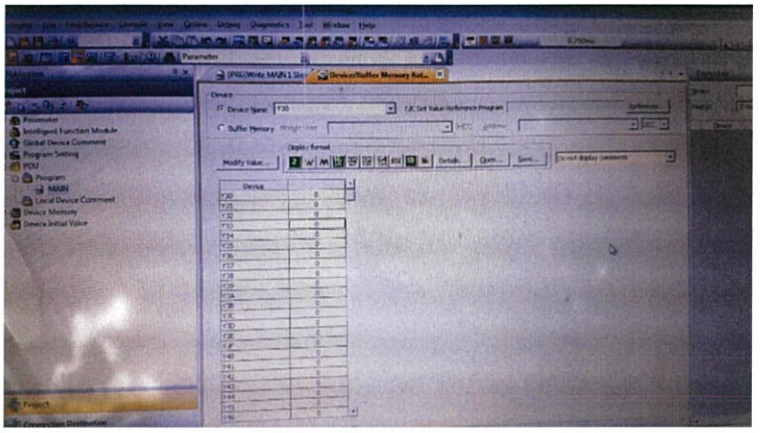
รูปที่ 3.35 หน้าเช็คอินพุตและเอาต์พุต

7. LOG-IN Page หรือ หน้าจอเข้ารหัสผ่าน

รูปที่ 3.36 หน้าจอเข้ารหัสผ่าน

3.3.4 การเช็คอินพุตและเอาต์พุตของการทำงานของเครื่องจักร

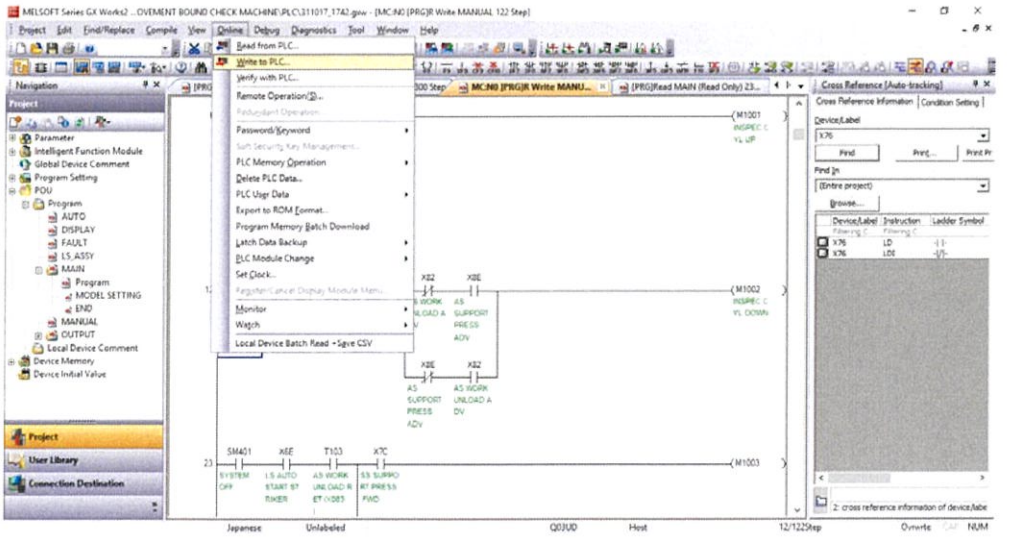
ก่อนที่จะเริ่มขั้นตอน Test & Install program ต้องมีการเช็คอินพุตและเอ้าพุตท์ หรือเรียกอีกอย่างว่า I/O Check เพื่อตรวจเช็คว่า อินพุตและ เอาต์พุตที่หน้าเครื่อง ตรงกับแบบ Diagram ที่ได้ออกแบบไว้หรือยัง ถ้ายังไม่ตรง ต้องทำการปรับแก้ที่ หน้าเครื่องจักร ให้ตรงกับแบบ เพื่อความถูกต้องตามแบบ Diagram และตรงตามมาตรฐานของโรงงาน ซึ่งทำการเช็คได้โดยใช้โปรแกรม GX-Work2 ในการเช็ค



