รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องขันน็อตประกอบชุดกังหันเทอร์โบ

TURBINE BALANCE MACHINE

นายจิรายุ เพชรแหน

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148589

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องขันนัทประกอบชุดกังหันเทอร์โบ

TURBINE BALANCE MACHINE

นายจิรายุ เพชรแหน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148589
วัน.เดือน.ปี 6 พ.ย. 2560

.b 12872283
.i.....

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน	เครื่องขันนัทประกอบชุดกังหันเทอร์โบ
นักศึกษา	นายจิรายุ เพชรแหน
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า
	ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์
ผู้นิเทศงาน	นายศตวรรษ เนียมมณี
สถานประกอบการ	บริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัด จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ Turbine Balance Machine ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการขันนัทชนิด Flange เพื่อทำการประกอบชุดกังหันไอเสีย (Turbine Rotor) เข้ากับชุดกังหันไอดี (Compressor Wheel) ออกมาเป็นชุดกังหันเทอร์โบ ซึ่งมีการระบุขั้นตอนการปฏิบัติงาน ตั้งแต่การออกแบบตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ ออกแบบเครื่องจักรตามที่ลูกค้าต้องการ การ Wiring และการโปรแกรมไฟฟ้าประเภท PLC เพื่อควบคุมเครื่องจักร พร้อมกันนั้นภายในโครงงานนี้ มีความรู้ในด้านทฤษฎีเกี่ยวกับการประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้า อาทิเช่น การใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบระบบไฟฟ้า การใช้งานโปรแกรม GX Works2 และการใช้โปรแกรม GT Designer3 เข้ากับ GOT1000 ของ Mitsubishi ในการเขียนสัมผัสหน้าจอ HMI จนกระทั่งเนื้อหาและชีทแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ Mitsubishi PLC ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยมีขั้นตอนการจัดทำภายในโครงงานเล่มนี้

คำสำคัญ : Turbine Balance, AutoCAD, GX Works2, GT Designer3, HMI, PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title:	Turbine Balance Machine
Student:	Mr. Jirayu Petchhan
Faculty	Engineering
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Advisor:	Asst.Prof.Dr. Wandee Petchmaneelumka
	Asst.Prof.Dr. Tattaya Pukkalanun
Mentor:	Mr. Sattawat Neammanee
Company:	A.I. Industry Co., Ltd, Pathumthani Thailand

ABSTRACT

This project explains the subject of Turbine Balance Machine which loosen the flange to assembly the Turbine Rotor with the Compressor Wheel to become a turbocharger turbine. It also includes all the operations and Control box design. For example, design the machine that customer's required, electrical wiring and PLC programming to control the machine, such as using AutoCAD , GX Works2 , and GT Designer3 with GOT1000 of Mitsubishi in writing touch screen HMI. The manual using of Mitsubishi PLC processes are also included step by step in this report already.

Keywords : Turbine Balance, AutoCAD, GX Works2, GT Designer3, HMI, PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งสิ่งที่ทางบริษัทนี้ได้ให้ข้าพเจ้านั้นมีประโยชน์และสามารถช่วยข้าพเจ้าในการศึกษาในอนาคตต่อไปได้เป็นอย่างมาก การได้ทำสหกิจศึกษาที่บริษัทแห่งนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้และได้ประสบการณ์ต่างๆมากมาย ได้ฝึกฝนวิชาทั้งที่ได้ร่ำเรียนมาและในบางสิ่งบางอย่างที่ข้าพเจ้ายังไม่เคยรู้หรือไม่อาจหาได้จากที่อื่นๆ ข้าพเจ้าอยากจะขอบคุณ บริษัท เอ.ไอ. อินดัสตรี้ จำกัดเป็นอย่างมากที่รับข้าพเจ้ามาเป็นส่วนหนึ่งของครอบครัว เอ.ไอ.อินดัสตรี้ แห่งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอบคุณทุกคนในแผนกไฟฟ้า และทุกคนแผนกอื่นๆที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวถึง ที่ดูแลข้าพเจ้ามาตลอดระยะเวลาหกเดือนที่ผ่านมา ขอขอบคุณ คุณศตวรรษ เป็นอย่างมากที่คอยเป็นพี่เลี้ยงให้ความรู้แก่ข้าพเจ้ามาตลอด และให้ข้าพเจ้าได้ลงมือทำงานจริง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า และ ผศ.ดร.ทัตยา บุคคละนันทน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของสหกิจศึกษาที่บริษัทแห่งนี้ ที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำทั้งการทำงาน และปัญหาต่างๆที่เกิดจากการทำงานสหกิจศึกษาในภาคการศึกษานี้ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทั้งอาจารย์ผู้สอนก็ดี เพื่อนก็ดี พี่หรือน้องร่วมภาควิชาก็ดี ที่มอบความรู้ทางทฤษฎี และความรู้ทางภาคปฏิบัติสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำโครงการสหกิจครั้งนี้ได้

ผู้จัดทำ

จิรายุ เพชรแหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรไฟฟ้า	4
2.1.1 การเขียนแบบทางไฟฟ้า	4
2.1.2 ส่วนประกอบของแบบทางไฟฟ้า	4
2.2 พื้นฐานความรู้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานกับเครื่องจักรต่างๆ	6
2.2.1 อุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้งานกับเครื่องจักร	7
2.2.1.1 Control Box	7
2.2.1.2 Circuit Breaker	7
2.2.1.3 Circuit Protection	8
2.2.1.4 Transformer	8
2.2.1.5 Magnetic Contactor	9
2.2.1.6 Thermal Overload	10
2.2.1.7 Automatic Voltage Regulator Power Supply (AVR-PSU)	10
2.2.1.8 Programmable Logic Controller	11
2.2.1.9 I/O Terminal Block	12
2.2.1.10 Touch Screen	12
2.2.1.11 Control Relay	13
2.2.1.12 Photoelectric Sensor	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.1.13 Reed Switch	15
2.2.1.14 Proximity Sensor	16
2.2.1.15 Emergency Stop Switch	16
2.2.1.16 Push Button Switch	17
2.2.1.17 Illuminated Push Button หรือ Push Button Lamp	18
2.2.1.18 Buzzer Alarm	18
2.2.2 อุปกรณ์พิเศษที่ใช้งานกับเครื่องจักรนี้	18
2.2.2.1 Nut Runner	19
2.2.2.2 AC Stepping Motor	19
2.2.2.3 Safety Light Curtain	20
2.3 ความหมาย โครงสร้างและส่วนประกอบ ความสามารถต่างๆ ขนาด การติดตั้ง ภาษาและหลักการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC	20
2.3.1 ความหมายของ Programmable Logic Controller	20
2.3.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของ PLC	21
2.3.2.1 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply Unit)	22
2.3.2.2 ส่วนประมวลผลกลาง (CPU Unit)	23
2.3.2.3 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)	24
2.3.2.4 เครื่องป้อนโปรแกรมและหน่วยความจำ (Programming Device, Read Only Memory: ROM & Random Access Memory: RAM)	25
2.3.3 ความสามารถต่างๆของ PLC	27
2.3.3.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control)	27
2.3.3.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control)	27
2.3.3.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control)	27
2.3.4 ขนาดของ PLC	28
2.3.5 การติดตั้ง PLC	28
2.3.5.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC	28
2.3.5.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC	28
2.3.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC	28
2.3.5.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.5.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC	28
2.3.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC	28
2.3.6.1 Ladder Diagram Language	29
2.3.6.2 Sequential Flow Chart Language	30
2.3.6.3 Function Block Diagram Language	30
2.3.6.4 Instruction List Language (Statement List Language)	31
2.3.6.5 Structure Text Language	31
2.3.7 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC	31
2.4 ซอฟต์แวร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ ตั้งค่าอุปกรณ์ และเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเครื่องจักร	33
2.4.1 AutoCAD 2015	33
2.4.2 GX Works2	34
2.4.3 GT Designer3	35
2.4.4 MEXE02	37
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำโครงงาน	38
3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้า (Design)	39
3.2 จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ (Purchased Order)	43
3.3 จัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box) และตู้ปฏิบัติการ (Operation Box) ผ่านการ Wiring โดยอ้างอิงจากแบบทางไฟฟ้า	44
3.3.1 จัดทำตู้ควบคุม (Control Box)	45
3.3.2 การจัดทำตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)	47
3.4 ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring) และวางตัวตรวจวัด (Sensor Layout)	47
3.5 ทำการเขียนโปรแกรม (Programming) PLC ควบคุมการทำงานเครื่องจักร	49
3.6 ออกแบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen)	64
3.7 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ PLC (Upload/Download Program)	65
3.8 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Touch Screen	66
3.9 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Servo Controller	67
3.10 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Nut Runner	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.11 ทำการทดสอบการทำงาน (Test Run)	68
3.12 ลูกค้าเข้ามาดูความคืบหน้าของเครื่องจักร	71
3.13 จัดการแก้ไขแบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ	73
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	75
4.1 ผลของการออกแบบไฟฟ้า	75
4.2 ผลของการจัดทำตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ	80
4.3 ผลของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนเข้าหากัน	82
4.4 ผลของการพบปะลูกค้าเพื่อรับข้อติชมและความคิดเห็นสำหรับเครื่องจักร	85
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	86
5.1 สรุปผลการทดลอง	86
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	86
5.3 ข้อเสนอแนะในการค้นคว้าพัฒนา	87
5.4 แนวทางค้นคว้าพัฒนา	87
เอกสารอ้างอิง	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างภาควงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)	5
2.2 ตัวอย่างภาควงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)	5
2.3 ตัวอย่างตู้ควบคุม (Control Box)	6
2.4 ตัวอย่างตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)	6
2.5 ตัวอย่าง Control Box ในแบบขนาดต่างๆ	7
2.6 ตัวอย่าง Circuit Breaker รุ่น NF63-CV 60A 3P ของ MITSUBISHI และ Handle Breaker	7
ตัวเปิด/ปิด Main Breaker จากนอกตู้ไฟฟ้า	7
2.7 ตัวอย่าง Circuit Protector รุ่น CP30-BA 2A 2P ของ MITSUBISHI	8
2.8 ตัวอย่าง Transformer ของ ESTEL แบบแปลงลง (Step Down) 200 / 100 V	9
2.9 ตัวอย่าง Magnetic Contactor รุ่น S-T10 ของ MITSUBISHI	9
2.10 ตัวอย่าง Thermal Overload Relay รุ่น N-TH12 ของ MITSUBISHI	10
2.11 ตัวอย่าง Automatic Voltage Regulator แบบ 24V DC รุ่น S8VS-06024 ของ OMRON	11
2.12 ตัวอย่าง PLC Module รุ่น Q-Series ของ MITSUBISHI	11
2.13 ตัวอย่าง I/O Terminal Block รุ่น A6TBXY36 ของ MITSUBISHI	
และ AC05TB สายเคเบิ้ลรุ่น AC05TB เมื่อต่อเข้ากับ I/O Module แบบ Card Slot	12
2.14 AC05TB สายเคเบิ้ลรุ่น AC05TB เมื่อต่อเข้ากับ I/O Module แบบ Card Slot	12
2.15 ตัวอย่างหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) รุ่น GT1155-QSBD ของ MITSUBISHI	13
2.16 ยกตัวอย่าง Control Relay รุ่น G6D-F4B ของ OMRON	14
2.17 ตัวอย่าง Fiber Sensor ของ PANASONIC	14
2.18 ตัวอย่าง Digital Fiber Sensor Amplifier (Photoelectric Sensor) รุ่น FX-501 ของ	
PANASONIC	15
2.19 ตัวอย่าง Reed Switch รุ่น D-Z73 ของ SMC	15
2.20 วิธีการติดตั้ง Reed Switch เพื่อเช็คระยะการยืดหดของกระบอกสูบ	16
2.21 ตัวอย่าง Proximity Sensor รุ่น E2E-X5ME1 ของ KEYENCE	16
2.22 ตัวอย่าง Emergency Stop Switch รุ่น AR30V0R-01R ของ FUJI	17
2.23 ตัวอย่าง Push Button Switch รุ่น HW1L-M1F10QD-G-24V ของ IDEC	17
2.24 ตัวอย่าง Illuminated Push Button รุ่น EOL-01M4R ของ FUJI	18
2.25 ตัวอย่าง Buzzer Alarm รุ่น DR30B6-EB ของ FUJI	18
2.26 Nut Runner รุ่น SGNR Type M ของ Sanyo ซึ่งมาพร้อมกับ Touch Panel และ Controller	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 AC Stepping Motor รุ่น ARD-C ของ Oriental Motor	20
2.28 Safety Light Curtain รุ่น SL-V04L ของ KEYENCE	20
2.29 โครงสร้างของ PLC	22
2.30 Power Supply Unit รุ่น Q61P ของ MITSUBISHI	22
2.31 ลำดับ Program Scan ของ PLC	24
2.32 CPU Unit รุ่น Q00U ของ MITSUBISHI	24
2.33 I/O Unit รุ่น QX41P และ QY10 ของ MITSUBISHI	26
2.34 Handheld รุ่น NS5 ของ OMRON	27
2.35 Ladder Diagram Language	29
2.36 Sequential Flow Chart Language	29
2.37 Function Block Diagram Language	30
2.38 Instruction List Language	30
2.39 Structure Text Language	31
2.40 การใช้คำสั่ง Load (LD), Load Not (LD NOT)	31
2.41 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT	32
2.42 การใช้คำสั่ง OR, OR NOT	32
2.43 การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT	32
2.44 การใช้คำสั่ง Latch ค่า แต่ในที่นี้ยกตัวอย่างโปรแกรม CX-Programmer จะใช้คำสั่ง SET	33
2.45 การใช้คำสั่ง Unlatch ค่าเพื่อสั่งให้พอยล์ที่ทำงานค้างไว้หยุดทำงาน	33
2.46 โปรแกรม AutoCAD 2015	33
2.47 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม AutoCAD 2015	34
2.48 โปรแกรม GX Works2	34
2.49 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม GX Works2	35
2.50 โปรแกรม GT Designer3	35
2.51 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม GT Designer3	36
2.52 วิธีการเชื่อมต่อระหว่าง Computer กับ Servo Controller ของ Oriental Motor	37
2.53 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม MEXE02	37
3.1 หน้าปก สารบัญ ตารางมาตรฐานการใช้สายไฟ และมาตรการอ่านตัวอักษรต่างๆในแบบไฟฟ้า	39
3.2 Power Circuit Diagram	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 Control Circuit Diagram	40
3.4 PLC Specification	40
3.5 Safety Light Curtain และ Position Module Diagram	40
3.6 Input Module Diagram	41
3.7 Output Module Diagram	41
3.8 Board Layout และ Control Box	42
3.9 Operation Box	42
3.10 ภาพตัวอย่าง DWG Check Sheet	43
3.11 ภาพตัวอย่างการทำ BOM (Bill of Material for Project)	43
3.12 การจัดวางอุปกรณ์ Board Layout ภายในตู้ควบคุม (Control Box)	44
3.13 การจัดวางอุปกรณ์แสดงผลและชุดปฏิบัติการ ที่หน้าตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)	44
3.14 ทำการเจาะบอร์ดเพื่อยึดรางครอบสายไฟ (Wire Duct) รางรีเลย์ (Dinrail Relay) และ อุปกรณ์อื่นๆตามแบบ Board Layout	45
3.15 บอร์ดที่เจาะเสร็จแล้ว พร้อมวางอุปกรณ์	45
3.16 ติดตั้งรางครอบสายไฟ รางรีเลย์ เทอร์มินอลสายไฟ และอุปกรณ์อื่นๆ	45
3.17 ทำการ Wiring อุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด	46
3.18 ทำการยึดบอร์ดเข้าตู้ควบคุม	46
3.19 หน้าตู้ควบคุม	46
3.20 ตัวเครื่องจักรที่ทางฝ่ายออกแบบเครื่องจักรกลได้จัดหาจากบริษัทลูกค้า	47
3.21 สภาพเครื่องที่กำลังทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring)	48
3.22 ภาพตัวอย่าง Wiring Check Sheet	49
3.23 สร้างไฟล์งานใหม่ใน CPU รุ่น Q00U ในโปรแกรม GX Works2	49
3.24 การตั้งค่า Parameter เพื่อให้สามารถเชื่อมการทำงานเข้ากับ PLC Module ได้	50
3.25 การตั้งค่า Parameter ของ Intelligent Module	51
3.26 โปรแกรม 2 ส่วนทั้งใหม่และเก่าตามที่ลูกค้าต้องการ	51
3.27 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร	52
3.28 สูตรคำนวณการขันนัทประกอบกังหัน	52
3.29 ตัวอย่างภาค LS_ASSY	53
3.30 ตัวอย่างภาค MAIN	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.31 ตัวอย่างภาค FAULT	55
3.32 ตัวอย่างภาค MANUAL	56
3.33 ตัวอย่างภาค AUTO	57
3.34 ตัวอย่างภาค OUTPUT	58
3.35 ตัวอย่างภาคสูตรการคำนวณใน PHASE'COMBINE'MATCHING	59
3.36 ตัวอย่างภาค MODEL	60
3.37 ตัวอย่างภาค DISPLAY	61
3.38 ยกตัวอย่างการ REGISTER TO INTELLIGENT MODULE MONITOR	62
3.39 ตัวอย่างการนำพอยล์จากการ REGISTER INTELLIGENT MODULE มาใช้ยังภาค POSITION MODULE	63
3.40 ตัวอย่างหน้าสั่งการทำงานอัตโนมัติ	64
3.41 ภาคต่างๆในโปรแกรม Touch Screen	64
3.42 ตัวอย่างขั้นตอนการทดสอบการเชื่อมต่อเข้ากับ PLC	65
3.43 ตัวอย่างหน้าต่างการเช็ค I/O	66
3.44 ทำการเชื่อมต่อ PLC กับ Touch Screen ด้วยสาย RS-422	66
3.45 ขั้นตอนการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลเข้ากับ Touch Screen (Write to GOT)	67
3.46 ตัวอย่างหน้าต่างการตั้งค่า Parameter ของ AC Stepping Motor	67
3.47 ทำการเชื่อมต่อ Controller เข้ากับ PLC ตามแบบไฟฟ้า โดยเข้าพอยล์ตามที่ได้ออกแบบมา	68
3.48 ทำการเปลี่ยนตัวยึด (Bracket) ของโฟโต้เซนเซอร์ อันเนื่องจากไม่สามารถตัวจับความเงาของกังหันได้	69
3.49 ทำการปรับ Amplifier ตัวตรวจจับแบบโฟโต้เซนเซอร์อยู่บ่อยครั้ง อันเนื่องจากช่วงการเปลี่ยนสภาวะ NO/NC มี Hysteresis loop ที่กว้างเกินไป	69
3.50 ทำการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์ การทำงานกระบอก การทำงานของ Nut Runner การทำงานของ Touch Screen และอื่นๆ	70
3.51 เครื่อง Turbine Balance Machine พร้อมให้ลูกค้ามาทดสอบได้	70
3.52 ภาพตัวอย่าง Auto Run Inspection Sheet	71
3.53 ลูกค้าเข้ามาทดสอบการใช้งานเครื่องจักรโดยสั่งการผ่านหน้าจอ Touch Screen	72
3.54 ลูกค้าตั้งค่า Parameter การขันของตัว Nut Runner และตั้งค่าโมเดลชิ้นงานในหน้าจอ Touch Screen	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.55 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อแก้ไขตามความต้องการของลูกค้า	73
3.56 เพิ่มพรอกซิมิตี้ เซนเซอร์ 2 ชุด ทั้งกระบอกซ้ายและขวาสำหรับเช็ค Clamp กังหันแล้วหรือไม่	74
3.57 เพิ่มพรอกซิมิตี้ เซนเซอร์ 2 ตัวลงในแบบทางไฟฟ้า	74
3.58 ทำโปรแกรมเพิ่มใส่ชุด Clamp Stepping Motor	74
4.1 ตัวอย่าง Power circuit AC 200 V	75
4.2 ตัวอย่าง Power circuit AC 100 V	76
4.3 ตัวอย่าง PLC Specification	76
4.4 ตัวอย่าง DC 24 V Control Circuit	77
4.5 ตัวอย่าง AC 100 V Control Circuit	77
4.6 ตัวอย่าง Intelligent Module Diagram	78
4.7 ตัวอย่าง Safety Light Curtain Diagram	78
4.8 ตัวอย่าง Input Module	79
4.9 ตัวอย่าง Output Module	79
4.10 Board Layout ภายในตู้และขนาดของตู้ควบคุม	80
4.11 แบบตู้ปฏิบัติการ	80
4.12 ตู้ควบคุมหลังจากการ Wiring	81
4.13 ตู้ปฏิบัติการหลังจากการ Wiring	81
4.14 ตู้ควบคุมถูกติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องจักรพร้อมทำการ Machine Wiring	82
4.15 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลกับ Touch Screen ด้วย GT Designer3	82
4.16 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลและตั้งค่า Parameter ของ AC Stepping Motor ผ่านโปรแกรม MEXE02	83
4.17 ทำการเขียนโปรแกรมขั้นบันได (Ladder Diagram) เพื่อควบคุมเครื่องจักร	83
4.18 ทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลง PLC	84
4.19 ทำการทดสอบการขันนัทประกอบชุดกังหันเข้าด้วยกัน	84
4.20 ลูกค้าทดสอบเครื่อง Turbine Balance Machine	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbo Charger) หรือที่เรียกสั้นๆว่า “เทอร์โบ” เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับประจุอากาศเข้าเครื่องยนต์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ให้มากขึ้น หน้าที่ของเทอร์โบคือการนำอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ให้ได้มากกว่าปกติโดยการอัดอากาศให้มีความดันเพิ่มมากขึ้น ตัวเทอร์โบประกอบไปด้วยใบพัดของคอมเพรสเซอร์ (Compressor Wheel) และใบพัดของเทอร์โบ (Turbine Rotor) หมุนอยู่บนแกนเดียวกัน แต่อยู่คนละส่วน เมื่อเริ่มทำงาน ไอเสียจากเครื่องยนต์จะถูกต่อมาทางส่วนเทอร์โบน์ ทำให้ใบพัดเทอร์ไบน์หมุนเมื่อแกนเทอไบน์หมุนใบพัดคอมเพรสเซอร์จะดูดอากาศอัดผ่านคาบูเรเตอร์ อัดส่วนผสมไอดีเข้ากระบอกสูบ โดยอาศัยไอเสียที่ออกจากเครื่องยนต์ จะไปขับล้อเทอร์ไบน์ที่ต่อกับล้ออัดอากาศ ซึ่งอยู่บนแกนเพลาเดียวกัน ทำให้อัดอากาศเข้ากระบอกสูบด้วยความเร็วสูง ดังนั้น เทอร์โบนั้น จะใช้พลังงานจากไอเสียแทนที่จะทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์มาใช้งาน จึงทำให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้น

