รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องจักรควบคุมหุ่นยนต์ฉีดกาว

SPRAY ROBOT MACHINE

ภูเบศร์ สยมภู

อุปพงศ์ จิระศรีรังสรรค์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148512

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องจักรควบคุมหุ่นยนต์ฉีดกาว
SPRAY ROBOT MACHINE

ภูเบศร์ อุปพงค์
สยมภู จิระศรีรังสรรค์

ส.ม.
ภ 6885
2559
b0026874
เลขหมู่ 2559
เลขทะเบียน 148512
วัน.เดือน.ปี 30 ต.ค. 2560
b.
i.

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน การควบคุมหุ่นยนต์ฉีดกาว
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายภูเบศร์ อุปพงค์
นายสยมภู จิระศรีรังสรรค์
ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายภานุวัฒน์ มีชำนาญ
สถานประกอบการ บริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ Spray Robot Machine ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้หุ่นยนต์ในการควบคุมแนวทางการฉีดกาว เพื่อนำชิ้นงานที่ถูกพ่นด้วยกาวนั้นไปประกอบในขั้นตอนต่อไป โดยมีการกระจายตัวของกาวและปริมาณกาวบนชิ้นงานเป็นเกณฑ์ ซึ่งมีการระบุขั้นตอนและมาตรฐานทั้งหมดไว้ตั้งแต่รับความต้องการจากลูกค้า จนถึงการติดตั้งหน้างาน พร้อมกันนั้นภายในโครงงานนี้ ยังมีทฤษฎีที่ใช้ในการทำตู้ Control อาทิเช่น การใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบไฟฟ้า เนื้อหาของ PLC Mitsubishi, โปรแกรม GX Works 2 และโปรแกรม GX Simulator ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักร และการใช้โปรแกรม บนหุ่นยนต์ Yaskawa เพื่อสอนการทำงานให้ตัวหุ่นยนต์ และมีการส่งข้อมูลหากันระหว่างตัวหุ่นยนต์ Yaskawa และ PLC Mitsubishi

คำสำคัญ: PLC, GX Works 2, Ladder Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Spray Robot Machine
Student	Mr.Pubet Upapong
	Mr.Sayompu Chirasrirungson
Department	Instrumentation and Control Engineering
Advisor	Asst.Prof. Dr. Noppadol Maneerat
Mentor	Mr.Panuwatt Mechumnan
Company	A.I. Industry Co., Ltd, Pathumthani Thailand

ABSTRACT

This report presents the study about Robot Machine. This report contains all the process, beginning with the meeting between ECHO Company and the client, until starting up the Spray Robot Machine at Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd. Moreover, there are many theories concerning the project, for example PLC Mitsubishi, AutoCAD, GX Works 2 and GX Simulator. The report also contains the schedule for engineering job to help the client to understand the scope of work.

Keywords: PLC, GX Works 2, Ladder Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd. ซึ่งสิ่งที่ทางบริษัทนี้ได้ให้ข้าพเจ้านั้นมีประโยชน์และสามารถช่วยข้าพเจ้าในการศึกษาในอนาคตต่อไปได้เป็นอย่างมาก การได้มาทำ สหกิจที่บริษัทแห่งนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้และได้ประสบการณ์ต่างๆ มากมายที่ข้าพเจ้าไม่สามารถหาได้จากที่อื่น ข้าพเจ้าอยากจะขอบคุณบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd. เป็นอย่างมากที่รับข้าพเจ้ามาเป็นส่วนหนึ่งของครอบครัว A.I. Industry แห่งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอบคุณพี่ๆ ทุกคนในแผนกไฟฟ้า ที่ดูแลข้าพเจ้ามาตลอด หกเดือนที่ผ่านมา ขอขอบคุณ คุณภานุวัฒน์ มีชำนาญ เป็นอย่างมากที่คอยเป็นพี่เลี้ยงให้ความรู้แก่ข้าพเจ้ามาตลอดและให้ข้าพเจ้าได้ลงมือทำงานจริง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของสหกิจศึกษาที่บริษัทแห่งนี้ ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำทั้งการทำงานและปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการทำงานสหกิจศึกษาในภาคการศึกษานี้ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่มอบความรู้ทางทฤษฎีและปฏิบัติสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำโครงการสหกิจครั้งนี้ได้

ภูเบศร์ อุปพงค์
สยมภู จิระศรีรังสรรค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	2
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการออกแบบวงจรไฟฟ้า	4
2.1.1 ศึกษาความต้องการของลูกค้า	4
2.1.2 เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้	4
2.1.3 การเขียนแบบ	5
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักร	7
2.2.1 Circuit Breaker	7
2.2.2 Circuit Protector	8
2.2.3 Magnetic Contactor	8
2.2.4 Switching Power Supply	9
2.2.5 Noise Filter	9
2.2.6 Reed Switch	10
2.2.7 Ground Outlet	10
2.2.8 Control Relay	11
2.2.9 Emergency Stop Switch	12
2.2.10 Push Button Switch	12
2.2.11 Push Button Switch with Lamp	13
2.2.12 Key Selector Switch	13
2.2.13 Pilot Light	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.14 Signal Tower Light	14
2.2.15 Limit Switch	15
2.2.16 Selector Switch	15
2.2.17 Servo Amplifier	16
2.2.18 Servo Motor	16
2.2.19 Robot Yaskawa	17
2.2.20 Junction Box	17
2.2.21 Terminal Box	18
2.2.22 สายไฟ	18
2.3 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม	20
2.3.1 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)	20
2.3.2 โครงสร้างของ PLC	21
2.3.3 ส่วนประกอบของ PLC	22
2.3.3.1 CPU	22
2.3.3.2 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)	23
2.3.3.3 เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)	23
2.3.4 การเรียกชื่ออุปกรณ์ควบคุม	24
2.3.5 คอมพิวเตอร์กับ PLC	24
2.3.6 ความสามารถของ PLC	24
2.3.6.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control)	24
2.3.6.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control)	25
2.3.6.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control)	25
2.3.7 ขนาดของ PLC	25
2.3.8 การติดตั้ง PLC	26
2.3.8.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC	26
2.3.8.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC	26
2.3.9 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC	26
2.3.10 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC	27
2.3.11 หลักการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) และ คำสั่งพื้นฐาน	29
2.3.12 การเลือกใช้ภาษา PLC	32
2.3.13 PLC ที่ใช้ในโครงงาน	32
2.3.13.1 หน่วยประมวลผล (CPU)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.13.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)	33
2.3.13.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)	34
2.3.13.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	36
2.3.13.5 Intelligent Module	36
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน	37
2.4.1 AutoCAD	37
2.4.2 GX Works 2	38
2.4.3 Teach Robot	39
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	40
3.1 Electrical Design	41
3.1.1 ประชุมงานกับทางฝ่าย Project Engineer	42
3.1.2 ออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า	42
3.1.3 จัดทำ EE BOM และใบสั่งซื้อตู้ Control และตู้ Operation	46
3.1.3.1 EE BOM	46
3.1.3.2 ใบสั่งซื้อ ตู้ Control และตู้ Operation	47
3.2 Wiring	50
3.2.1 การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation	50
3.2.1.1 การจัดทำตู้ Control	52
3.2.1.2 การจัดทำตู้ Operation	55
3.2.2 ทำการ Machine Wiring	57
3.3 Programming	58
3.3.1 เขียน PLC ด้วยโปรแกรม GX Works 2	58
3.3.2 Teaching Robot ด้วย Teach Pendant ของ Yaskawa	61
3.3.3 Test & Install Program	62
3.4 ติดตั้งเครื่องจักรที่บริษัทลูกค้า	65
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	67
4.1 ผลของการออกแบบไฟฟ้า	67
4.2 ผลของการจัดทำตู้ Control และตู้ Operation	76
4.3 ผลของการเขียนโปรแกรม และ Test & Install Program	79
4.3 ผลการติดตั้งหน้างาน Test & Run	80
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลการทดลอง	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบ 83
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะในการค้นคว้าพัฒนา 83
เอกสารอ้างอิง 84
ประวัติผู้จัดทำ 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ชิ้นส่วนภายในยานยนต์	2
2.1 Power Circuit	5
2.2 Control Circuit	6
2.3 ภายในตู้ Control	7
2.4 Circuit Breaker	7
2.5 Circuit Protector	8
2.6 Magnetic Contactor	8
2.7 Switching Power Supply	9
2.8 Noise Filter	9
2.9 Reed Switch	10
2.10 Ground Outlet	10
2.11 Control Relay	11
2.12 Emergency Stop Switch	12
2.13 Push Button Switch	12
2.14 Push Button Switch With Lamp	13
2.15 Key Selector Switch	13
2.16 Pilot Light	14
2.17 Signal Tower Light	14
2.18 Limit Switch	15
2.19 Selector Switch	15
2.20 Servo Amplifier	16
2.21 Servo Motor	16
2.22 Robot Yaskawa	17
2.23 Junction Box	17
2.24 Terminal Box	18
2.25 สายไฟ NYY	18
2.26 โครงสร้างของ PLC	21
2.27 Ladder Diagram Language	27
2.28 Sequential Flow Chart Language	27
2.29 Function Block Diagram Language	28
2.30 Instruction List Language	28
2.31 Structure Text Language	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.32 การใช้คำสั่ง Load (LD), Load Not (LD NOT)	29
2.33 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT	30
2.34 การใช้คำสั่ง AND, AND NOT	30
2.35 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT	30
2.36 การใช้คำสั่ง OR, OR NOT	30
2.37 ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT	31
2.38 การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT	31
2.39 รูปแบบชุดคำสั่งจาก Ladder Diagram	31
2.40 รูปแบบชุดคำสั่ง OUTPUT NOT-OUT NOT	31
2.41 Mitsubishi Q-Series	32
2.42 CPU รุ่น Q00CPU	33
2.43 Input Module รุ่น QX40	34
2.44 Input Module รุ่น QX41	34
2.45 Output Module รุ่น QY40	35
2.46 Output Module รุ่น QY41	35
2.47 Power Supply รุ่น Q61P	36
2.48 Intelligent Module รุ่น QD75D1N	36
2.49 โปรแกรม AutoCAD	37
2.50 หน้าของโปรแกรม AutoCAD	37
2.51 โปรแกรม GX Works 2	38
2.52 หน้าของโปรแกรม GX Work	38
2.53 หน้าของโปรแกรม GX Works 2 ที่ใช้ควบคุม Servo	39
2.54 หน้าของ Teach-Pendant	39
3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างเครื่องจักร	40
3.2 แผนผังขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร	41
3.3 Power Circuit Diagram	42
3.4 PLC Specification และ Connector	43
3.5 Control Circuit Diagram	43
3.6 Input Modules of PLC	44
3.7 Output Modules of PLC	44
3.8 แบบตู้ Control	45
3.9 แบบตู้ Operation	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 เอกสาร EE DWG, Check Sheet	46
3.11 เอกสาร EE BOM	47
3.12 ใบสั่งซื้อตู้ Control	48
3.13 ใบสั่งซื้อ Board ภายในตู้ Control	48
3.14 ใบสั่งซื้อ Ground Bar ที่ติดตั้งภายในตู้ Control	49
3.15 ใบสั่งซื้อ Document Box ที่ติดตั้งตรงประตูตู้ Control	49
3.16 ใบสั่งซื้อตู้ Operation	50
3.17 ตู้ Control หลังทำสี	51
3.18 ประกอบตู้ Control	51
3.19 Layout ภายในตู้ Control	52
3.20 ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ Board	53
3.21 Board ที่ทำการ Wiring สายไฟเรียบร้อยแล้ว	53
3.22 Board ที่ทำการ Wiring แล้วเข้ากับตู้ Control	54
3.23 ติดตั้ง Document Box	54
3.24 Layout ตู้ Operation	55
3.25 ตู้ Operation ที่ Wiring เรียบร้อยแล้ว	56
3.26 หน้าตู้ Operation	56
3.27 Proximity Sensor ถูกติดไว้ตามตำแหน่งที่กำหนด	57
3.28 เดินสายไฟเชื่อมต่อระหว่างตู้ Robot กับตู้ Control	57
3.29 แผนผังขั้นตอนการออกแบบการทำงานของเครื่องจักร	58
3.30 Set CPU ในโปรแกรม GX Works 2	59
3.31 Q Parameter Setting	59
3.32 การแบ่งโปรแกรมส่วนต่างๆ	60
3.33 โปรแกรมบางส่วนของเครื่องจักร	60
3.34 Teach Pendant ของ Robot Yaskawa NX100	61
3.35 Teaching Robot	61
3.36 Check การเชื่อมต่อระหว่าง Computer และ PLC	62
3.37 Check Input/Output ของ PLC	62
3.38 Write Program to PLC	63
3.39 Monitor Mode	63
3.40 Monitor (Write Mode)	63
3.41 ช่วง Test program	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.42 ยกเครื่องจักรลงจากรถบรรทุกที่บริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd.	65
3.43 ติดตั้งเครื่องจักรลงบนสายการผลิตที่บริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd.	65
3.44 ติดตั้งเครื่องจักรเสร็จเรียบร้อย	66
3.45 Test เครื่องจักรก่อนที่จะส่งมอบให้ลูกค้า	66
4.1 Power Circuit ส่วนของตู้ Control	67
4.2 Power Circuit ในส่วนของตู้ Robot	68
4.3 Power Circuit ในส่วน Servo Amplifier	69
4.4 Control Circuit 24 VDC	70
4.5 Control Circuit 200 VAC	71
4.6 PLC Specification	72
4.7 Connector Model	73
4.8 Input PLC	74
4.9 Output PLC	75
4.10 แบบ Board ภายในตู้ Control	76
4.11 แบบตู้ Control	76
4.12 แบบตู้ Operation	77
4.13 ตู้ Control ที่ทำการ Wiring	77
4.14 ตู้ Operation ที่ทำการ Wiring	78
4.15 ตู้ Control ที่ติดตั้งที่เครื่องจักรเรียบร้อย	78
4.16 ส่วนของโปรแกรม	79
4.17 ส่วนการติดตั้งหน้างาน	80
4.18 แผ่นมาตรฐานในการ Test การกระจายตัวของกาว	81
4.19 รูปแบบการกระจายตัวของกาวตามมาตรฐาน	81
5.1 Jig สำหรับสวมชิ้นงาน	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดสายไฟและการทนกระแสไฟฟ้า	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

บริษัท A.I. Industry Co.,Ltd เป็นบริษัทซัพพลายเออร์ ที่ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ในเครื่องยนต์เอนกประสงค์ให้แก่ บริษัทลูกค้าและผลิตเครื่องจักร เป็นงานสร้างเครื่องจักร ให้กับอุตสาหกรรมยานยนต์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากทางบริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd. ต้องการที่จะผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ลักษณะดังรูปที่ 1.1 โดยหนึ่งในขั้นตอนการผลิต มีการพ่นกาวให้กับชิ้นส่วนดังกล่าว แต่เกิดความล่าช้าของกระบวนการการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในขั้นตอนนี้ จึงได้สั่งให้ทางบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd ให้คิดหาวิธีในการลดเวลาในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น ลดบุคลากรในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยทางบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd ได้คิดเครื่องจักรฉีดกาว หรือ Spray Robot Machine ขึ้นมา ซึ่งเครื่องจักรเครื่องนี้จะใช้ระบบออโตเมชันเข้ามาช่วยในการทำงานและใช้ปืนกาวในการพ่นกาว โดยติดปืนกาวไว้ที่ปลายของหุ่นยนต์ จะมีเกณฑ์การกระจายตัวของกาวและปริมาณกาวในการฉีดของลูกค้าอยู่ และในแต่ละชิ้นงานต้องมีการพ่นกาวให้ทั่วชิ้นงานตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งต้องมีการควบคุมการจ่ายลม การควบคุมการจ่ายน้ำกาวและการปรับหัวปืนกาวในการฉีด โดยได้ใช้วาล์วในการความคุมการจ่ายลมและจ่ายน้ำกาว และทำการปรับหัวปืนกาวให้มีการกระจายตัวของน้ำกาวตามมาตรฐานของลูกค้าที่กำหนด และมีการ Teach Robot ให้มี Cycle Time ให้น้อยที่สุดและทั่วชิ้นงาน ซึ่งจะมีการทดสอบและประเมินผลว่าปริมาณน้ำกาวและการกระจายตัวน้ำกาว อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่

การที่เครื่อง Spray Robot Machine จะสามารถเข้าสู่กระบวนการทำงานนั้นได้ จำเป็นต้องมีการเขียน PLC และ Teach Robot เพื่อให้สามารถแสดงค่า Input, Output ผ่าน Teach-Pendant และสามารถสั่งการทำงานผ่าน Operation Box ได้ อีกทั้งยังต้องมีตู้ Control และตู้ Robot Yaskawa ที่มีการวางระบบไฟฟ้าอย่างเหมาะสม เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยทางบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd ได้รับงานนี้มา ซึ่งเป็นงานที่ครบกระบวนการตั้งแต่การทำส่วนของเครื่องจักร (Part Machine) การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation สำหรับ Spray Robot Machine และมีการเขียน PLC และ Teach Robot ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร จนถึงการ Test & Install และติดตั้งเครื่องจักรที่บริษัทลูกค้า เพื่อให้สามารถทำเครื่องจักรไปใช้งานในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 ชิ้นส่วนภายในยานยนต์

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการออกแบบไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม AutoCAD
2. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม PLC ของ Mitsubishi โดยใช้โปรแกรม GX Works 2
3. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมการควบคุม Robot ผ่าน Teach-Pendant ของ Robot Yaskawa
4. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบ Pneumatic
5. เรียนรู้การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation จากแบบไฟฟ้า (Wiring)
6. เพื่อศึกษาการติดต่อสื่อสารระหว่าง Robot Yaskawa กับ PLC
7. เพื่อให้เครื่อง Spray Robot Machine สามารถทำงานตามคำสั่งที่ได้เขียนออกแบบไว้และกำหนดการทำงานของกระบอกสูบและ Servo ได้ผ่านทาง Operation Box
8. เพื่อทดสอบเครื่อง Spray Robot Machine กับสายการผลิตว่าสามารถใช้ได้จริง

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1. ออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร
2. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำตู้ Control และตู้ Operation ทั้งหมด
3. จัดทำตู้ Control และตู้ Operation (Wiring)
4. ตั้งตู้ Control, ตู้ Operation, ตู้ Robot Yaskawa เข้ากับตัวเครื่องจักร
5. เขียน PLC ของ Mitsubishi ด้วยภาษา Ladder
6. ออกแบบหน้าการทำงานของ Robot Yaskawa ด้วย Teach-Pendant ของตัว Robot Yaskawa เพื่อให้ตัวหุ่นยนต์ทำงานตามชิ้นงานที่ต้องการ เนื่องจาก ชิ้นงานนั้นมีหลายรูปแบบ จำเป็นต้องมีการเขียนการทำงานของแต่แบบให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด
7. ต่อคอมพิวเตอร์ Lan เข้ากับ PLC เพื่อทำการติดต่อสื่อสารกันโดย PLC สามารถรับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์สามารถแสดงค่าของ PLC ได้
8. Wiring Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Test & Install Program
10. ติดตั้งเครื่องจักรเข้ากับสายการผลิตที่หน้างาน

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่จัดทำขึ้นเพื่อสร้างเครื่องจักร Spray Robot Machine มีการเขียนโปรแกรม PLC โดยใช้โปรแกรม GX Works 2 ของ Mitsubishi โดยจะมี Servo เข้ามาเกี่ยวข้องในการเขียนโปรแกรม PLC และมีการ Teach Robot ของ Robot Yaskawa ซึ่งสามารถทำงานควบคุมการทำงานของเครื่อง Spray Robot Machine ได้

โดยเริ่มจากการเริ่มออกแบบไฟฟ้าก่อนด้วยโปรแกรม AutoCAD เมื่อ Confirm แบบกับทางลูกค้าแล้ว จึงสั่งซื้ออุปกรณ์ เมื่อได้รับอุปกรณ์มาจึงเริ่มจัดทำตู้ Control และตู้ Operation โดยการ Wiring

หลังจากเสร็จสิ้นจัดทำตู้ Control และตู้ Operation ก็จะทำการติดตั้งตู้เข้ากับเครื่องจักรและวางตัวอุปกรณ์ตามจุดต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากเสร็จสิ้นการประกอบตู้ก็เป็นหน้าที่ของ Programmer ที่จะทำให้ Computer สามารถสื่อสารกับ PLC ภายในตู้ Control ได้

เมื่อสามารถสื่อสารระหว่าง Computer กับตู้ PLC ได้แล้วหลังจากนั้นต้องทำการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ โดยการ Teach Robot ผ่าน Teach-Pendant ของ Robot Yaskawa โดยต้องมีการประชุมกับทางลูกค้าก่อน ว่าต้องการให้ Pattern ของชิ้นงานแต่ละรูปแบบจะให้มีการฉีดกาวตรงส่วนใดบ้างของชิ้นงาน เพื่อที่จะได้เขียนให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้

เมื่อตัวโปรแกรมและ Teach Robot เสร็จสิ้น ก็ถึงการ Test & Install โปรแกรม ซึ่งจะมีการ Confirm ฟังก์ชันการทำงานของตัวเครื่องจักรและ Recheck ในส่วนของโปรแกรมการทำงานเพื่อให้ผ่านการรับรองจากทางลูกค้า

ขั้นตอนสุดท้ายคือการที่นำเครื่องจักร ไปติดตั้งหน้างานที่บริษัทลูกค้า Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd.