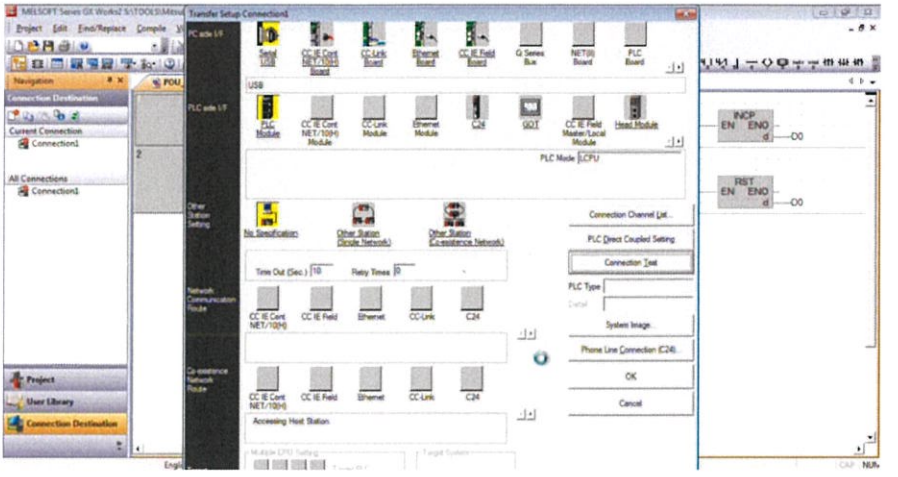
รูปที่ 3.37 การเช็คอินพุตและเอาต์พุต

3.3.5 การทดสอบโปรแกรมและติดตั้ง (Test & Install program)

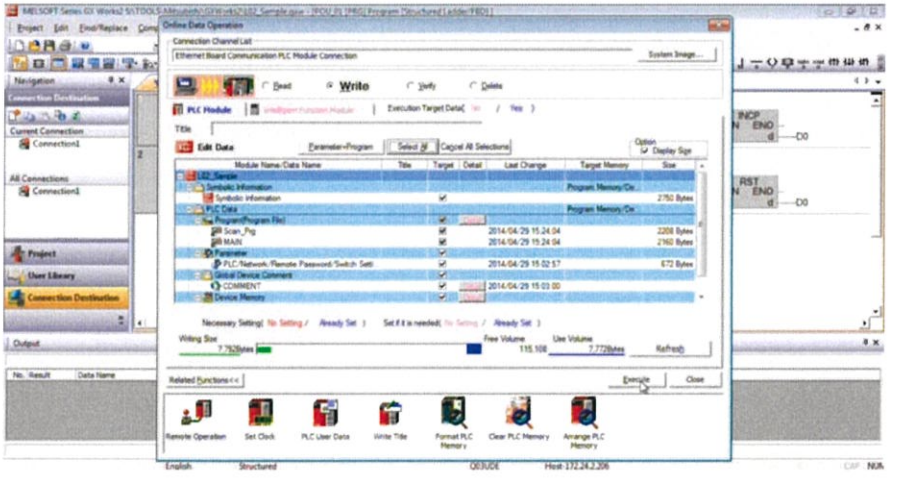
หลังจากที่มีการเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย จะมาถึงขั้นตอน Test & Install program เพื่อเป็นการแก้ไขและ confirm ฟังก์ชันทั้งหมดในการทำงานของเครื่องจักร โดยจะต้องทำการเชื่อมต่อกันระหว่าง Computer และ PLC ผ่านสาย USB โดยขั้นตอนอย่างคร่าวๆ ดังนี้



รูปที่ 3.38 การลงโปรแกรมไปยังPLC



รูปที่ 3.39 การเลือกรูปแบบการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.40 การเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการเขียนลงไป

รูปที่ 3.41 ทำการลงโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ไปยัง PLC

3.3.6 การรับความเห็นเพิ่มเติมจากลูกค้า (Customer inspection)

เมื่อลูกค้าเข้ามาทดสอบเครื่อง จะพบข้อผิดพลาดมากมายเกี่ยวกับเครื่อง ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของโปรแกรม หรือองค์ประกอบทางแมคคานิกส์ ซึ่งต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ทันตามกำหนดที่ลูกค้าจะเข้ามาทดสอบอีกครั้ง ก่อนส่งมอบเครื่องให้กับลูกค้า