จากที่ได้กล่าวมานั้น เทอร์โบจึงเป็นส่วนสำคัญในการใช้งานของเครื่องยนต์ บริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด ได้ทำการผลิตชิ้นส่วนของเทอร์โบขึ้นเพื่อประกอบเป็นชุดเทอร์โบแต่อันเนื่องจากเทอร์โบนั้นจะทำประกอบกันได้นั้นจำเป็นต้องขันนัทประกอบใบพัดของคอมเพรสเซอร์และใบพัดของเทอร์โบเพื่อทำให้ใบพัดเทอร์ไบน์หมุนไปพร้อมกับแกนเทอไบน์ ดังนั้นทาง บริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัดจึงสั่งจัดทำเครื่องขันนัทประกอบชุดเทอร์โบ หรือ Turbine Balance Machine ขึ้น ซึ่งเครื่องจักรเครื่องนี้จะทำการขันนัทเพื่อประกอบชุดของกังหันให้เข้าไปในแนวแกนเดียวกันเพื่อให้ใบพัดของคอมเพรสเซอร์และใบพัดของเทอร์โบสมดุลและหมุนไปพร้อมๆกันได้

Turbine Balance Machine จะสามารถเข้าสู่การปฏิบัติการกระบวนการทำงานให้เข้ากับชิ้นงานได้นั้น จำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรไฟฟ้าและจัดทำตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ เขียนโปรแกรมควบคุม PLC และ โปรแกรมสัมผัสหน้าจอ Touchscreen ตลอดจนการการทดสอบโปรแกรมและติดตั้งโปรแกรมเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามที่วัตถุประสงค์ของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการออกแบบไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม AutoCAD
2. เรียนรู้การจัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า และตู้ปฏิบัติการ จากแบบทางไฟฟ้าที่ได้จากออกแบบไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม GX Work2 ของ MITSUBISHI
4. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมสัมผัสหน้าจอ (HMI) โดยใช้โปรแกรม GT Designer3
5. เพื่อศึกษาการติดต่อสื่อสารระหว่าง RS-232 กับ PLC
6. เพื่อศึกษาการทำงานและทำความเข้าใจ Stepping Motor ของ Oriental Motor
7. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องขันนัทอัตโนมัติ (Nut Runner) ของ Sanyo
8. เพื่อให้เครื่อง Turbine Balance Machine สามารถทำงานได้และสามารถปฏิบัติการการผลิตชิ้นงานตามที่ลูกค้าต้องการได้

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

1. ออกแบบระบบไฟฟ้า (Design)
2. จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ (Purchased Order)
3. จัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box) และตู้ปฏิบัติการ (Operation Box) ผ่านการ Wiring โดยอ้างอิงจากแบบทางไฟฟ้า
4. ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring) และวางตัวตรวจวัด (Sensor Layout)
5. ทำการเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานเครื่องจักร
6. ออกแบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen)
7. ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ PLC (Upload / Download Program)
8. ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Touch Screen
9. ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Servo Controller
10. ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Nut Runner
11. ทำการทดสอบการทำงาน (Test Run)
12. ลูกค้าเข้ามาดูความคืบหน้าของเครื่องจักร
13. จัดการแก้ไขแบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่จัดทำเพื่อขันนัทประกอบชุดเทอร์โบของเครื่อง Turbine Balance Machine โดยในส่วนของการออกแบบไฟฟ้าของเครื่องจักร จะได้ต้องออกแบบทั้งส่วนของตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการก่อนเพื่อเข้าสู่กระบวนการ Wiring ภายในตู้ทั้ง 2 ชนิด หลังจากเสร็จสิ้นจัดทำตู้ควบคุม และตู้ปฏิบัติการ ก็เข้าสู่กระบวนการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักรหรือ Machine Wiring เพื่อให้การปฏิบัติการเครื่องจักรสามารถสั่งการผ่านตู้ไฟทั้ง 2 นี้ได้

เมื่อสามารถเชื่อมต่อตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการเข้ากับเครื่องจักร ก็เข้าสู่การเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับ PLC โดยสื่อสารการอัพโหลดและดาวน์โหลดข้อมูลผ่าน Computer กับตู้ควบคุม โดยจะทั้งส่วนของโปรแกรม PLC ซึ่งใช้ในการสั่งลำดับการทำงานของเครื่องจักรและโปรแกรมสัมผัสหน้าจอ Touchscreen เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการของลูกค้าสามารถปฏิสัมผัสเครื่องจักรผ่านหน้าจอนี้ได้ โดยการออกแบบหน้าจอสัมผัสนั้นขึ้นกับความต้องการของลูกค้า

เมื่อตัวโปรแกรมควบคุม PLC และโปรแกรมสัมผัสหน้าจอ Touchscreen เสร็จสิ้น ก็ถึงขั้นตอนการทดสอบและติดตั้งโปรแกรม โดยขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเป็นวันที่ลูกค้าเข้ามาทดสอบความถูกต้องของเครื่องจักร ตั้งค่า Parameter ของ Nut Runner ตรวจสอบลำดับการทำงานของเครื่องจักร การใช้งานเพื่อคุ้นเคยกับเครื่องจักร และ เพิ่มเติมความคิดเห็นว่าอยากจะให้เพิ่มหรือลดสิ่งได้ตามความประสงค์ของลูกค้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถควบคุมการทำงานและสามารถปฏิบัติการผ่าน Turbine Balance Machine ได้
2. สามารถดูผลการขันนัทประกอบชุดเทอร์โบของ Turbine Balance Machine
3. บริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด สามารถนำชุดเทอร์โบนี้ไปใช้ต่อได้จริงในงานอุตสาหกรรมยานยนต์ต่อไปได้
4. สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมต่างๆไปต่อยอดใช้งานในอนาคตได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

Turbine Balance Machine หรือเครื่องขันนัทประกอบชุดเทอร์โบนั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้อย่างมากในการสร้างและประกอบขึ้นจนสามารถนำออกมาใช้งานหรือปฏิบัติการเพื่อผลิตชิ้นงานได้ จะต้องใช้ความรู้พื้นฐาน โดยอธิบายขั้นตอนการผลิตออกมาอย่างคร่าวๆเพื่อให้เข้าใจง่ายๆคือ

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบไฟฟ้า

2.2 พื้นฐานความรู้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานกับเครื่องจักร

2.3 ความหมาย โครงสร้างและส่วนประกอบ ความสามารถต่างๆ ขนาด การติดตั้ง ภาษาและหลักการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC

2.4 โปรแกรมต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ ตั้งค่าอุปกรณ์ และเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเครื่องจักร

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรไฟฟ้า

2.1.1 การเขียนแบบทางไฟฟ้า

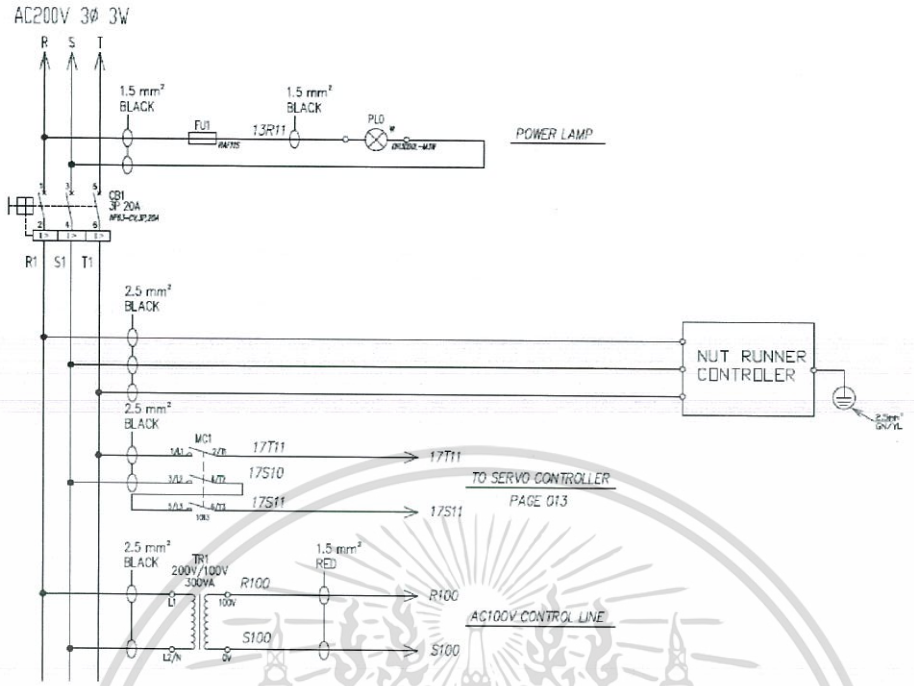
ซึ่งการเขียนแบบทางไฟฟ้านั้นจะสามารถทำได้จำเป็นต้องรู้ความต้องการจากลูกค้าจึงจะสามารถออกแบบเครื่องจักรตามจุดประสงค์ได้

2.1.2 ส่วนประกอบของแบบทางไฟฟ้า

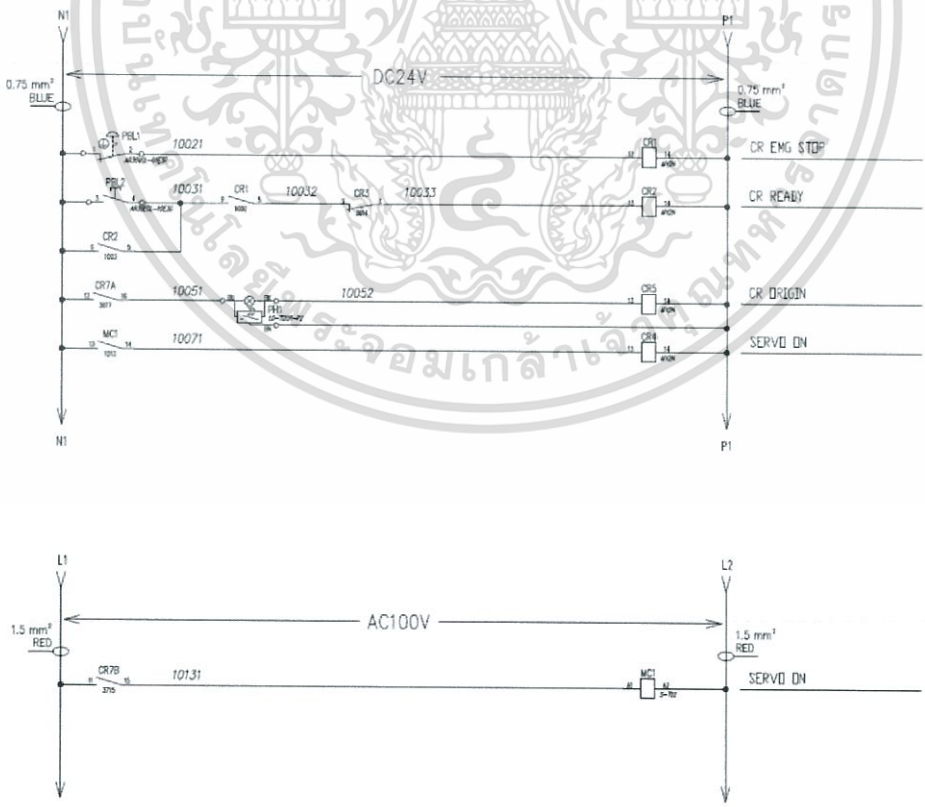
ในการเขียนแบบไฟฟ้านั้น จะแบ่งออกเป็นหัวข้อหลักซึ่งเป็นหัวใจในการออกแบบไฟฟ้าซึ่งจะทำให้การอ่านแบบไฟฟ้าเข้าใจทั้ง คนเขียนแบบ ผู้ประกอบตู้ไฟฟ้า ผู้เขียนโปรแกรม และลูกค้า คือ

1. ภาควงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)
2. ภาควงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)
3. ภาคส่วนประกอบของ PLC (PLC Specification)
4. ภาคอินพุตและเอาต์พุตพอยล์ในการใช้งาน (I/O Module)
5. ภาคการวางอุปกรณ์ภายในตู้ไฟฟ้า (Board Layout)
6. ภาคขนาดและทรงของตู้ไฟฟ้า (Control Box)
7. ภาคการจัดวางปุ่มสั่งงานและขนาดของตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างภาควงจรไฟฟ้ากำลัง (Power Circuit)



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างภาควงจรไฟฟ้าควบคุม (Control Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พื้นฐานความรู้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานกับเครื่องจักรต่างๆ

ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า ตู้ปฏิบัติการ และภายในเครื่องจักรจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อใช้สั่งงานการทำงานของเครื่องจักรในลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไป การออกแบบไฟฟ้าจำเป็นต้องเรียนรู้การใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชนิดเสียก่อนว่าแต่ละชนิดใช้ทำสิ่งใดบ้าง โดยพื้นฐานความรู้ของอุปกรณ์ต่างๆที่จะกล่าวมานี้ จะทำการยกตัวอย่างอุปกรณ์ภายในเครื่อง Turbine Balance Machine มากล่าว

โดยอุปกรณ์ที่ใช้งานภายในเครื่อง Turbine Balance Machine จะแบ่งออกกับการใช้งานคือ

1. อุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้งานกับเครื่องจักร
2. อุปกรณ์พิเศษที่ใช้งานกับเครื่องจักรนี้

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างตู้ควบคุม (Control Box)

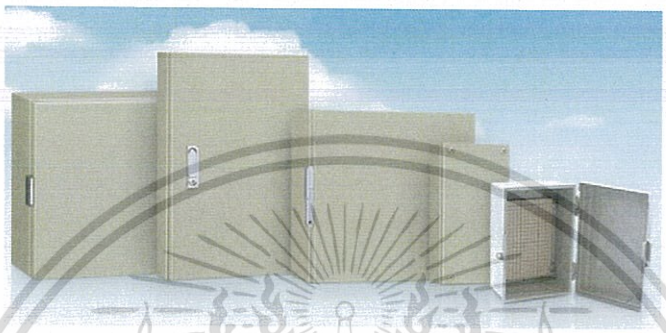
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 อุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้งานกับเครื่องจักร

2.2.1.1 Control Box

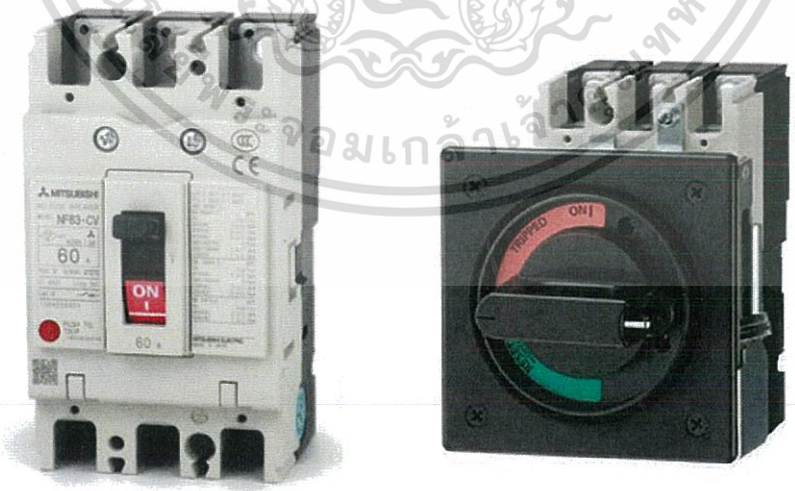
กล่องว่างเปล่าขนาดต่างๆใช้สำหรับในการติดตั้งอุปกรณ์ทางภาคไฟฟ้ากำลัง ไฟฟ้าควบคุม และอื่นๆ



รูปที่ 2.5 ตัวอย่าง Control Box ในแบบขนาดต่างๆ

2.2.1.2 Circuit Breaker

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อย่างอัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น

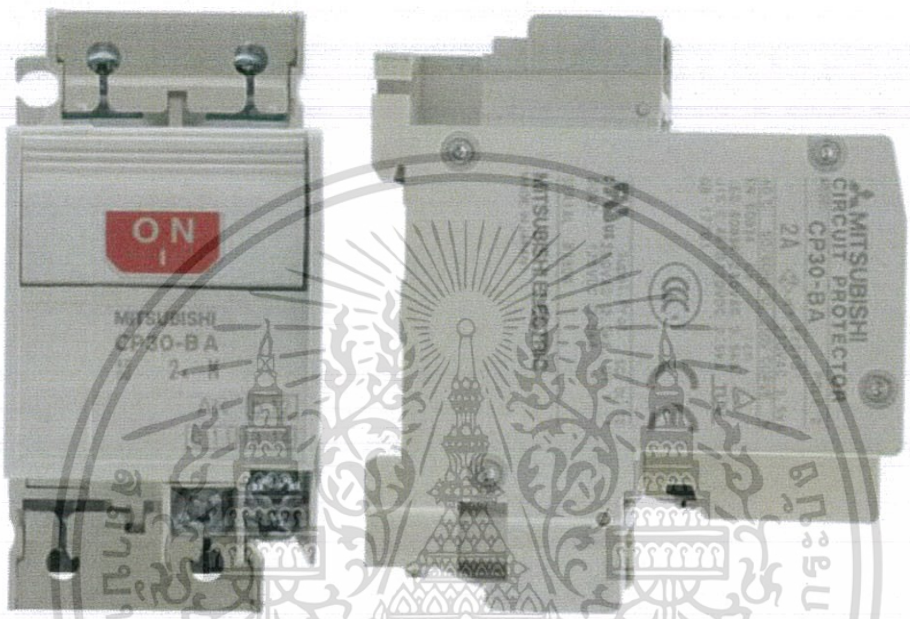


รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง Circuit Breaker รุ่น NF63-CV 60A 3P ของ MITSUBISHI และ Handle Breaker ตัวเปิด/ปิด Main Breaker จากนอกตู้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 Circuit Protector

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนกันกับ Circuit Breaker ต่างกันตรงที่ Circuit Protector นั้นมีความละเอียดและรวดเร็วในการตัดไฟฟ้าในวงจรมากกว่า

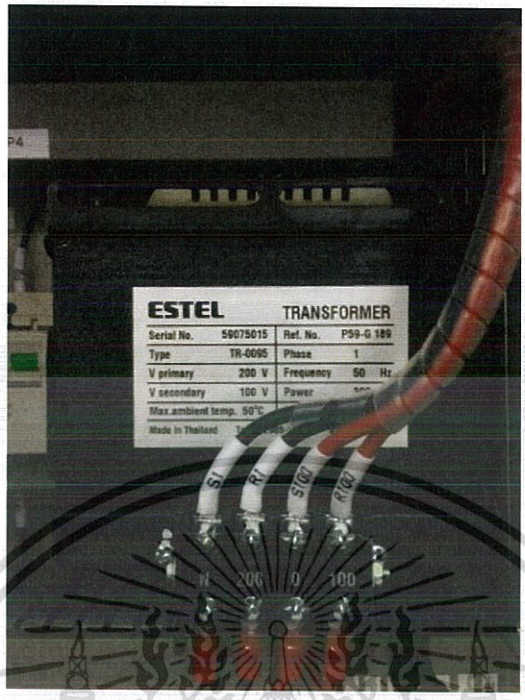


รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Circuit Protector รุ่น CP30-BA 2A 2P ของ MITSUBISHI

2.2.1.4 Transformer

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสามารถในการแปลงระดับสัญญาณไฟฟ้ากำลังแบบขึ้นหรือลงตามสเปคของตัวหม้อแปลงเอง โดยในการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นหม้อแปลงแบบแปลงลง (Step Down) ซึ่งมีความจำเป็นในการใช้ไฟฟ้าของโรงงานของแต่ละที่ ซึ่งจะมีระดับการใช้ไฟที่ต่างกัน

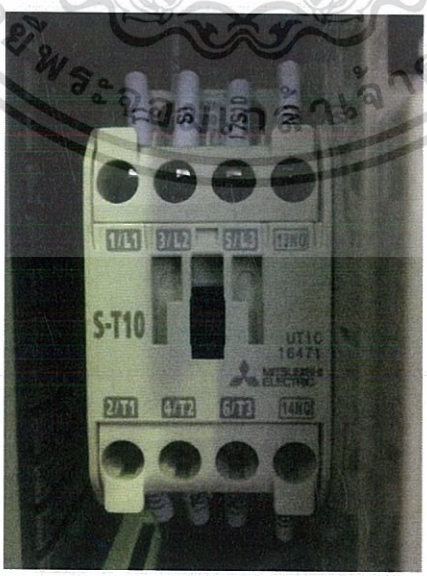
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Transformer ของ ESTEL แบบแปลงลง (Step Down) 200 / 100 V

2.2.1.5 Magnetic Contactor

หรือมีอีกชื่อว่า Auxilary Relay มีหน้าที่เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าโดยการใช้อำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำคอยล์ ก่อให้เกิดหน้าสัมผัสแตะกัน ทำให้เกิดไฟฟ้าไหลผ่านไปได้

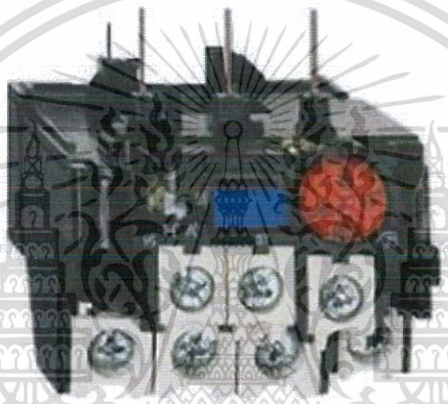


รูปที่ 2.9 ตัวอย่าง Magnetic Contactor รุ่น S-T10 ของ MITSUBISHI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.6 Thermal Overload