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถควบคุมการทำงานของเครื่อง Spray Robot Machine ผ่านทาง Operation Box
2. สามารถนำเครื่อง Spray Robot Machine ไปใช้งานในสายการผลิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. บริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd. สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ ลดอัตราการจ้างพนักงานของบริษัทและชิ้นงานที่ได้จากการบวนการผลิตมีคุณภาพคงที่ มีความแม่นยำในการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ก่อนที่จะสามารถออกแบบโปรแกรมควบคุม Spray Robot Machine ได้ จะต้องมีความรู้ในเรื่องต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของและทำให้งานมีความถูกต้องมากขึ้น ความรู้พื้นฐานที่ใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการออกแบบวงจรไฟฟ้า
2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องจักร
2.3 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

2.1 กระบวนการออกแบบวงจรไฟฟ้า

2.1.1 ศึกษาความต้องการของลูกค้า

เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่ทางลูกค้า Request มา จึงต้องมีการศึกษาความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ได้เครื่องจักรตรงตามสเปคที่ลูกค้าต้องการ โดยจะมี Project Engineer เป็นผู้ประชุม Concept และประเมินราคา Project ของเครื่อง Spray Robot Machine กับทางลูกค้า เมื่อลูกค้าตัดสินใจที่จะร่วม Project กับทางบริษัทแล้ว ทาง Project Engineer จะส่งรายละเอียดและงบประมาณให้กับทาง Electrical Engineer เพื่อใช้ในการออกแบบไฟฟ้า

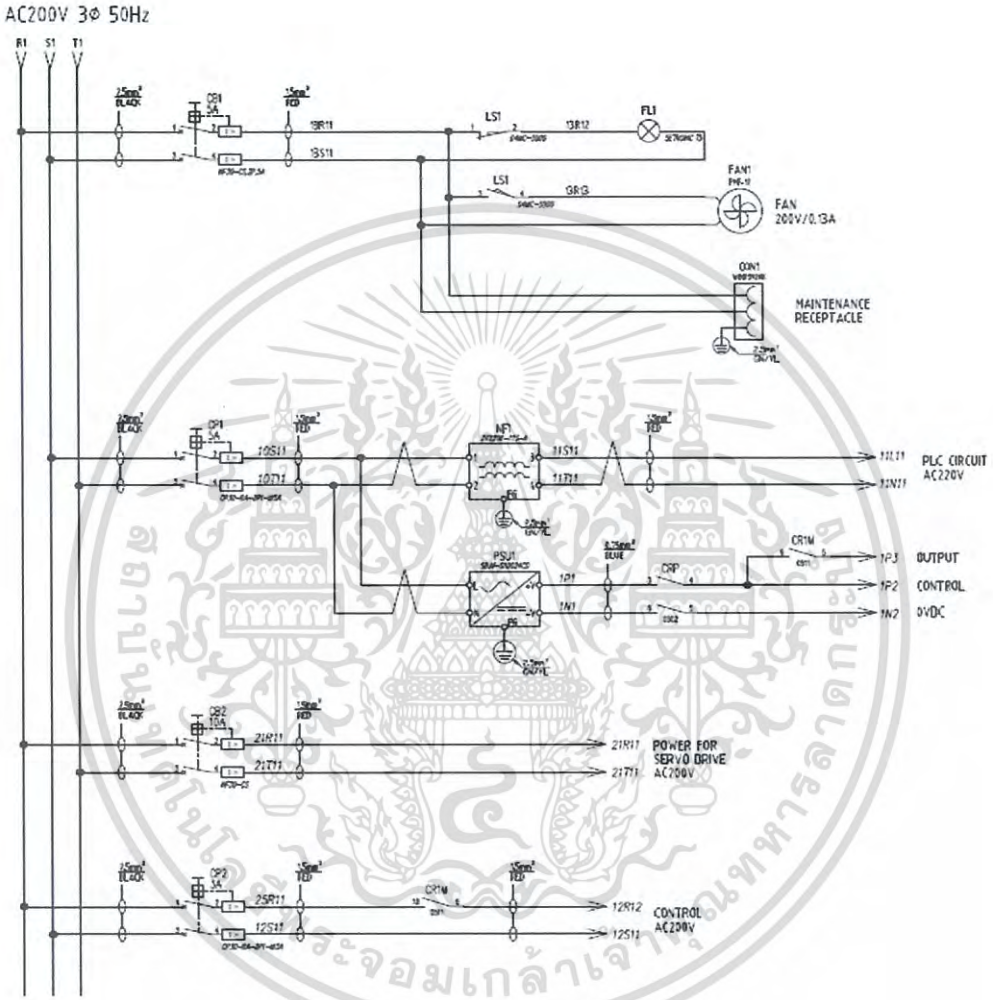
2.1.2 เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้

ในการออกแบบไฟฟ้า จำเป็นต้องมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อวงจรนั้นๆ ทั้งแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ที่อุปกรณ์นั้นสามารถรองรับได้ และการแปลงไฟ ก่อนเข้าตัวอุปกรณ์ต่างๆ อาทิ อุปกรณ์ PLC ไฟที่จะเข้า PLC นั้นจะมีการกำจัดสัญญาณรบกวนก่อนที่จะเข้า อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนคือ Noise Filter ดังนั้นไฟที่ออกมาจาก Circuit Breaker จะเข้า Noise Filter ก่อน และนำไฟที่ออกจาก Noise Filter เข้า PLC เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

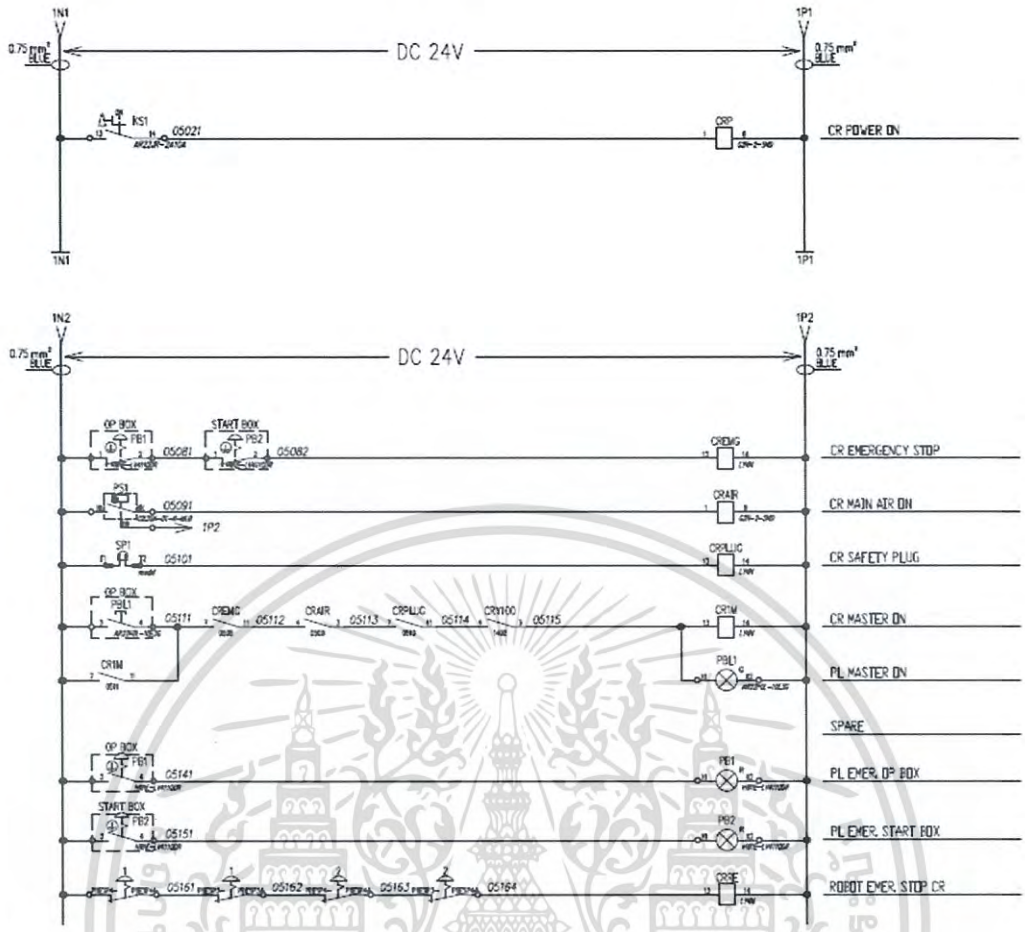
2.1.3 การเขียนแบบ

ในการเขียนแบบไฟฟ้านั้น จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการอ่านแบบของผู้จัดทำตู้ Control และตู้ Operation ทั้งส่วน Power Circuit, Control Circuit Input และ Output ของ PLC ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 Power Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Control Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักร

ภายในตู้ Control และตู้ Operation นั้นมีอุปกรณ์ภายในหลายชนิด ตามแบบไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ภายในตู้ Control

2.2.1 Circuit Breaker

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อย่างอัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.4 [4]

รูปที่ 2.4 Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Circuit Protector

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนกันกับ Circuit Breaker ต่างกันตรงที่ Circuit Protector นั้นมีความละเอียดและรวดเร็วในการตัดไฟฟ้าในวงจรมากกว่า ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 Circuit Protector

2.2.3 Magnetic Contactor

ในที่นี้เรียกว่า Auxiliary Relay เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า ในการปิด-เปิดหน้าสัมผัสนั้นจะอาศัยอำนาจแรงแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 Magnetic Contactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 Switching Power Supply

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่งและสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่ Switching Power Supply จะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้ง Switching Power Supply ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย ดังรูปที่ 2.7 [3]

รูปที่ 2.7 Switching Power Supply

2.2.5 Noise Filter

เป็นอุปกรณ์กรองกระแสไฟฟ้า ลดสัญญาณรบกวนจากแม่เหล็กไฟฟ้าและสัญญาณรบกวนจากความถี่วิทยุต่างๆ ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 Noise Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 Reed Switch

รีดสวิตซ์ คือสวิตซ์ที่ควบคุมการทำงานโดยใช้แม่เหล็ก ในการใช้งาน จะยึดรีดสวิตซ์ไว้ที่ตัวกระบอกสูบ โดยตัวกระบอกสูบต้องทำจากอลูมิเนียม ลูกสูบต้องมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งการใช้รีดสวิตซ์มีความสะดวกในเรื่องของการติดตั้งที่ง่ายกว่าลิมิตสวิตซ์ทั่วไป การทำงาน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด อำนาจแม่เหล็กที่ตัวลูกสูบจะไปดึงดูดให้หน้าคอนแทคของรีดสวิตซ์ต่อกัน ซึ่งปกติหน้าคอนแทคจะเป็นหน้าคอนแทคปกติเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตซ์ รีดสวิตซ์ก็จะปิดวงจร และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตซ์ตัวนอก อำนาจแม่เหล็กของลูกสูบก็จะดึงดูดให้รีดสวิตซ์ปิดวงจรเช่นกัน ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 Reed Switch

2.2.7 Ground Outlet

เป็นอุปกรณ์ต่อไฟเข้ากับเต้าเสียบ หรือเรียกอีกชื่อว่า เต้ารับ ดังรูปที่ 2.10 [5]

รูปที่ 2.10 Ground Outlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 Control Relay

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย ดังรูปที่ 2.11

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการนั่นเอง

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normally Close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normally Open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมากจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ [6]

รูปที่ 2.11 Control Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9 Emergency Stop Switch

เป็นสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน หรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์หัวเห็ด เป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดา เป็นสวิทช์ที่มักใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่างๆ ตอนเวลาฉุกเฉิน ซึ่งออกแบบให้เมื่อกดที่ปุ่มนี้แล้ว เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม Emergency Switch จะต้องหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้เครื่องจักรกลในทันทีทันใด ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 Emergency Stop Switch

2.2.10 Push Button Switch

สวิตช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ลงไป การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิตช์ กดปุ่มสวิตช์หนึ่งครั้งสวิตช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่มสวิตช์อีกหนึ่งครั้งสวิตช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิตช์แบบกดบางแบบอาจเป็นชนิด กดติดปล่อยดับ (Momentary) คือขณะกดปุ่มสวิตช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มสวิตช์เป็นการตัด (OFF) ทันที ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 Push Button Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.11 Push Button Switch With Lamp

หลักการทำงานเหมือนกันกับ Push Button Switch แต่ต่างกันตรงที่จะมีไฟแสดงสถานะ ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 Push Button Switch With Lamp

2.2.12 Key Selector Switch

เป็นสวิตซ์ที่ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของจักร หรือใช้สำหรับเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่างๆ โดยจะต้องมีกุญแจในการใช้งาน ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 Key Selector Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.13 Pilot Light

เป็นไฟสำหรับแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 Pilot Light

2.2.14 Signal Tower Light

อุปกรณ์แสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักร, Line Conveyer, การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ,เครื่องจักรที่ต้องการได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอ, หุ่นยนต์และเครื่องจักรอัตโนมัติ เป็นต้น โดยจะมีไฟบอกสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักรโดย Tower Light จะมีอยู่ด้วยกัน 5 สี คือ สีแดง, สีเหลือง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, สีขาวและมี BUZZER เป็นสัญญาณเสียง โดย Tower Light มีทั้งแบบติดต่อเนื่องและแบบติดกระพริบ แต่ที่บริษัทใช้เป็น Tower Light 3 สีและมี BUZZER ดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 Signal Tower Light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.15 Limit Switch

เป็นสวิตช์แบบไมโคร (Microswitch) คือสวิตช์แบบกดชนิดกดติดปล่อยดับนั่นเอง แต่เป็นสวิตช์ที่สามารถใช้แรงจำนวนน้อยๆ กดปุ่มสวิตช์ได ก้านสวิตช์แบบไมโครสวิตช์มีด้วยกันหลายแบบ อาจเป็นปุ่มกดเฉยๆ หรืออาจมีก้านแบบโยกได้มากดปุ่มสวิตช์อีกทีหนึ่ง การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยกดปุ่มสวิตช์หรือกดก้านคันโยกเป็นการต่อ (ON) และเมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มหรือก้านคันโยกเป็นการตัด (OFF) ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 Limit Switch

2.2.16 Selector Switch

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจร หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ เป็นสวิตช์ที่ใช้งานกันมากในงานที่ต้องควบคุมการทำงานด้วยมือ โดยการบิดให้คอนแทค ที่อยู่ภายในเปลี่ยนสภาวะปิด (NC) หรือเปิด (NO) ดังรูปที่ 2.19 [7]

รูปที่ 2.19 Selector Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.17 Servo Amplifier

ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Amplifier) เป็นอุปกรณ์ส่งพลังงานไฟฟ้าให้กับเซอร์โว เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล โดยทำหน้าที่ขยายสัญญาณและส่งผ่านสัญญาณไปที่เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อควบคุมพารามิเตอร์ทางกล ดังรูปที่ 2.20 ซึ่งการทำงานภายในของชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1. Converter ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟ AC เป็น DC
2. Condenser ทำหน้าที่ปรับเรียบกระแสไฟ DC ที่ผ่านขั้นตอน Converter ซึ่งจะมี Noise อยู่
3. Regenerative Brake ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าย้อนกลับที่เกิดจากการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ หลังจากที่ชุดควบคุมสั่งหยุดหมุนให้เป็นความร้อน
4. Inverter ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟ DC เป็น AC จ่ายให้กับเซอร์โว

รูปที่ 2.20 Servo Amplifier

2.2.18 Servo Motor

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบขั้นตอนการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว, ควบคุมแรงบิด, ควบคุมตำแหน่ง โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ดังรูปที่ 2.21 [8]

รูปที่ 2.21 Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.19 Robot Yaskawa

เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาให้ทำงานได้คล้ายอวัยวะของมนุษย์โดยจะสามารถมีปฏิกิริยาต่อสัญญาณที่ได้รับ ใช้เป็นข้อมูลนำไปประมวลผล หลังจากนั้นจะลงมือดำเนินการตามที่สั่ง โดยปกติ มักใช้หุ่นยนต์ ทำงานแทนมนุษย์ตามโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะในสถานที่เสี่ยงต่ออันตราย เช่น มีสารพิษ, มีกลิ่น เป็นต้น ดังรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 Robot Yaskawa

2.2.20 Junction Box

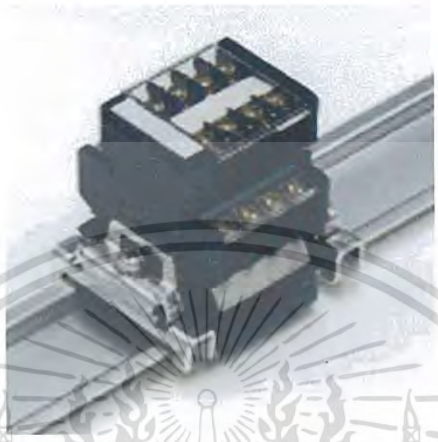
เป็นจุดพักสายไฟ เพื่อให้ง่ายต่อการ Wiring และง่ายต่อการซ่อมแซมหรือขยายปรับปรุงเพิ่มวงจรในภายหลัง ซึ่งส่วนใหญ่ จะวาง Junction ไว้ที่เครื่องจักร เพราะที่เวลานำเครื่องจักรไปติดตั้งที่หน้างานก็สามารถ Wiring สายไฟที่หน้างานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นขึ้น ดังรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 Junction Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148512

2.2.21 Terminal Box

เป็นจุดพักสายภายในตู้ Control เพื่อรอลากสายไฟไปยังเครื่องจักรต่อไป ซึ่งจะง่ายต่อการ Wiring เนื่องจากไม่จำต้องลากตรงจาก อุปกรณ์ไฟฟ้า แต่สามารถลากสายไฟจากอุปกรณ์ไฟฟ้าลง Terminal ก่อน แล้วค่อยลากจาก Terminal ออกจากตู้อีกที ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 Terminal Box

2.2.22 สายไฟ

การเลือกใช้สายไฟให้เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานสายไฟในบ้าน สายไฟโรงงาน สายไฟอุตสาหกรรม ล้วนมีความจำเป็นทั้งนั้น เพราะหากเลือกใช้สายไฟ ที่มีคุณสมบัติ และมีขนาดที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลถึงความปลอดภัยและค่าใช้จ่าย

ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเลือกสายไฟที่มีขนาดเล็ก คือทนกระแสไฟฟ้าของการทำงานไม่ได้ ย่อมก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ เกิดการ ลัดวงจร หรือ หากในกรณีที่ใช้สายไฟขนาดใหญ่เกินกว่าความจำเป็น สายไฟนี้จะสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า แต่จะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองมากขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 2.25 [9]

รูปที่ 2.25 สายไฟ NYY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ขนาดสายไฟและการทนกระแสไฟฟ้า

ลักษณะการติดตั้ง	สายแกนเดี่ยวหรือหลายแกนหุ้มฉนวนมี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรืออโลหะเดินเกาะพนังหรือเพดานหรือฝังในคอนกรีตหรือที่คล้ายกัน			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3	
ลักษณะตัวนำไฟฟ้า	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60277 IEC 05, 60277 IEC 06, IEC10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่นสายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน สายควันน้อย เป็นต้น			
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส(Amp)			
1	12	11	10	10
1.5	15	14	13	13
2.5	21	20	18	17
4	28	26	24	23
6	36	33	31	30
10	50	45	44	40
16	66	60	59	54
25	88	78	77	70
35	109	97	96	86
50	131	116	117	103
70	167	146	149	130
95	202	175	180	156
120	234	202	208	179
150	261	224	228	196
185	297	256	258	222
240	348	299	301	258
300	398	343	343	295
400	475	-	406	-
500	545	-	464	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

Programmable Logic Control : PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องอ่านบาร์โค๊ด (Barcode Reader), เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว(Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

2.3.1 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรล (PLC)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โครงสร้างของ PLC

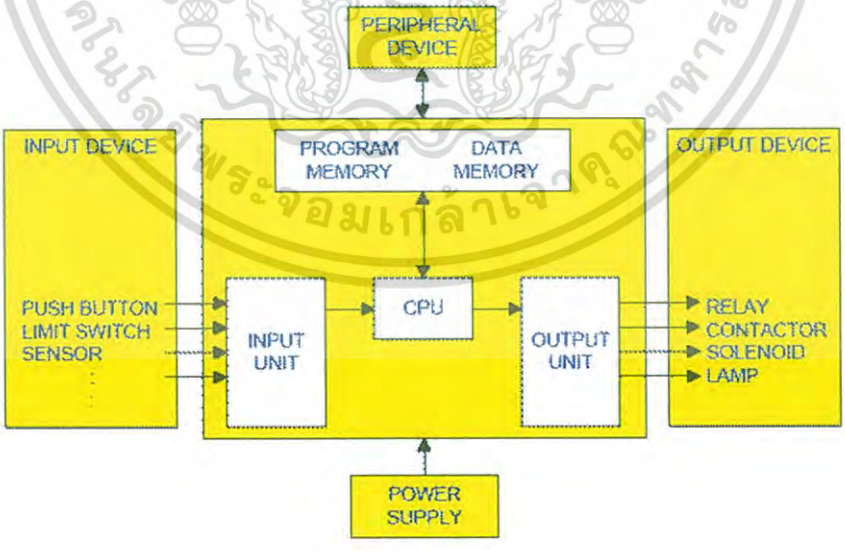
PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกได้ ดังรูปที่ 2.26

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

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

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



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ส่วนประกอบของ PLC

PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

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

2.3.3.1 CPU

CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor-Based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay), เคาน์เตอร(Counter), ไทเมอร์(Timer) และซีเควนเซอร์(Sequencers), เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลดเดอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

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

การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุทและเอาท์พุทและส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาท์พุท เรียกว่า การสแกน (Scan) ซึ่งใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า เวลาสแกน (Scan Time) เวลาในการสแกนแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 100 msec. (0.001-0.1วินาที) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยาวของโปรแกรม หรือจำนวนอินพุท/เอาท์พุทหรือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้เวลาในการสแกนยาวนานขึ้น การเริ่มต้นการสแกนเริ่มจากรับคำสั่งของสภาวะของอุปกรณ์จากหน่วยอินพุทมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) เสร็จแล้วจะทำการปฏิบัติการตามโปรแกรมที่เขียนไว้ทีละคำสั่งจากหน่วยความจำนั้นจนสิ้นสุด แล้วส่งไปที่หน่วยเอาท์พุท ซึ่งการสแกนของ PLC ประกอบด้วย

1. I/O Scan คือ การบันทึกสภาวะข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นอินพุท และให้อุปกรณ์เอาท์พุททำงาน
2. Program Scan คือ การให้โปรแกรมทำงานตามลำดับก่อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

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

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

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1. ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุท ได้แก่ พรอกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch), ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch), ไทเมอร์ (Timer), โฟโตอิเล็กทริกสวิตช์ (Photoelectric Switch), เอนโค้ดเดอร์ (Encoder), เคาน์เตอร์ (Counter) เป็นต้น

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

2.3.3.3 เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) ทำหน้าที่ ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของ PLC นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับ PLC เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของ PLC และผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) แต่ละยี่ห้อจะไม่เหมือนกันแต่มีจุดประสงค์ในการใช้งานที่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การเรียกชื่ออุปกรณ์ควบคุม

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

2.3.5 คอมพิวเตอร์ กับ PLC

PLC เป็นคอมพิวเตอร์เฉพาะประเภทหนึ่งจึงมีโครงสร้างเหมือนคอมพิวเตอร์แต่มีข้อแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้คือ

1. PLC ถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ความร้อน ความหนาว ระบบไฟฟ้ารบกวน การสั่นสะเทือน การกระแทก

2. การใช้โปรแกรมของ PLC จะไม่ยุ่งยากเหมือนของคอมพิวเตอร์ PLC จะมีระบบตรวจสอบตัวเอง ทำให้ใช้งานได้ง่ายและบำรุงรักษาง่าย

3. PLC ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้เพียงโปรแกรมเดียว ทำให้ไม่ยุ่งยาก ส่วนคอมพิวเตอร์จะทำงานที่โปรแกรมหลายๆ โปรแกรมพร้อมกัน จึงมีความยุ่งยากกว่า

4. PLC ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตทุกชนิด ทั้งแบบอนาล็อกและแบบลอจิก (ON-OFF)

2.3.6 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

2.3.6.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น

1. การทำงานของระบบรีเลย
2. การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์
3. การทำงานของ PCB Card
4. การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น

1. การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
2. การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control)
3. การควบคุม PID (Proportional-Intergral-Derivation)
4. การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Sevo-Motor Control)
5. การควบคุม Stepper-Motor
6. Information Handling