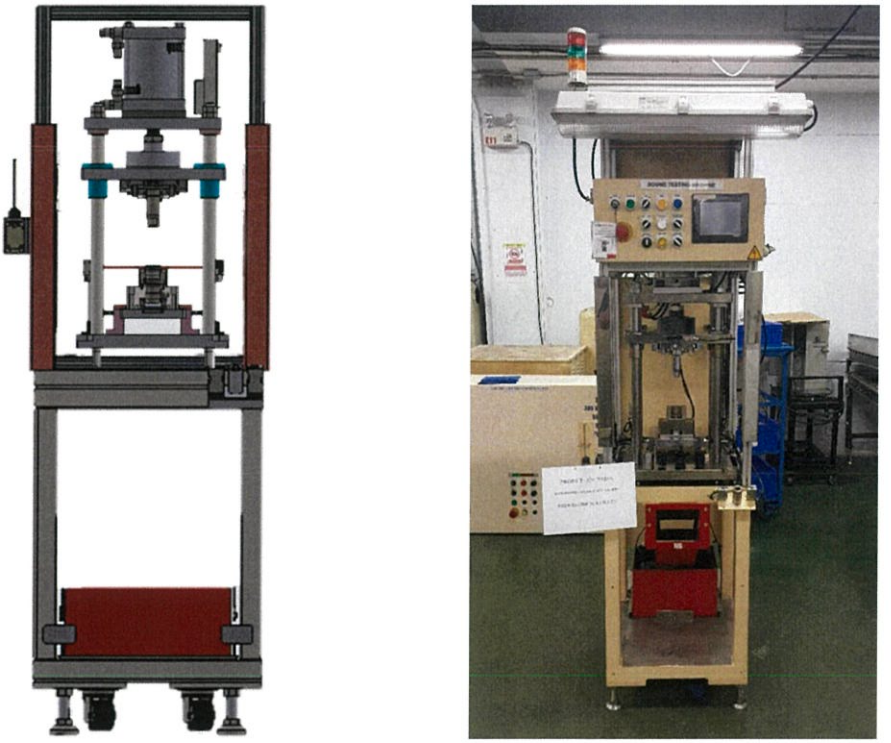
รูปที่ 3.42 การตรวจสอบจากลูกค้า

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการออกแบบและติดตั้งตู้ควบคุม

จากการดำเนินการการประกอบและติดตั้งเครื่องทดสอบชิ้นงาน (Bound Test Machine) โครงสร้างของเครื่องจักรจะถูกออกแบบโดยแผนกเครื่องกล ซึ่งประกอบตามแบบ 3D โมเดลที่ได้ออกแบบไว้ และทางแผนกไฟฟ้า ได้ทำการติดตั้งตู้คอนโทรล เพื่อใช้ควบคุมเครื่องจักร

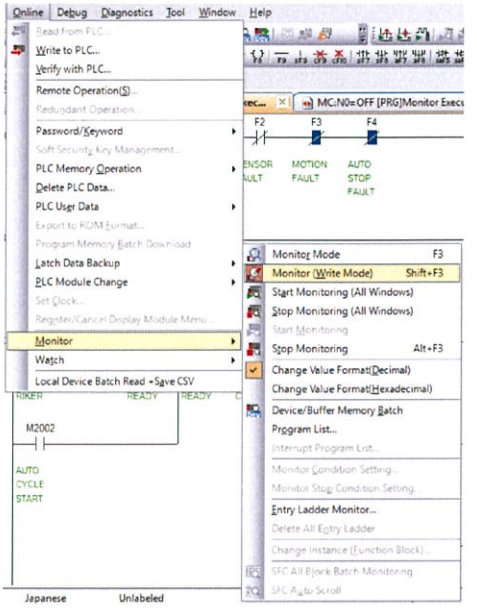


รูปที่ 4.1 แบบ 3D Model (ซ้าย) กับ เครื่องจริง (ขวา)

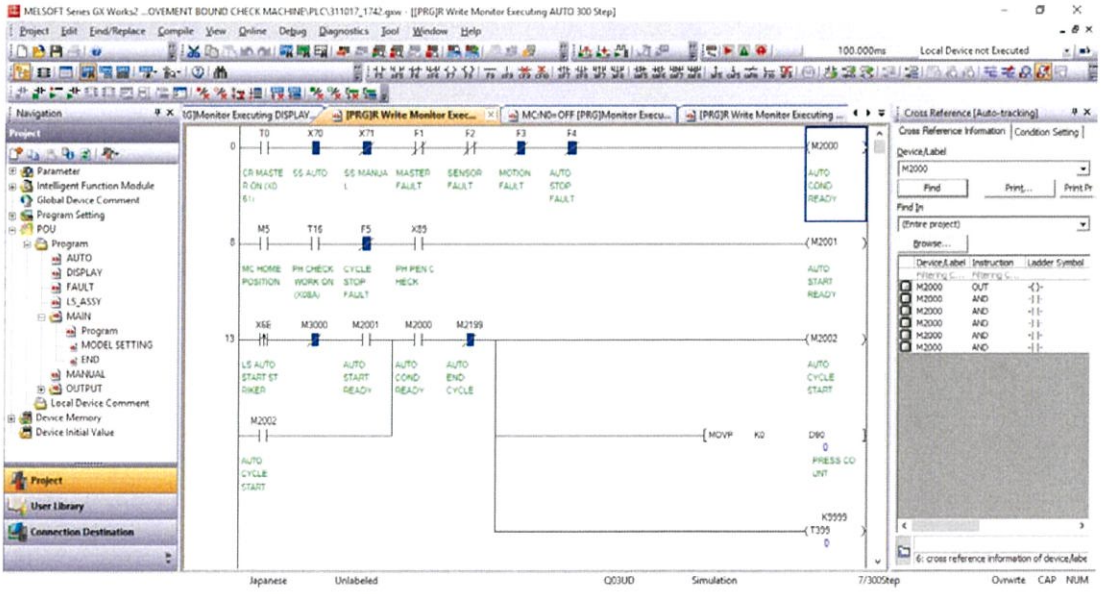
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม

จากการเขียนโปรแกรมแล้วก็จะทำการทดสอบโปรแกรมกับเครื่องจักร เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรม ที่เขียนนั้นสามารถทำงานตามที่ต้องการได้จริงหรือไม่ การเขียนโปรแกรมนั้น จะอ้างอิงจากฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักรที่ลูกค้าต้องการ

การลงโปรแกรมโดยการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีแอลซี เพื่อดูสถานะการทำงานของอุปกรณ์บนเครื่องจักร โดยให้ค่าสถานะระหว่างที่ตัวอุปกรณ์กับบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ให้มีค่าตรงกัน เพื่อที่จะสามารถทดสอบเครื่องจักร ดูค่าสถานะบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ และสามารถแก้ไขแบบออนไลน์ได้ โดยใช้ Monitor (write mode)



รูปที่ 4.2 การเรียกใช้ Monitor (write mode)



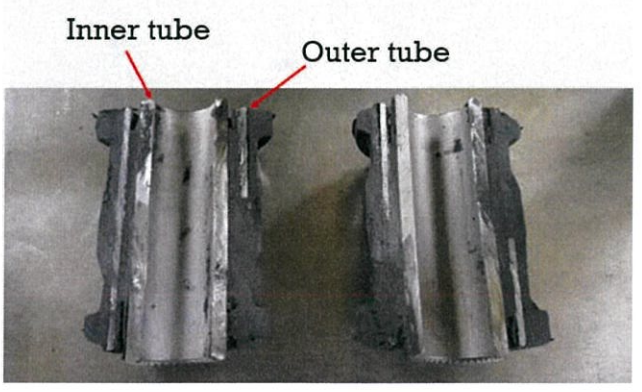
รูปที่ 4.3 หน้าต่าง Monitor (write mode) ดูสถานะการทำงาน

4.3 ผลการทดสอบการทำงาน

ในการทดสอบชิ้นงาน จะใช้ชิ้นงานตัวอย่างในการทดสอบ โดยจะมี ชิ้นงาน OK กับชิ้นงาน NG โดยจะมีลำดับการทดสอบสองครั้ง ที่แกนท่อใน (Inner tube) และแกนท่อนอก (Outer tube)

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างชิ้นงาน OK

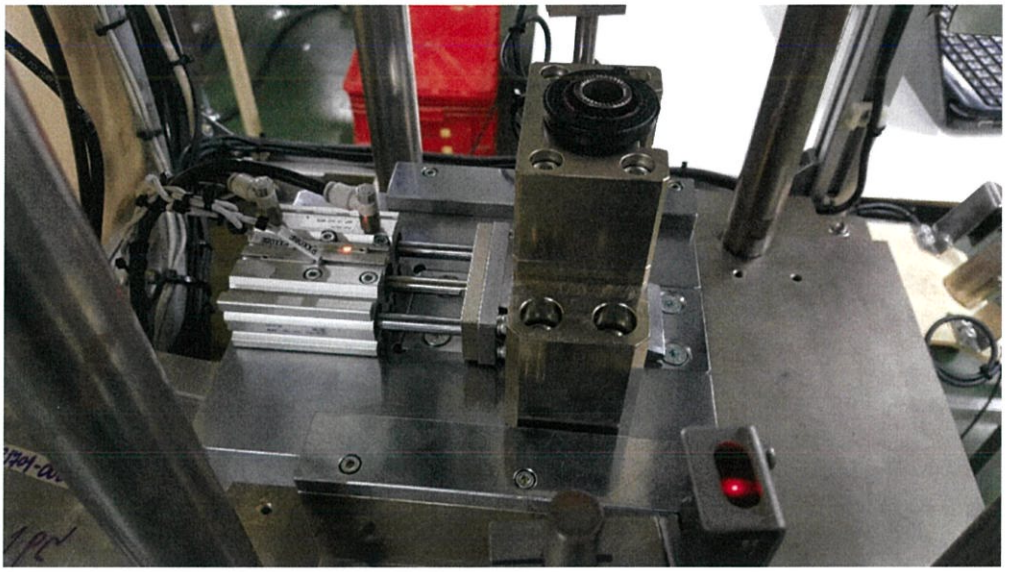
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างชิ้นงาน NG



รูปที่ 4.6 แสดงแกนท่อใน (Inner tube) และแกนท่อนอก (Outer tube)