Thermal Overload Relay เป็นอุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินเนื่องจากวงจรรับกระแสมากเกินกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในขดลวด เป็นเหตุให้มอเตอร์เกิดความเสียหายได้ เพื่อป้องกันการโอเวอร์โหลด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ ในการป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์โดยปกติจะใช้ Overload relay เป็นอุปกรณ์ป้องกันโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ตลอดเวลาที่มอเตอร์ทำงาน เมื่อเกิดโอเวอร์โหลด ไบเมทัลในตัวรีเลย์จะโค้งงอและดันหน้าสัมผัสขึ้นเพื่อให้เกิดการตัดขาดวงจร



รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง Thermal Overload Relay รุ่น N-TH12 ของ MITSUBISHI

2.2.1.7 Automatic Voltage Regulator Power Supply (AVR-PSU)

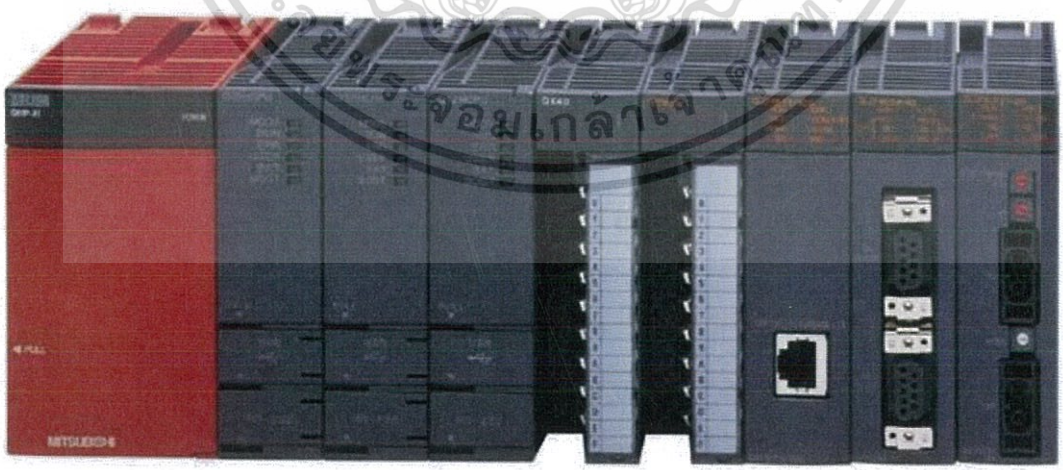
หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่าเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและปรับคุณภาพไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ รวมถึงทำการปรับคุณภาพไฟฟ้าให้ดีขึ้นซึ่งจะช่วยป้องกันการรับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะดีกว่า Switching Power Supply แต่จะมีราคาที่สูงกว่าอันเนื่องจากมีการปรับคุณภาพไฟฟ้าและรักษาระดับไฟฟ้าเมื่อเกิดการการชาก ไฟฟ้าตก ไฟฟ้าเกิน หรือแม้สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าก็ตาม โดยไม่จำเป็นต้องติดตัวกรองสัญญาณเพิ่ม (Noise Filter) เพราะมาคู่กับ AVR แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 ตัวอย่าง Automatic Voltage Regulator แบบ 24V DC รุ่น S8VS-06024 ของ OMRON

2.2.1.8 Programmable Logic Controller

หรือเรียกสั้นๆได้ว่า PLC ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบ คุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์

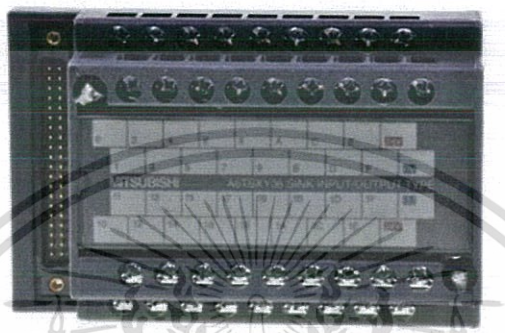


รูปที่ 2.12 ตัวอย่าง PLC Module รุ่น Q-Series ของ MITSUBISHI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.9 I/O Terminal Block

เป็นอุปกรณ์ที่ไว้รองรับพอยล์ของอินพุตและเอาต์พุตเมื่อใน PLC มีลักษณะ Module แบบใช้การ์ดเสียบแทนจากการใช้จุดเชื่อมต่อด้วยสายไฟ



รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง I/O Terminal Block รุ่น A6TBXY36 ของ MITSUBISHI

รูปที่ 2.14 AC05TB สายเคเบิ้ลรุ่น AC05TB เมื่อต่อเข้ากับ I/O Module แบบ Card Slot

2.2.1.10 Touch Screen

หน้าจอสัมผัสหรือ Touchscreen เป็นอุปกรณ์ที่นำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล หรืออีกอย่าง การใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า HMI (Human Machine Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) รุ่น GT1155-QSBD ของ MITSUBISHI

2.2.1.11 Control Relay

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของหน้าสัมผัสของรีเลย์ให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ คอนโทรลรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำจนทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะทำให้หน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

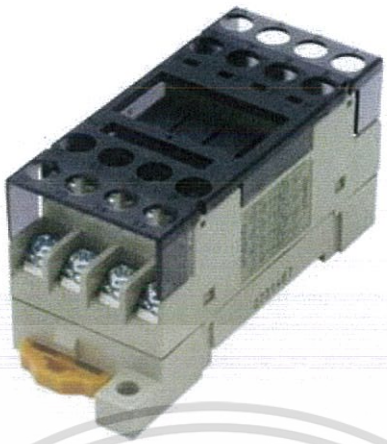
จุดต่อใช้งานมาตรฐานหรือการใช้งานหน้าสัมผัส ประกอบด้วย

จุดต่อแบบ NC ย่อมาจาก Normally Close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อแบบ NO ย่อมาจาก Normally Open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน

จุดต่อ C ย่อมากจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ยกตัวอย่าง Control Relay รุ่น G6D-F4B ของ OMRON

2.2.1.12 Photoelectric Sensor

หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่า Fiber Optic Sensor เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิด โดยทำการปรับค่าที่ตัวขยายกำลัง (Amplifier) เพื่อต้องการตรวจจับวัตถุตามชนิดของวัตถุนั้นๆตามต้องการ โฟโต้เซนเซอร์มีระยะตรวจจับวัตถุไกล เวลาตอบสนองรวดเร็ว ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับสูง และตรวจจับวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส ตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ โดยมี 2 ส่วนคือ Transmitter (ตัวส่งสัญญาณ) ประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง,หลอด LED และตัวสร้างสัญญาณมอดูเลสที่อัตราเร็วสูง ส่งเป็นแสงไปยังตัวรับสัญญาณ และ Receiver (ตัวรับสัญญาณ) ประกอบด้วย ตัวรับแสงเพื่อแปลงสัญญาณ และส่วนของสวิตช์ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต ส่งค่าเพื่อใช้งานตามความต้องการ

รูปที่ 2.17 ตัวอย่าง Fiber Sensor ของ PANASONIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 ตัวอย่าง Digital Fiber Sensor Amplifier (Photoelectric Sensor) รุ่น FX-501 ของ PANASONIC

2.2.1.13 Reed Switch

รีดสวิตช์ คือสวิตช์ที่ควบคุมการทำงานโดยใช้แม่เหล็ก ในการใช้งานจะยึดรีดสวิตช์ไว้ที่ตัวกระบอกสูบ โดยตัวกระบอกสูบต้องทำจากอลูมิเนียม ลูกสูบต้องมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งการใช้รีดสวิตช์มีความสะดวกในเรื่องของการติดตั้งที่ง่ายกว่าลิมิตสวิตช์ทั่วไป การทำงานเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด อำนาจแม่เหล็กที่ตัวลูกสูบจะไปดึงดูดให้หน้าคอนแทคของรีดสวิตช์ต่อกัน ซึ่งปกติหน้าคอนแทคจะเป็นหน้าคอนแทคปกติเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ รีดสวิตช์ก็จะปิดวงจร และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตช์ตัวนอก อำนาจแม่เหล็กของลูกสูบก็จะดึงดูดให้รีดสวิตช์ปิดวงจรเช่นกัน

รูปที่ 2.19 ตัวอย่าง Reed Switch รุ่น D-Z73 ของ SMC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 วิธีการติดตั้ง Reed Switch เพื่อเช็คระยะการยืดหดของกระบอกสูบ

2.2.1.14 Proximity Sensor

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) หรือ พร็อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch) คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม

รูปที่ 2.21 ตัวอย่าง Proximity Sensor รุ่น E2E-X5ME1 ของ KEYENCE

2.2.1.15 Emergency Stop Switch

เป็นสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน หรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์หัวเห็ดสีแดง เป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดา เป็นสวิทช์ที่มักใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่าง ๆ ฉุกเฉิน ซึ่งออกแบบให้เมื่อกดที่ปุ่มนี้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม emergency switch จะต้องหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่ใช้เครื่องจักรกลในทันทีทันใด

รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Emergency Stop Switch รุ่น AR30V0R-01R ของ FUJI

2.2.1.16 Push Button Switch

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

รูปที่ 2.23 ตัวอย่าง Push Button Switch รุ่น HW1L-M1F10QD-G-24V ของ IDEC

2.2.1.17 Illuminated Push Button หรือ Push Button Lamp

หลักการทำงานเหมือนกันกับ Push Button Switch แต่ต่างกันตรงที่จะมีหน้าคอยเพื่อขับให้หลอดไฟติดเมื่อต้องการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148589

รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง Illuminated Push Button รุ่น EOL-01M4R ของ FUJI

2.2.1.18 Buzzer Alarm

มีหน้าที่แสดงผลเป็นสัญญาณเสียงเพื่อแจ้งเตือนหรือแสดงถึงความผิดพลาดการทำงานของเครื่องจักรได้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการรับรู้และสามารถยับยั้งเหตุการณ์อันตรายได้ทันท่วงที

รูปที่ 2.25 ตัวอย่าง Buzzer Alarm รุ่น DR30B6-EB ของ FUJI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 อุปกรณ์พิเศษที่ใช้งานกับเครื่องจักรนี้

2.2.2.1 Nut Runner

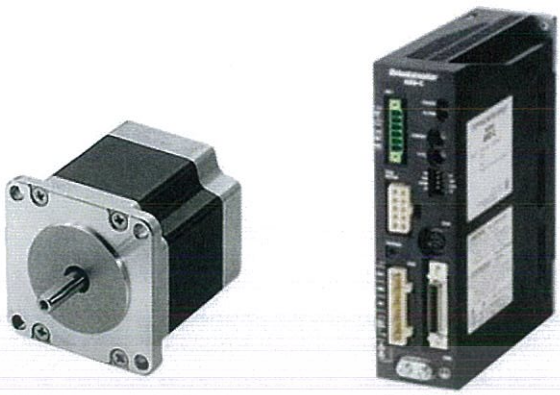
Nut Runner หรือ เครื่องขันนัทอัตโนมัติ กระบวนการสำหรับการควบคุมแรงบิด (Torque) , การควบคุมมุม (Angle) , การตรวจสอบแรง (Force Examine) และอื่นๆ เพื่อขันนัทเข้าเกลียวด้วยแรงบิดที่พอดีจนไม่ทำให้เกลียวเสียหาย หรือ ชิ้นงานเสียหายได้ ซึ่งตัวเครื่องขันนัทนี้จะมาพร้อมกับ Touch Panel หรือเรียกง่ายๆก็คือ Touch Screen ของเครื่องขันนัทนี้เอง ซึ่งจะสามารถเก็บค่าแรงบิด มุม และอื่นๆ ได้ลงในตัวคอนโทรลเลอร์ของเครื่องขันนัท เพื่อใช้ในการขันครั้งต่อไปได้

รูปที่ 2.26 Nut Runner รุ่น SGNR Type M ของ Sanyo ซึ่งมาพร้อมกับ Touch Panel และ Controller

2.2.2.2 AC Stepping Motor

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการควบคุมได้สะดวก และเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้นๆ ละ (Step) 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวนั้นๆ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC Motor) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ปๆ ได้ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า ซึ่งมักจะใช้ในงานประเภทต้องการความละเอียดเช่น การขันนัทอัตโนมัติ การหมุนจานอ่านของฮาร์ดดิส และอื่นๆอีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 AC Stepping Motor รุ่น ARD-C ของ Oriental Motor

2.2.2.3 Safety Light Curtain

Safety Light Curtain หรือ เซ็นเซอร์ม่านแสงนิรภัย คือ เซ็นเซอร์เพื่อใช้ป้องกันการทำงานของเครื่องจักรที่ทำให้เกิดอันตรายต่อพนักงานผู้ปฏิบัติการหรือผู้ดูแลเครื่องจักร ซึ่งมีผลทำให้พนักงานมีความปลอดภัย และ มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยภายในตัวม่านแสงจะมีโฟโต้เซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensor) ขนาดเล็กหลายๆตัวเรียบกันเพื่อให้ได้ความละเอียดในการตรวจจับโดยมีขนาดช่องว่างระหว่างลำแสง 14mm. สำหรับป้องกันนิ้วมือและ 30mm. สำหรับป้องกันร่างกายที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่มือคนขึ้นไป

รูปที่ 2.28 Safety Light Curtain รุ่น SL-V04L ของ KEYENCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความหมาย โครงสร้างและส่วนประกอบ ความสามารถต่างๆ ขนาด การติดตั้ง ภาษา และหลักการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC

2.3.1 ความหมายของ Programmable Logic Controller

ตัวควบคุมแบบสามารถป้อนโปรแกรมได้ (Programmable logic Controller : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือ สวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค๊ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

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- Wiredฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.3.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของ PLC

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

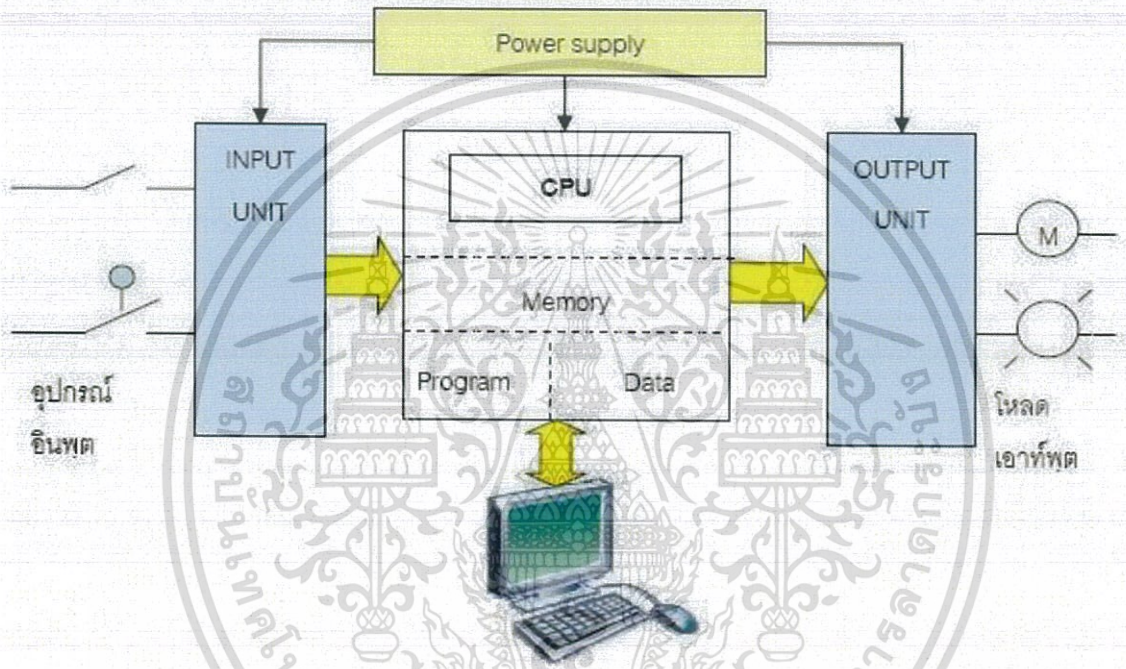
PLC แบ่งส่วนประกอบออกได้ 4 ส่วนหลักๆด้วยกัน คือ

1. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply Unit : PSU)

2. หน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)

3. เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input & Output Unit : I/O Unit)

4. เครื่องป้อนโปรแกรมและหน่วยความจำ (Programming Device , Read Only Memory : ROM & Random Access Memory : RAM)

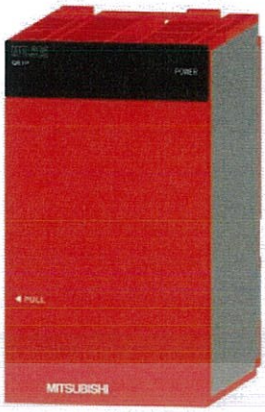


รูปที่ 2.29 โครงสร้างของ PLC

2.3.2.1 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply Unit)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุท / เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 Power Supply Unit รุ่น Q61P ของ MITSUBISHI

2.3.2.2 ส่วนประมวลผลกลาง (CPU Unit)

CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor-based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีเควนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลดเดอร์ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

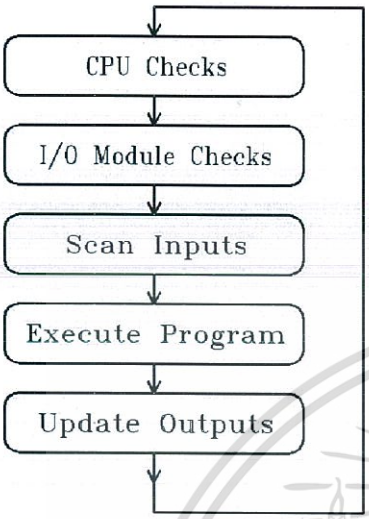
CPU จะยอมรับ (Read) อินพุต ดาต้า (Input Data) จากอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดให้สัญญาณให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่างๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่มีความเหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรง (DC Current) สำรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ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

การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุทและเอาท์พุท และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาท์พุท 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

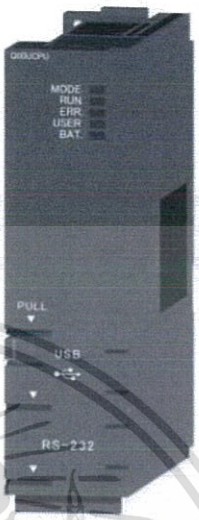
1. I/O Scan คือ การบันทึกสภาวะข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นอินพุท และให้อุปกรณ์เอาท์พุททำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Program Scan คือ การให้โปรแกรมทำงานตามลำดับก่อนหลัง



รูปที่ 2.31 ลำดับ Program Scan ของ PLC



รูปที่ 2.32 CPU Unit รุ่น Q00U ของ MITSUBISHI

2.3.2.3 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

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

สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้อง ไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1. ทำให้สัญญาณขาเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC

2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร

3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

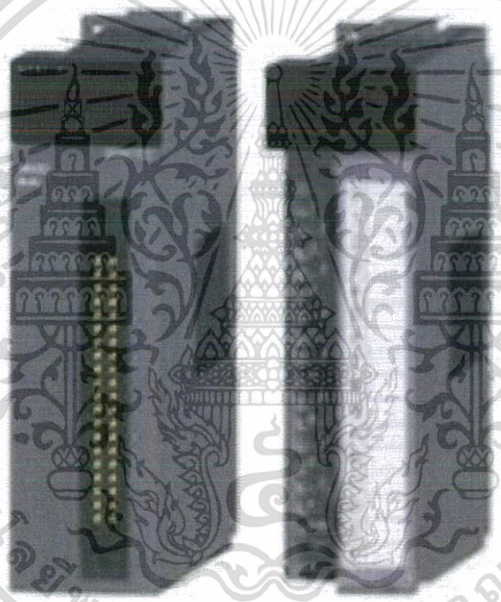
ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลีนอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

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

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



รูปที่ 2.33 I/O Unit รุ่น QX41P และ QY10 ของ MITSUBISHI

2.3.2.4 เครื่องป้อนโปรแกรมและหน่วยความจำ (Programming Device , Read Only Memory : ROM & Random Access Memory : RAM)

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

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) แต่ละยี่ห้อจะไม่เหมือนกันแต่มีจุดประสงค์ในการใช้งานที่เหมือนกันรุ่นเก่าส่วนใหญ่จะต้องทำการป้อนโปรแกรมหน้าเครื่องจักร แต่ในยุคสมัยปัจจุบัน PLC ได้พัฒนาขึ้นจนสามารถใช้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.34 Handheld รุ่น NS5 ของ OMRON

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของ โดยอธิบายหน่วยความจำได้ดังนี้

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

2. ROM (Read Only Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะเก็บความจำไว้ ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่ดับแล้วหรือปิดเครื่อง แล้วทำการเปิดขึ้นมาใหม่ ข้อมูลก็ยังคงเก็บอยู่ใน ROM เหมือนเดิมแต่ไม่สามารถลบข้อมูลออกไปได้

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ความสามารถต่างๆของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

2.3.3.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น

- การทำงานของระบบรีเลย
- การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์
- การทำงานของ P.C.B. Card
- การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ

2.3.3.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น

- การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
- การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบทางด้านคุมอุณหภูมิ (Temperature) การควบคุมทางด้านความดัน (Pressure) เป็นต้น
- การควบคุม P.I.D. (Proportional-Intergral-Derivation)
- การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo-motor Control)
- การควบคุม Stepping Motor
- Information Handling

2.3.3.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น

- งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring
- Fault Diagnostic and Monitoring
- งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C / RS422)
- Printer/ASCII Interfacing
- งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)
- LAN (Local Area Network)
- WLAN (Wide Local Area Network)
- FA. , FMS. และ CIM. เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ขนาดของ PLC