2.3.6.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น

1. งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring
2. Fault Diagnostic And Monitoring
3. งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)
4. Printer/ASCII Interfacing
5. งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)
6. LAN (Local Area Network)
7. WAN (Wide Area Network)
8. FA., FMS., CIM. เป็นต้น

2.3.7 ขนาดของ PLC

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 การติดตั้ง PLC

การติดตั้ง PLC ต้องมีการคำนึงถึงข้อปฏิบัติดังต่อไปนี้

2.3.8.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

1. พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
2. จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
3. การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
4. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบกับ PLC หรือไม่
5. วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2.3.8.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

1. มีแสงแดดส่องโดยตรง
2. มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0° C หรือสูงกว่า 55° C
3. มีฝุ่น หรือไอเกลือ
4. มีความชื้นมาก
5. มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนหรือไวไฟ
6. สั่นสะเทือนมาก

2.3.9 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC

1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์การกัดกร่อน
2. มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน
5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่
7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น
8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60° C ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน
9. ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น คือ สายดินควรมีขนาด 2 ตารางมิลลิเมตรหรือใหญ่กว่า และค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม

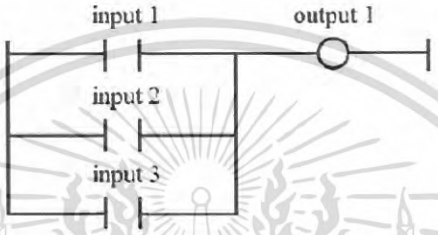
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.10 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC

การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการนั้นตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ

1. Ladder Diagram Language (LD)

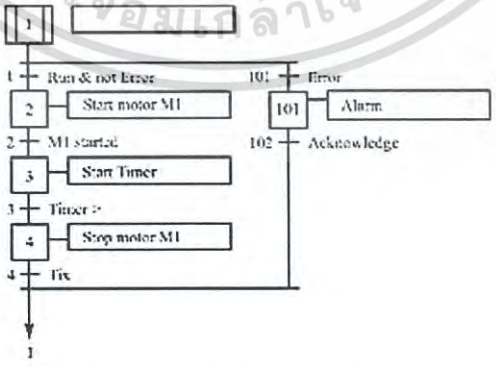
เขียนอยู่ในรูปกราฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลดเดอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตซ์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็น Output ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 Ladder Diagram Language

2. Sequential Flow Chart Language (SFC)

Sequential Flow Chart Language เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรม มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับหรือซีเควนซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (การปฏิบัติการย่อย) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานคำสั่งย่อย) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Liner, Alternative และ Parallel Step Sequence ได้ ดังรูปที่ 2.28

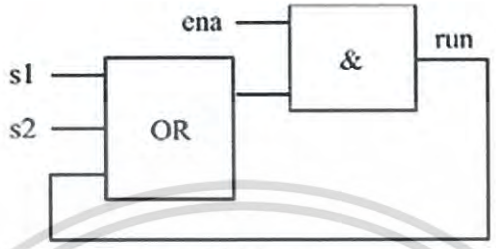


รูปที่ 2.28 Sequential Flow Chart Language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Function Block Diagram Language (FBD)

Function Block Diagram Language เป็นฟังก์ชัน การทำงานในรูปแบบในรูปของกราฟิก เช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็น โครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 Function Block Diagram Language

4. Instruction List Language (IL)

Instruction List Language เป็นภาษาที่เขียนในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษา แอสแซมบี้ (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine Code) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand) จะเห็นว่าในภาษาปัจจุบัน LD, FBD และ IL เป็นภาษาที่บริษัทผู้ผลิต PLC/PC ในปัจจุบัน กำหนดให้ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งในแต่ละบริษัทจะมีการพัฒนารูปแบบของฟังก์ชัน และฟังก์ชันบล็อกมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในแต่ละยี่ห้อ ควรจะศึกษารูปแบบของฟังก์ชันบล็อกให้เข้าใจเสียก่อน ดังรูปที่ 2.30

```
Label   LD    a1    (* result :=a1 *)
        ADD(  a2    (* delayed ADD, result :=a2 *)
        MUL(  a3    (* delayed MUL, result :=a3 *)
        SUB   a4    (* result :=a3-a4 *)
        )           (* execute delayed MUL. *)
                    (* resule :=a1+(a2*(a3-a4) *a5) *)
        ADD   a6    (* a1+(a2*(a3-a4)*a5)+a6 *)
        ST    res   (* store current result in res *)
```

รูปที่ 2.30 Instruction List Language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Structure Text Language (ST)

Structure Text Language เป็นภาษาในระดับสูง โดยพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งประกอบด้วย นิพจน์และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น IF, THEN, ELSE และ คำสั่งเกี่ยวข้องกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น ดังรูปที่ 2.31

```
D := B*B -4*A*C;
IF D <0.0 THEN Nroots :=0 ;
ELSIF D= 0.0 THEN
        Nroot:=1 ;
        X1 := -B/(2.0*A) ;
ELESE Nroots :=2;
        X1 := (-B+sqrt(D))/(2.0*A) ;
        X2 := (-B-sqrt(D))/(2.0*A) ;
END_IF
```

รูปที่ 2.31 Structure Text Language

2.3.11 หลักการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) และ คำสั่งพื้นฐาน

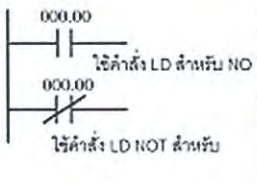
แลดเดอร์ไดอะแกรม จัดเป็นสัญลักษณ์ที่สามารถดูตามโครงสร้างแล้วเข้าใจการทำงาน แต่เวลาที่ PLC ทำงานจะอาศัยชุดคำสั่ง (Instruction) ทำงานโดยวิธีการเขียนลงในหน่วยความจำ ข้อมูลในหน่วยความจำนั้น จะจัดเก็บเป็นรหัส (Code) ไม่สามารถจัดเก็บในลักษณะของ Ladder Diagram ได้โดยตรง

การใช้คำสั่ง Load (LD) , Load Not (LD NOT) ดังรูปที่ 2.32

รูปที่ 2.32 การใช้คำสั่ง Load (LD) , Load Not (LD NOT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

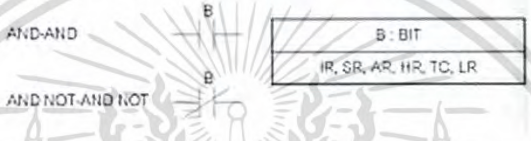
ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT ดังรูปที่ 2.33



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

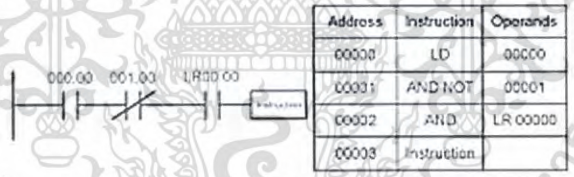
รูปที่ 2.33 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT

การใช้คำสั่ง AND, AND NOT ดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 การใช้คำสั่ง AND, AND NOT

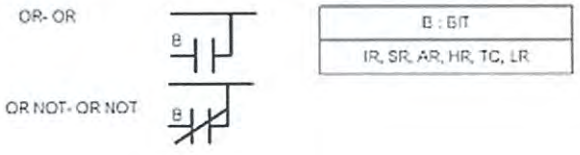
ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT ดังรูปที่ 2.35



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

รูปที่ 2.35 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT

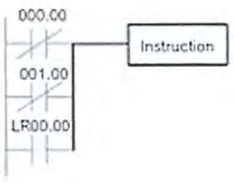
การใช้คำสั่ง OR, OR NOT ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 การใช้คำสั่ง OR, OR NOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT ดังรูปที่ 2.37

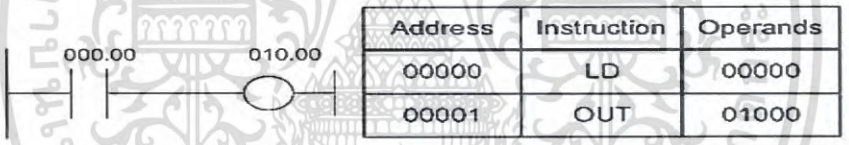


Address	Instruction	Operands
00000	LD NOT	00000
00001	OR NOT	00100
00002	OR	LR 00000
00003	Instruction	

รูปที่ 2.37 ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT

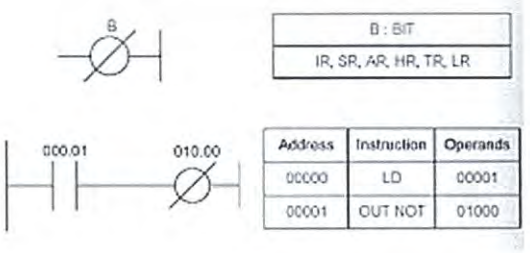
การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT เป็นคำสั่งที่สั่งขับให้ OUTPUT ภายนอกทำงานหรือไม่ทำงานตามคำสั่ง ดังรูปที่ 2.38 และรูปที่ 2.39

รูปที่ 2.38 การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT



รูปที่ 2.39 รูปแบบชุดคำสั่งจาก Ladder Diagram

OUTPUT NOT-OUT NOT การทำงานของคำสั่งเหล่านี้จะตรงข้ามกับ OUT ดังรูปที่ 2.40 [2]



รูปที่ 2.40 รูปแบบชุดคำสั่ง OUTPUT NOT-OUT NOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.12 การเลือกใช้ภาษา PLC

ภาษา PLC ทุกภาษามีข้อดีและขีดจำกัดแตกต่างกันไปดังนั้นการเลือกใช้ภาษาขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

2.3.12.1 ความถนัดของผู้ใช้

2.3.12.2 ลักษณะของภาษาที่จะใช้ให้เหมาะสมกับงาน

2.3.12.3 ลักษณะและขนาดของ PLC

2.3.12.4 ลักษณะของงานที่จะทำการควบคุม

2.3.13 PLC ที่ใช้ในโครงงาน

PLC ที่ใช้เป็นของ Mitsubishi รุ่น Q-Series ดังรูปที่ 2.41

รูปที่ 2.41 Mitsubishi Q-Series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบที่สำคัญมี 4 ส่วนด้วยกัน

2.3.13.1 หน่วยประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุมโดยเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท ดังรูปที่ 2.42

รูปที่ 2.42 CPU รุ่น Q00CPU

2.3.13.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือแตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.13.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 2.43 และรูปที่ 2.44

รูปที่ 2.43 Input Module รุ่น QX40

รูปที่ 2.44 Input Module รุ่น QX41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ดังรูปที่ 2.45 และรูปที่ 2.46 เช่น ควบคุมหลอดไฟ, มอเตอร์, วาล์ว เป็นต้น

รูปที่ 2.45 Output Module รุ่น QY40

รูปที่ 2.46 Output Module รุ่น QY41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.13.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุท/เอาท์พุท ดังรูปที่ 2.47

รูปที่ 2.47 Power Supply รุ่น Q61P

ส่วนประกอบเสริม เมื่อมีการใช้ Servo

2.3.13.5 Intelligent Module

เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่าง PLC Mitsubishi กับ Servo โดย PLC เป็นตัวประมวลผลและสั่งการควบคุมให้ Servo ทำงานตามค่าที่ได้ตั้งค่าไว้ ดังรูปที่ 2.48

รูปที่ 2.48 Intelligent Module รุ่น QD75D1N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

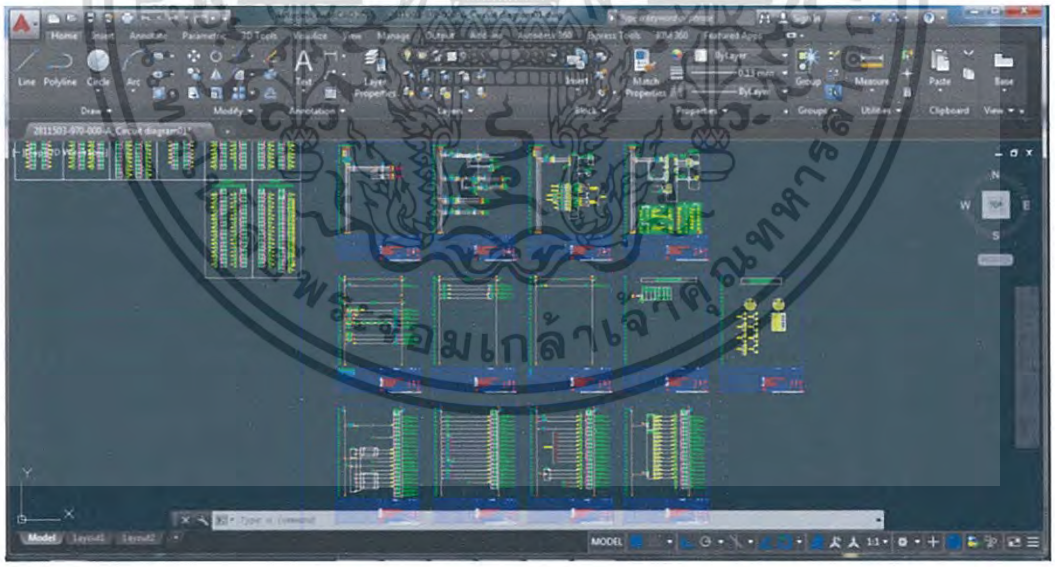
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

แผนกไฟฟ้าของทางบริษัท A.I. Industry Co.,Ltd. มีการใช้โปรแกรมในการเขียนแบบไฟฟ้าและออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรดังนี้

2.4.1 AutoCAD

เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า ภายในตัวโปรแกรมจะมีเครื่องมือมากมาย เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบระบบไฟฟ้า ให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะจะเห็นได้เลยว่าอุปกรณ์แต่ละตัวมีการเชื่อมต่อกันอย่างไร ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่าไหร่ อีกทั้งในการเขียนแบบยังมีการแบ่งแยกชนิดของการ์ดไว้อย่างเด่นชัดทำให้สามารถเปลี่ยนรายละเอียดของตัวแบบได้โดยง่าย ดังรูปที่ 2.49 และรูปที่ 2.50

รูปที่ 2.49 โปรแกรม AutoCAD



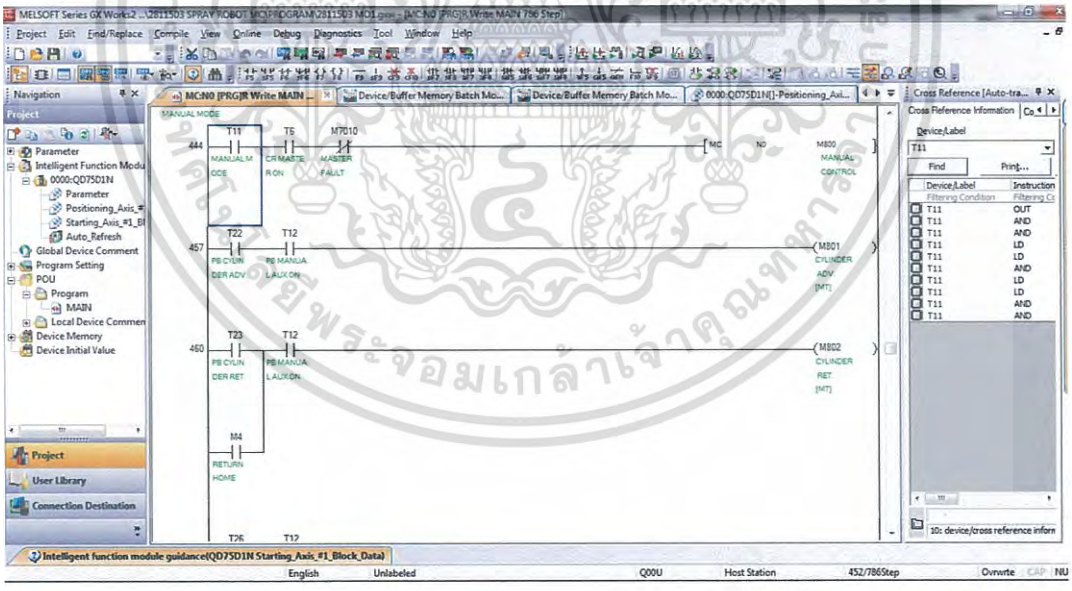
รูปที่ 2.50 หน้าของโปรแกรม AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 GX Works 2

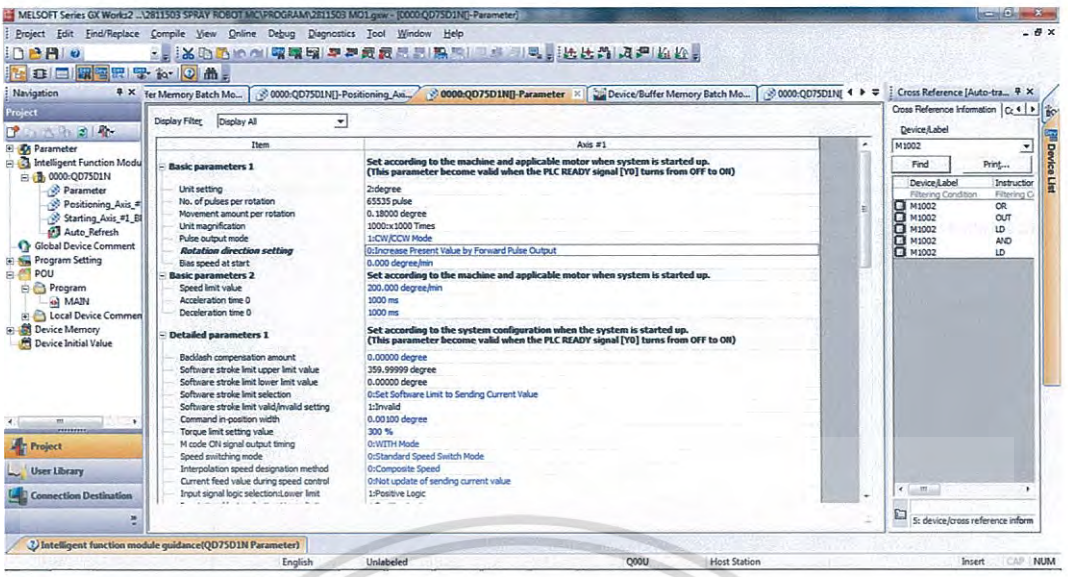
เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC Mitsubishi ให้เข้ากับ Computer ที่ใช้ควบคุม หรืออีกอย่างหนึ่งคือ ทำให้ PLC สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยสามารถกำหนดการทำงานของ PLC จากการเขียนโปรแกรมในภาษา Ladder ซึ่งจะใช้รีเลย์ช่วยภายในโปรแกรม และอุปกรณ์ที่ต่อกับ Input และ Output Module ของ PLC ในการควบคุมการทำงาน โดยสามารถดูสถานะการทำงานภายในโปรแกรมได้โดยใช้ Monitor Mode ดังรูปที่ 2.51, 2.52 และรูปที่ 2.53

รูปที่ 2.51 โปรแกรม GX Works 2



รูปที่ 2.52 หน้าของโปรแกรม GX Works 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.53 หน้าของโปรแกรม GX Works 2 ที่ใช้ควบคุม Servo

2.4.3 Teach Robot

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของ Robot เพื่อให้ Robot ทำงานตามความต้องการ จึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมให้ Robot ซึ่งคล้ายกับสอนการทำงาน เพื่อให้มันทำตามแบบที่ออกแบบไว้ โดยเมื่อ Teach เสร็จก็ต้องรอคำสั่งจาก PLC ก่อน Robot จึงจะทำงานตามขั้นตอนต่อไป

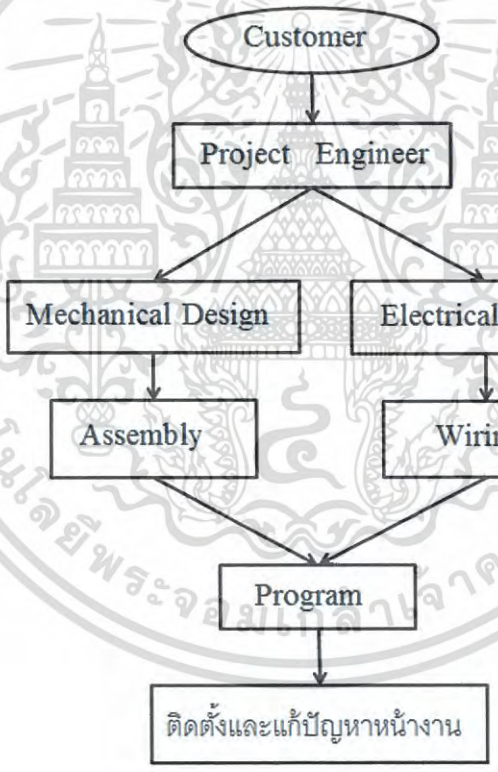
รูปที่ 2.54 หน้าของ Teach-Pendant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

บริษัท A.I. Industry Co.,Ltd. เป็นบริษัทรับออกแบบและผลิตเครื่องจักร ให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งด้านชิ้นส่วนยานยนต์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยในงานนี้ลูกค้าคือบริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd. ได้มีความต้องการให้ทำเครื่อง Spray Robot Machine ขึ้นมา ซึ่งตลอดกระบวนการจัดทำเครื่องจักรเครื่องนี้นั้นเป็นความรับผิดชอบของ บริษัท A.I. Industry Co.,Ltd. ทั้งหมด ซึ่งตั้งแต่ที่เข้ามาทำสหกิจศึกษา ณ ที่แห่งนี้ ได้เห็นขั้นตอนการทำงานซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนกไฟฟ้าจะมีการแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน

3.1 Electrical Design

3.1.1 ประชุมงานกับทางฝ่าย Project Engineer

3.1.2 ออกแบบไฟฟ้าตู้ Control และตู้ Operation

3.1.3 ทำ EE BOM

3.2 Wiring

3.2.1 การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation

3.2.2 ทำการ Machine Wiring

3.3 Programming

3.3.1 เขียน PLC ด้วยโปรแกรม CX-Programmer

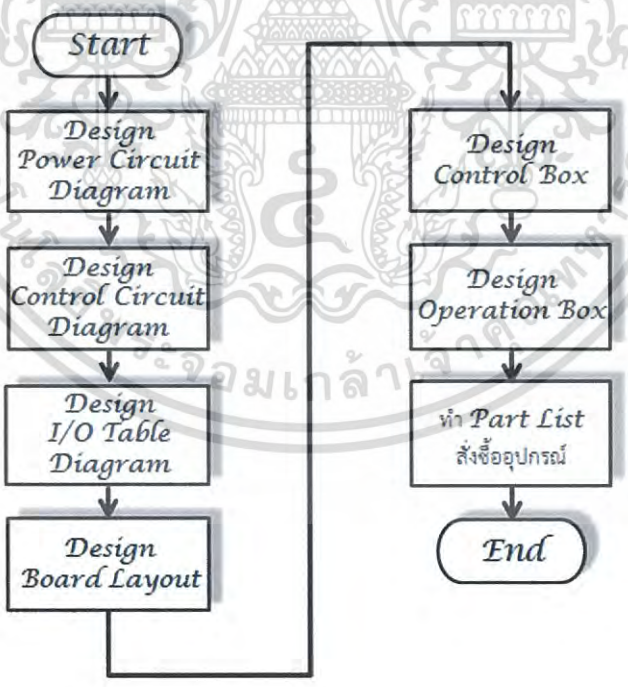
3.3.2 Teaching Robot ด้วย Teach Pendant ของ Yaskawa