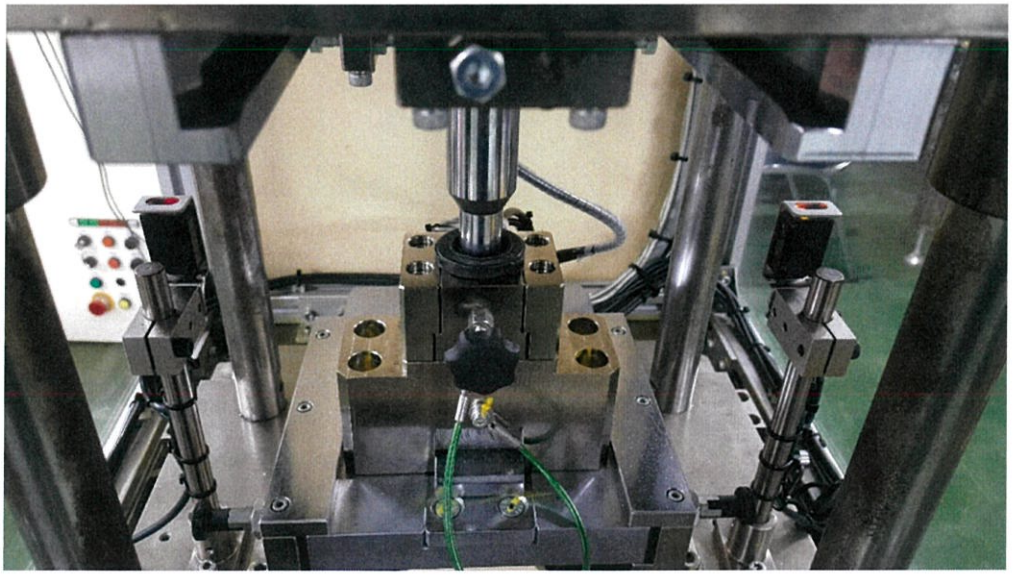
จากการทดสอบการทำงาน เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตาม Flowchart ที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. วางชิ้นงานลงบน JIG และกด Start ที่ Striker เมื่อโฟโต้เซนเซอร์ตรวจพบชิ้นงาน จะเริ่มการทำงานที่ Inner tube กระบอกสูบล่าง เลื่อนออกมารองรับ JIG รับแรงกด



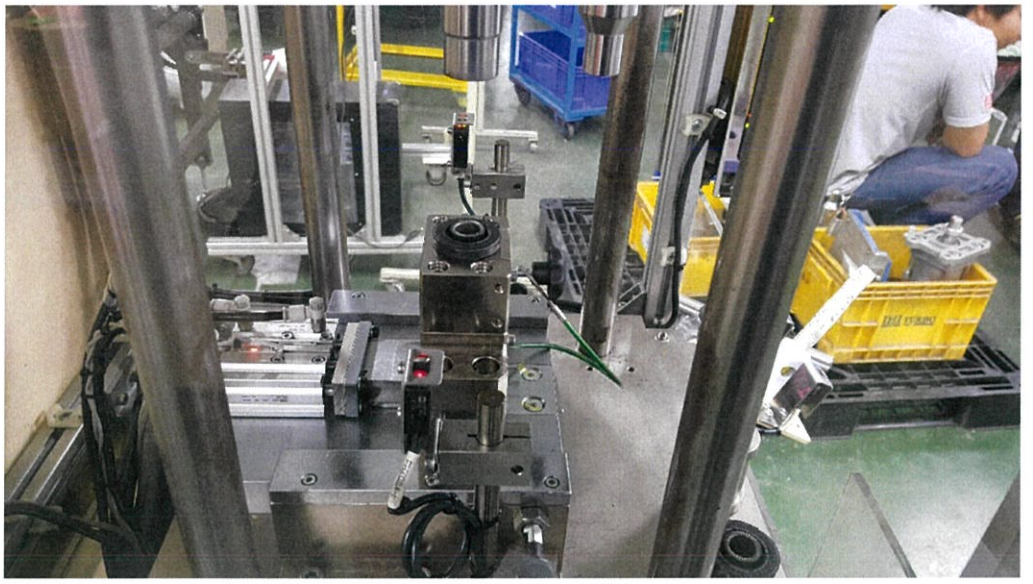
รูปที่ 4.7 กระบอกลม Support press ทำงาน

2. กระบอกสูบ Work test ตัวบน เลื่อนลงมากดชิ้นงานที่ Inner tube เซนเซอร์ Monosashi ทำการวัดระยะ เปรียบเทียบกับช่วง Upper-Lower แสดงผลสถานะทางหน้าจอ HMI เมื่อทดสอบผ่านที่ Inner tube จะทำการเริ่มขั้นที่สองที่ Outer tube



รูปที่ 4.8 กระบอกลม Work test ทำงานที่ Inner tube

3. กระบอกสูบ Work test ตัวบน และ Support press ตัวล่าง กลับสู่ตำแหน่งปกติ กระบอกสูบ Head press ทำงาน เพื่อทำการเปลี่ยนหัวทดสอบที่ Outer tube



รูปที่ 4.9 กระบอกลม Head press ทำงาน

4. กระบอกลม Work test ตัวบน กดลงมายังชิ้นงานที่ Outer tube เซนเซอร์ Monosashi ทำการวัดระยะ เปรียบเทียบกับช่วง Upper-Lower แสดงผลสถานะทางหน้าจอ HMI เมื่อทดสอบผ่านที่ Inner tube และ Outer tube จะถือว่าเป็นชิ้นงาน OK

รูปที่ 4.10 กระบอกลม Work test ทำงานที่ Outer tube

5. แสดงผลค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ ค่าสถานะของชิ้นงาน จำนวนที่ทำการทดสอบ และจำนวนชิ้นงาน NG บนหน้าจอ HMI