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

2.3.5 การติดตั้ง PLC

2.3.5.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

- พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
- จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
- การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
- อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบกับ PLC หรือไม่
- วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2.3.5.2 สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

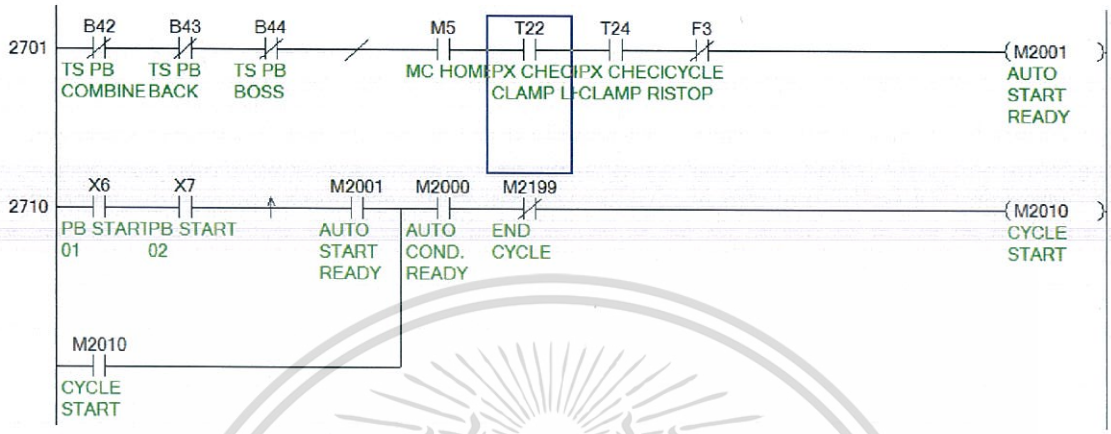
- มีแสงแดดส่องโดยตรง
- บริเวณอุณหภูมิต่ำกว่า 0° C หรือสูงกว่า 55° C
- มีฝุ่น หรือไอเกลือ
- มีความชื้นมาก
- มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนหรือไวไฟ
- สั่นสะเทือนมาก

2.3.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC

การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการนั้นตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ

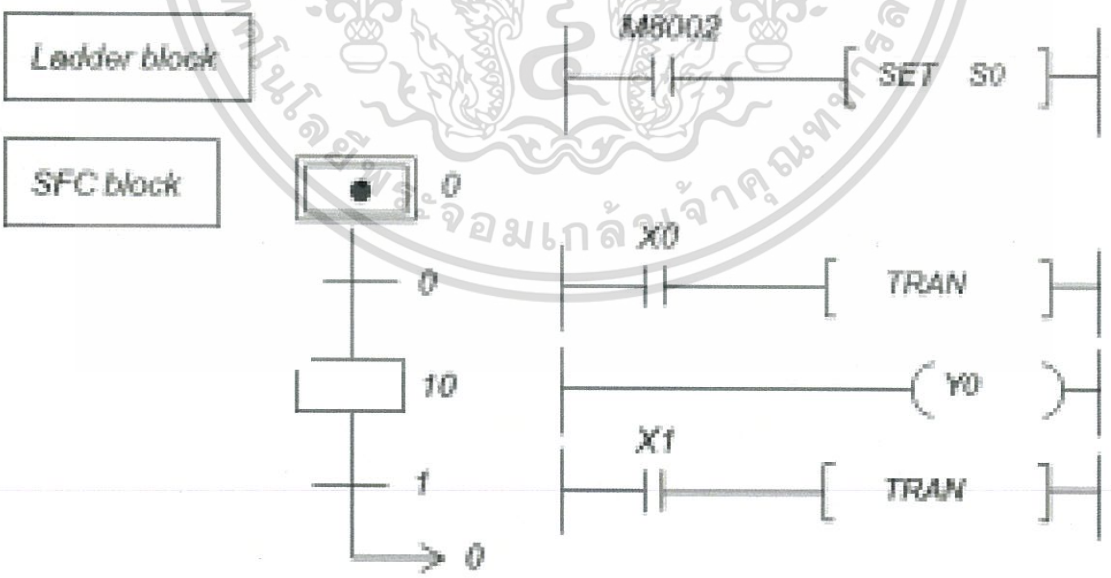
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.1 Ladder Diagram Language



รูปที่ 2.35 Ladder Diagram Language

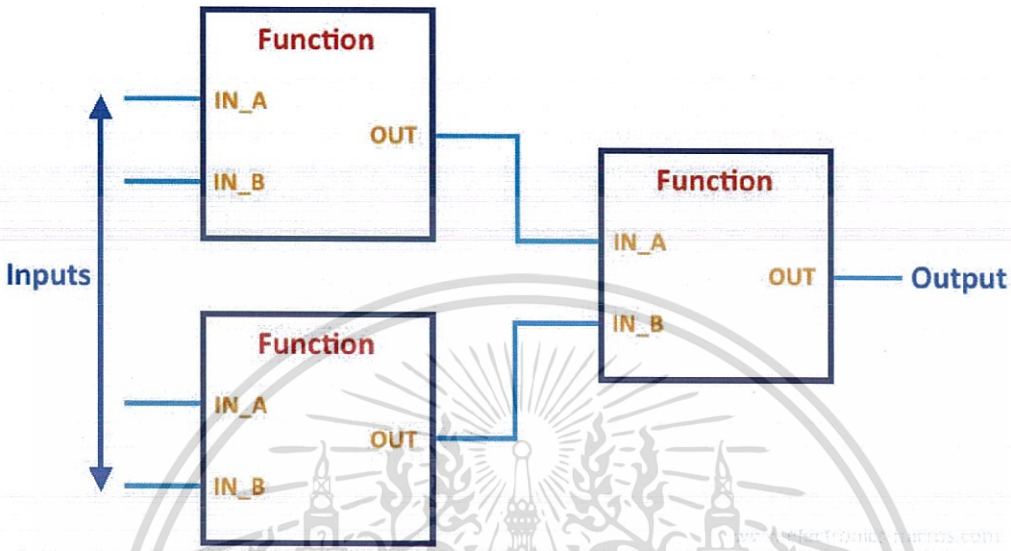
2.3.6.2 Sequential Flow Chart Language



รูปที่ 2.36 Sequential Flow Chart Language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.3 Function Block Diagram Language



รูปที่ 2.37 Function Block Diagram Language

2.3.6.4 Instruction List Language (Statement List Language)

```
VAR
First, Second, Result: INT:=10;
StringOp: String[30]:='123456789';
StringRes: String[25]
END_VAR
...
B1: LD   First      (* 10(INT) *)
    ADD  Second     (* 20(INT) *)
    ST   Result     (* 20(INT) *)
    GT   0          (* True(BOOL) *)
    JMPC B2         (* because
                    CR=True *)
    JMC  FarAway    (* CR undefined,
                    reaction depends
                    on implement.*)
B2: LD   StringOp   (* 123456789
                    (String) *)
    ST   StringRes  (* 123456789 *)
```

รูปที่ 2.38 Instruction List Language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Structure Text Language

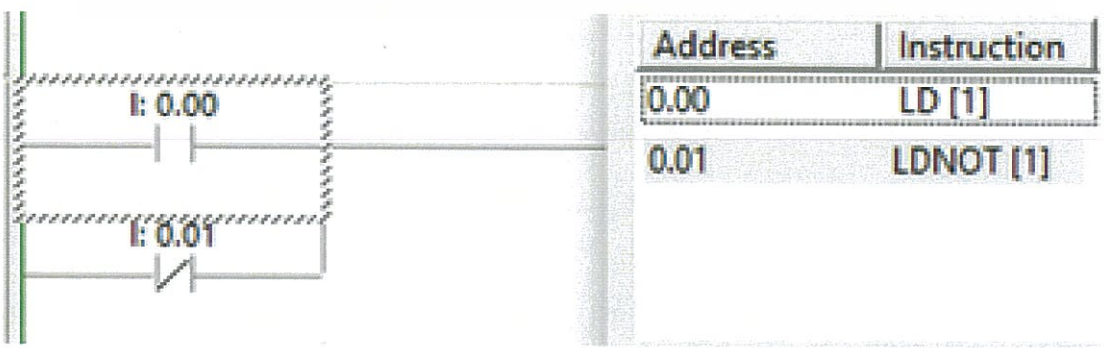
```
Setpoint_IN_STAGE_1_FAILED:
    (* During 'STAGE_1_FAILED': '<S1>:119' *)
    IF (stage3_sensor <= 0) OR (stage2_sensor <= 0) THEN
        (* Transition: '(<S1>:150' *)
        (* Transition: '(<S1>:152' *)
        IF stage2_sensor > 0 THEN
            (* Transition: '<S1>:155' *)
            is_c2_Setpoint := Setpoint_IN_STAGES_1_3_FAILED;
            (* Entry 'STAGES_1_3_FAILED': '<S1>:120' *)
            rtb_stage1_setpoint := L0;
            rtb_stage2_setpoint := L0 - overall_target;
            distributed_target := rtb_stage2_setpoint;
        ELSE
            (* Transition: '<S1>:154' *)
            IF stage3_sensor > 0 THEN
                (* Transition: '<S1>:159' *)
                is_c2_Setpoint := Setpoint_IN_STAGES_1_2_FAILED;
                (* Entry 'STAGES_1_2_FAILED': '<S1>:121' *)
                rtb_stage1_setpoint := L0;
                rtb_stage2_setpoint := L0;
                distributed_target := L0 - overall_target;
            ELSE
                guard_0 := TRUE;
            END_IF;
        END_IF;
```

รูปที่ 2.39 Structure Text Language

2.3.7 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC

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

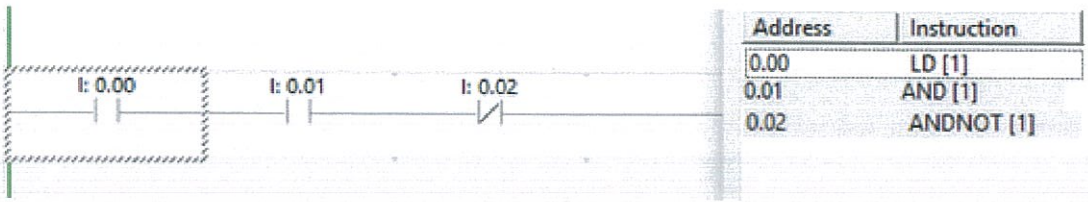
การใช้คำสั่ง Load (LD) , Load Not (LD NOT)



รูปที่ 2.40 การใช้คำสั่ง Load (LD) , Load Not (LD NOT)

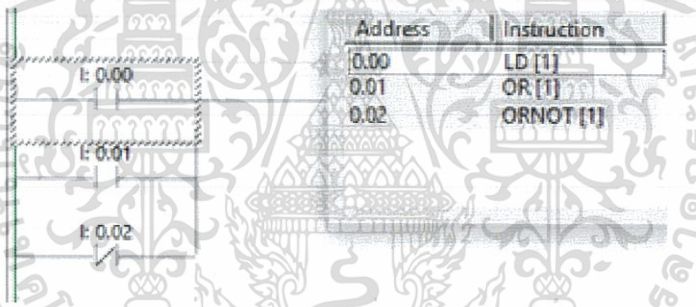
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้คำสั่ง AND, AND NOT



รูปที่ 2.41 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND , AND NOT

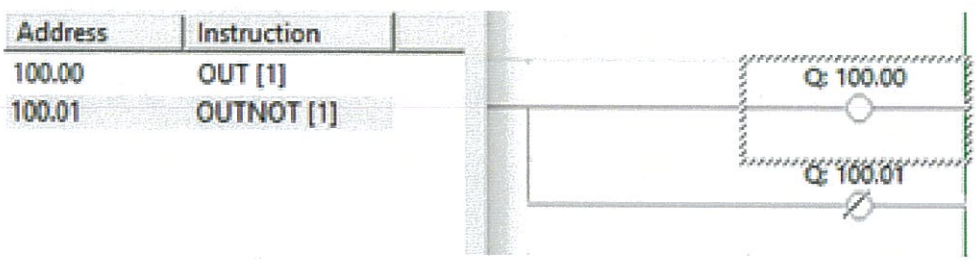
การใช้คำสั่ง OR , OR NOT



รูปที่ 2.42 การใช้คำสั่ง OR , OR NOT

การใช้คำสั่ง OUT , OUT NOT

เป็นคำสั่งที่สั่งขับให้ OUTPUT ภายนอกทำงานหรือไม่ทำงานตามคำสั่ง

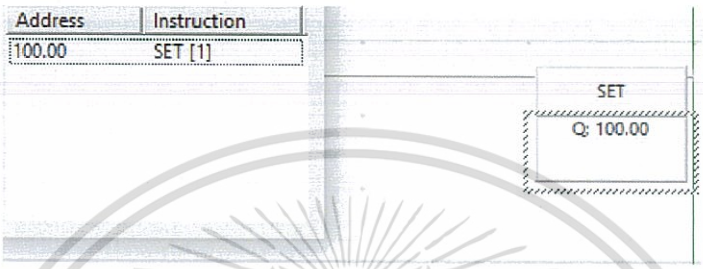


รูปที่ 2.43 การใช้คำสั่ง OUT , OUT NOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ LATCH

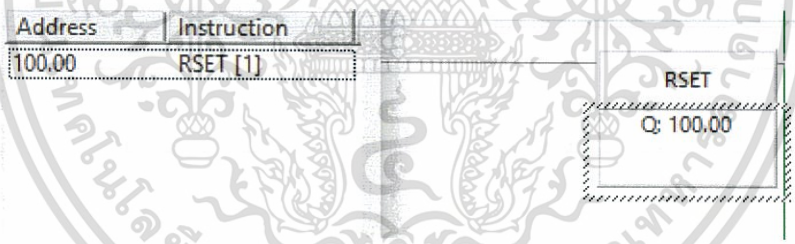
เป็นการคงค่าเมื่อหน้าสัมผัส (Contact) ติดตลอดหรือติดเพียงสัญญาณขอบขาขึ้น (Rising Edge) ก็จะทำงานตลอดจนกว่าจะมีการสั่งรีเซตค่าที่ Latch ไว้



รูปที่ 2.44 การใช้คำสั่ง Latch ค่า แต่ในที่นี้ยกตัวอย่างโปรแกรม CX-Programmer จะใช้คำสั่ง SET

การ UNLATCH

เป็นการรีเซตค่าเมื่อได้ทำการ Latch ไว้ดังที่ได้กล่าวมา



รูปที่ 2.45 การใช้คำสั่ง Unlatch ค่าเพื่อสั่งให้พอยล์ที่ทำงานค้างไว้หยุดทำงาน

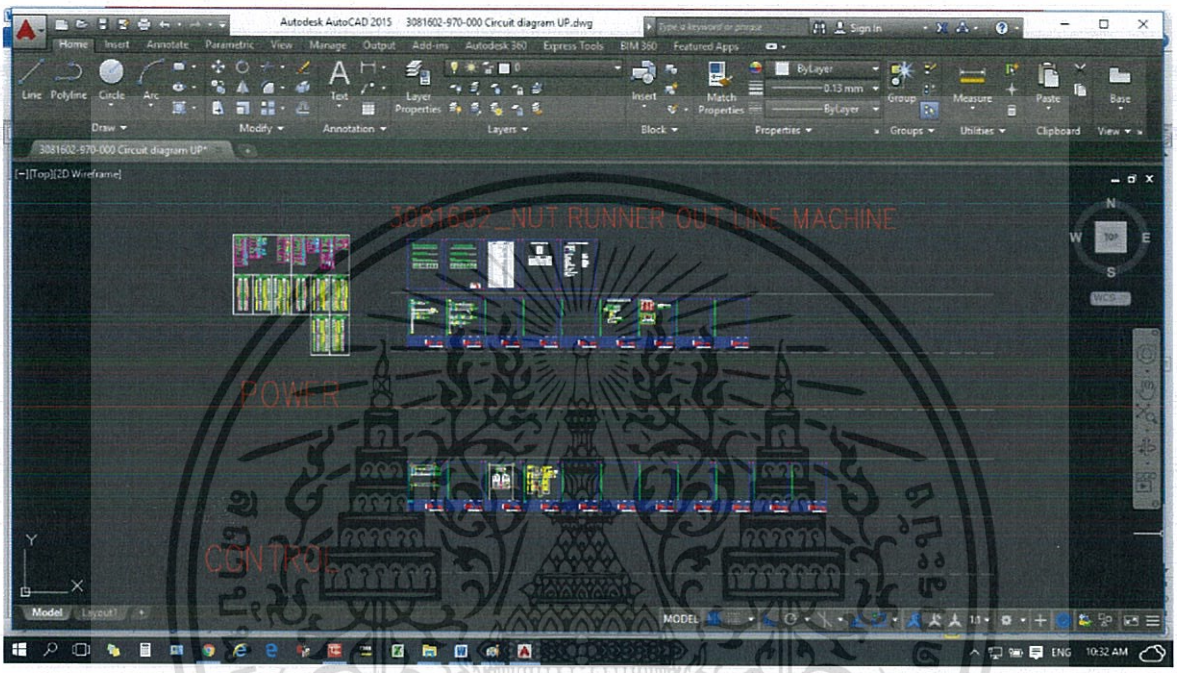
2.4 ซอฟต์แวร์ต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ ตั้งค่าอุปกรณ์ และเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับเครื่องจักร

2.4.1 AutoCAD 2015

รูปที่ 2.46 โปรแกรม AutoCAD 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า ภายในตัวโปรแกรมจะมีเครื่องมือมากมาย เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบระบบไฟฟ้า ให้ผู้อ่านแบบสามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะจะเห็นได้เลยว่าอุปกรณ์แต่ละตัวมีการเชื่อมต่อกันอย่างไร ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่าไหร่ อีกทั้งในการเขียนแบบยังมีการแบ่งแยกชนิดของการ์ดไว้อย่างเด่นชัดทำให้สามารถเปลี่ยนรายละเอียดของตัวแบบได้โดยง่าย



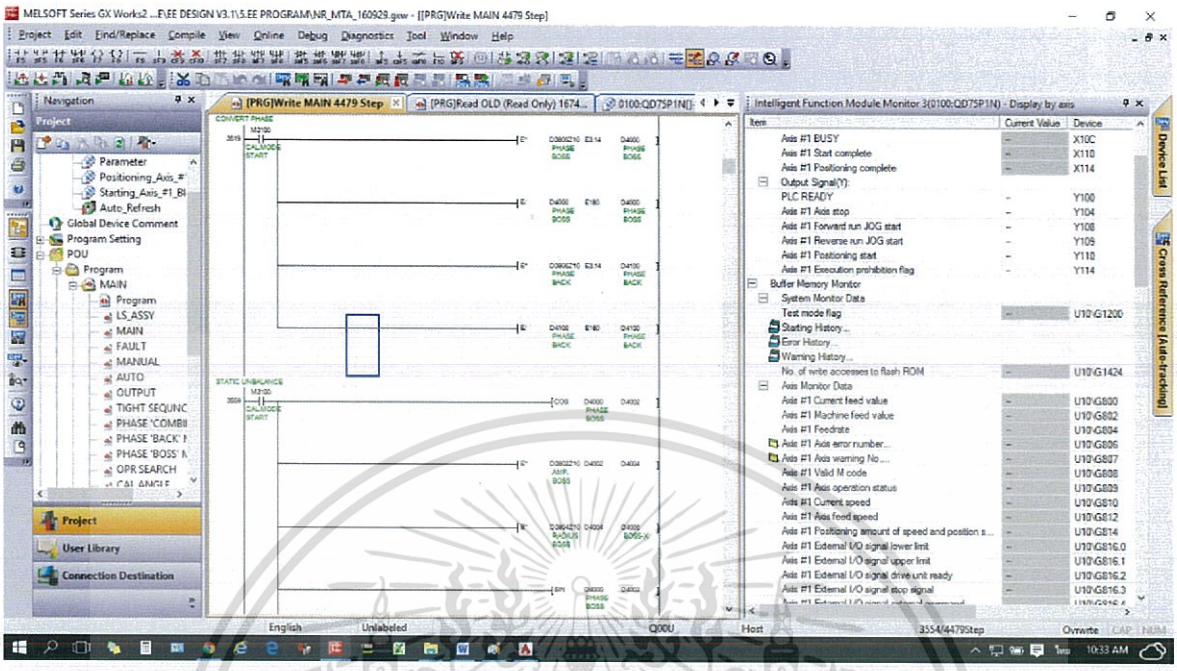
รูปที่ 2.47 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม AutoCAD 2015

2.4.2 GX Works2

รูปที่ 2.48 โปรแกรม GX Works2

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง Computer เข้ากับ MITSUBISHI PLC เพื่อใช้ในการอัพโหลด และดาวน์โหลดข้อมูล เพื่อควบคุมเครื่องจักรหรือพูดอีกอย่างหนึ่งคือ ทำให้ PLC สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยสามารถกำหนดการทำงานของ PLC จากการเขียนโปรแกรมขั้นบันได (Ladder Diagram) หรือ SFC (Sequence Flow Chart) ซึ่งจะใช้รีเลย์ช่วยภายในโปรแกรม และอุปกรณ์ที่ต่อกับ Input และ Output Module ของ PLC ในการควบคุมการทำงาน โดยสามารถดูสถานะการทำงานภายในโปรแกรมได้โดยใช้ Monitor Mode

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.49 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม GX Works2