3.3.3 Test & Install Program

3.4 ติดตั้งเครื่องจักรที่บริษัทลูกค้า

3.1 Electrical Design

แผนก Electrical Design ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบระบบไฟฟ้าให้กับเครื่อง Spray Robot Machine ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร

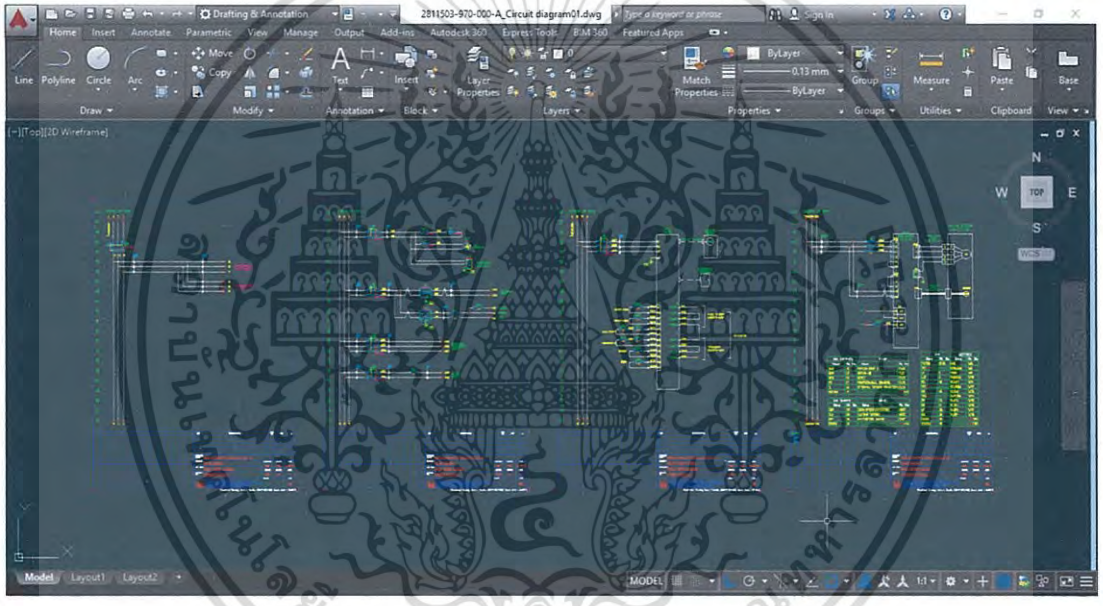
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ประชุมงานกับทางฝ่าย Project Engineer

ก่อนที่จะทำการเริ่มงานได้นั้น ต้องมีการประชุมกับฝ่าย Project Engineer รวมไปถึงฝ่าย Mechanical Design เสียก่อน เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของทางฝ่ายลูกค้า ซึ่งในกรณีนี้ทางลูกค้า มีความต้องการเครื่องจักรที่ใช้ Robot ในการพ่นกาวที่มีความรวดเร็ว, มีแม่นยำ, มีความมั่นคงและมีความปลอดภัยขณะใช้งาน ทางบริษัท A.I. Industry จึงได้จัดทำเครื่อง Spray Robot Machine ขึ้นมา

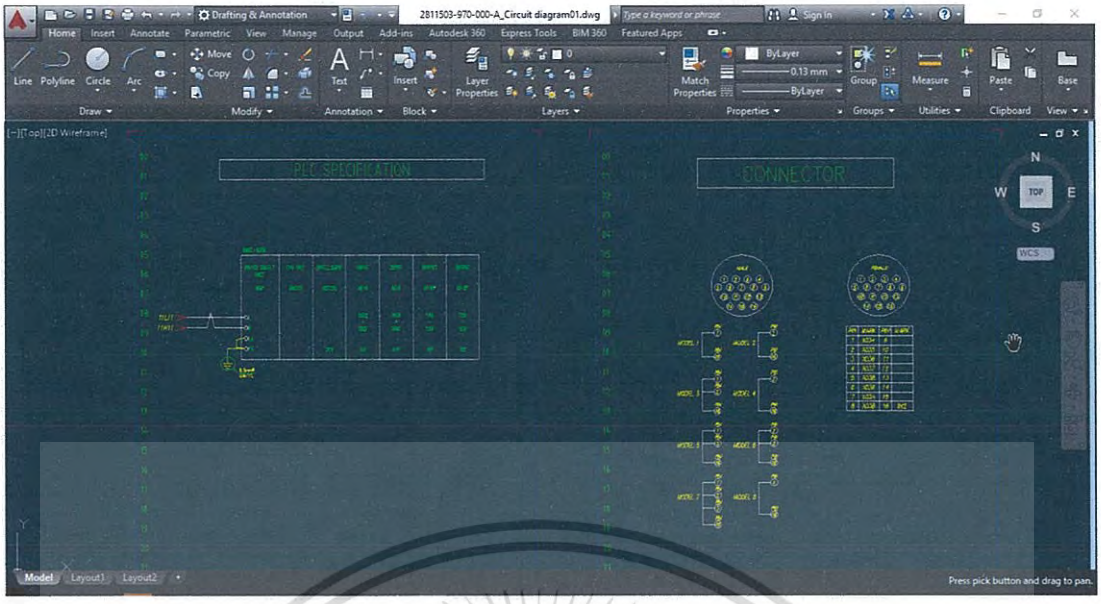
3.1.2 ออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า

การออกแบบไฟฟ้า ในที่นี้จะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบ สิ่งที่ต้องทำในขั้นตอนนี้คือ นำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 3.1 ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ามาเขียนเป็นแบบไฟฟ้า รวมทั้งการออกแบบตู้ Control และตู้ Operation อีกด้วย ดังรูปที่ 3.3 ถึงรูปที่ 3.9

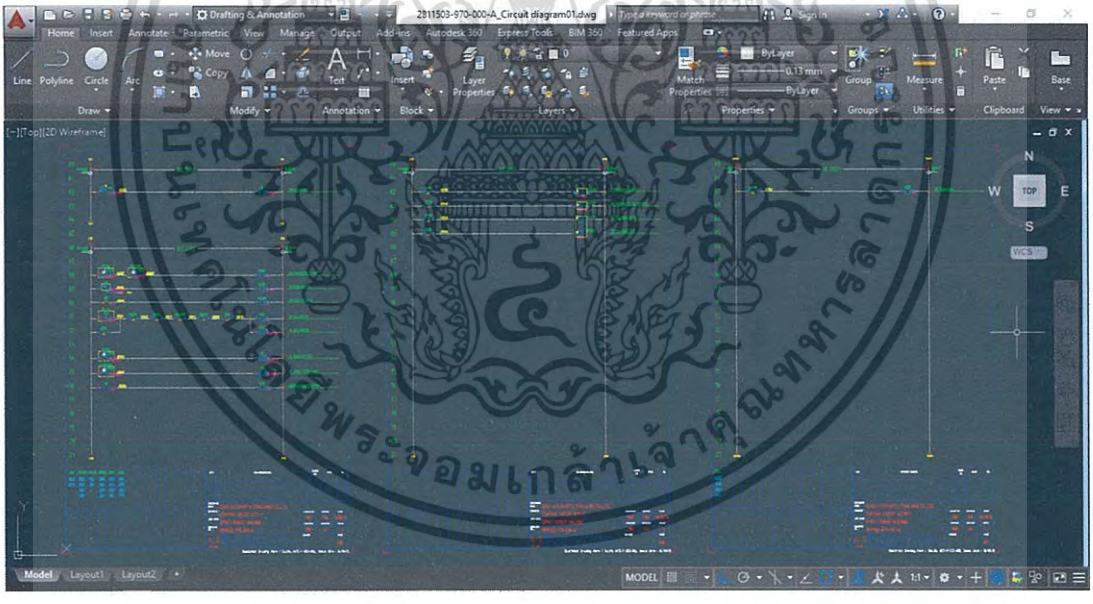


รูปที่ 3.3 Power Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

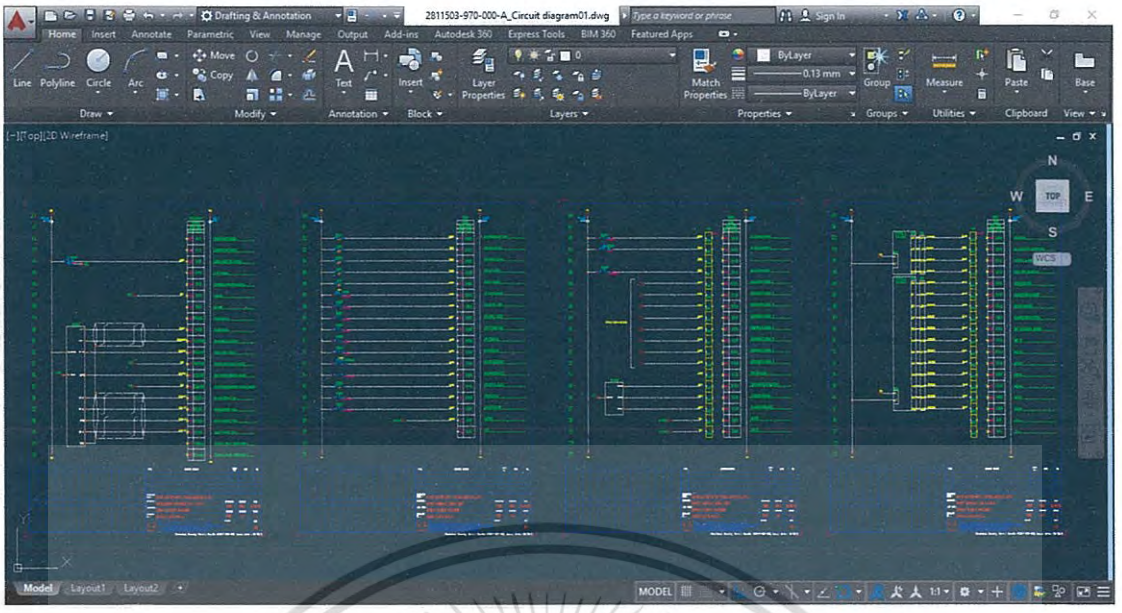


รูปที่ 3.4 PLC Specification และ Connector

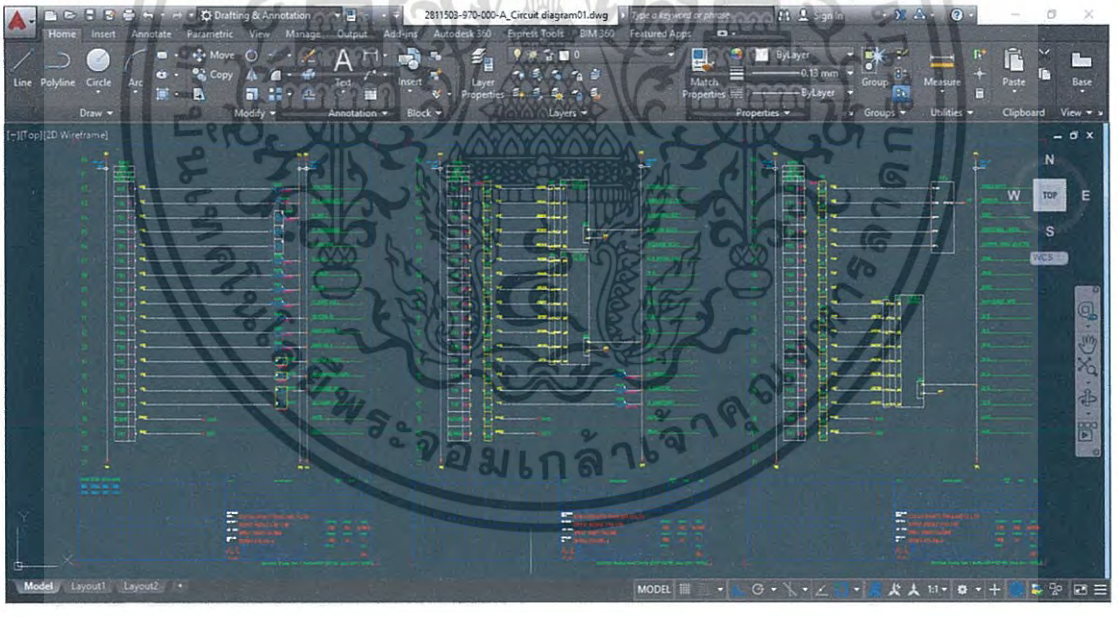


รูปที่ 3.5 Control Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

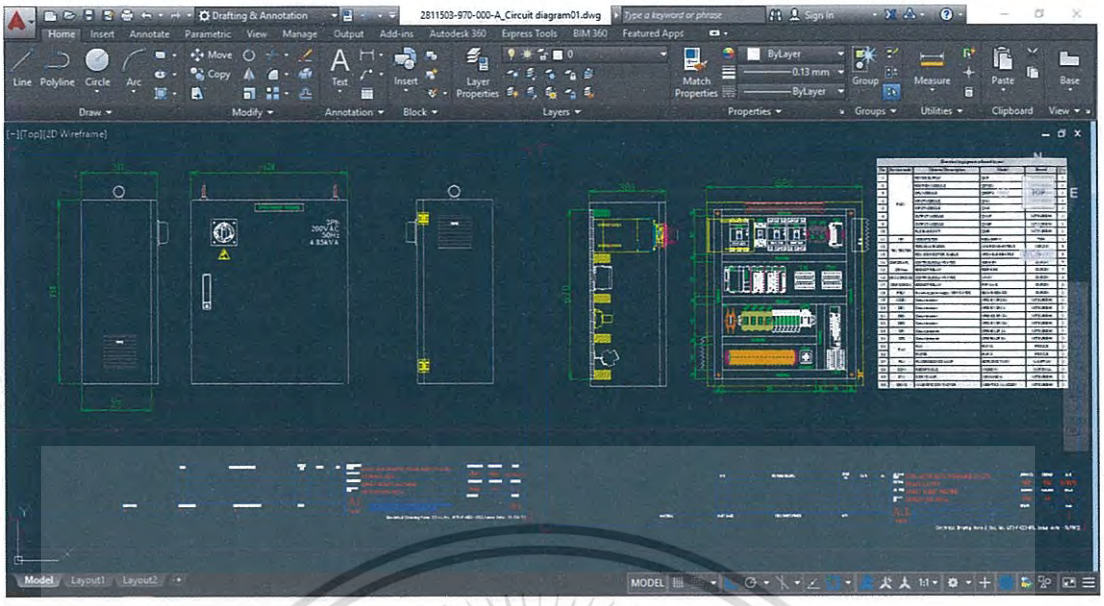


รูปที่ 3.6 Input Modules of PLC

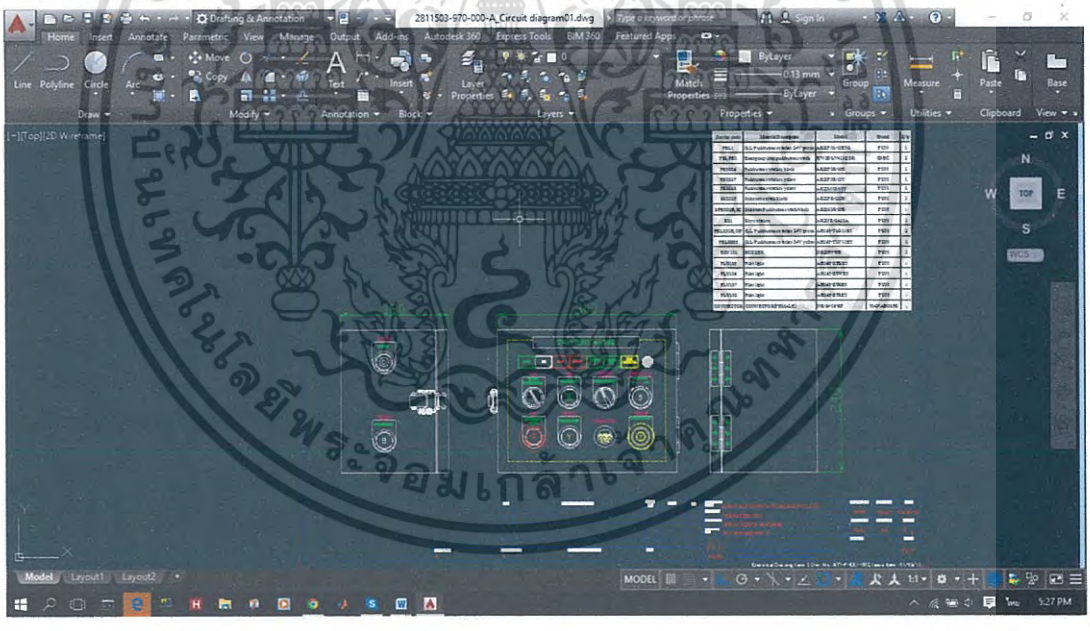


รูปที่ 3.7 Output Modules of PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



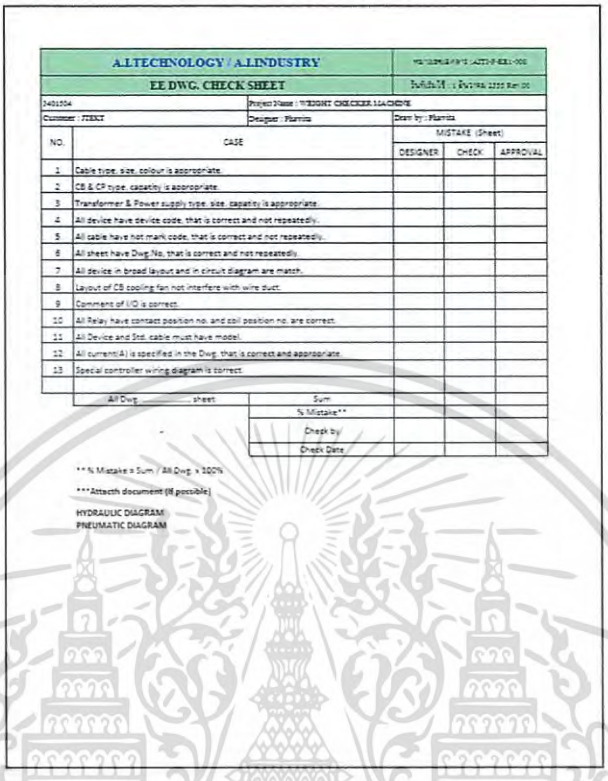
รูปที่ 3.8 แบบตู้ Control



รูปที่ 3.9 แบบตู้ Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ส่งแบบให้ทางลูกค้าได้ Approve และ Confirm เรียบร้อยแล้ว จะมีการทำเอกสาร EE DWG, Check Sheet เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบ ดังรูปที่ 3.10



A.L TECHNOLOGY / A.L INDUSTRY

EE DWG. CHECK SHEET

2401504	Project Name : WEIGHT CHECKER 14 HEAD WE			
Customer : ITEKT	Designer : Flarrita	Draw by : Flarrita		
NO.	CASE	MISTAKE (Sheet)		
		DESIGNER	CHECK	APPROVAL
1	Cable type, size, colour is appropriate.			
2	CB & CP type, capacity is appropriate.			
3	Transformer & Power supply type, size, capacity is appropriate.			
4	All device have device code, that is correct and not repeatedly.			
5	All cable have hot mark code, that is correct and not repeatedly.			
6	All sheet have Dwg.No. that is correct and not repeatedly.			
7	All device in broad layout and in circuit diagram are match.			
8	Layout of CB cooling fan not interfere with wire duct.			
9	Comment of I/O is correct.			
10	All Relay have contact position no. and coil position no. are correct.			
11	All Device and Std. cable must have model.			
12	All current(A) is specified in the Dwg. that is correct and appropriate.			
13	Special controller wiring diagram is correct.			
All Dwg. _____ sheet	Sum			
	% Mistake**			
	Check by			
	Check Date			

** % Mistake = Sum / All Dwg. x 100%

*** Attacth document (if possible)

HYDRAULIC DIAGRAM

PNEUMATIC DIAGRAM

รูปที่ 3.10 เอกสาร EE DWG, Check Sheet

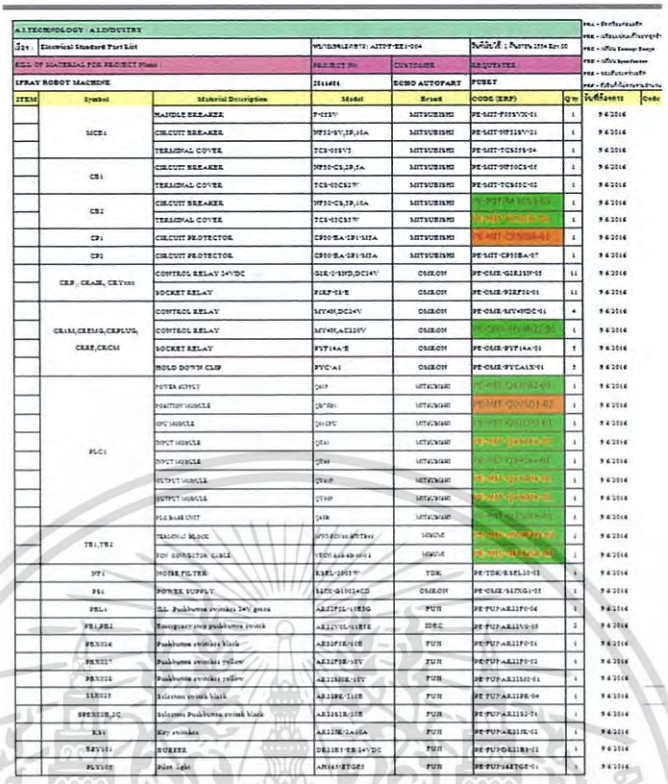
3.1.3 จัดทำ EE BOM และใบสั่งซื้อตู้ Control และตู้ Operation

การสั่งซื้ออุปกรณ์ของทางบริษัทต้องมีแบบฟอร์ม เพื่อเป็นหลักฐานในการสั่งซื้อและตรวจสอบ ซึ่งมีแบบฟอร์มดังต่อไปนี้

3.1.3.1 EE BOM

ใบสั่งซื้ออุปกรณ์ของทางแผนกไฟฟ้า ที่จะส่งต่อให้แผนกจัดซื้อคำนวณราคาและจัดซื้อของตามรายการวัสดุอุปกรณ์นั้นๆ ซึ่งทำให้การทำงานสามารถเป็นไปได้อย่างราบรื่นและรวดเร็วยิ่งขึ้น เพราะในเอกสารนี้จะมีข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งชนิด รุ่น ยี่ห้อ รวมถึงจำนวนของอุปกรณ์ ทำให้สามารถตรวจสอบอุปกรณ์ได้ เมื่ออุปกรณ์ถูกส่งมาถึงทางบริษัท ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