รูปที่ 4.11 แสดงผลบนหน้าจอ HMI

6. กระบอกสูบทั้งหมดกลับสู่ตำแหน่งปกติ นำชิ้นงานออกทำเครื่องหมายที่ชิ้นงาน แยกใส่ที่บรรจุ กรณีพบชิ้นงาน NG จะทำเครื่องหมายที่ชิ้นงาน แยกใส่ช่อง NG Box

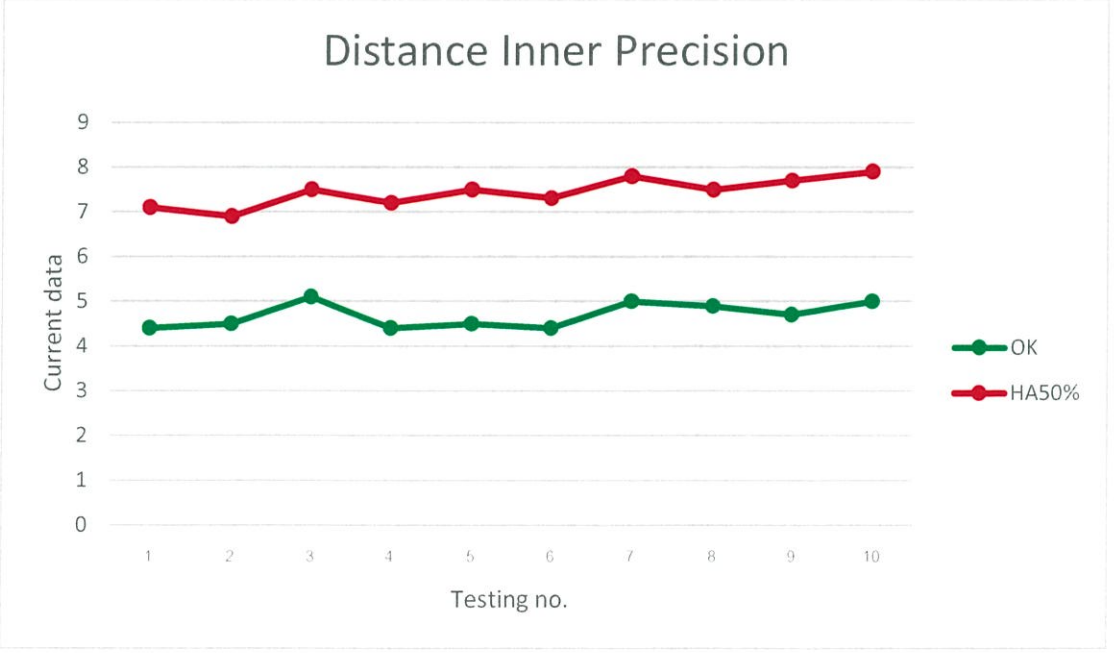
รูปที่ 4.12 กระบอกสูบทั้งหมดกลับสู่ตำแหน่งปกติ จบการทำงาน

4.4 ผลการทดสอบความเที่ยงตรงของระบบ

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างที่ท่อใน (Inner tube) และท่อนอก (Outer tube) ของชิ้นงานดี และชิ้นงานเสียมีค่ากาว50% โดยให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน และจากรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่ากราฟของการทดสอบมีแนวโน้มของผลการทดสอบอยู่ในค่าเกาะกลุ่มใกล้เคียงกันตามประเภทของชิ้นงานตัวอย่างที่กาหนดไว้ จึงสรุปได้ว่า เครื่องทดสอบชิ้นงานนี้มีความแม่นยำ สามารถใช้งานได้จริง