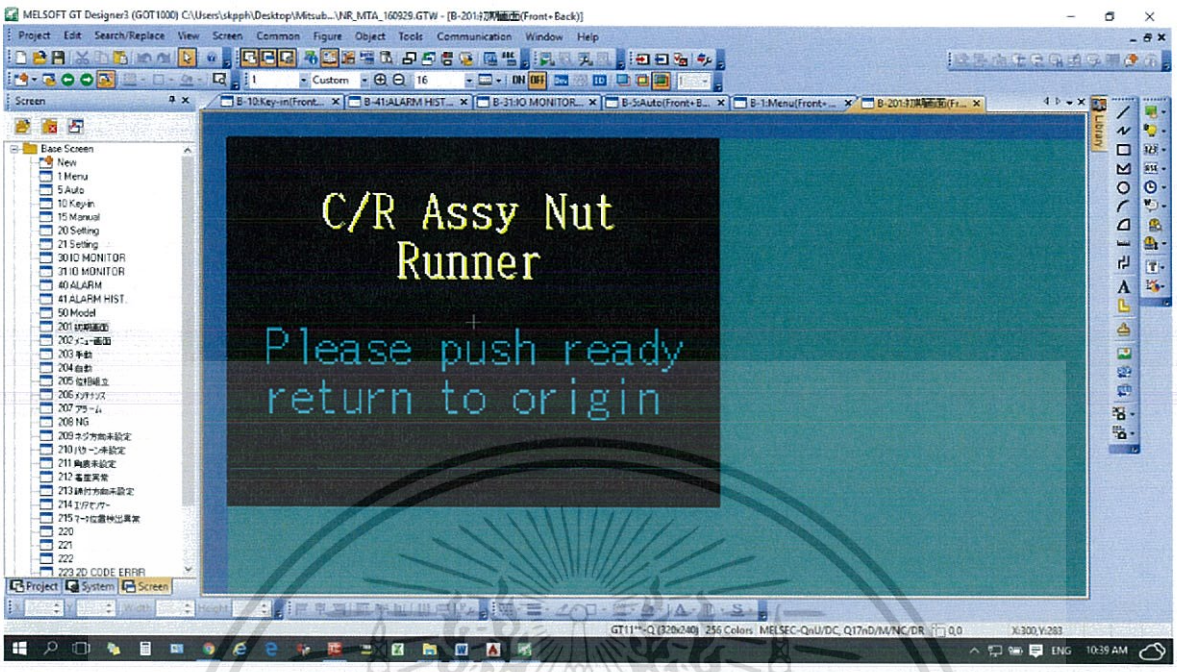
2.4.3 GT Designer3

รูปที่ 2.50 โปรแกรม GT Designer3

โปรแกรมที่ทำขึ้นมาเพื่อแสดงค่าหรือสถานะต่างๆ โดยภายในโปรแกรมนี้สามารถออกแบบรูปร่างลักษณะของหน้าจอ Touch Screen ที่ต้องการจะใช้ดูค่าต่างๆได้ ซึ่งสามารถกำหนดได้อย่างอิสระ เช่น ต้องการกำหนดให้ค่าแสดงออกมาในสีอะไร ออกมาเป็นตัวเลข ทศนิยมกี่ตำแหน่ง รวมถึงฟังก์ชันในการทำงานของเครื่องจักร ที่สามารถใช้ปุ่มที่สร้างขึ้นใน Touch Screen กำหนดการทำงานได้อีกด้วย

โปรแกรมนี้จะสามารถเชื่อมต่อกับค่าจาก GX Work 2 ได้โดยการนำ Tag ของตัวอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดภายในโปรแกรม GX Work 2 และนำ Tag ตัวนั้นๆมากำหนดลงบนโมเดลที่สร้างขึ้นภายในโปรแกรม GT Designer 3 เพื่อให้ค่าปรากฏขึ้น หรือควบคุมการทำงานได้

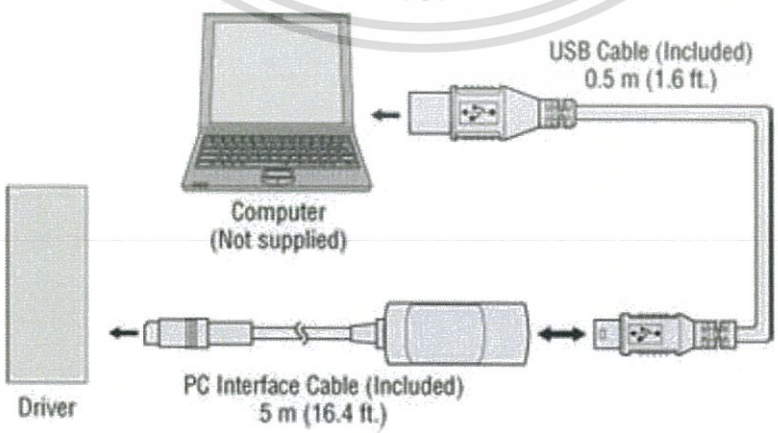
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.51 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม GT Designer3

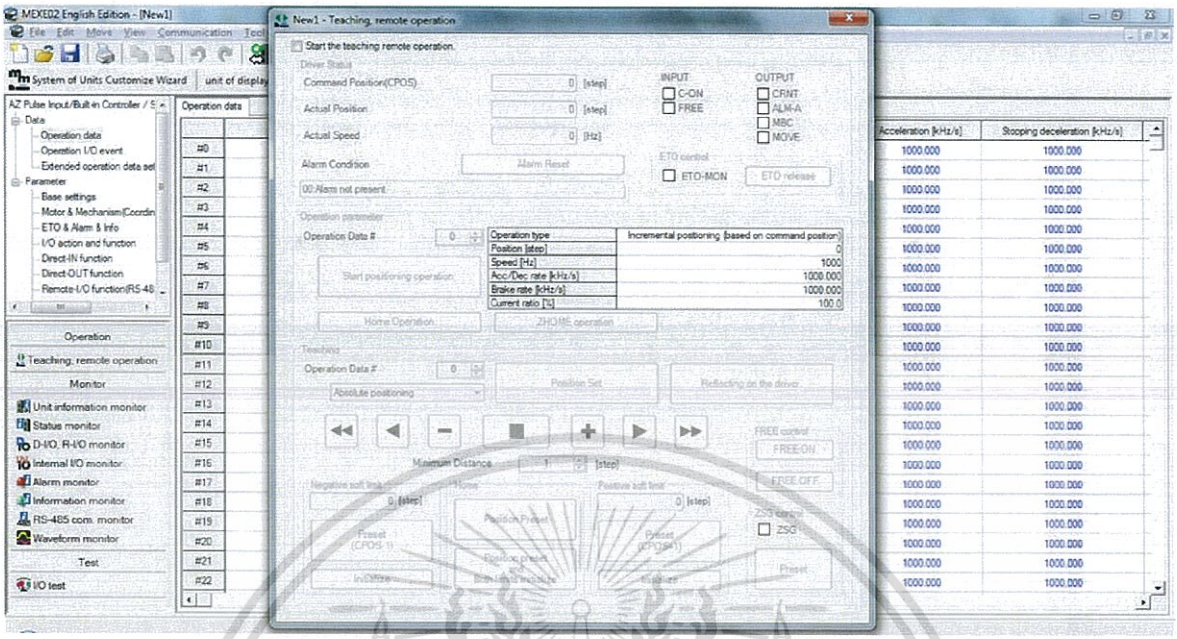
2.4.4 MEXE02

โปรแกรมนี้ใช้เพื่อสำหรับการตั้งค่า Parameter และเชื่อมต่อเพื่อควบคุม เข้ากับตัวคอนโทรลเลอร์ของOriental Motor โดยในการทำงานครั้งนี้จะใช้การตัวคอนโทรลเลอร์รุ่น ARD-C ซึ่งโปรแกรมนี้จะสามารถเลือกควบคุมได้ทั้งแบบมุมองศา จำนวน Pulse ที่จ่าย หรือแบบระยะทาง ได้ตามที่เราต้องการ



รูปที่ 2.52 วิธีการเชื่อมต่อระหว่าง Computer กับ Servo Controller ของ Oriental Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.53 หน้าต่างขณะใช้งานโปรแกรม MEXE02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำโครงงาน

ทาง บริษัท เอ.ไอ.อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทรับออกแบบและผลิตเครื่องจักร ให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ โดยรูปแบบงานในครั้งนี้ได้รับการสั่งทำจาก บริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด ได้มีความต้องการให้ทำ Turbine Balance Machine ขึ้นมาอีกเครื่องหนึ่ง อันเนื่องจากที่บริษัทของลูกค้ามีปริมาณการทำชิ้นงานที่สูงขึ้น จึงต้องการความรวดเร็วในการทำชิ้นงานมากขึ้น ซึ่งตลอดกระบวนการจัดทำเครื่องจักรเครื่องนี้นั้นเป็นความรับผิดชอบของ บริษัท เอ.ไอ.อินดัสตรี้ จำกัด ทั้งหมด โดยนับตั้งแต่ข้าพเจ้าได้มาทำสหกิจศึกษาที่นี้ข้าพเจ้าเห็นขั้นตอนการทำงาน ดังต่อไปนี้

3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้า (Design)

3.2 จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ (Purchased Order)

3.3 จัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box) และตู้ปฏิบัติการ (Operation Box) ผ่านการ Wiring โดยอ้างอิงจากแบบทางไฟฟ้า

3.4 ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring) และจัดวางตัวตรวจวัด (Sensor Layout)

3.5 ทำการเขียนโปรแกรม (Programming) PLC ควบคุมการทำงานเครื่องจักร

3.6 ออกแบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen)

3.7 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ PLC (Upload / Download Program)

3.8 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Touch Screen

3.9 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Servo Controller

3.10 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Nut Runner

3.11 ทำการทดสอบการทำงาน (Test Run)

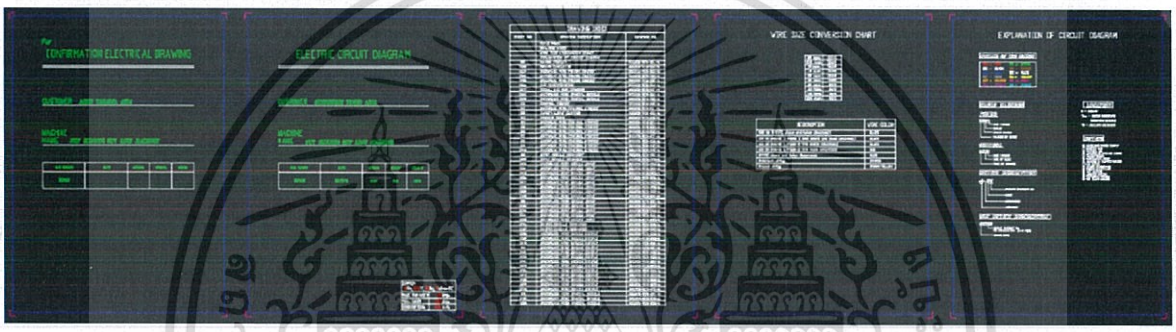
3.12 ลูกค้าเข้ามาดูความคืบหน้าของเครื่องจักร

3.13 จัดการแก้ไขแบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ

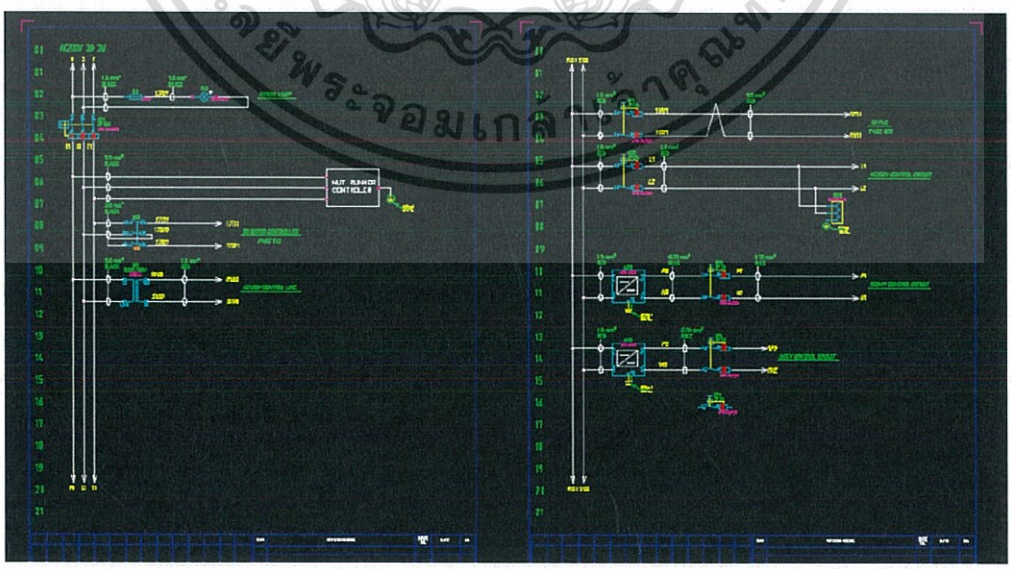
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ออกแบบระบบไฟฟ้า (Design)

ศึกษาความต้องการจ้างบริษัทของลูกค้าว่าต้องการเครื่องจักรมีลักษณะการใช้งานแบบใด โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าจะแบ่งออกตามภาคส่วนต่างๆ เพื่อให้ผู้ทำงานต่อในด้าน ผู้จัดทำและผลิตไฟฟ้า ผู้โปรแกรมไฟฟ้า หรือจนกระทั่งลูกค้าที่ต้องการจะซ่อมบำรุงหรือปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในตู้ เข้าใจในระบบไฟฟ้าในตู้ไฟที่ได้ออกแบบไป เพื่อให้เข้าใจในแบบไฟฟ้าในทิศทางเดียวกันง่ายขึ้น โดยในการออกแบบครั้งนี้จะใช้ PLC ของ MITSUBISHI มี CPU Unit รุ่น Q00U เป็นตัวประมวลผลกลาง ผลของการออกแบบระบบไฟฟ้าของ Turbine Balance Machine ได้ดังรูปข้างล่างต่อไปนี้

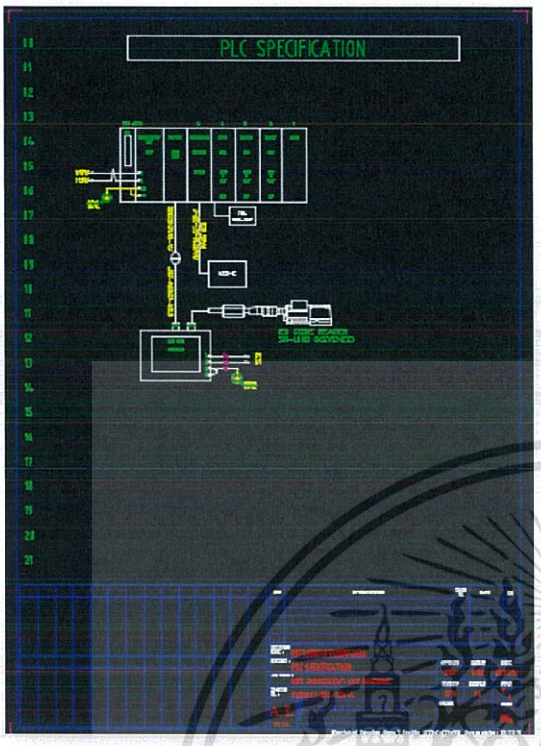


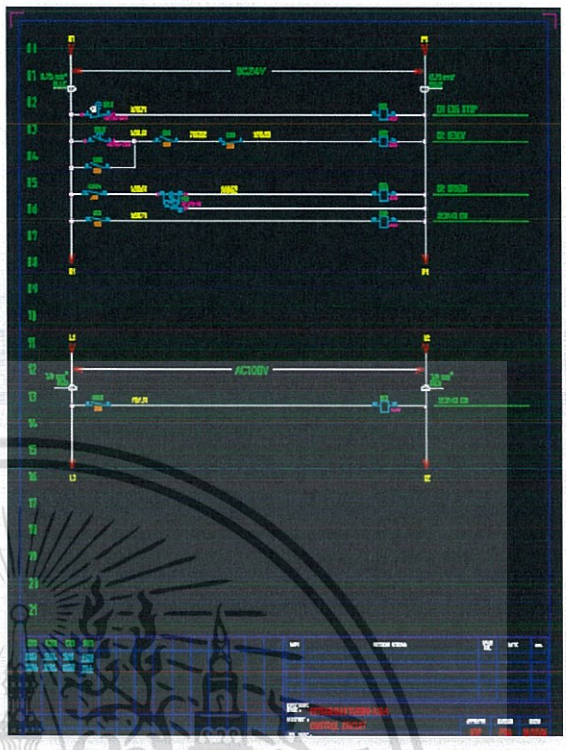
รูปที่ 3.1 หน้าปก สารบัญ ตารางมาตรฐานการใช้สายไฟ และมาตรฐานการอ่านตัวอักษรต่างๆในแบบไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 Power Circuit Diagram

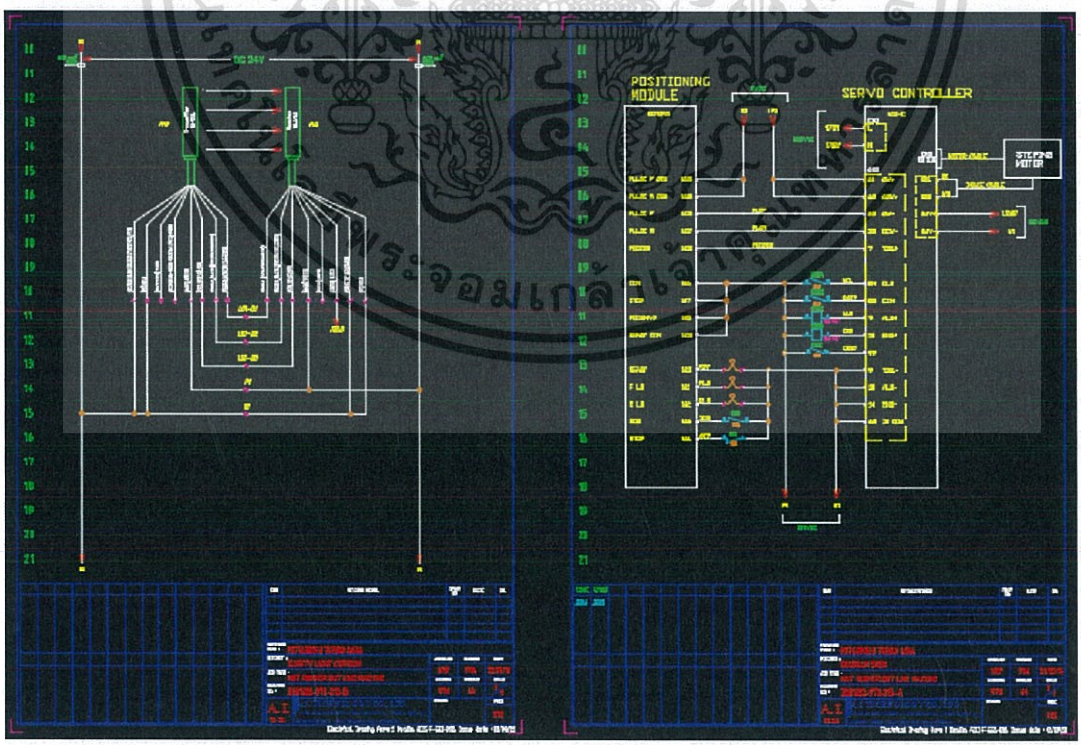
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





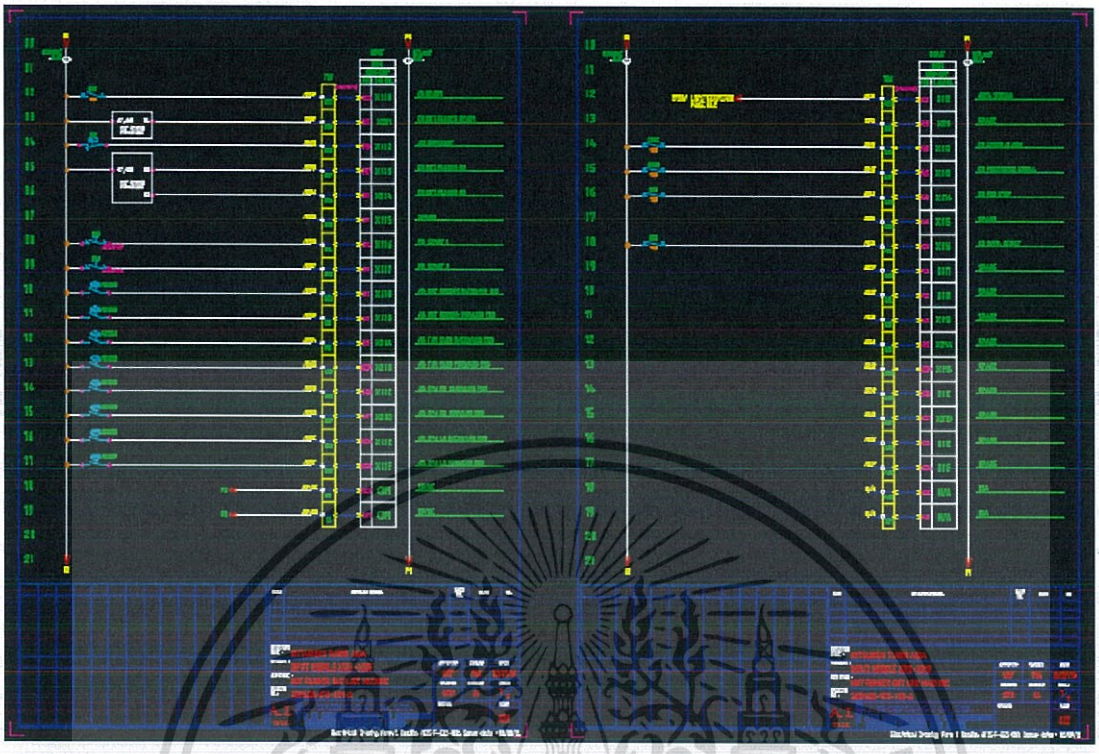
รูปที่ 3.3 Control Circuit Diagram

รูปที่ 3.4 PLC Specification

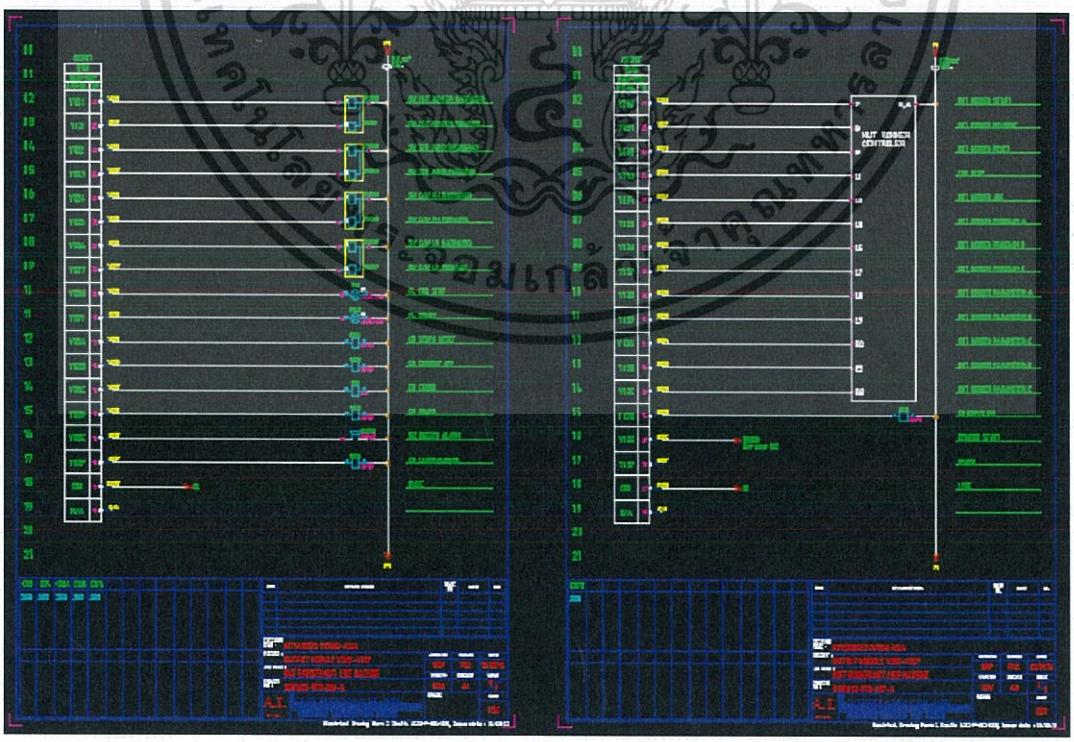


รูปที่ 3.5 Safety Light Curtain และ Position Module Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