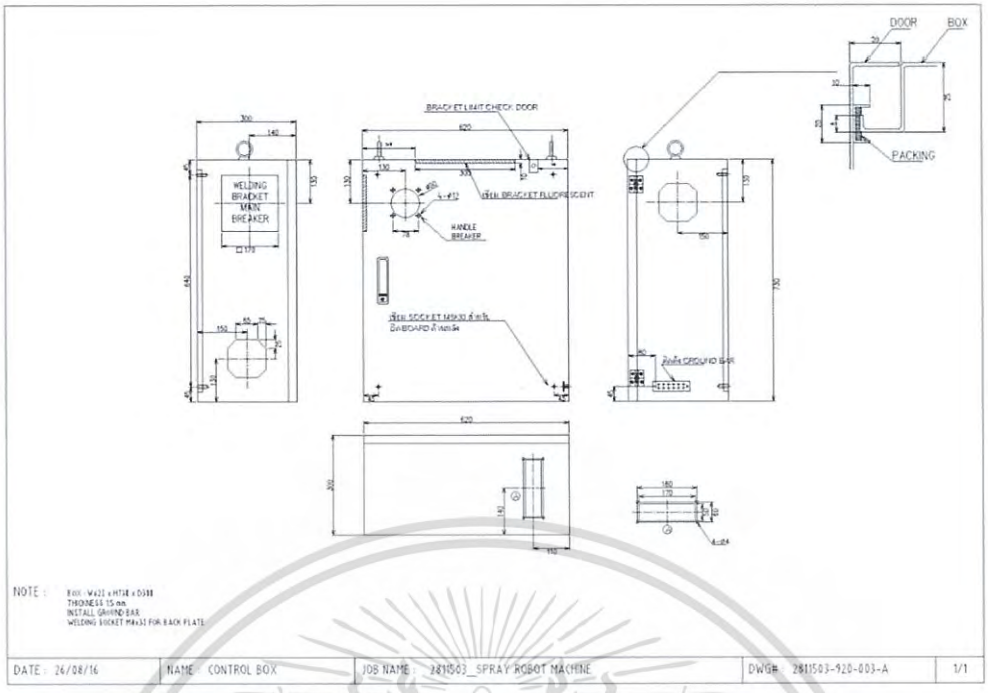
A.I.TECHNOLOGY : A.I.INDUSTRY							
โปรเจค :	Electrical Standard Part List			วันที่เปิดใช้ : วันที่ 29 มิถุนายน 2554 เวลา 10:00			
BILL OF MATERIAL FOR PROJECT Plant :			PROJECT No :	CUSTOMER :	REQUESTER :		
SPRAY ROBOT MACHINE			2514401	ECHO AUTOPART	PUSET		
ITEM	Symbol	Material Description	Model	Brand	CODE (ERP)	Q'ty	วันที่ใช้งานจริง
	MCB1	HANDLE BREAKER	T-053V	MITSUBISHI	PE-MIT-T053V/C-01	1	9-6-2016
		CIRCUIT BREAKER	NF32-SV,3P,10A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF3210V-01	1	9-6-2016
		TERMINAL COVER	TCS-053V3	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS053-04	1	9-6-2016
	CB1	CIRCUIT BREAKER	NF30-CS,3P,5A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF30CS-01	1	9-6-2016
		TERMINAL COVER	TCS-03CS3V	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS03C-02	1	9-6-2016
	CB2	CIRCUIT BREAKER	NF30-CS,3P,10A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF30CS-02	1	9-6-2016
		TERMINAL COVER	TCS-03CS3V	MITSUBISHI	PE-MIT-TCS03C-02	1	9-6-2016
	CP1	CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA-3P1-5A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP30BA-05	1	9-6-2016
	CP2	CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA-3P1-3.5A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP30BA-07	1	9-6-2016
	CR2 , CR4M, CR7xxx	CONTROL RELAY 24VDC	G2R-2-SWD,DC24V	OMRON	PE-OMR-G2R2SW-01	11	9-6-2016
		SOCKET RELAY	PYF-2A-E	OMRON	PE-OMR-92PF2A-01	11	9-6-2016
	CR1M,CR2MG,CRPLUG, CR2E,CR2M	CONTROL RELAY	MY4N,DC24V	OMRON	PE-OMR-MY4-WDC-01	4	9-6-2016
		CONTROL RELAY	MY4N,AC220V	OMRON		1	9-6-2016
		SOCKET RELAY	PYF14A-E	OMRON	PE-OMR-PYF14A-01	5	9-6-2016
		HOLD DOWN CLIP	PYC-A1	OMRON	PE-OMR-PYCA1X-01	5	9-6-2016
	PLC1	POWER SUPPLY	QA1P	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		POSITION MODULE	QD75P1	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		SPC MODULE	QA1S51	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		INPUT MODULE	QX41	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		INPUT MODULE	QX40	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		OUTPUT MODULE	QY40P	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		OUTPUT MODULE	QY41P	MITSUBISHI		1	9-6-2016
		PLC BASE UNIT	QA1S	MITSUBISHI		1	9-6-2016
	TB1,TB2	TERMINAL BLOCK	XW5R20-xxTB-x	OMRON		2	9-6-2016
		END CONNECTOR CABLE	XW5R-xxxx-x	OMRON		1	9-6-2016
	NF1	NOISE FILTER	RSEL-2003-V	TDK	PE-TDK-RSEL20-01	1	9-6-2016
	PS1	POWER SUPPLY	S8VK-G15012CD	OMRON	PE-OMR-S8VKG1-01	1	9-6-2016
	PBL1	LIL Pushbutton switches 24V, green	AB22FL1-10E1G	FUJI	PE-FUJ-AB11F0-04	1	9-6-2016
	PB1,PB2	Emergency stop pushbutton switch	AB22VSL-11E1Z	IDEC	PE-FUJ-AB11V0-03	2	9-6-2016
	PBN1M	Pushbutton switches black	AB22F1E-10B	FUJI	PE-FUJ-AB11F0-01	1	9-6-2016
	PBN2Y	Pushbutton switches yellow	AB22F2E-10Y	FUJI	PE-FUJ-AB11F0-02	1	9-6-2016
	PBN2G	Pushbutton switches yellow	AB21E2GE-10Y	FUJI	PE-FUJ-AB11E0-01	1	9-6-2016
	LSN2B	Selector switch black	AB22FE/2AB	FUJI	PE-FUJ-AB11FE-04	1	9-6-2016
	SPBNSB_2C	Selector Pushbutton switch black	AB21E2B-20B	FUJI	PE-FUJ-AB11E2-01	1	9-6-2016
	KS1	Key switches	AB11E/2A10A	FUJI	PE-FUJ-AB11E-02	1	9-6-2016
	BZY1A	BUZZER	DB11B1-EB24VDC	FUJI	PE-FUJ-DA11B2-01	1	9-6-2016
	PLY1G	Pilot light	AM16-ETG03	FUJI	PE-FUJ-16ETG0-01	1	9-6-2016

รูปที่ 3.11 เอกสาร EE BOM

3.1.3.2 ใบสั่งซื้อ ตู้ Control และตู้ Operation

แบบจะถูกเขียนโดยโปรแกรม AutoCAD และจะทำการสั่งซื้อกับทาง Supplier โดยในใบที่ทำการสั่งซื้อจะมีข้อมูลทั้งความสูง, ความกว้าง, ความลึกของตู้, ระยะรูที่เจาะ, วัสดุที่ใช้ทำตู้, ความหนาของวัสดุ และรวมไปถึงวันที่ต้องการสินค้า เป็นต้น ดังรูปที่ 3.12 ถึงรูปที่ 3.16

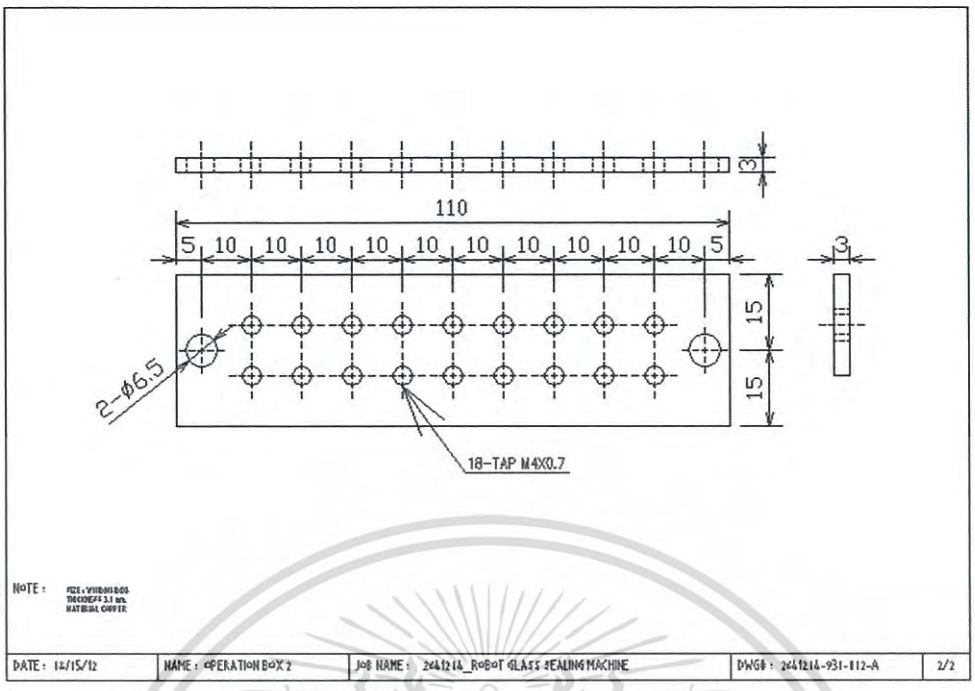
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



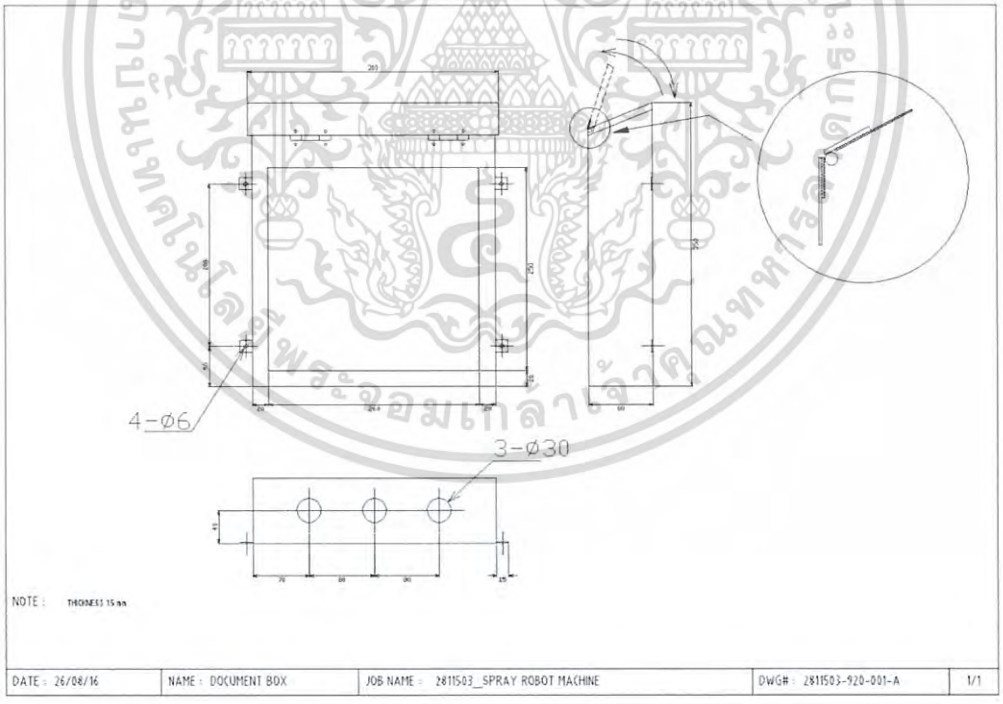
รูปที่ 3.12 ใบสั่งซื้อตู้ Control

รูปที่ 3.13 ใบสั่งซื้อ Board ภายในตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

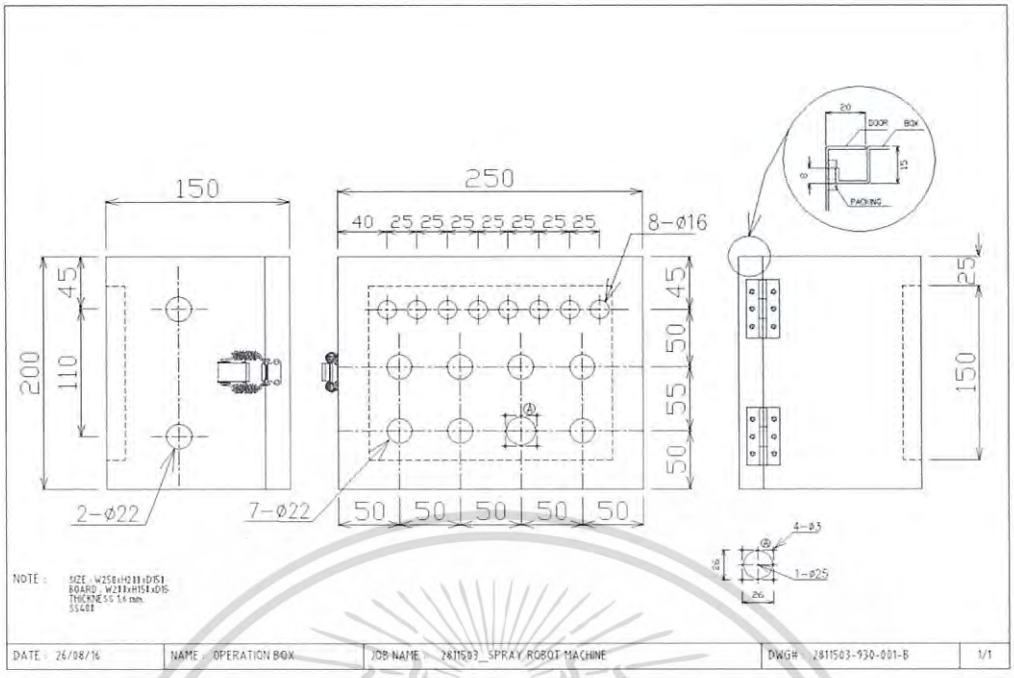


รูปที่ 3.14 ใบสั่งซื้อ Ground Bar ที่ติดตั้งภายในตู้ Control



รูปที่ 3.15 ใบสั่งซื้อ Document Box ที่ติดตั้งตรงประตูตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ใบสั่งซื้อตู้ Operation

3.2 Wiring

การเดินสายไฟตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงการจัดทำตู้ปฏิบัติการและตู้ควบคุม ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

3.2.1 การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation

การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation จะทำการดูแบบจาก Circuit Diagram และวาง Layout ภายในตู้ จากแบบ Circuit Diagram ที่ได้เขียนไว้

เมื่อตู้ Control และตู้ Operation ที่ได้ทำการสั่งไว้มาถึง ตรวจสอบขนาดของตู้ให้ตรงตามที่ออกแบบไว้ แล้วจึงเซ็นรับของและเมื่อเปิดออกมาภายในตู้จะเป็นตู้เปล่า ยังไม่มีการต่อเติมอุปกรณ์แต่อย่างใดและต้องทำการแยกชิ้นส่วนประกอบของตู้ออกก่อนเพื่อที่จะส่งไปทำสีตามที่ตกลงกับทางลูกค้า ไว้เมื่อส่งทำสีเรียบร้อยแล้วก็ทำการประกอบตู้ Control และตู้ Operation ให้เรียบร้อย ดังรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

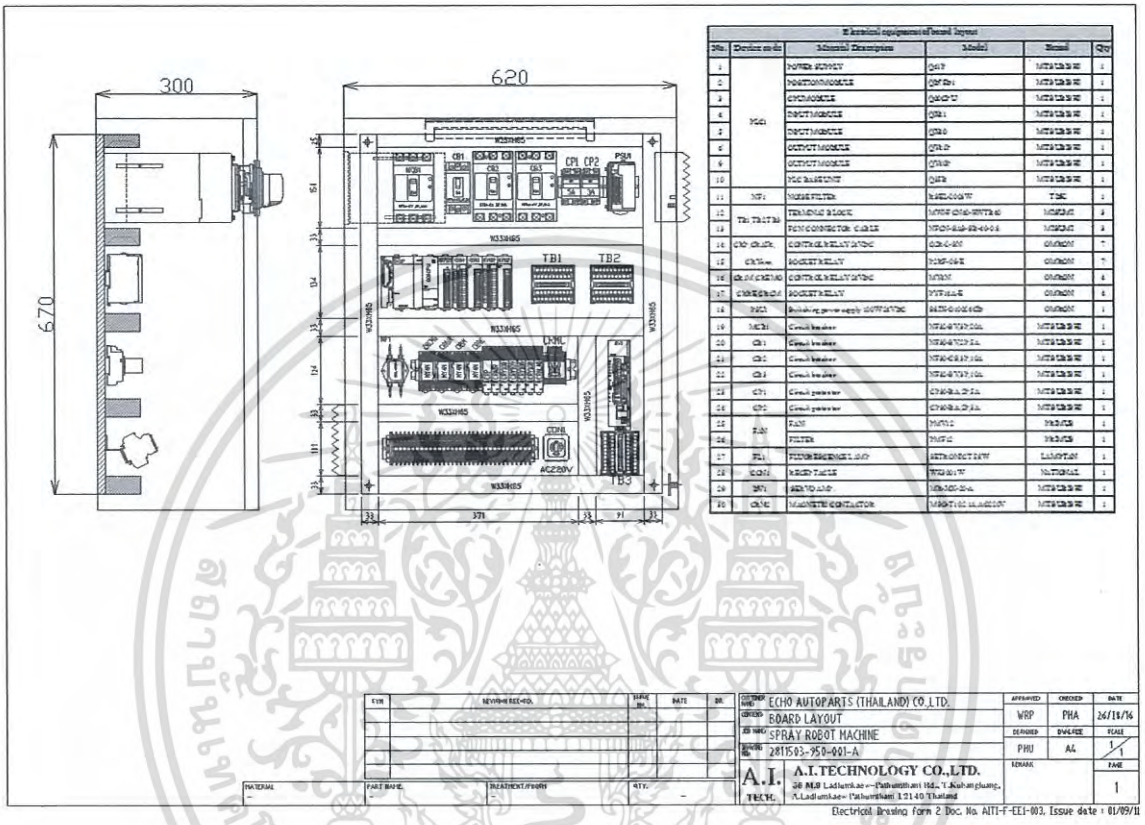
รูปที่ 3.17 ตู้ Control หลังทำสี

รูปที่ 3.18 ประกอบตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การจัดทำตู้ Control

1. การจัดทำตู้ Control จะทำการดูแบบจาก Circuit Diagram และจะทำการจัดวางอุปกรณ์ตาม Layout ลงบน Board ภายในตู้ ตามแบบที่ได้เขียนไว้ ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 Layout ภายในตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เริ่มวาง Layout อุปกรณ์ทั้งหมดภายในตู้ Control โดยทำการวัดและเจาะรู Board ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะติดตั้ง รางใส่สายไฟ (Wire Duct), ราง Relay, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบน Board เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยและง่ายต่อการซ่อมแซมแก้ไขในอนาคต ดังรูปที่ 3.20

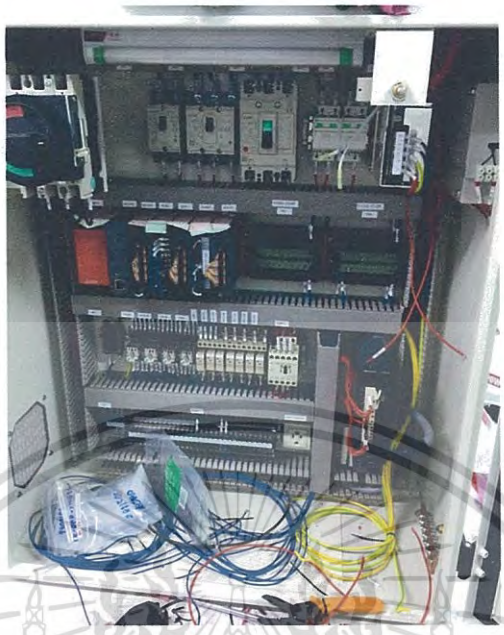
รูปที่ 3.20 ติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ Board

3. เริ่มทำการ Wiring สายไฟตามแบบ Circuit Diagram ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 Board ที่ทำการ Wiring สายไฟเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ติดตั้งและยึด Board เข้าภายในตู้ Control ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 Board ที่ทำการ Wiring แล้วเข้ากับตู้ Control

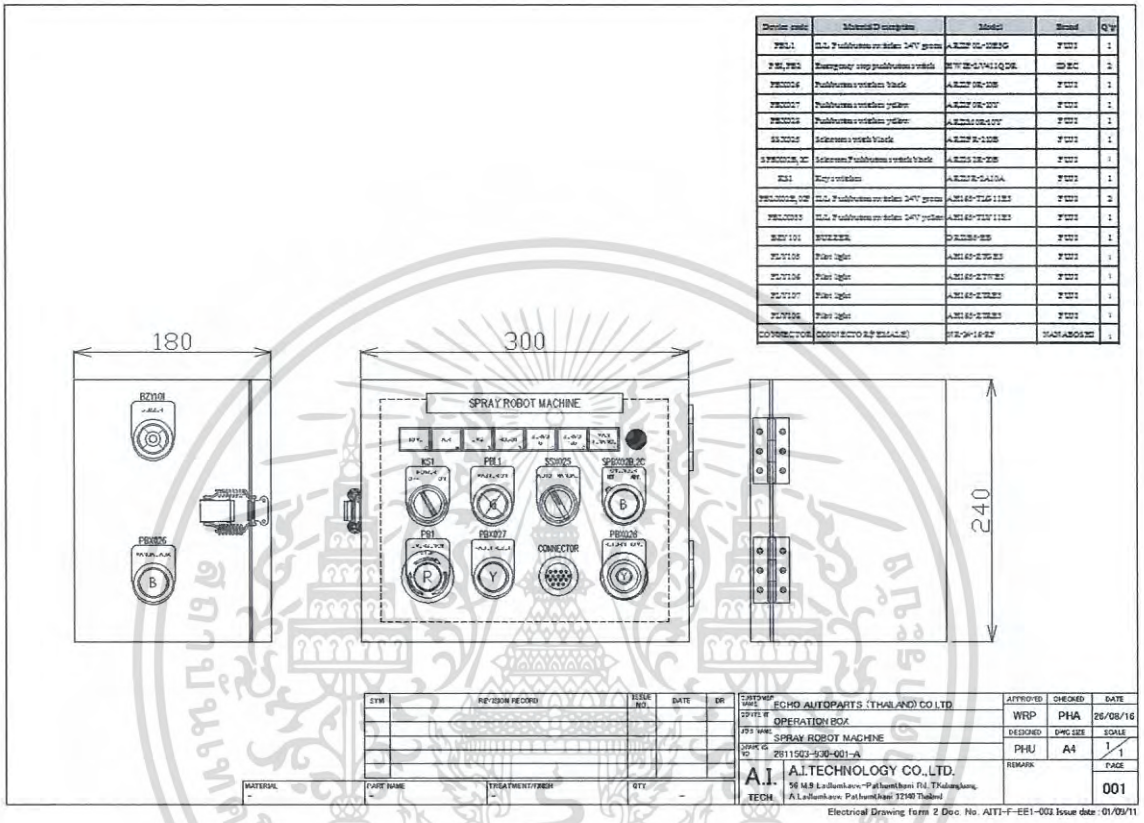
5. ติด Document Box สำหรับใส่เอกสารของเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ติดตั้ง Document Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การจัดทำตู้ Operation