ตารางที่ 4.1 Precision for inner tube

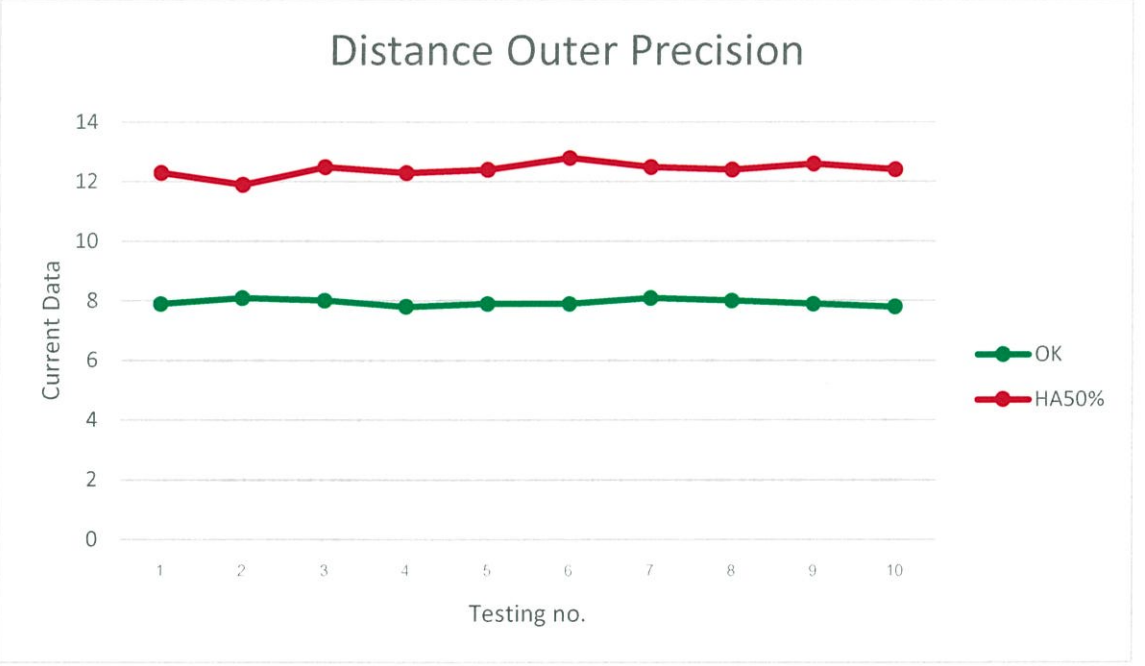
Testing no.	Inner tube	
	OK	HA 50%
1	4.4	7.7
2	4.5	6.9
3	5.1	7.5
4	4.4	7.6
5	4.5	7.5
6	4.4	7.3
7	5.0	7.8
8	4.9	7.5
9	4.7	7.7
10	5.0	7.9



รูปที่ 4.13 Precision for inner tube comparison

ตารางที่ 4.2 Precision for outer tube

Testing no.	Outer tube	
	OK	HA 50%
1	7.9	12.3
2	8.1	11.9
3	8.0	12.5
4	7.8	12.3
5	7.9	12.4
6	7.9	12.8
7	8.1	12.5
8	8.0	12.4
9	7.9	12.6
10	7.8	12.4



รูปที่ 4.14 Precision for outer tube comparison

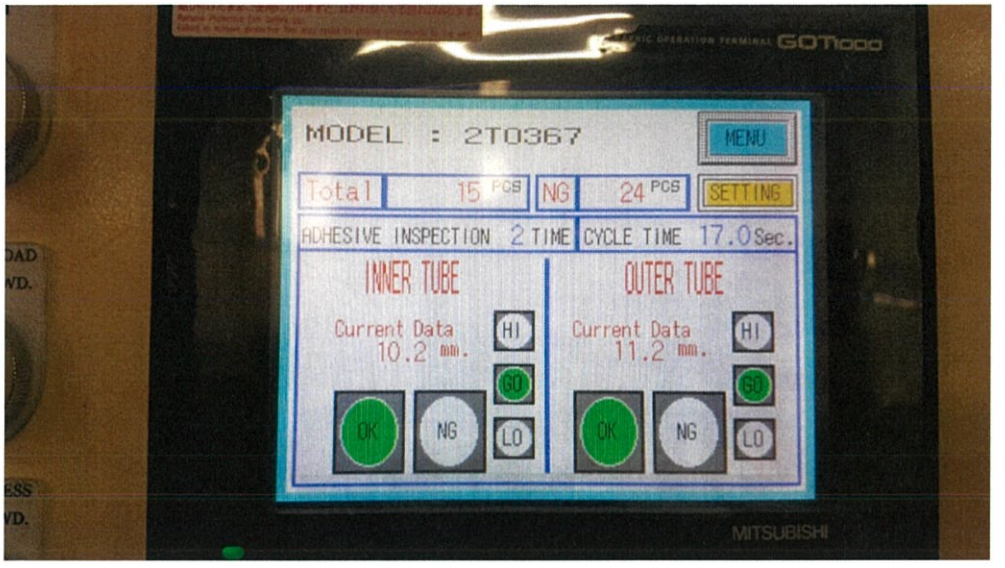
Calculate at pressure 0.4 Mpa

Setting max load 6.0 kN

HA = ค่ากาว

4.4 ผลการทดสอบหน้าจอแสดงผล

การทดสอบแต่ละครั้งจะแสดงผลบนหน้าจอ เพื่อให้ดูสถานะในแต่ละขั้นตอนที่ทำการทดสอบที่ Inner tube และ Outer tube ให้เป็นไปตามจริงและดูง่ายต่อการใช้งาน



รูปที่ 4.15 แสดงหน้าจอแสดงผล

ตารางที่ 4.3 กรณีงานที่เกิดจากการทดสอบชิ้นงาน

กรณีงาน	Inner tube	Outer tube	ผลการทดสอบ
1	OK GO	OK GO	COMPLETE
2	OK GO	NG HI	COMPLETE
3	OK GO	NG LO	COMPLETE
4	NG HI	-	COMPLETE
5	NG LO	-	COMPLETE