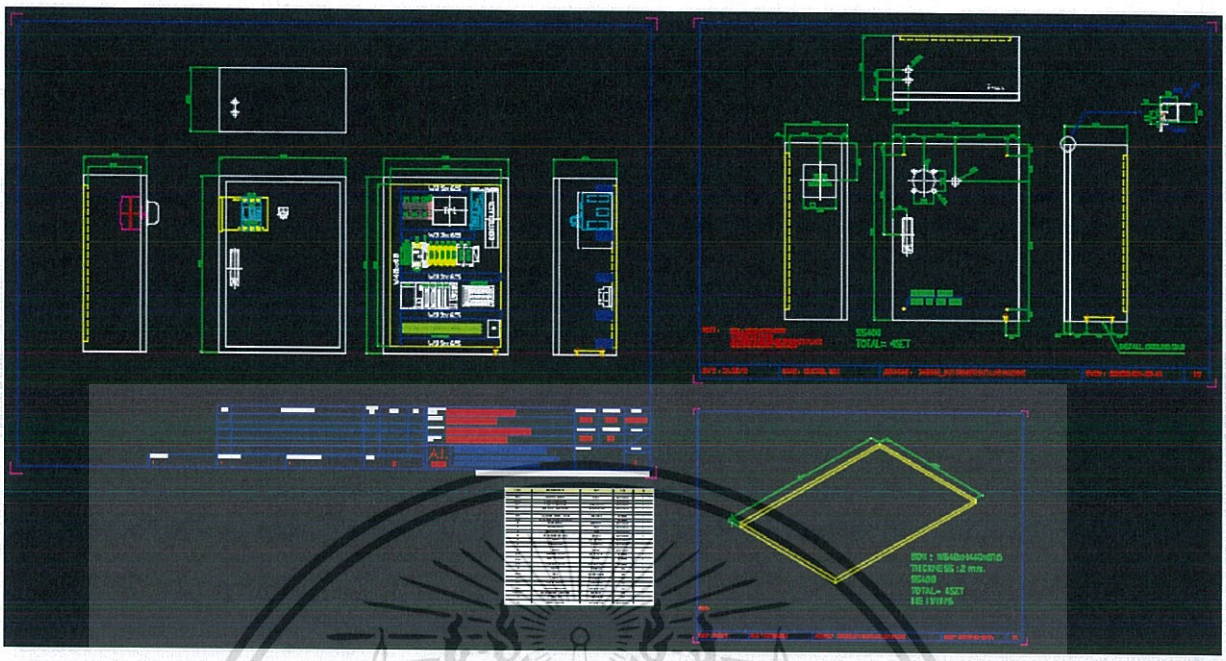


รูปที่ 3.6 Input Module Diagram

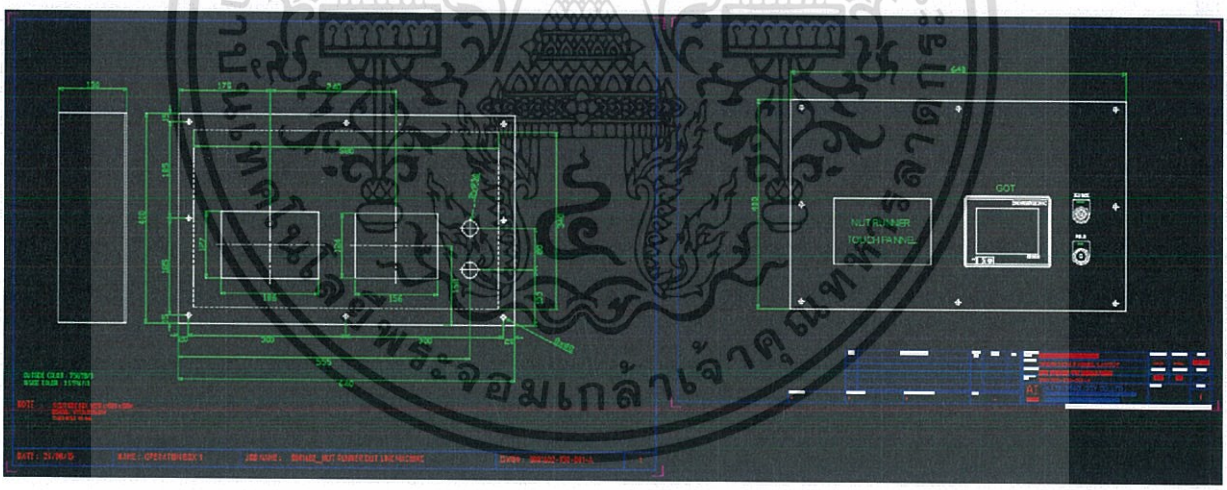


รูปที่ 3.7 Output Module Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



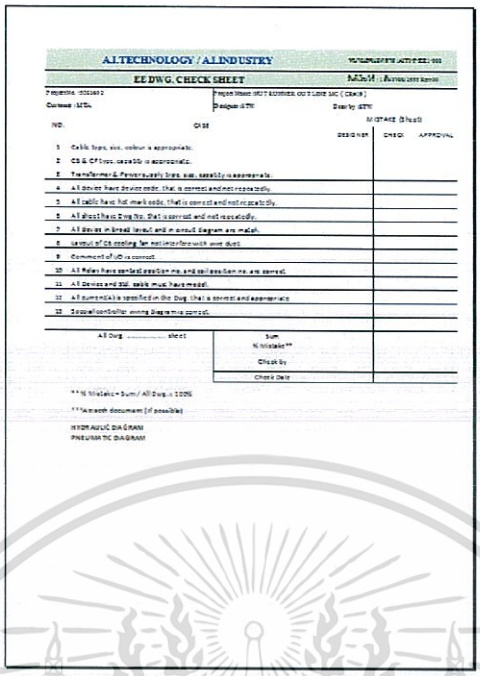
รูปที่ 3.8 Board Layout และ Control Box



รูปที่ 3.9 Operation Box

เมื่อทำการออกแบบเสร็จสิ้นก็จะทำการตรวจสอบแบบไฟฟ้าด้วย DWG Check Sheet เพื่อตรวจสอบว่าแบบไฟฟ้าที่ออกแบบมานั้นตรงตามมาตรฐานการเขียนแบบหรือไม่ เมื่อผ่านการตรวจแบบอย่างถูกต้องเรียบร้อย จะเข้าสู่ช่วงของการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำมาติดตั้งเข้าภายในตู้ไฟฟ้าและตู้ปฏิบัติการ และเข้าสู่กระบวนการจัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้าและตู้ปฏิบัติการโดยวิธีการ Wiring ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ALTECHNOLOGY / ALINDUSTRY

EE DWG. CHECK SHEET

NO.	CHK	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 Part Device code, that is correct and not repeatedly.			
5	All cable No. Mark code, that is correct and not repeatedly.			
6	All sheet No in Dwg No. that is correct and not repeatedly.			
7	All device in Bread 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 symbol, coil No. and coil spec No. are correct.			
11	All Devices and Std. cable must have model.			
12	All numerical is specified in the Dwg. that is correct and appropriate.			
13	Sequence control in wiring Diagram is correct.			

All Dwg. ..... sheet | Sum | % Mistake** | Check by | Check Date

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

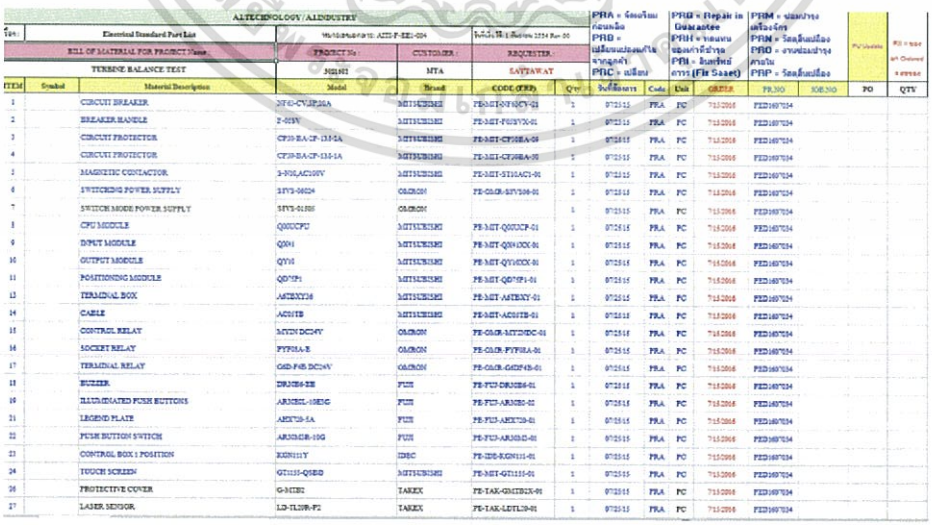
*** Attach document (if possible)

HYDRAULIC DIAGRAM
PNEUMATIC DIAGRAM

รูปที่ 3.10 ภาพตัวอย่าง DWG Check Sheet

3.2 จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ (Purchased Order)

จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในส่วนของขั้นตอนนี้ ทางพี่เลี้ยงจะเป็นฝ่ายจัดสั่งซื้ออุปกรณ์ด้วยตัวเอง อันเนื่องจากมีอุปกรณ์ชนิดพิเศษ



ALTECHNOLOGY / ALINDUSTRY

Type: Electrical Standard Part List | Worksheet No: ACD-F-EEL-004 | Ref.ISO 9001:2008 Rev 00

BILL OF MATERIAL FOR PROJECT Name : | PROJECT No : | CUSTOMER : | REQUESTER :

TURBINE BALANCE TEST | 2021021 | MTA | SAYTAWAT

PRA = จัดซื้อใหม่ ก่อนผลิต | PRB = เปลี่ยนแปลงแก้ไขจากของเก่า | PRC = เปลี่ยน | PRR = Repair in Guarantee | PRH = ซ่อมจากผู้ขาย | PRI = ซื้อใหม่ ภาย (Fix Asset) | PRM = ซ่อมภายในโรงงาน | PRN = วัสดุสิ้นเปลือง | PRO = ภายนอกสั่งงานภายใน | PRP = วัสดุสิ้นเปลือง

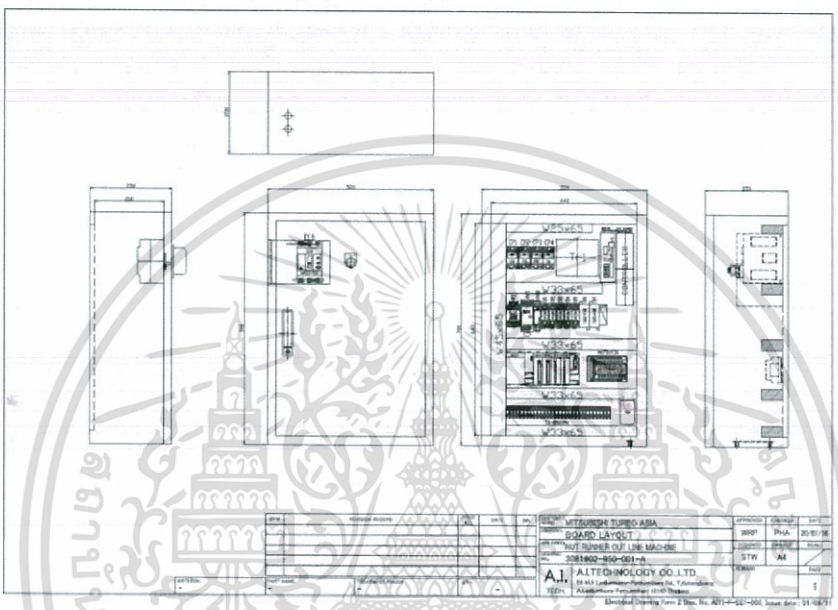
ITEM	Symbol	Material Description	Model	Brand	CODE (CRE)	Q'ty	วันที่ต้องการ	Code	Unit	ORDER	PR.NO	SOE.NO	PO	QTY
1		CIRCUIT BREAKER	NF63-CV3P20A	MITSUBISHI	PE-MIT-NF63CV-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
2		BREAKER HANDLE	Z-03V	MITSUBISHI	PE-MIT-VG03VX-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
3		CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA/2P-13/1-1A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP30BA-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
4		CIRCUIT PROTECTOR	CP30-BA/2P-13/1-1A	MITSUBISHI	PE-MIT-CP30BA-02	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
5		MAGNETIC CONTACTOR	S-N06,AC100V	MITSUBISHI	PE-MIT-S10AC1-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
6		SWITCHING POWER SUPPLY	S8VS-06024	OMRON	PE-OMR-S8VS06-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
7		SWITCH MODE POWER SUPPLY	S8VS-01505	OMRON		1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
8		CPU MODULE	Q00UCPU	MITSUBISHI	PE-MIT-Q00UCP-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
9		INPUT MODULE	QX41	MITSUBISHI	PE-MIT-QX41DX-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
10		OUTPUT MODULE	QY41	MITSUBISHI	PE-MIT-QY41DX-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
11		POSITIONING MODULE	QD75P1	MITSUBISHI	PE-MIT-QD75P1-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
12		TERMINAL BOX	A6TBXY36	MITSUBISHI	PE-MIT-A6TBXY-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
13		CABLE	A6CBTB	MITSUBISHI	PE-MIT-A6CBTB-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
14		CONTROL RELAY	MY4N DC24V	OMRON	PE-OMR-MY2MDC-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
15		SOCKET RELAY	PYF08A-E	OMRON	PE-OMR-PYF08A-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
16		TERMINAL RELAY	G6D-F4B DC24V	OMRON	PE-OMR-G6DF4B-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
17		BUZZER	DB20B6-BB	FUJI	PE-FUJ-DB20B6-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
18		ILLUMINATED PUSH BUTTONS	AR30EL-10ENG	FUJI	PE-FUJ-AR30E0-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
19		LEGEND PLATE	AEXT20-5A	FUJI	PE-FUJ-AEXT20-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
20		PUSH BUTTON SWITCH	AR30EGR-10G	FUJI	PE-FUJ-AR30E0-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
21		CONTROL BOX 1 POSITION	KGN111Y	IDEC	PE-IDE-KGN111-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
22		TOUCH SCREEN	GT1155-QSBD	MITSUBISHI	PE-MIT-GT1155-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
23		PROTECTIVE COVER	G-MIBU	TAKEX	PE-TAK-GMIBUN-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			
24		LASER SENSOR	LD-TL30N-P2	TAKEX	PE-TAK-LDTL30-01	1	07/2015	PRA	PC	7/5/2016	PED1607024			

รูปที่ 3.11 ภาพตัวอย่างการทำ BOM (Bill of Material for Project)

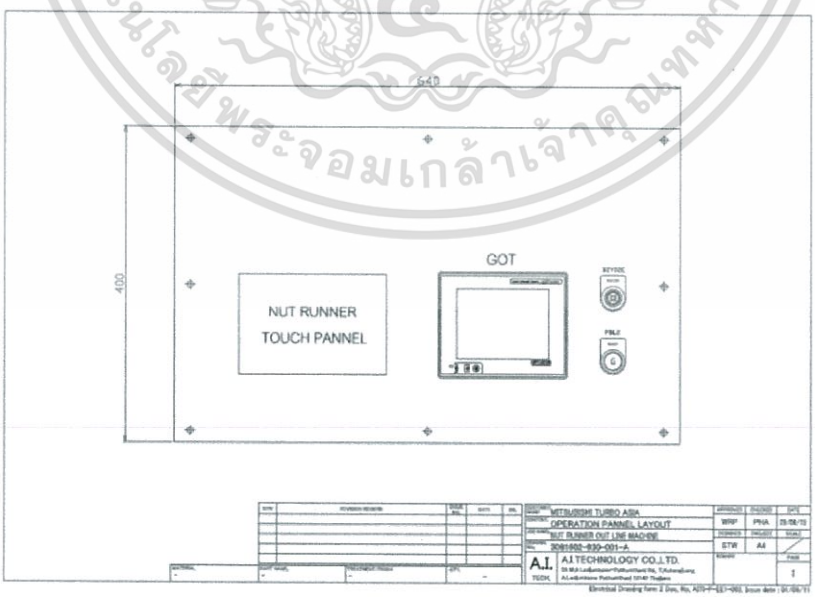
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 จัดทำตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box) และตู้ปฏิบัติการ (Operation Box) ผ่านการ Wiring โดยอ้างอิงจากแบบทางไฟฟ้า

โดยจัดทำการตู้ควบคุมไฟฟ้า (Control Box) ตู้ปฏิบัติการ (Opeartion Box) จากแบบ Circuit Diagram โดยจัดวางอุปกรณ์ตาม Board Layout ที่พี่ได้ทำการเขียนไว้



รูปที่ 3.12 การจัดวางอุปกรณ์ Board Layout ภายในตู้ควบคุม (Control Box)



รูปที่ 3.13 การจัดวางอุปกรณ์แสดงผลและชุดปฏิบัติการ ที่หน้าตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 จัดทำตู้ควบคุม (Control Box)

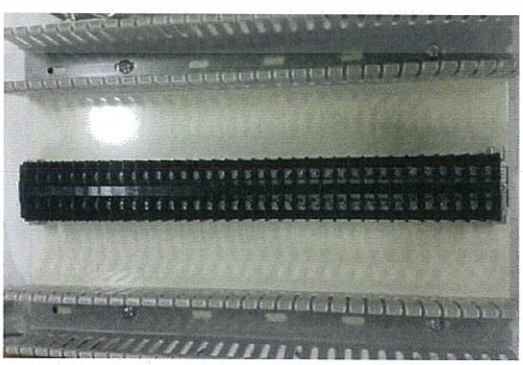
โดยขั้นตอนการจัดทำตู้ควบคุมนั้น จะมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. ทำการถอดชิ้นส่วนประกอบตู้ บานพับ กลอน บอร์ดวางอุปกรณ์ และอื่นๆ เพื่อส่งทำสีที่ยังห้องสี

2. เมื่อได้รับตู้หลังจากการสี นำบอร์ดวางอุปกรณ์มาทำการติดตั้งอุปกรณ์ลงในบอร์ด โดยทำตามแบบหน้า Board Layout

รูปที่ 3.14 ทำการเจาะบอร์ดเพื่อยึดรางครอบสายไฟ (Wire Duct) รางรีเลย์ (Dinrail Relay) และอุปกรณ์อื่นๆตามแบบ Board Layout

รูปที่ 3.15 บอร์ดที่เจาะเสร็จแล้ว พร้อมวางอุปกรณ์



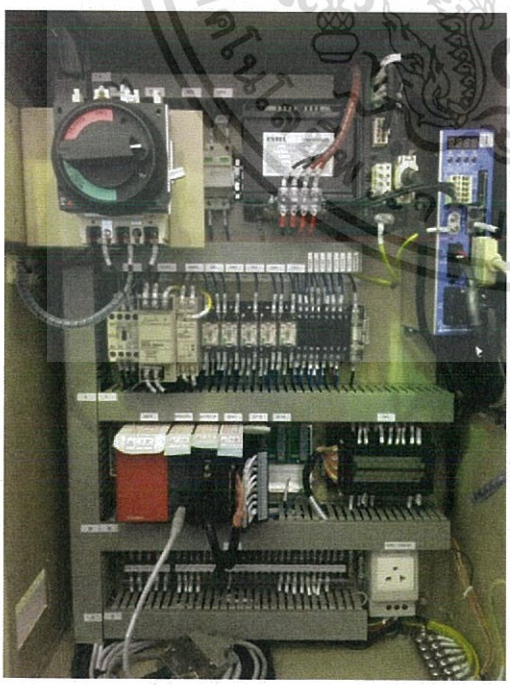
รูปที่ 3.16 ติดตั้งรางครอบสายไฟ รางรีเลย์ เทอร์นิมอลสายไฟ และอุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เริ่มทำการ Wiring สายไฟตามแบบ Circuit Diagram

รูปที่ 3.17 ทำการ Wiring อุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด

4. เมื่อทำการ Wiring บอร์ดเป็นที่เรียบร้อย นำบอร์ดที่ทำการ Wiring เสร็จและเข้าติดตั้งภายในตู้ควบคุมและจัดระเบียบภายในตู้ให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.18 ทำการยึดบอร์ดเข้าตู้ควบคุม