1. เมื่อได้ตู้ Operation ตามแบบที่สั่งแล้ว นำไปทำสีและทำการประกอบตู้เรียบร้อยแล้ว ทำการวางอุปกรณ์ตามแบบที่เขียนไว้ ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 Layout ตู้ Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดอุปกรณ์เข้ากับตัวตู้ Operation และทำการ Wiring สายไฟระหว่างตัวอุปกรณ์แต่ละตัว และต่อเข้ากับ Terminal เพื่อรอการต่อสายไฟจาก Terminal ของตู้ Control ดังรูปที่ 3.25 และรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.25 ตู้ Operation ที่ Wiring เรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 3.26 หน้าตู้ Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ทำการ Machine Wiring

การ Machine Wiring คือการติดตั้งอุปกรณ์พวก Sensors ชนิดต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ตามแบบ Circuit Diagram รวมไปถึงการเดินสายไฟเชื่อมต่อระหว่างตู้ Robot กับตู้ Control ดังรูปที่ 3.27 และรูปที่ 3.28

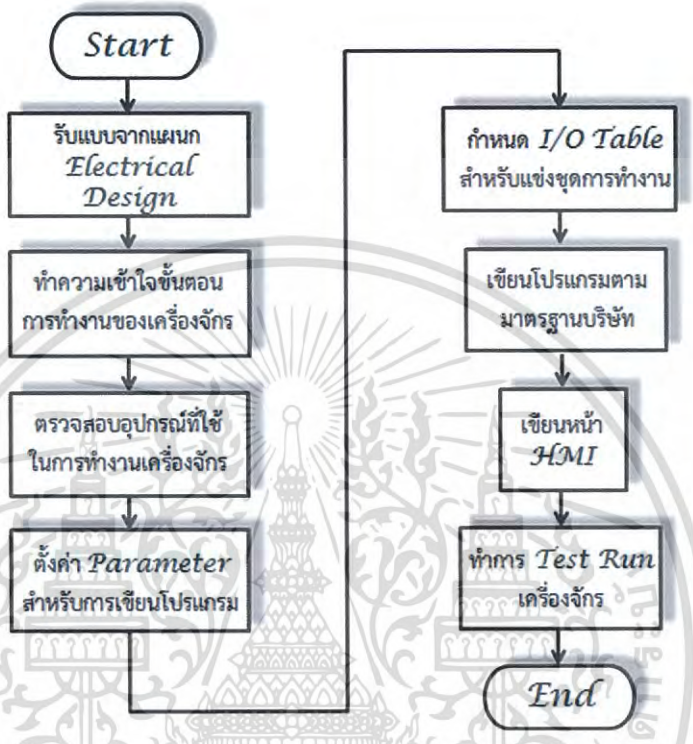
รูปที่ 3.27 Proximity Sensor ถูกติดไว้ตามตำแหน่งที่กำหนด

รูปที่ 3.28 เดินสายไฟเชื่อมต่อระหว่างตู้ Robot กับตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Programming

แผนก Programming ทำงานเกี่ยวกับการออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรด้วยภาษาแลดเดอร์ ผ่านโปรแกรมที่ใช้สำหรับ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 3.29

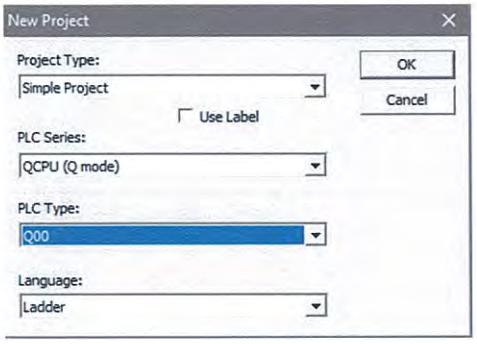


รูปที่ 3.29 แผนผังขั้นตอนการออกแบบการทำงานของเครื่องจักร

3.3.1 เขียน PLC ด้วยโปรแกรม GX Works 2

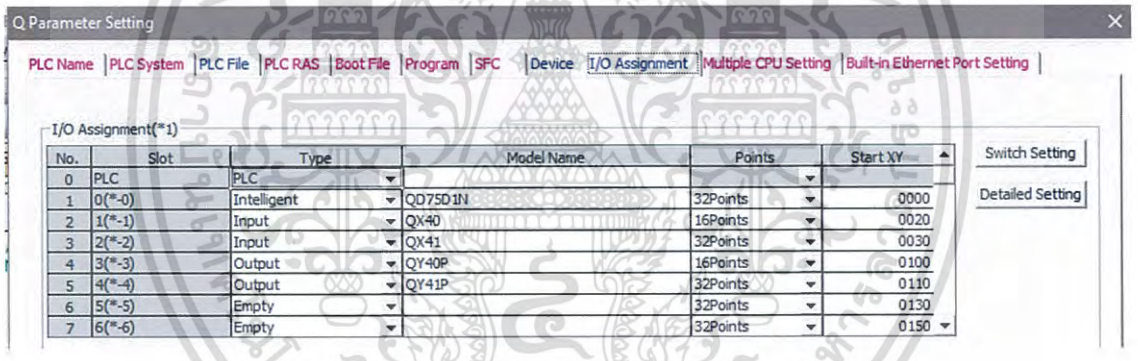
PLC ที่ใช้สำหรับเครื่อง Spray Robot Machine นี้เป็น PLC ของ Mitsubishi ซึ่งใช้ CPU รุ่น Q00CPU โดยจะใช้โปรแกรม GX Works 2 ในการเขียนภาษา Ladder โดยก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรมจะต้องมีการกำหนดรุ่นของ CPU ในโปรแกรมให้ตรงกับ CPU ของ PLC ที่ใช้เสียก่อน ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 Set CPU ในโปรแกรม GX Works 2

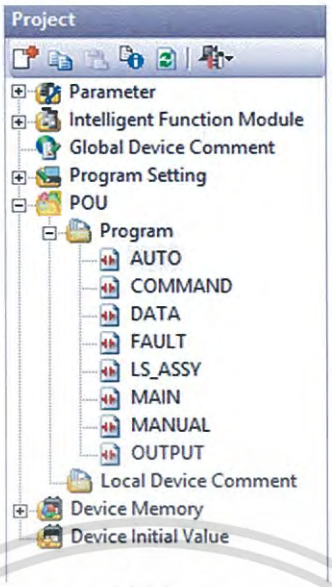
ในโปรแกรม GX Works 2 ต้องมีการกำหนดรุ่นของ CPU รวมถึงการ์ดต่างๆ โดยจะมีการกำหนดจำนวน Point ของการ์ดนั้นๆ ในที่นี้จะมีการใช้การ์ดทั้งหมด 5 การ์ด คือ Intelligent 1 ตัว Input 2 ตัว และ Output 2 ตัว และ Point ที่เริ่มใช้ จะทำการ Set ค่าทั้งหมดที่ Q Parameter Setting ดังรูปที่ 3.31



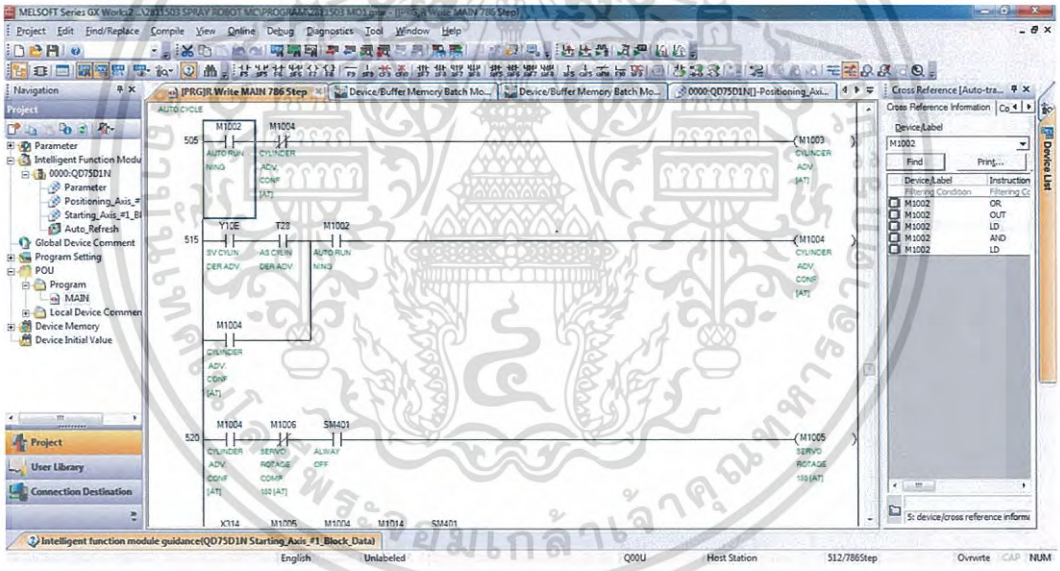
รูปที่ 3.31 Q Parameter Setting

ในการเขียนโปรแกรมนั้น จะมีการแบ่งโปรแกรมไว้เป็นส่วนๆ ตามเนื้อหานั้นๆ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการเขียนและแก้ไข ซึ่งในที่นี้จะแบ่งเป็น 8 ส่วนด้วยกันคือ LS_ASSY, MAIN, FAULT, MANUAL, AUTO, OUTPUT, สูตรคำนวณและการตั้งค่าโมเดลชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.32 และรูปที่ 3.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 การแบ่งโปรแกรมส่วนต่างๆ

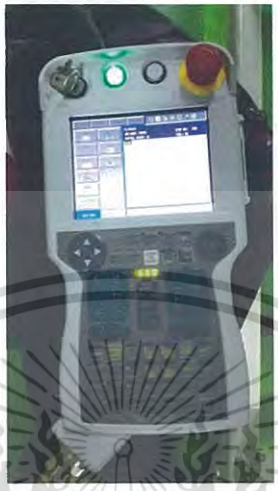


รูปที่ 3.33 โปรแกรมบางส่วนของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Teaching Robot ด้วย Teach Pendant ของ Yaskawa

Robot ที่ใช้ในเครื่อง Spray Robot Machine นี้เป็น Robot ของ Yaskawa NX100 โดยใช้ Teach Pendant ในการ Teaching Robot ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 Teach Pendant ของ Robot Yaskawa NX100

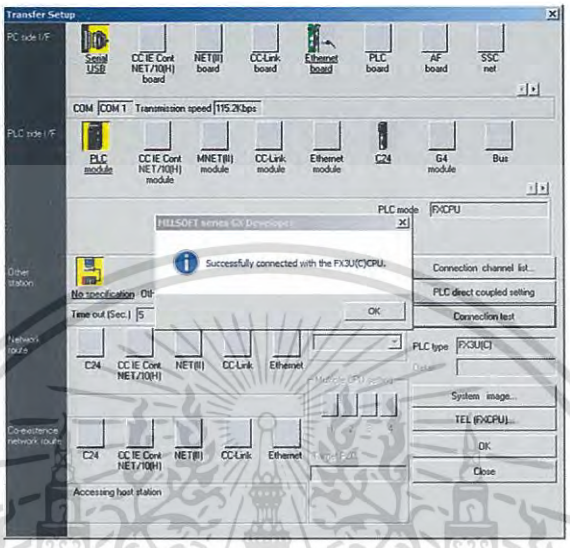
ในการ Teaching Robot จะทำได้โดยการใช้ Teach Pendant เคลื่อนที่ Robot ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แล้วหลังจากนั้นให้บันทึกตำแหน่งลงไว้ในโปรแกรม โดยหลักๆแล้ว Robot จะมีการเคลื่อนที่อยู่ 4 แบบ คือแบบ J (การเคลื่อนที่แบบการกระจัด) แบบ L (การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง) แบบ C (การเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง) และแบบ S (การเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งสลับซ้ายขวา) ดังรูปที่ 3.35

รูปที่ 3.35 Teaching Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

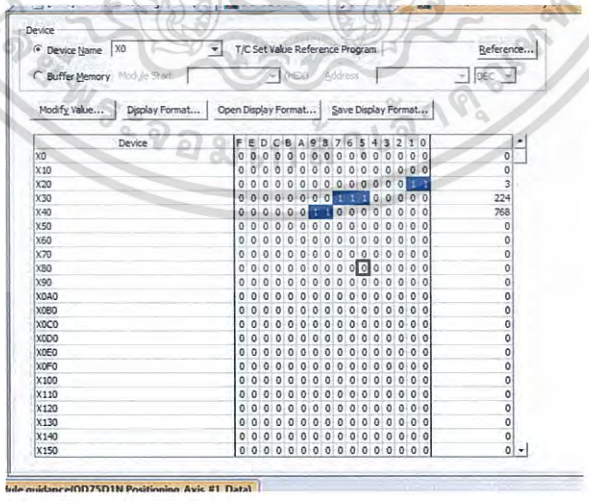
3.3.3 Test & Install Program

หลังจากที่มีการเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อย จะมาถึงขั้นตอน Test & Install Program เพื่อเป็นการแก้ไขและ Confirm ฟังก์ชันทั้งหมดในการทำงานของเครื่องจักร โดยจะต้องทำการเชื่อมต่อกันระหว่าง Computer และ PLC ผ่านสาย USB ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 Check การเชื่อมต่อระหว่าง Computer และ PLC

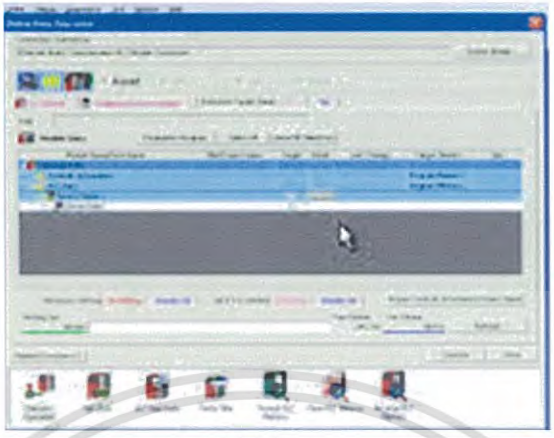
เมื่อทำการเชื่อมต่อระหว่าง Computer กับตัว PLC เรียบร้อยแล้วก็ทำการเช็คสัญญาณ Input/Output ของ PLC ที่เข้ามาว่าถูกต้องตามที่ออกแบบไว้หรือเปล่า เพื่อความปลอดภัยในการทำงานของเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 Check Input/Output ของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

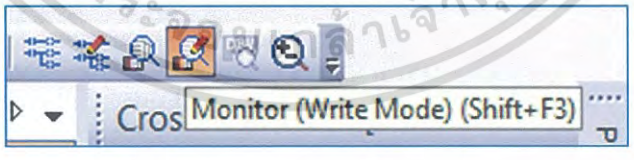
เมื่อทำการและทำการเช็คสัญญาณ Input/Output ของ PLC เรียบร้อยแล้วก็ทำการ Write โปรแกรมจาก Computer ลง PLC ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 Write Program to PLC

เมื่อทำการเชื่อมต่อระหว่าง Computer และ PLC เรียบร้อย หน้าโปรแกรมจะอยู่ใน Monitor Mode ซึ่งสามารถเลือกให้เป็น Monitor (Write Mode) ได้หากต้องการแก้ไขตัวโปรแกรมในระหว่างที่ทำการเชื่อมต่ออยู่ ดังรูปที่ 3.39 และรูปที่ 3.40

รูปที่ 3.39 Monitor Mode



รูปที่ 3.40 Monitor (Write Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการแก้ไขส่วนของโปรแกรมจะต้องทำการกด F4 ทุกครั้ง เพื่อเป็นการ Write to PLC ดังรูปที่ 3.41

รูปที่ 3.41 ช่วง Test Program

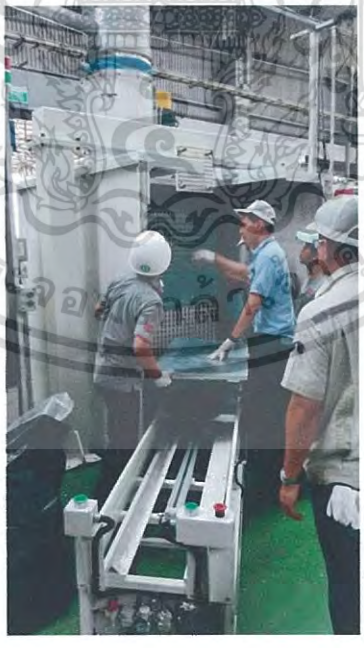
เมื่อได้ทำการ Confirm ความถูกต้องของฟังก์ชันในโปรแกรมทั้งหมดกับทางลูกค้าแล้วจึงทำการ Install Program เพื่อเตรียมการส่งเครื่องจักรไปติดตั้งที่หน้างาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ติดตั้งเครื่องจักรที่บริษัทลูกค้า

เมื่อเครื่องจักรได้ทำการ Install Program เรียบร้อยแล้วพร้อมสำหรับการติดตั้ง ก็จะทำการส่งเครื่อง Spray Robot Machine ไปติดตั้งที่หน้างานเข้ากับสายการผลิตที่บริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd. ดังรูปที่ 3.42 และรูปที่ 3.43

รูปที่ 3.42 ยกเครื่องจักรลงจากรถบรรทุกเพื่อติดตั้งบริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd.



รูปที่ 3.43 ติดตั้งเครื่องจักรลงบนสายการผลิตที่บริษัท Echo Autoparts (Thailand) Co.,Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องจักรเรียบร้อยแล้วก็เริ่มทำการ Test เครื่องจักรเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดก่อนที่จะส่งมอบเครื่องจักรให้กับลูกค้า ดังรูปที่ 3.44 และรูปที่ 3.45

รูปที่ 3.44 ติดตั้งเครื่องจักรเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 3.45 Test เครื่องจักรก่อนที่จะส่งมอบให้ลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

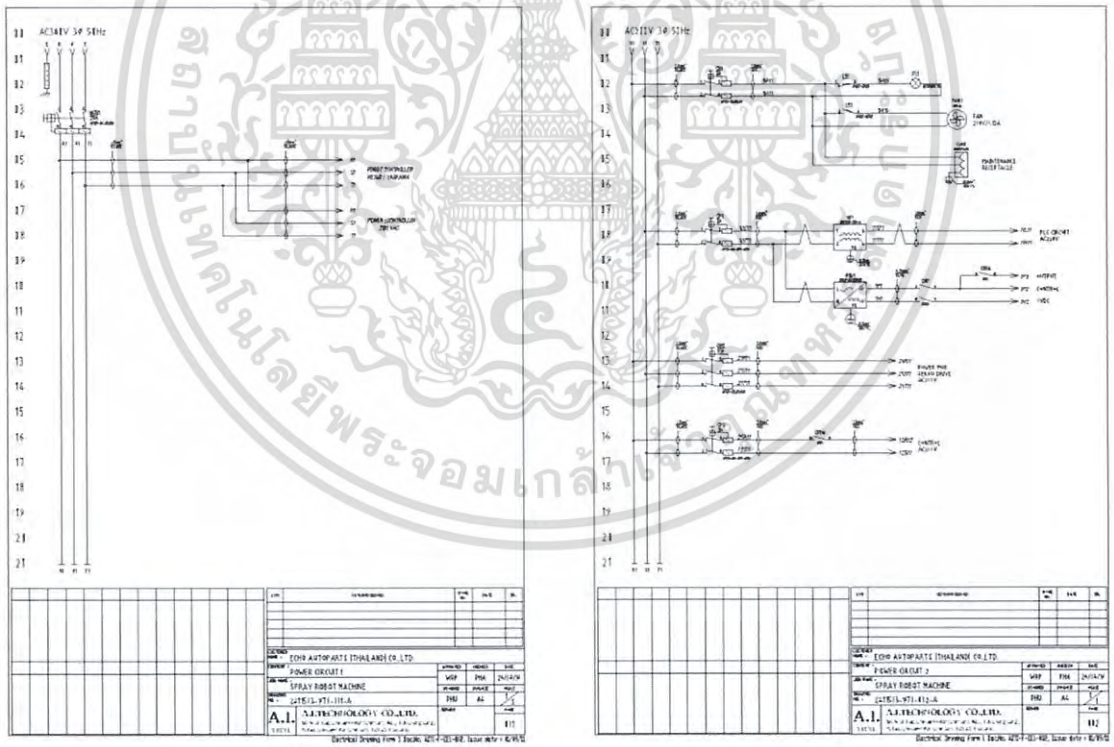
ผลการดำเนินงาน

การสร้างเครื่อง Spray Robot Machine สามารถแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วน

4.1 ผลของการออกแบบไฟฟ้า

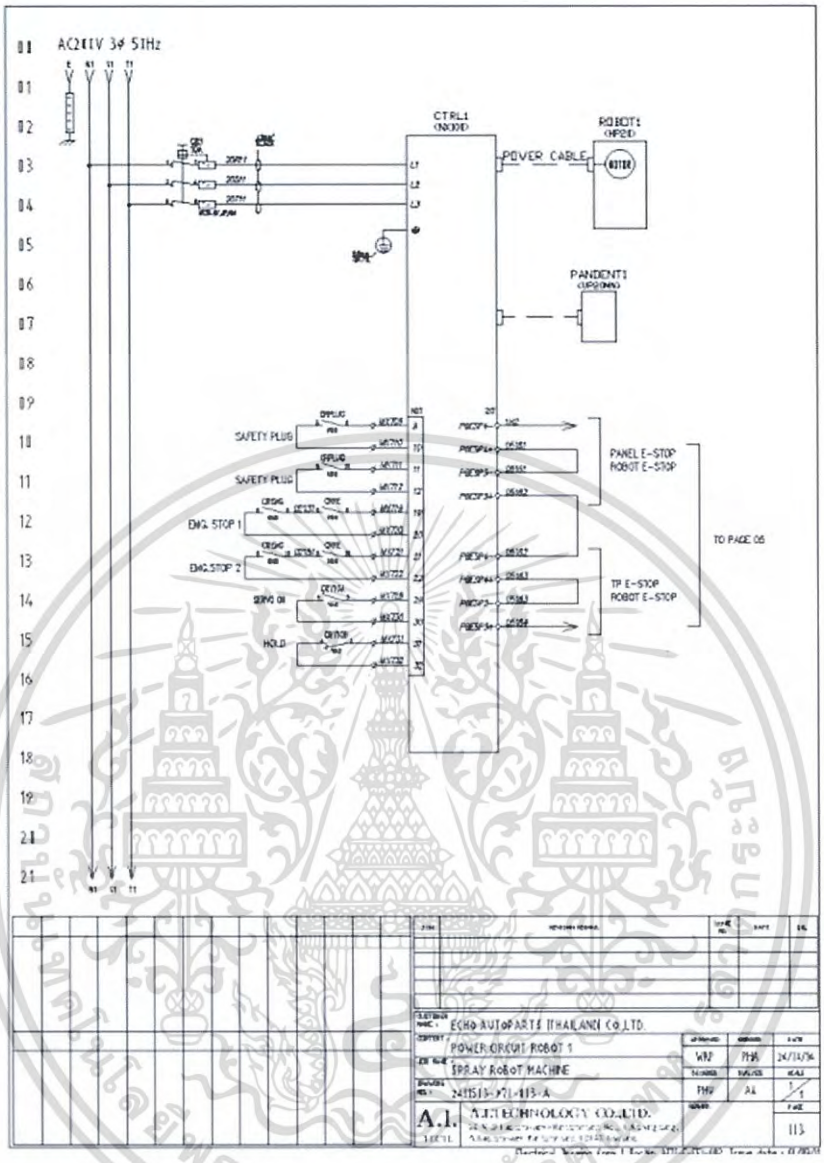
การออกแบบไฟฟ้านี้ได้มีการแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ Power Circuit, Control Circuit, Input PLC และ Output PLC