จากผลการทำงานที่กล่าวมาทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรนี้มีการทำงานและแสดงผลที่ถูกต้องและพร้อมที่จะสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพตามความต้องการของลูกค้า

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ถูกสร้างขึ้น ตามความต้องการของลูกค้า Bridgestone NCR ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนทางยานยนต์ เพื่อให้ได้ตัวเครื่องจักรทดสอบชิ้นงานบูช นั้นทำงานแบบอัตโนมัติ สามารถทดสอบวัดชิ้นงานที่ทนต่อแรงกดในระยะที่กำหนดได้ โดยการวัดทั้ง Inner tube และ Outer tube ของตัวบูช เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ได้ คุณภาพ มีมาตรฐาน ซึ่งหากใช้แรงงานคนแล้วอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่าย และเวลาในการดำเนินงานจนเกินจำเป็น

ผลจากการดำเนินงานการเครื่องทดสอบชิ้นงานสามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานได้ทั้ง Inner tube และ Outer tube ของตัวบูช ในแต่ละครั้งจะแสดงผลค่าที่ได้แสดงบนหน้าจอแสดงผล และมีการแจ้งเตือน เมื่อพบชิ้นงานเสีย หรือไม่ได้คุณภาพ และมีไฟสถานะทาวเวอร์ไลท์ บอกสถานะการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานความปลอดภัยของโรงงาน และเครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริง และผ่านการทดสอบฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดและได้ผลการคำนวณตามค่าที่ทางลูกค้าต้องการเป็นที่เรียบร้อย

จากการทดสอบทั้งหมดที่ได้ทำมาตั้งแต่การออกแบบไฟฟ้า การจัดทำตู้ Control การเขียนโปรแกรมและการทดสอบโปรแกรม จนถึงการติดตั้งหน้างาน กระบวนการทั้งหมดนั้นเป็นการทำงานอย่างมีขั้นตอนและทำงานร่วมกันหลายแผนกหลายฝ่าย สิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการทำงานที่สาคัญ เพื่อสิ่งที่ได้รับมอบหมายมาสำเร็จจึงต้องใช้ความขยัน อดทน ซื่อสัตย์และสติปัญญาในการดำเนินการ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. ขาดความรู้และความชำนาญในการทำงานและการใช้อุปกรณ์ ทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า

2. ข้อมูลบางอย่างยากแก่การทำความเข้าใจในระยะเวลาอันสั้น

3. เกิดความผิดพลาดของเนื้องาน เนื่องจากความผิดพลาดจากการสื่อสารกันผิดพลาด

4. เนื่องจากการทำงานหลายฝ่าย ทำให้งานเกิดความล่าช้า และงานไม่ต่อเนื่องกัน เนื่องจากการทำงานฝ่ายเครื่องกลมีปัญหา

5. ความต้องการของลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยน แก้ไขบางอย่างบ่อยครั้ง

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ขอความช่วยเหลือจากบุคลากรในองค์กร ให้สอนวิธีทำความเข้าใจข้อมูลเหล่านั้น

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมนอกเวลาทำงาน หรือ สอบถามข้อมูลจากบุคลากรในองค์กร

3. ควรสื่อสารกันให้เข้าใจกันถูกต้องทั้งสองฝ่าย

4. ควรทำงานให้ทันตามกำหนดของแต่ละฝ่าย

5. ควรคุยกับทางลูกค้าให้แน่นอน เพื่อความถูกต้อง และแก้ไขน้อยสุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการคุยถึงการออกแบบตัวเครื่องจักรกับทางลูกค้าให้แน่นอน เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการทำงาน

2. ควรมีการสื่อสารกันระหว่างแผนกให้มีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] “**งานเครื่องล่างรถยนต์**” เข้าถึงได้จาก : http://khamin1.blogspot.com/2014/07/4-steering-system-4. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[2] “**การต่อวงจร INPUT และ OUTPUT ของ PLC**” เข้าถึงได้จาก : http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=268 (วันที่สืบค้นข้อมูล : : 25 ธันวาคม 2560)

[3] “**Circuit Breaker**” เข้าถึงได้จาก : http://www.sci-tech-service.com/article/CB/circuitbreaker.htm (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[4] “**สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย**” เข้าถึงได้จาก : http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[5] “**ชนิดของ PLC**” เข้าถึงได้จาก : http://www.tatc.ac.th/files/0902050883921_1106010774824.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[6] “**การSIMULATION โปรแกรม PLC โดยใช้ GX WORKS2**” เข้าถึงได้จาก : http://plcsanook.com/?p=899 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[7] “**ระบบนิวเมติกส์**” เข้าถึงได้จาก : http://www.pneu-hyd.co.th/406-pneumatic-component.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)

[8] “**หลักการเขียน Ladder Diagram และคำสั่งพื้นฐาน**” เข้าถึงได้จาก : mgt.skru.ac.th/item/download/1369907779.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ธันวาคม 2560)