รูปที่ 3.19 หน้าตู้ควบคุม

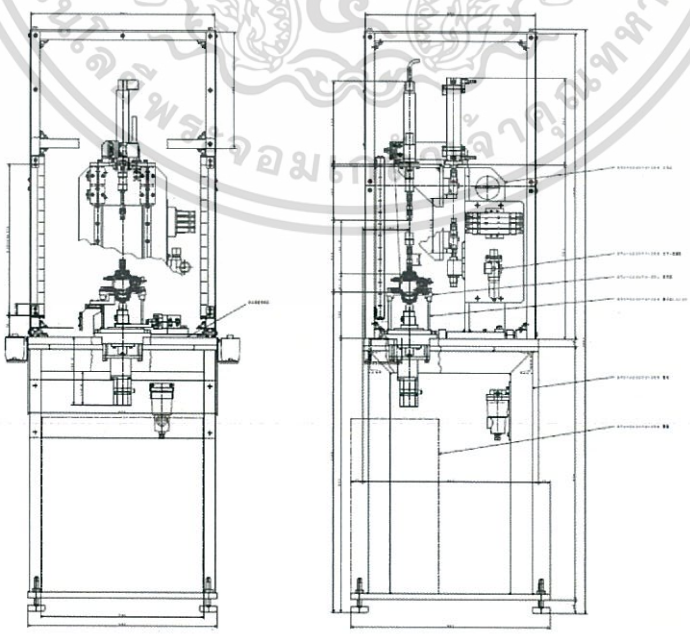
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การจัดทำตู้ปฏิบัติการ (Operation Box)

โดยในการจัดทำตู้ปฏิบัติการนั้น จะมีหลักการทำคล้ายๆกับตู้ปฏิบัติการ ซึ่งจะต้องดูการจัดวางอุปกรณ์ลงบอร์ดตาม Layout ที่ได้จัดทำไว้และทำการ Wiring เชื่อมต่อเข้ากับตู้ควบคุม หลังจากจัดทำตู้ปฏิบัติการเสร็จสิ้น โดยในการจัดทำตู้ปฏิบัติการของ Turbine Balance Machine จะถูกติดตั้งที่หน้าเครื่องจักรเลย ไม่จำเป็นต้องต้องทำออกมาเป็นตู้คล้ายๆกับตู้ไฟฟ้า

3.4 ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring) และวางตัวตรวจวัด (Sensor Layout)

เมื่อได้ตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการเป็นที่เสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือทำการติดตู้ทั้งสองเข้ากับเครื่องจักรตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ Machine Wiring คือการติดตั้งอุปกรณ์พวกตัวตรวจจับและตรวจวัดค่า (Sensor) ชนิดต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ตามแบบ Circuit Diagram โดยตำแหน่งของ Sensors บนเครื่องจักรนั้นจะดูจากการจัดวางเซนเซอร์ (Sensor Layout) โดยแบบของ Machine และ Sensor Layout จะใช้ตัวเดิมจากทางบริษัทลูกค้าที่ได้เคยจัดทำเครื่องจักรนี้ไปแล้ว



รูปที่ 3.20 ตัวเครื่องจักรที่ทางฝ่ายออกแบบเครื่องจักรกลได้จัดหาจากบริษัทลูกค้า

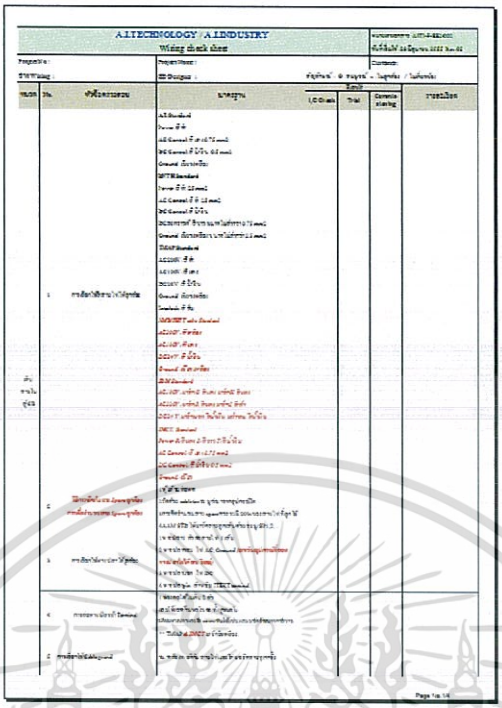
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 สภาพเครื่องที่กำลังทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องจักร (Machine Wiring)

Sensor Layout หรือการจัดวางตำแหน่งตัวตรวจจับ คือ เอกสารที่บอกตำแหน่งของตัวตรวจจับทุกตัวที่ใช้ภายในเครื่องจักร โดยจะเป็นแผนภาพ 3D ที่เขียนแบบโดยโปรแกรม Solid Work แล้วมีการชี้บอกตำแหน่งเพื่อให้ผู้ที่ทำการติดอุปกรณ์เข้าใจโดยง่าย โดยในแบบการติดตั้งตำแหน่งเซนเซอร์นั้น จะใช้แบบ Sensor Layout ตัวเดิมจากทางบริษัทลูกค้า

เมื่อทำทุกขั้นตอนในส่วนของ Wiring เสร็จก็ถึงเวลาการตรวจสอบแบบ Design คือ Wiring Check Sheet เพื่อผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมต่อไปจำเป็นต้องปฏิบัติการ Wiring ตามขั้นตอนในใบ Check Sheet ที่จัดมาให้และทำการตรวจสอบว่าได้ Wiring ถูกตามแบบมาตรฐานการ Wiring หรือไม่

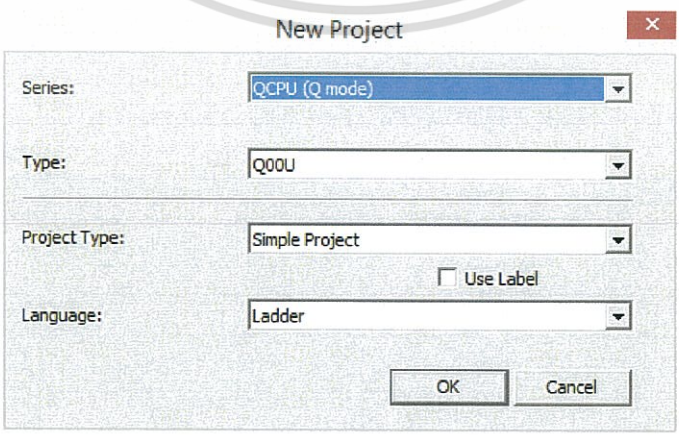
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ภาพตัวอย่าง Wiring Check Sheet

3.5 ทำการเขียนโปรแกรม (Programming) PLC ควบคุมการทำงานเครื่องจักร

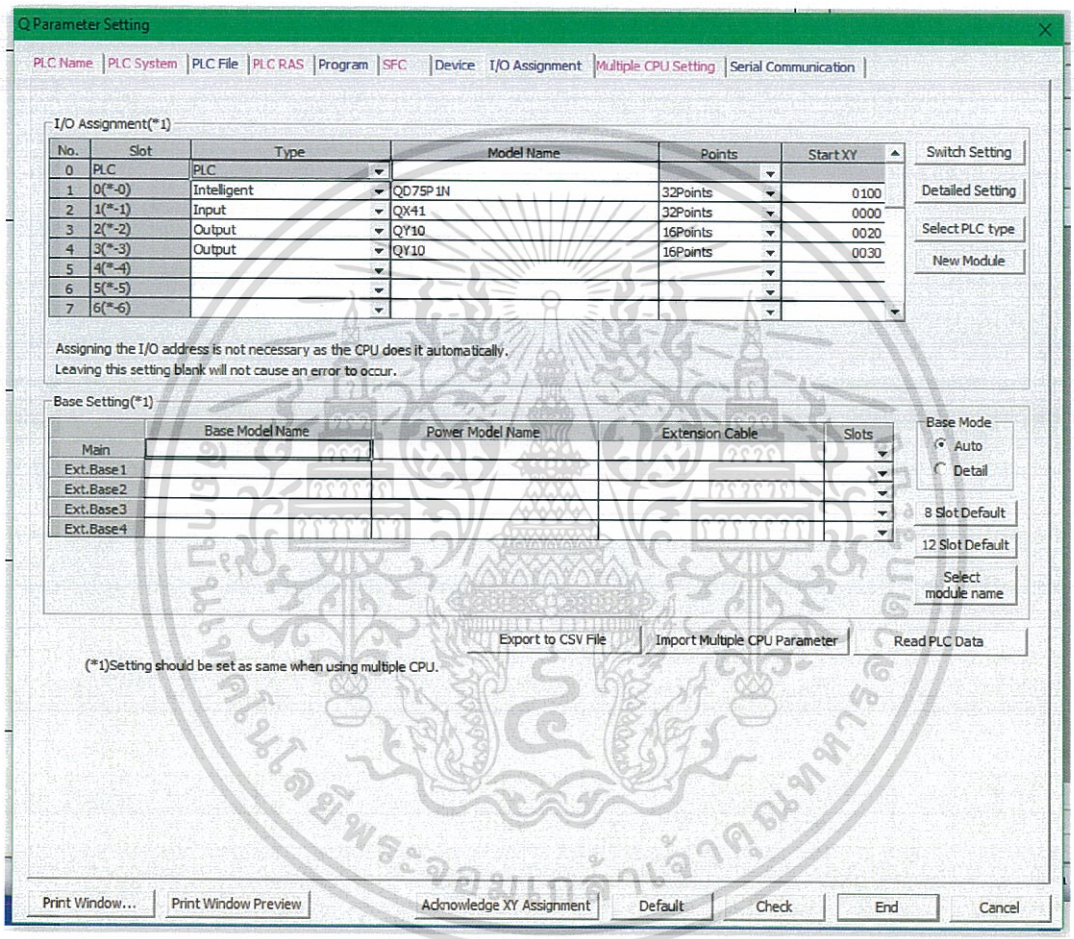
PLC หรือตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ที่ใช้สำหรับเครื่อง Turbine Balance Machine นี้ เป็น PLC CPU รุ่น Q00U ของ MITSUBISHI โดยจะใช้โปรแกรม GX Works2 ในการเขียนภาษาขั้นบันได (Ladder Diagram) เข้าควบคุมเครื่องจักร



รูปที่ 3.23 สร้างไฟล์งานใหม่ใน CPU รุ่น Q00U ในโปรแกรม GX Works2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

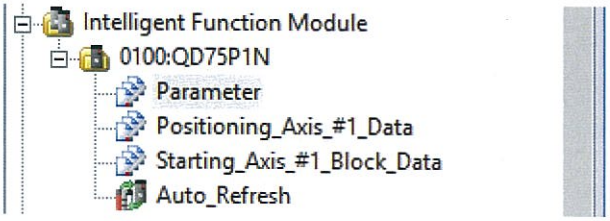
ในโปรแกรม GX Works2 ต้องมีการกำหนดรุ่นของ CPU รวมถึงการ์ดต่างๆ ในที่นี้จะมีการใช้การ์ดทั้งหมด 4 การ์ด คือ Intelligent Input และ 2 Output โดยจะมีการกำหนดจำนวนพอยล์ของการ์ดนั้นๆและพอยล์ที่เริ่มใช้ จะทำการตั้งค่าทั้งหมดที่ Q Parameter Setting ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.24 การตั้งค่า Parameter เพื่อให้สามารถเชื่อมการทำงานเข้ากับ PLC Module ได้

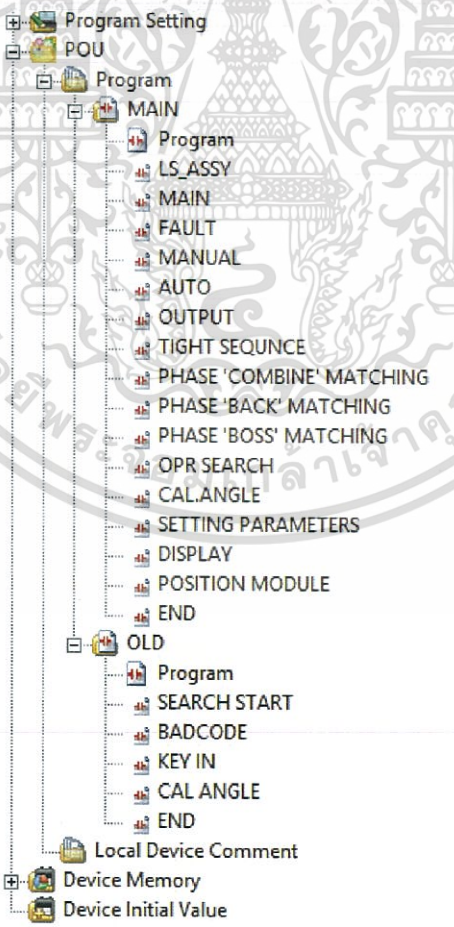
โดยการตั้งค่าการ์ดต่างๆขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่จะใช้งาน Intelligent Module จะใช้กับการเชื่อมต่อแบบหลายพอยล์โดยใช้สาย Connector ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เข้ากับช่องการ์ด และ Input / Output Module จะใช้กับอุปกรณ์จำพวก ปุ่ม เซนเซอร์ หน้าสัมผัสของรีเลย์เข้า Input Module เพื่อใช้สั่งการทำงาน และ Output Module จะใช้กับคอยล์ อุปกรณ์แสดงผลต่างๆ ทั้งหมดนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การตั้งค่า Parameter ของ Intelligent Module

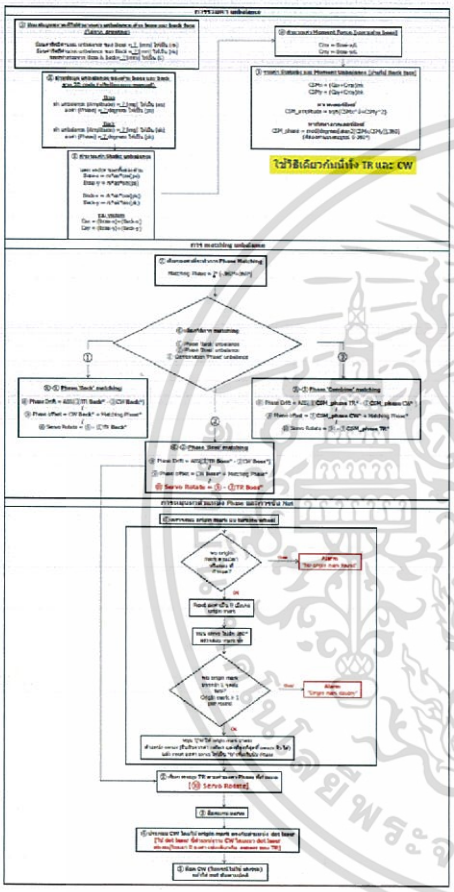
ต่อมาจะเป็นส่วนหลักในการควบคุมเครื่องจักร คือการเขียนโปรแกรมควบคุมหรือโปรแกรมขั้นบันได (Ladder Diagram) ซึ่งจะมีเป็นการแบ่งภาคส่วนมากมายในการควบคุม โดยทางบริษัทลูกค้าได้ให้ทำในส่วนของโปรแกรมตามมาตรฐาน DENSO ที่ทางบริษัท เอ.ไอ.เทคโนโลยี จำกัด ได้เขียนเป็นมาตรฐานอยู่แล้ว และอีกโปรแกรมหนึ่งให้เป็นส่วนของโปรแกรมเก่าตามมาตรฐานญี่ปุ่น ตามเครื่องจักรเก่าที่ตั้งไว้ยังบริษัทลูกค้า



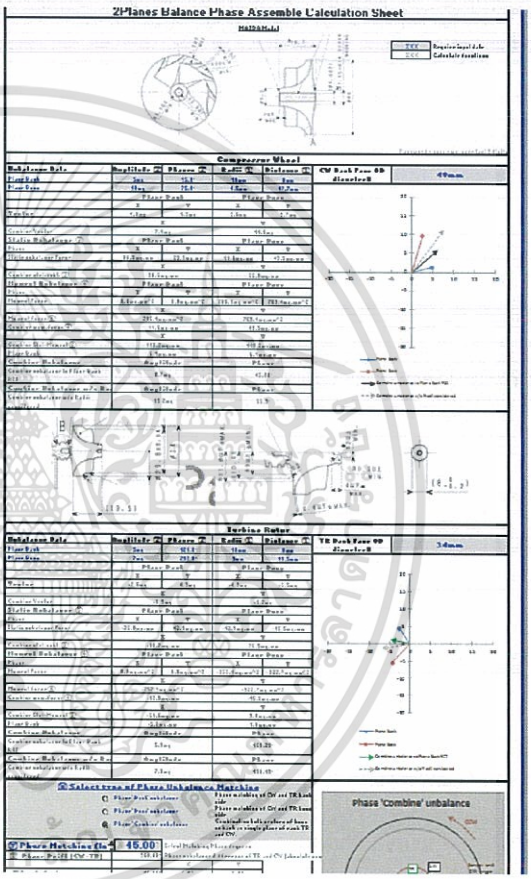
รูปที่ 3.26 โปรแกรม 2 ส่วนทั้งใหม่และเก่าตามที่ลูกค้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการอธิบายการเขียนโปรแกรมนั้น จะอธิบายในส่วนของโปรแกรมตามมาตรฐาน DENSO ที่ทางบริษัท เอ.ไอ.เทคโนโลยี จำกัด ได้เขียนประจำซึ่งจะมี 8 ส่วนใหญ่ๆคือภาค LS_ASSY, MAIN, FAULT, MANUAL, AUTO, OUTPUT, CALCULATION, MODEL, DISPLAY และPOSITION MODULE ซึ่งสูตรคำนวณจะได้รับจากทางลูกค้า ที่เคยใช้อยู่ประจำกับเครื่องเก่าจากทางบริษัทลูกค้าเอง



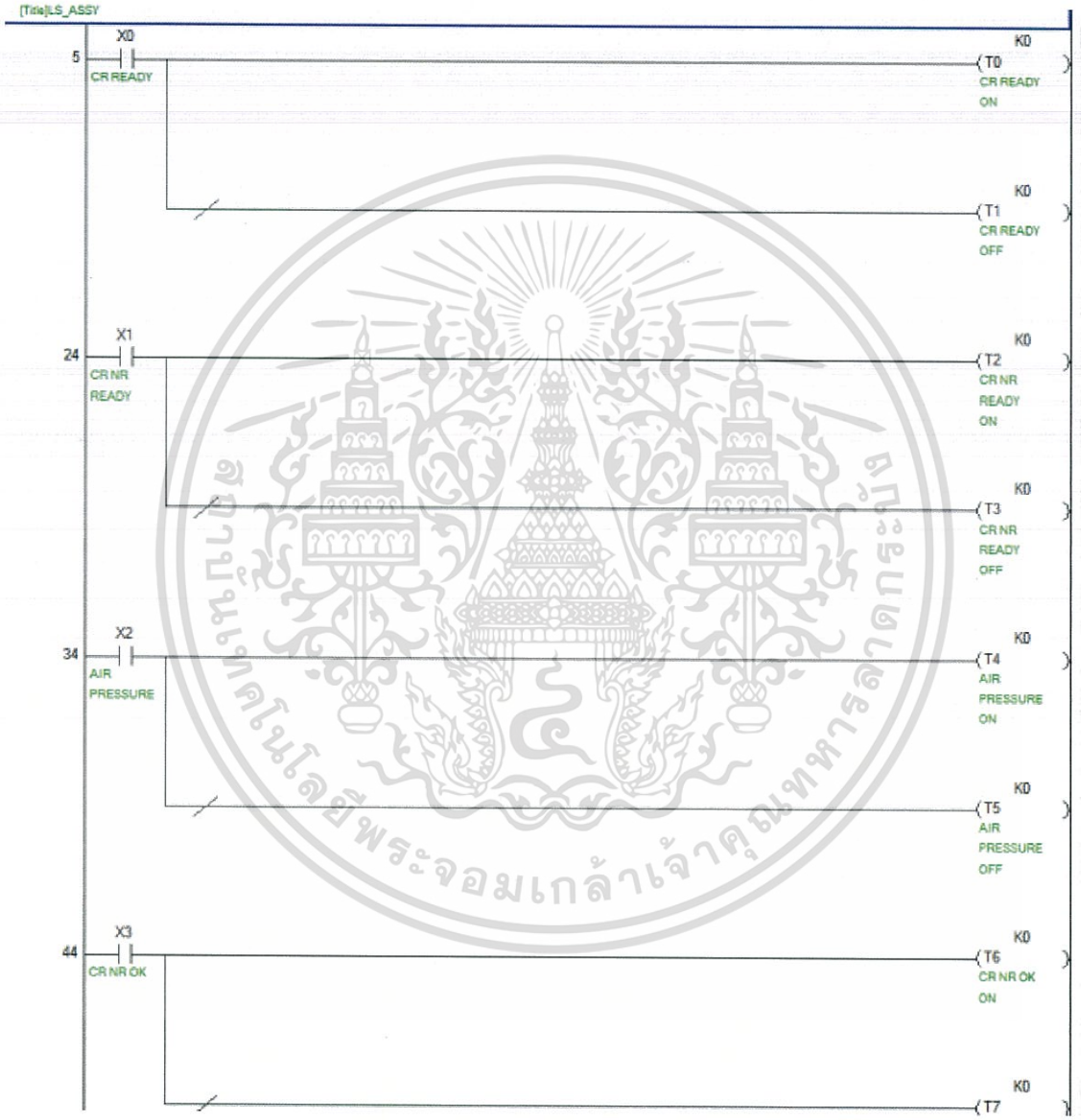
รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 3.28 สูตรคำนวณการขันนัทประกอบกังหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