ในส่วนของ Power Circuit จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 200 โวลต์ 3 Phase แล้วนำมาใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ได้แก่ ส่วนของตู้ Control ส่วนของตู้ Robot และส่วนของ Servo Amplifier ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และรูปที่ 4.3



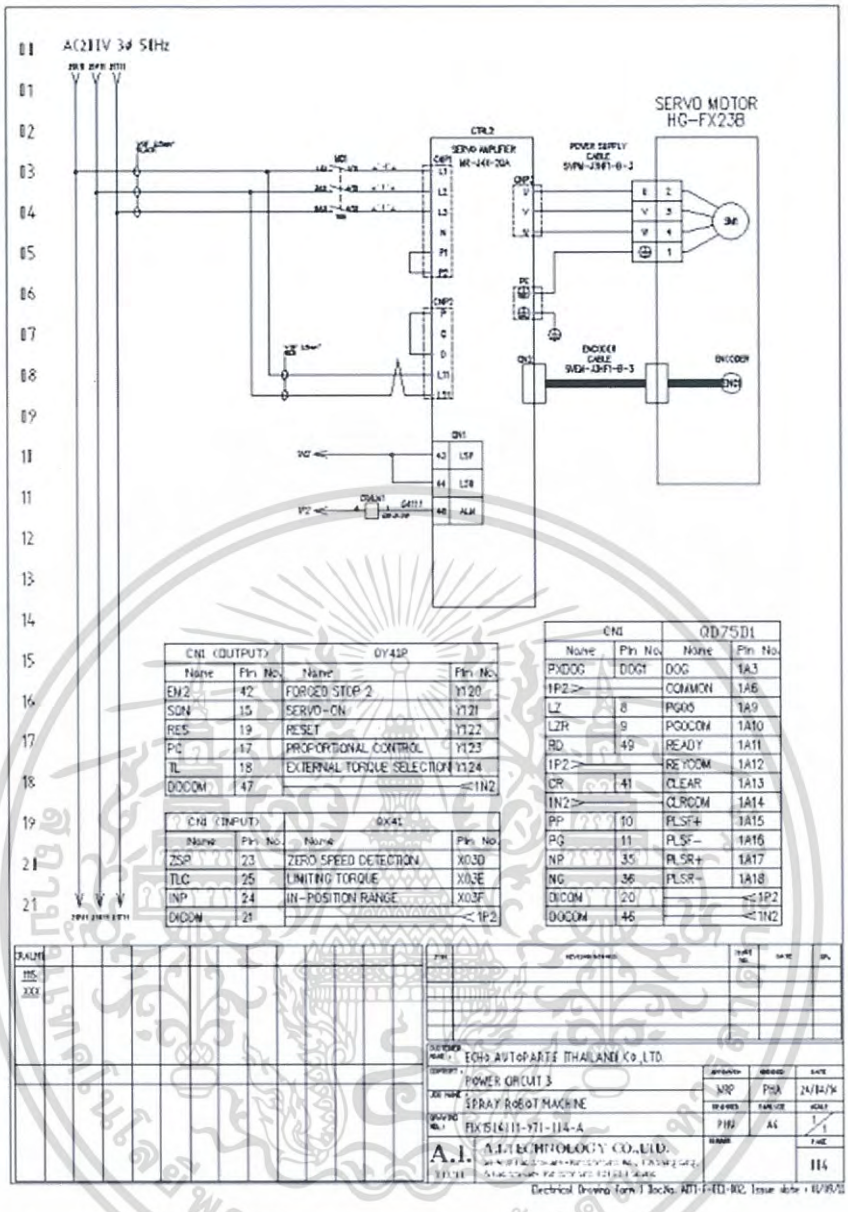
รูปที่ 4.1 Power Circuit ส่วนของตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Power Circuit ในส่วนของตู้ Robot

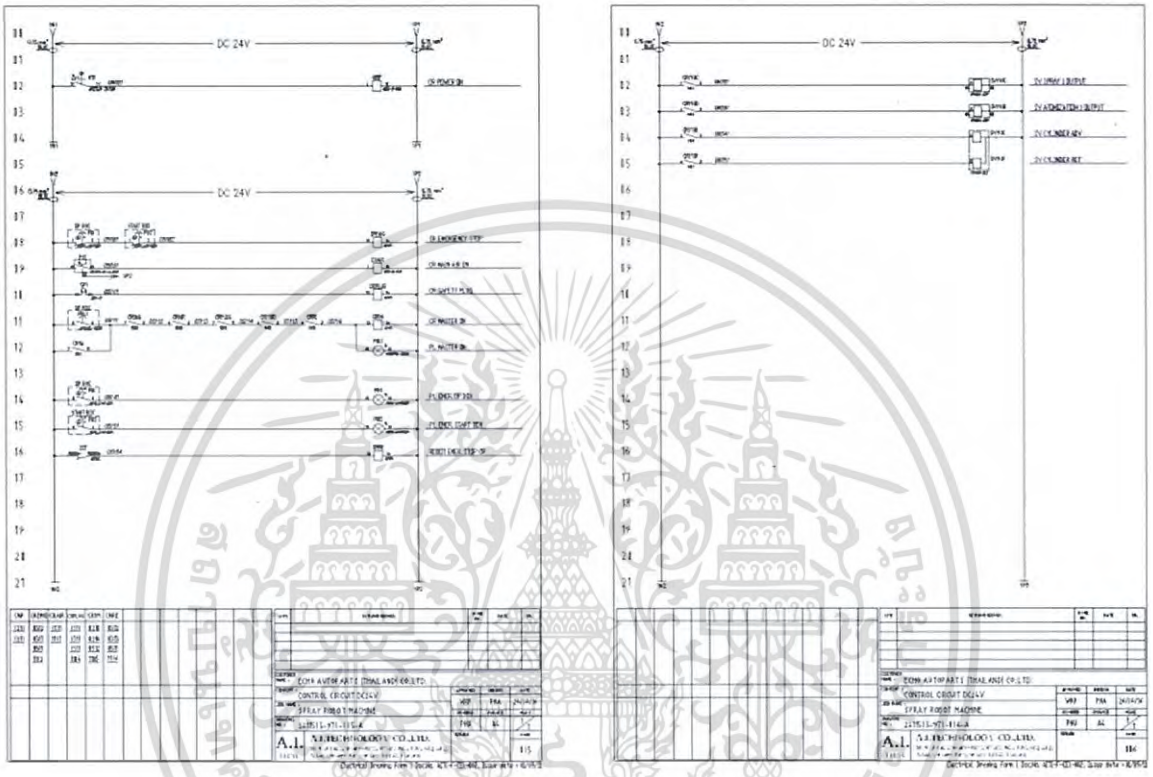
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 Power Circuit ในส่วน Servo Amplifier

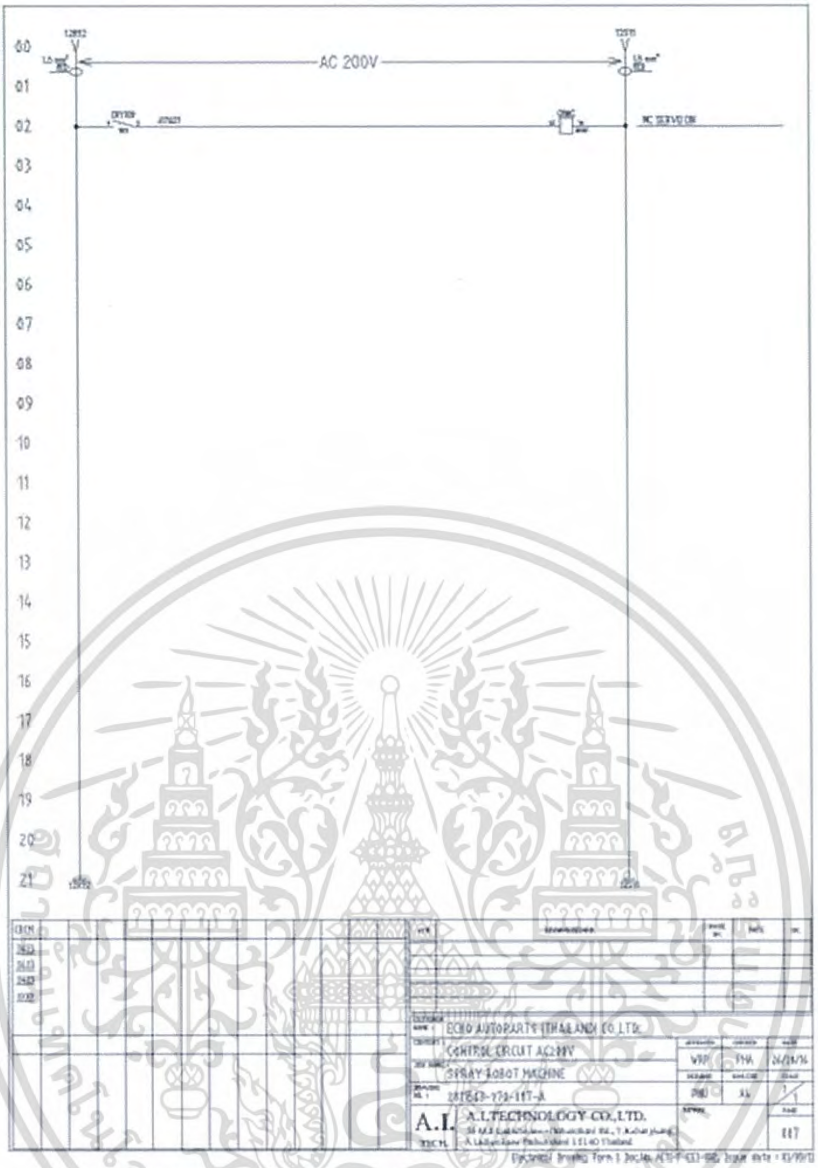
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Control Circuit จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ และกระแสสลับ 200 โวลต์ ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งใน Control Circuit นั้นจะมีการต่อวงจร Emergency Stop วงจร Main Air วงจร Safety Plug รวมไปถึงวงจร Master On ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมด ถือเป็นการ Safety การทำงานของเครื่องจักรอันตราย เพราะหากวงจร Master On ไม่ติด เครื่องจักรก็จะไม่สามารถทำงานได้ ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 Control Circuit 24 VDC

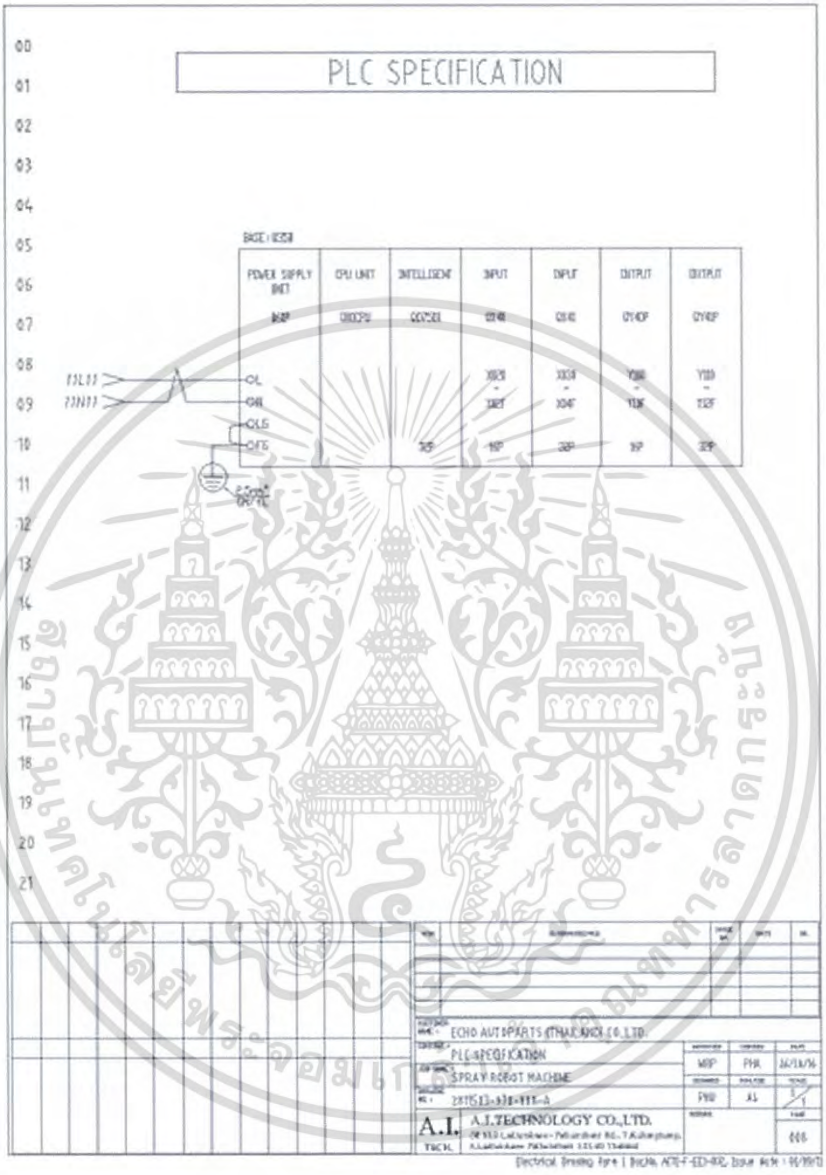
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 Control Circuit 200 VAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

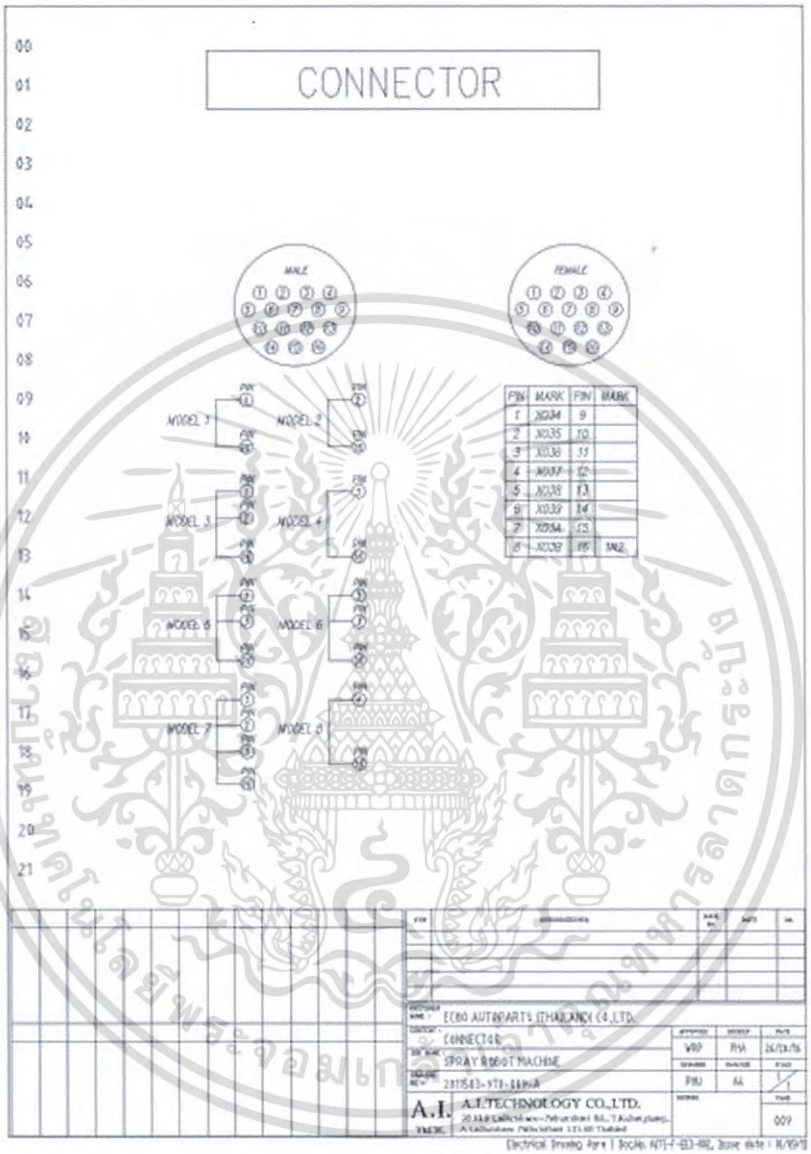
PLC Specification จะอยู่ในส่วนของ Control Circuit ซึ่งจะเป็นส่วนที่บอกถึง PLC ว่ามีการใช้ CPU รุ่นอะไร การ์ด Intelligent Input และ Output รุ่นใดบ้าง และใช้ทั้งหมดกี่การ์ด รวมถึงการบอกแรงดันไฟที่ใช้และอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับ PLC ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 PLC Specification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

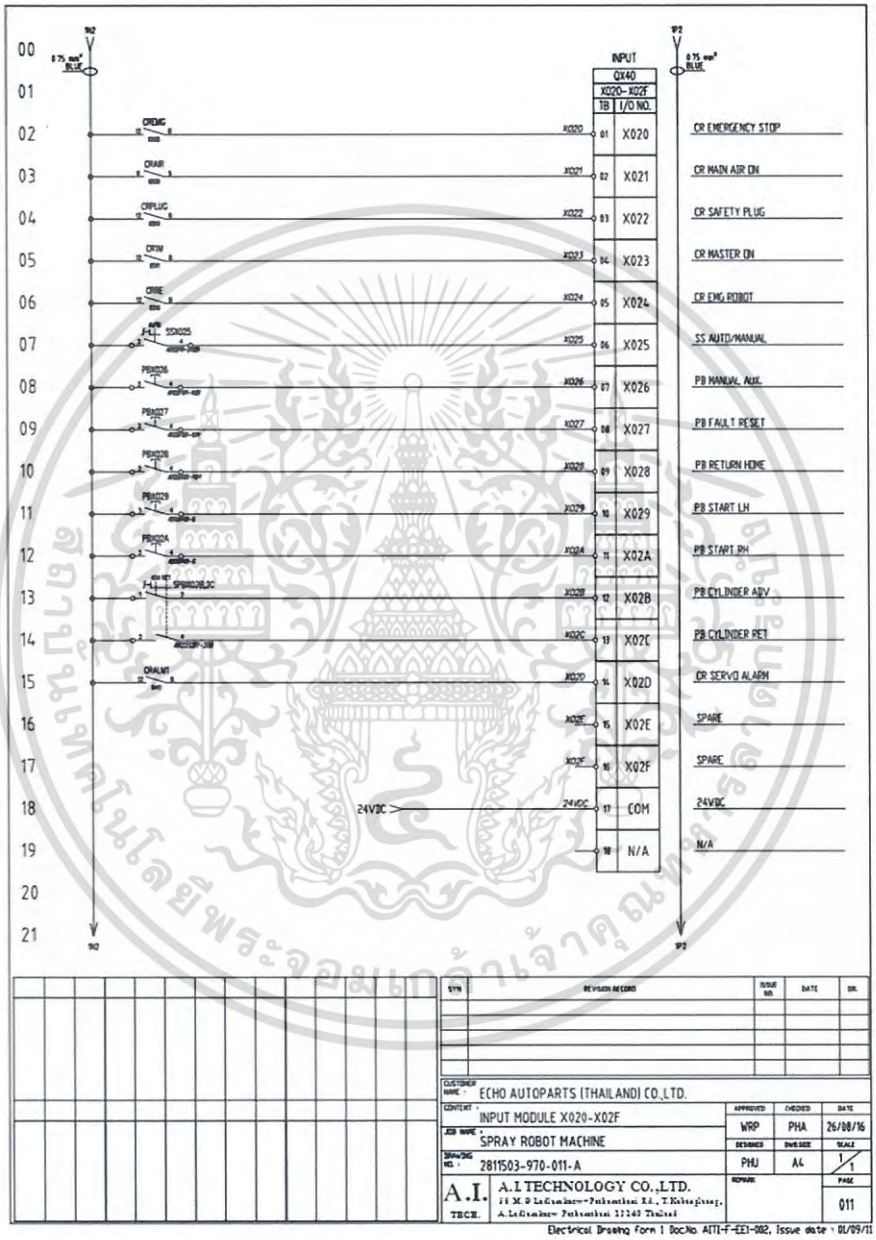
Connector จะอยู่ในส่วนของ Control Circuit ซึ่งจะเป็นส่วนที่บอกการเชื่อมต่อของหัว Connector เพื่อใช้ในการเลือกโมเดลให้กับ Robot ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 Connector Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

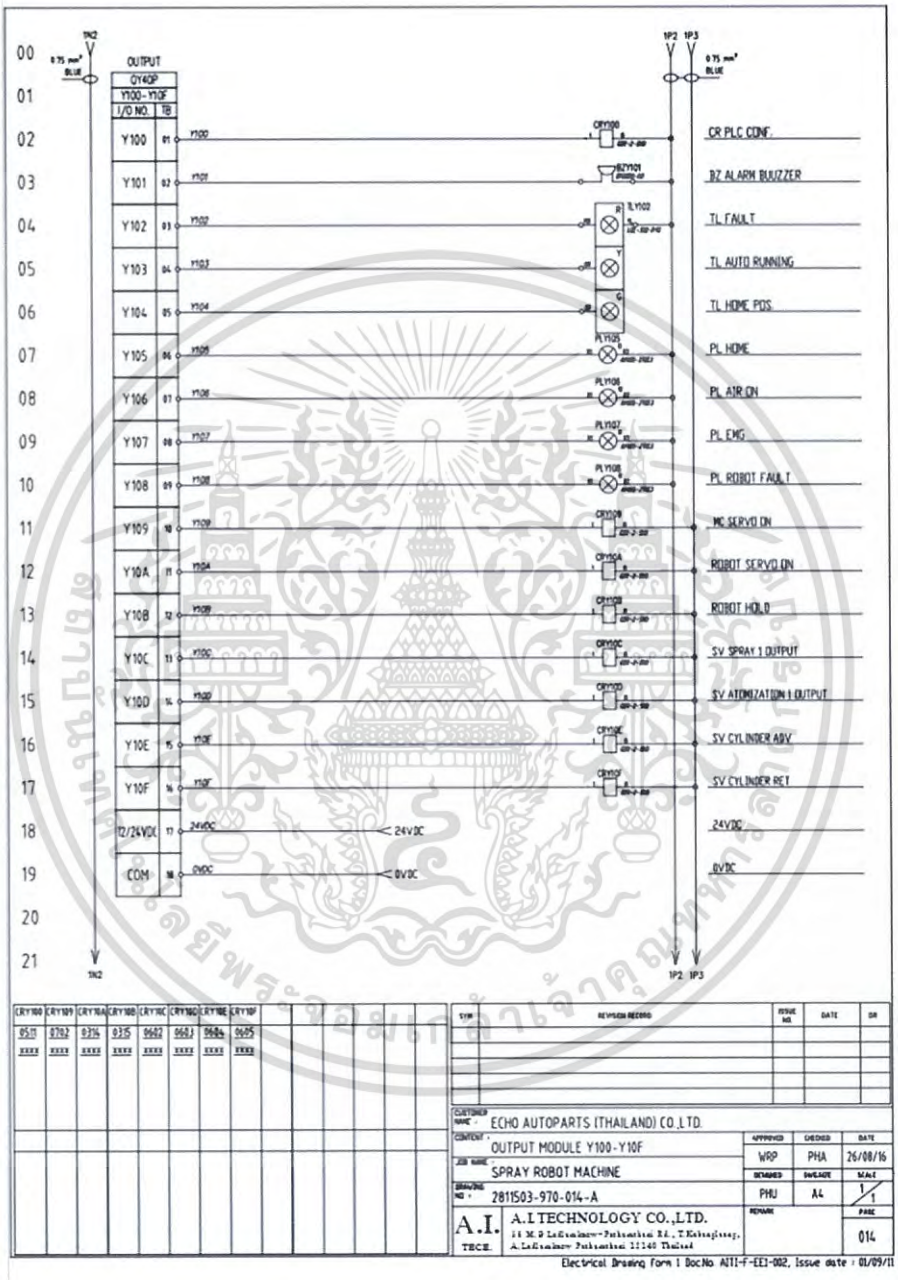
ส่วนของ Input PLC ในที่นี้จะใช้รุ่น QX40 (16 Point) และ QX41 (32 Point) ซึ่งจะเป็นการ์ดที่รับสัญญาณจากภายนอกเข้าตัว PLC แล้วมีผลต่อการสั่งการ อาทิเช่น Push Button Switch, Control Relay, Emergency Push Button Switch, Reed Switch, Photoelectric Switch, Selector Switch รวมไปถึงสัญญาณที่ได้จากตัว Robot ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 Input PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Output PLC ในที่นี้จะใช้รุ่น QY40P (16 Point) และ QY41P (32 Point) ซึ่งจะเป็นการ์ดที่จ่ายสัญญาณจาก PLC ออกไปเพื่อที่จะไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ อาทิเช่น Control Relay, Push Button Lamp, Lamp, Signal Tower Light, Solenoid Valve รวมไปถึงสัญญาณที่ส่งไปยังตัว Robot ดังรูปที่ 4.9



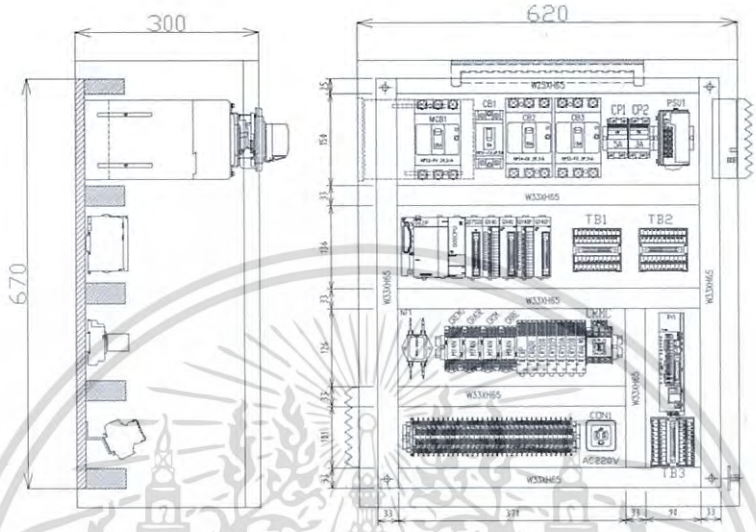
รูปที่ 4.9 Output PLC

ซึ่งแบบไฟฟ้านี้ได้ผ่านการ Approve และ Confirm ความถูกต้องจากทางลูกค้าเป็นที่เรียบร้อย

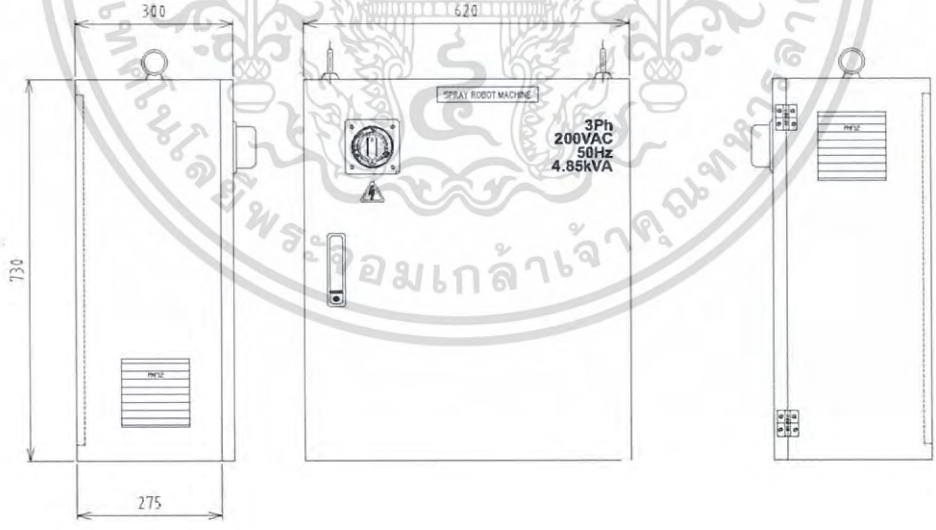
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการจัดทำตู้ Control และตู้ Operation

การจัดทำตู้ Control และตู้ Operation นั้นได้จัดทำตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 4.10, 4.11 และรูปที่ 4.12

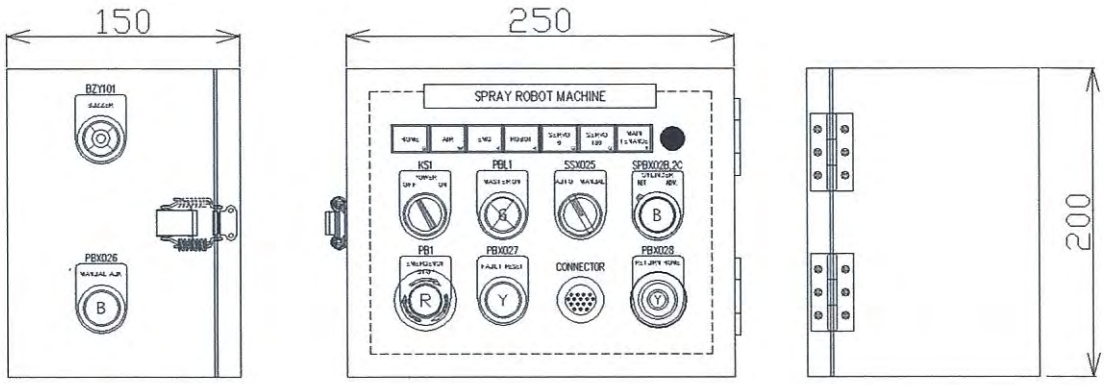


รูปที่ 4.10 แบบ Board ภายในตู้ Control



รูปที่ 4.11 แบบตู้ Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แบบตู้ Operation

ในการต่อสายไฟ หรือ Wiring นั้น จะมีการกำหนดสีและขนาดของสายไฟ รวมถึงการใส่ Mark Tube เพื่อบอกเลข Mark ของสายไฟนั้นๆ และยังมีการ Mark บอกอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ตาม Standard ในการจัดทำตู้ Control และตู้ Operation ของทางบริษัท เพื่อให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ดังรูปที่ 4.13, 4.14 และรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.13 ตู้ Control ที่ทำการ Wiring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

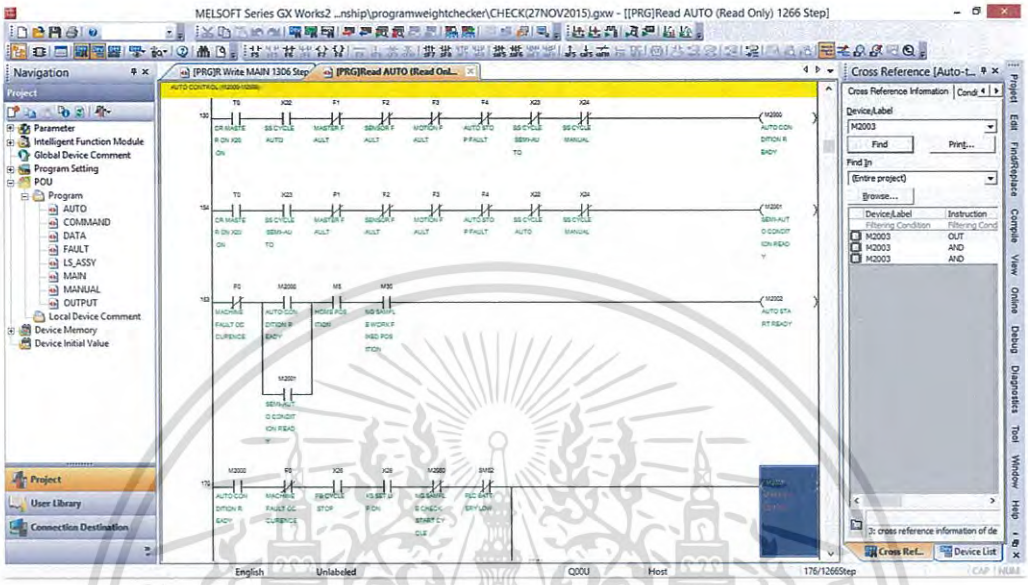
รูปที่ 4.14 ตู้ Operation ที่ทำการ Wiring

รูปที่ 4.15 ตู้ Control ที่ติดตั้งกับเครื่องจักรเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการเขียนโปรแกรมและ Test & Install Program

การเขียนโปรแกรมนั้น จะอ้างอิงจากฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักรที่ลูกค้าต้องการ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ส่วนของโปรแกรม

หลังจากโปรแกรมแล้วก็จะทำการ Test & Install Program เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมที่เขียนนั้นสามารถทำงานตามที่ต้องการได้จริงหรือไม่ โดยจะผ่านการ Confirm จากทางลูกค้า เพื่อยืนยันความถูกต้อง

เมื่อ Confirm จากทางลูกค้าเสร็จแล้ว จึงนำเครื่องจักรไปติดตั้งหน้างานและทำการ Test อุปกรณ์ต่างอีกครั้งก่อนส่งให้ลูกค้า

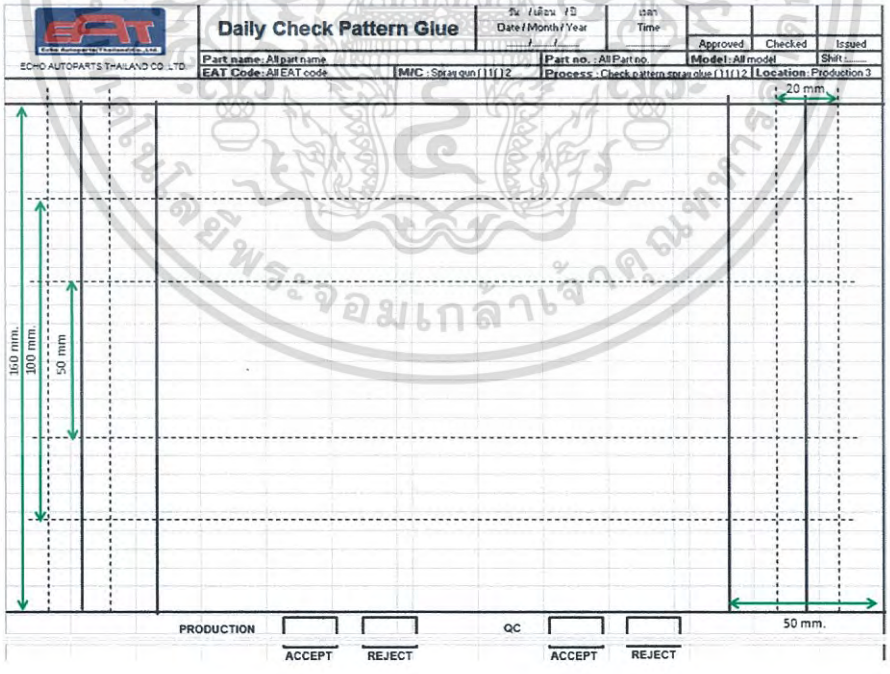
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการติดตั้งหน้างาน Test & Run

การติดตั้งหน้างานต้องมีลูกค้าคอยดูแลตลอดการทำงาน ดังรูปที่ 4.17

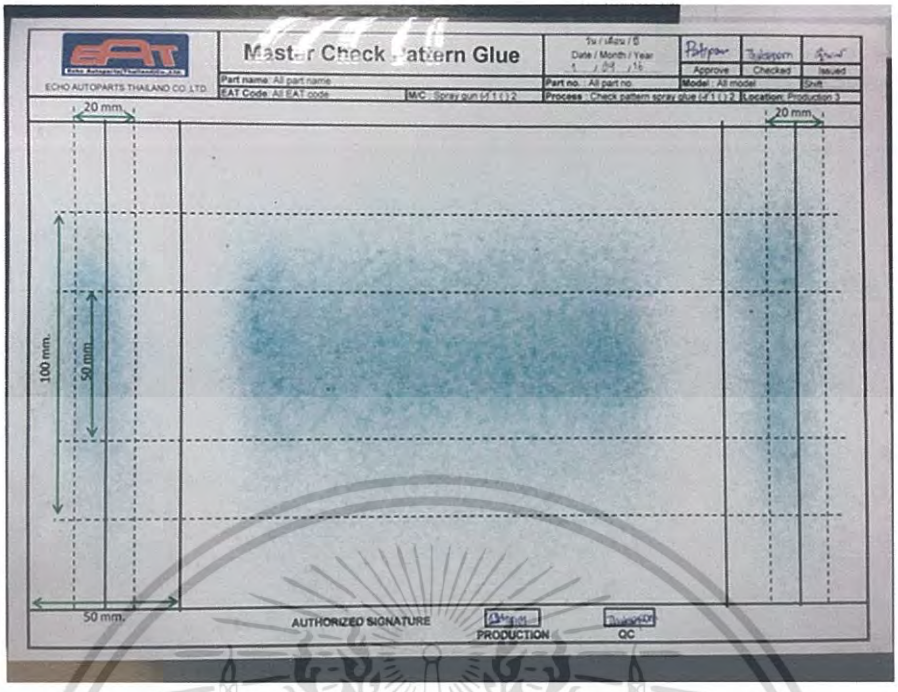
รูปที่ 4.17 ส่วนการติดตั้งหน้างาน

หลังจากติดตั้งมีการ Test เครื่องจักร ต้องมีการ Test การฉีดกาวให้เป็นไปตามมาตรฐานการฉีดกาวของลูกค้า ดังรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 แผ่นมาตรฐานในการ Test การกระจายตัวของกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 รูปแบบการกระจายตัวของกาวตามมาตรฐาน

จากผลการทำงานที่กล่าวมาทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรนี้มีการทำงานที่ถูกต้องและพร้อมที่จะไปติดตั้งที่หน้างานเพื่อใช้งานจริงในสายการผลิต ซึ่งเมื่อนำเครื่อง Spray Robot Machine ไปติดตั้งที่บริษัทลูกค้า ก็สามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพตามความต้องการของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ไปสหกิจศึกษาที่บริษัท A.I. Industry Co.,Ltd และทำโครงงานสร้างเครื่อง Spray Robot Machine สามารถสรุปโครงงานได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ถูกสร้างขึ้น ตามความต้องการของบริษัทที่เป็นลูกค้าคือบริษัท Echo Autoparts (Thailand) co. ltd ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ทางบริษัทลูกค้าจึงมีความต้องการเครื่องจักรที่ควบคุมการทำงานการพ่นกาวในชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อนำไปประกอบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งวัตถุประสงค์ที่ลูกค้าต้องการคือ ลดการจ้างบุคลากรในการผลิตชิ้นส่วน เพิ่มกำลังการผลิตและต้องการที่จะเพิ่มคุณภาพมาตรฐานของชิ้นงานให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ทางบริษัทลูกค้าจึงสั่งเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้ตามความต้องการของลูกค้า คือ Spray Robot Machine

การทำโครงงานเครื่องจักรควบคุมหุ่นยนต์ฉีดกาว (Spray Robot Machine) ในครั้งนี้ทำให้ได้รู้จักการวางแผนการทำงาน การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบไฟฟ้าซึ่งได้รับความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักร การจัดทำตู้ Control ตู้ Operation และ Machine Wiring ซึ่งได้รู้เกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการลงมือปฏิบัติตามแบบไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้ การเขียนคำสั่งใส่ PLC โดยใช้โปรแกรม GX Works 2 และการ Test & Install Program จนถึงการติดตั้งหน้างาน ซึ่งทำให้ได้รู้มาตรฐานการเขียนโปรแกรมและทำให้คิดอย่างมีหลักการและขั้นตอนมากขึ้น

นอกจากนั้น การทำงานในส่วนของเครื่องจักรควบคุมหุ่นยนต์ฉีดกาว (Spray Robot Machine) ยังได้รับประสบการณ์จากการทำงานภายใต้แรงกดดัน ทำงานภายในระยะเวลาทำกำหนด ซึ่งต้องมีการวางแผนการทำงานและต้องทำให้ได้ตามแผนการทำงาน โดยการทำงานมักจะมีปัญหาต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ต้องหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นเพิ่มทักษะการเอาตัวรอดมากขึ้นและจากการที่ได้ไปทำงาน ทำให้ยังได้เรียนรู้การทำงานของเครื่องจักรอื่นๆ ในโรงงาน รวมไปถึงการช่วยงานในการเขียนแบบไฟฟ้าให้กับเครื่องจักรอื่นๆ ทำให้เกิดเป็นประสบการณ์ที่สะสมเพื่อนำเอาประสบการณ์นั้นมาประยุกต์ใช้กับทำงานโครงงานชิ้นนี้ อีกทั้งยังมีโอกาสได้ออกไปทำงานนอกสถานที่ ได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น การเจรจาปรึกษาปัญหากับผู้อื่น เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ความรู้และความชำนาญในการทำงานยังไม่เพียงพอต่อการทำงานจริง

2. เกิดความผิดพลาดของเนื้องาน สาเหตุเกิดจากการสื่อสารกันระหว่างแผนกที่ไม่ชัดเจน ทำให้งานเกิดความล่าช้าในการทำงาน

3. อุปกรณ์ภายในตู้ Control มีความล่าช้าในการจัดส่งมาที่บริษัทจึงทำให้แผนการผลิตเครื่องจักรมีความคลาดเคลื่อนด้วย สาเหตุเพราะอุปกรณ์บางอย่างจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

4. ลูกค้า มีความล่าช้าในการ Approve แบบทำให้เวลาในการทำงานไม่เป็นไปตามแผนงาน

5. ลูกค้า ไม่มีความชัดเจนในการสั่งงาน เช่น การวางตำแหน่งของเครื่องจักร ซึ่งทาง Mechanical Design ได้ให้แบบตำแหน่งการวางเครื่องจักรให้ลูกค้าดู แต่ทางลูกค้าไม่สามารถบอกได้ และให้ไปดูที่หน้างานแทน ซึ่งจะทำให้เกิดความล่าช้าในการวางเครื่องจักรและ Teach Robot

6. ไม่สามารถทดลองงานจริงได้ เนื่องจากทางลูกค้า ไม่มี Jig มาเพื่อทดสอบ ทำให้ต้องทดลองงานแบบคร่าวๆ ไปก่อนแล้วค่อยไปปรับแก้ในภายหลัง ดังรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 Jig สำหรับสวมชิ้นงาน

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะในการค้นคว้าพัฒนา

1. ควรมีการคุย Concept ของตัวเครื่องจักรกับทางลูกค้าให้แน่นอน เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการทำงาน

2. ควรมีการสื่อสารกันระหว่างแผนกให้มีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

3. ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเวลาว่างและรู้จักที่จะศึกษาสิ่งต่างๆ ให้รู้อย่างลึกซึ้ง

4. ทางบริษัทลูกค้าควรมีความพร้อมในการ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้มีความพร้อมมากกว่านี้ เช่น Jig สำหรับสวมชิ้นงาน ซึ่งถ้าไม่มี Jig ก็ไม่สามารถ Teach Robot ตามแบบที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สาขาวิชาวิศกรรมแมคคาทรอนิกส์ **"รูปแบบปริญญานิพนธ์"** คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] **ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_power/wiki/ea057/ (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[3] **สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/ (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[4] **เซอร์กิตเบรกเกอร์ CIRCUIT BREAKER.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.sci-tech-service.com/article/CB/circuitbreaker.htm (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[5] **เต้ารับและเต้าเสียบ.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.kr.ac.th/ebook2/det/04.html (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[6] **Relay.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8C (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[7] **Selector Switch.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.praguynakorn.com/tips/16/ซีเล็คเตอร์สวิตช์_(selector_switch) (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[8] **Servo Motor.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.sangchaimeter.com/support_detail/servo-motor (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

[9] การเลือกใช้สายไฟ. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.nyxcable.com/ขนาดสายไฟและการทนกระแส/ (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-สกุล : นายภูเบศร์ อุปพงค์

เกิด : 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2537

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา สุวินทวงศ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2556

ที่อยู่ : 45/127 หมู่ 9 ซอย ประชาร่วมใจ 19 ถนน ประชาร่วมใจ แขวง ทรายกองดินใต้ เขต คลองสามวา จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10510

เบอร์โทรศัพท์ : 083-064-7648

อีเมล์ : R_KID_NAPPER_01@hotmail.com

Facebook : Khon Upapong

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ (ต่อ)

ชื่อ-สกุล : นายสยมภู จิระศรีรังสรรค์

เกิด : 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวังนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี 2556

ที่อยู่ : 51/34 หมู่บ้านหมู่บ้านนครินทร์ธานี หมู่ 4 ซอยวัดลำโพ ถนน345 ตำบลลำโพ อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110

เบอร์โทรศัพท์ : 085-807-2503

อีเมล์ : Dearlove928@hotmail.com

Facebook : Sayompu Chirasrirungson

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้