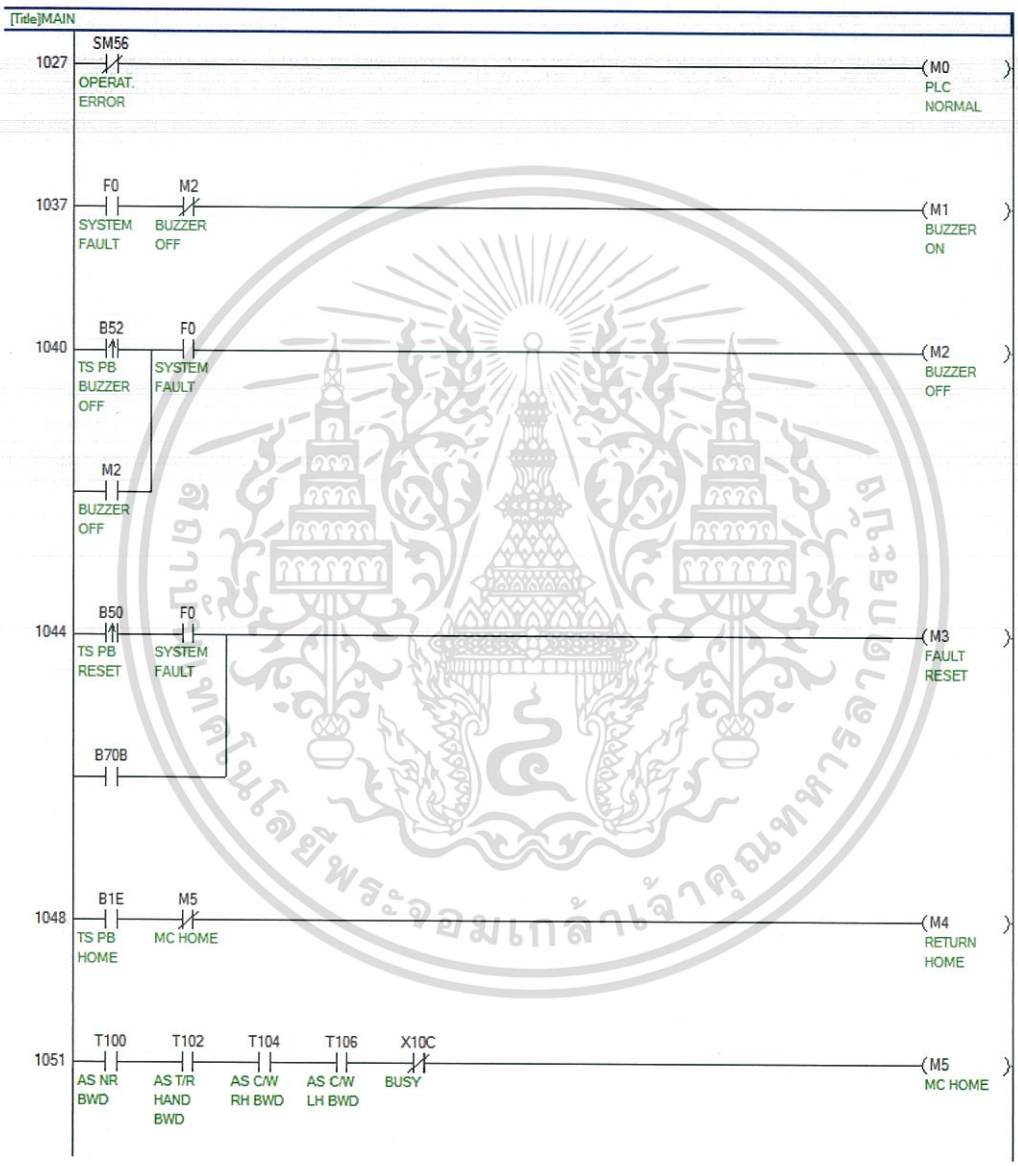
ภาค LS_ASSY หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่าภาคสัญญาณขาเข้า จะเป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในเก็บค่าพอยล์จาก Input Module ซึ่งขับออก Internal Relay หรือ Timer ตรงๆ เพื่อนำทั้ง 2 อย่างที่ได้กล่าวมานั้น ไปใช้ในภาคอื่นๆต่อไป



รูปที่ 3.29 ตัวอย่างภาค LS_ASSY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาค MAIN หรือภาคหลัก จะเป็นตัวหลักที่บ่งบอกถึงสถานะที่สำคัญ อาทิเช่น ความปกติของ PLC การรีเซตความผิดพลาด เครื่องจักรอยู่ในสถานะเริ่มต้น หรือ สถานความผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้นกับเครื่อง เป็นต้น

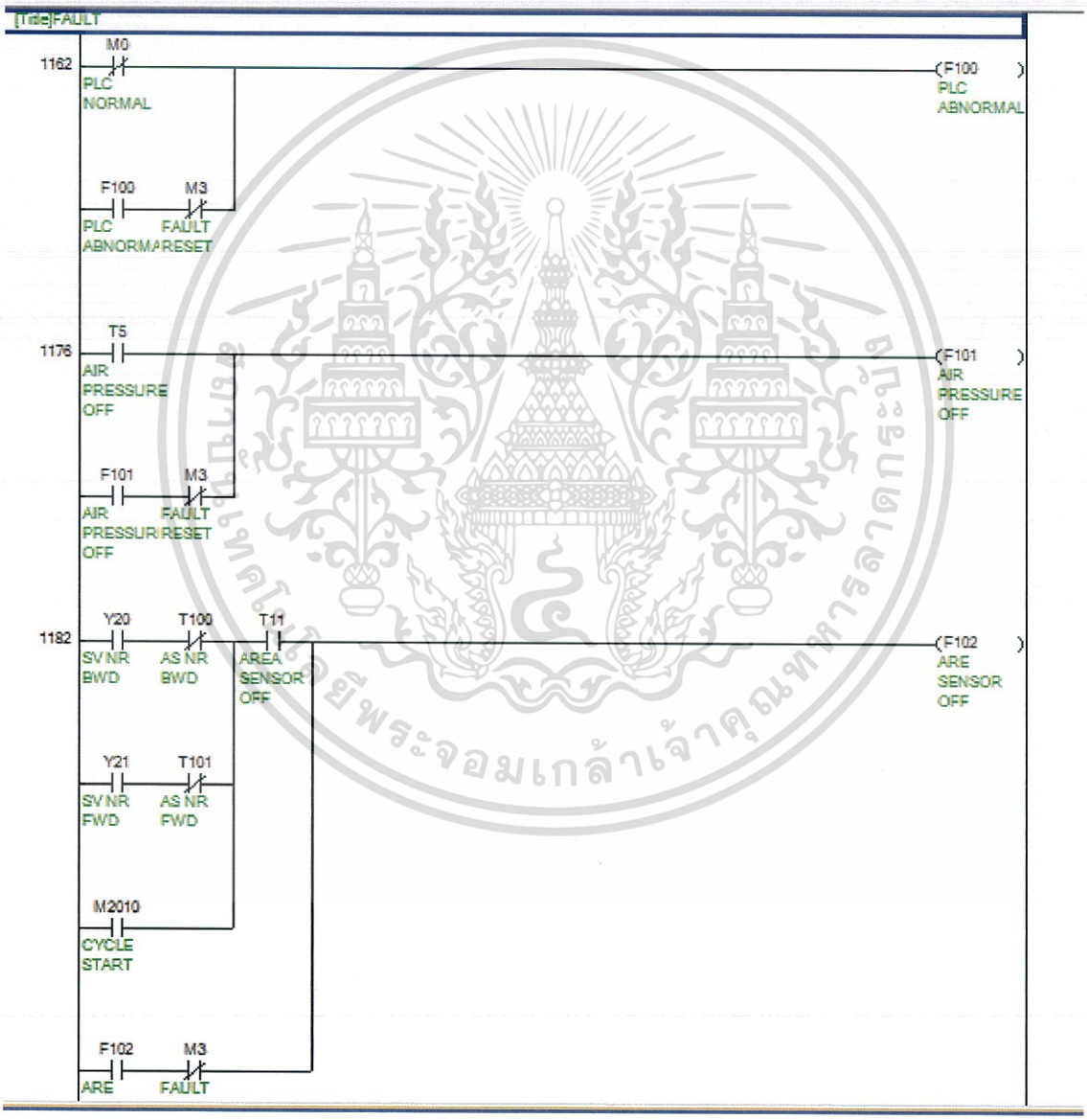


รูปที่ 3.30 ตัวอย่างภาค MAIN

ภาค FAULT จะแสดงสถานะความผิดพลาดทุกอย่างภายในเครื่องจักรนี้ โดยจะแบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆคือ Master Fault หรือ ความผิดพลาดใหญ่ อาทิเช่น PLC เกิดความผิดปกติ Pressure Switch ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

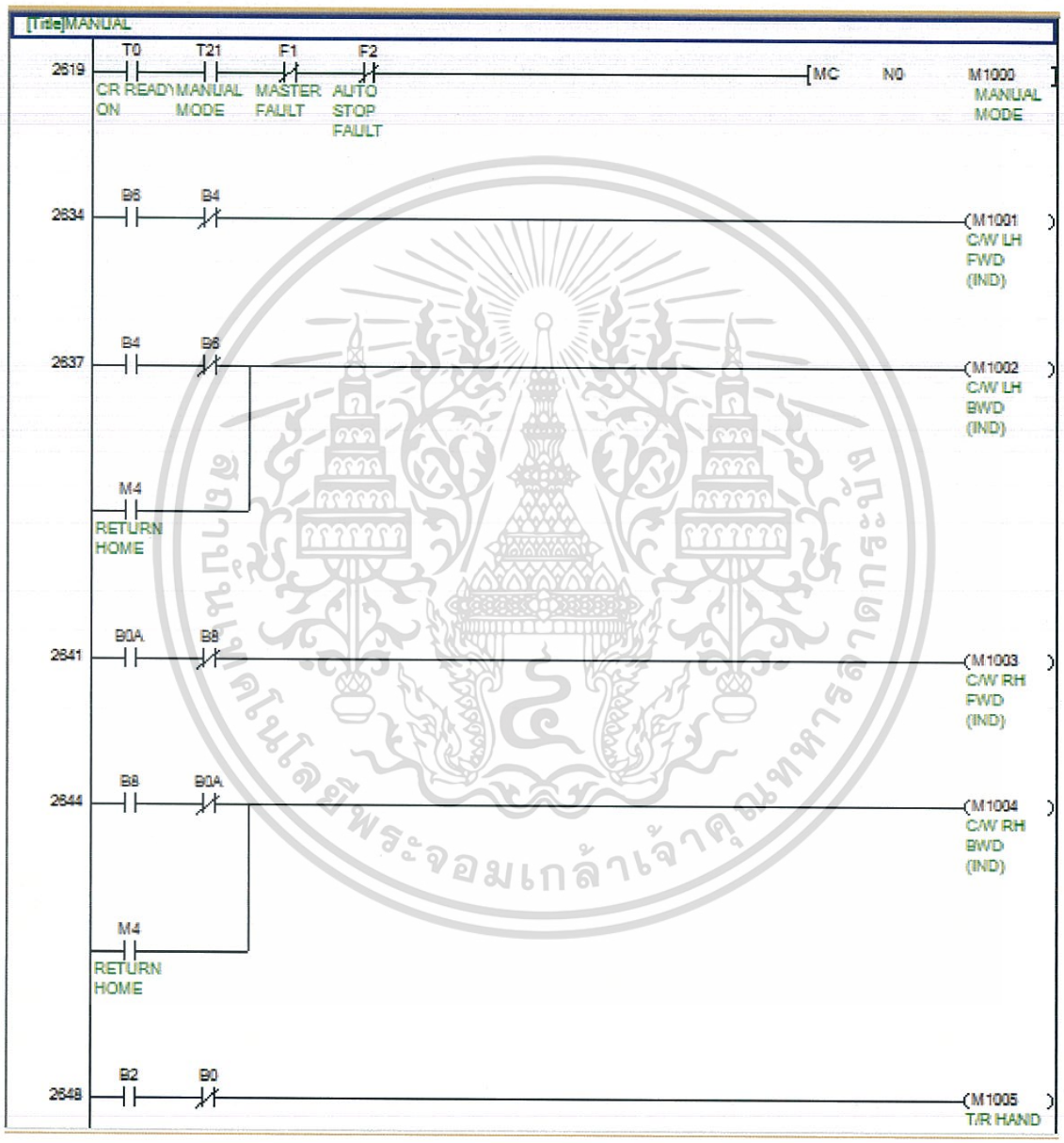
ทำงานอันเนื่องจากไม่มีแหล่งจ่ายลมเข้าเครื่อง Auto Stop Fault หรือความผิดพลาดหยุดการทำงานอัตโนมัติทันที อาทิเช่น เครื่องจักรไม่อยู่ในสถานะเริ่มต้นแต่สามารถเริ่มการทำงานได้ เซนเซอร์เสียหาย Cycle Stop Fault หรือความผิดพลาดหยุดการทำงานเมื่อจบรอบ อาทิเช่น ปุ่มที่ใช้งานเริ่มกดนานเกินไป อาจจะเกิดจากหน้าสัมผัสในปุ่มพัง สุดท้ายคือ Other Fault หรือความผิดพลาดอื่นๆ อาจจะเป็นได้ทั้ง การแจ้งเตือนต่างๆก็ได้



รูปที่ 3.31 ตัวอย่างภาค FAULT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

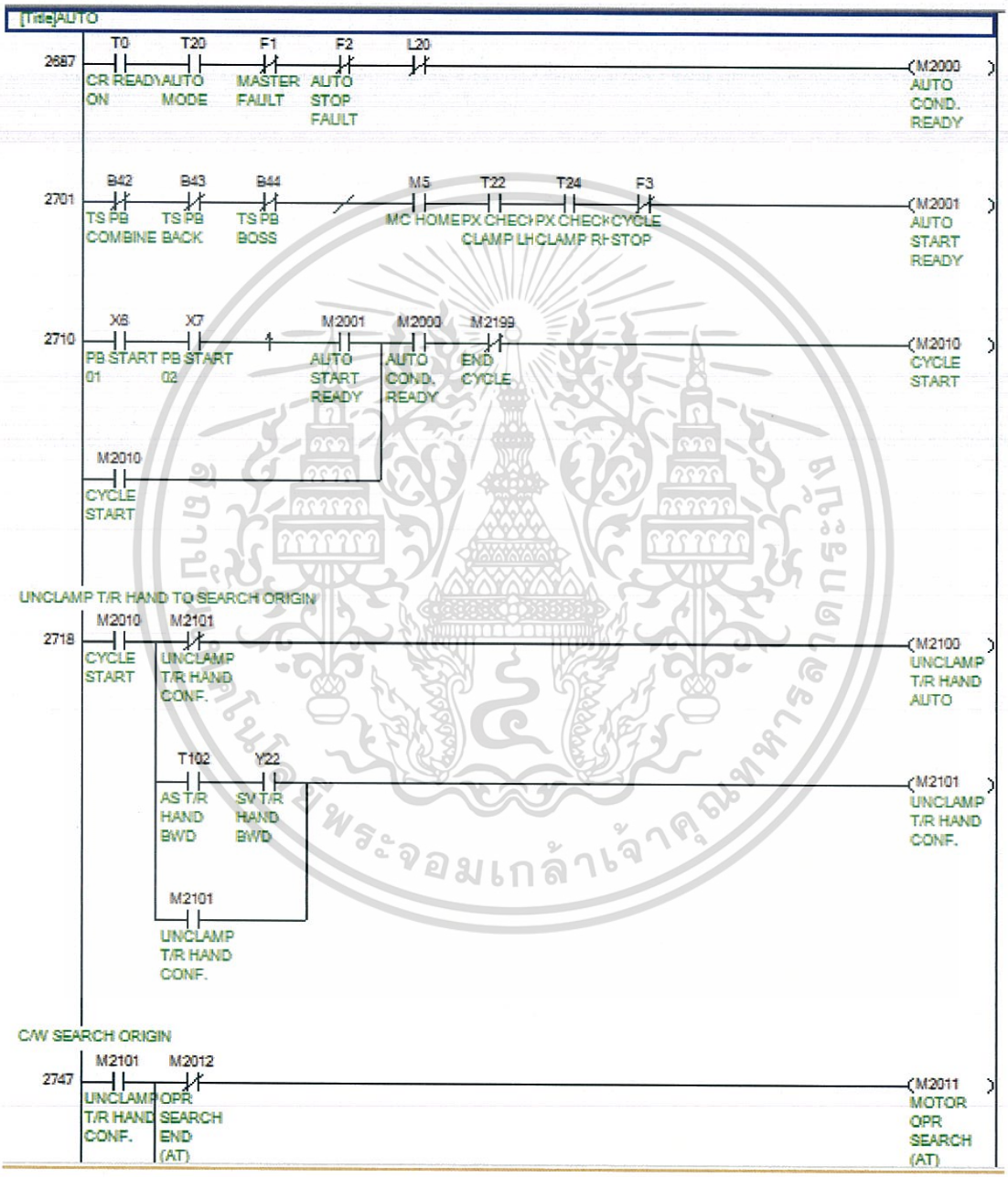
ภาค MANUAL หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่าภาคการควบคุมด้วยมือ ซึ่งจะเป็นการทำงานแบบทำงานส่วนใดส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ผ่านการสั่งการบนกล่องปฏิบัติการของเครื่องจักร ส่วนใหญ่จะใช้ในการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องจักร



รูปที่ 3.32 ตัวอย่างภาค MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

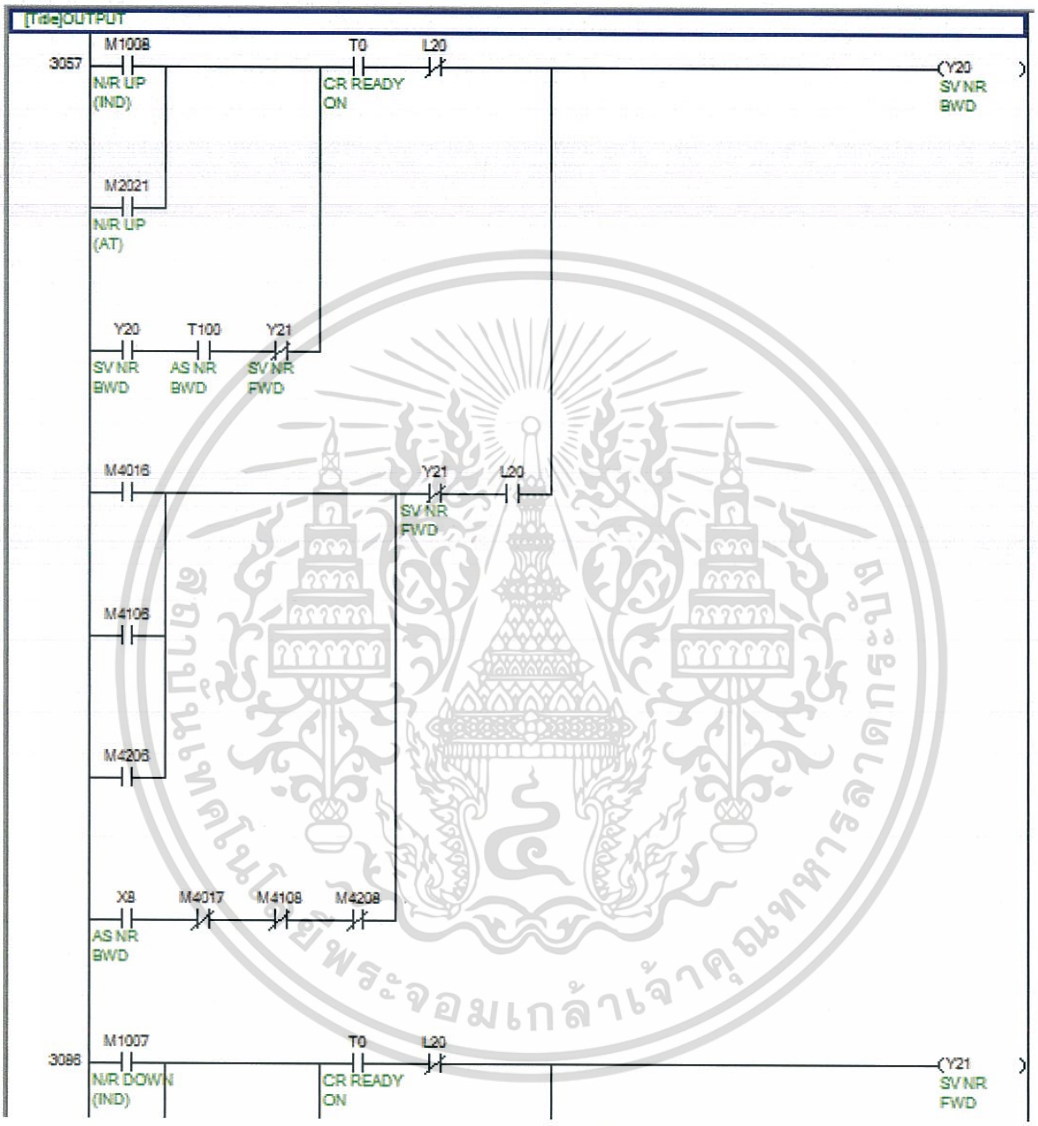
ภาค AUTO หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่าภาคการทำงานอัตโนมัติซึ่งเป็นหัวใจหลักในการผลิตชิ้นงาน หรือสั่งทำชิ้นงานใดๆบนเครื่องจักรนี้ด้วยความรวดเร็ว โดยจะนำขั้นตอนการทำงานที่ลูกค้าต้องการนั้นนำมาเขียนโปรแกรมลงบนส่วนของภาคนี้ เพื่อเวลาแก้ไขขั้นตอนการทำงานเครื่องจักรนั้นจะได้เข้ามาแก้ไขได้ที่นี่ โดยในภาคนี้จะมีภาคส่วนย่อยอีก คือ TIGHT SEQEUNCE และ OPR SEARCH



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างภาค AUTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาค OUTPUT หรือเรียกเป็นภาษาไทยว่าภาคสัญญาณขาออก ซึ่งจะนำพอยล์ของ Output Module ไปใช้งานเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการส่งค่าไปใช้งานหรือแสดงผล อาทิเช่น คอยล์ของรีเลย์ โซลินอยด์ วาล์ว หรือ คอนโทรลเลอร์ต่างๆ เป็นต้น

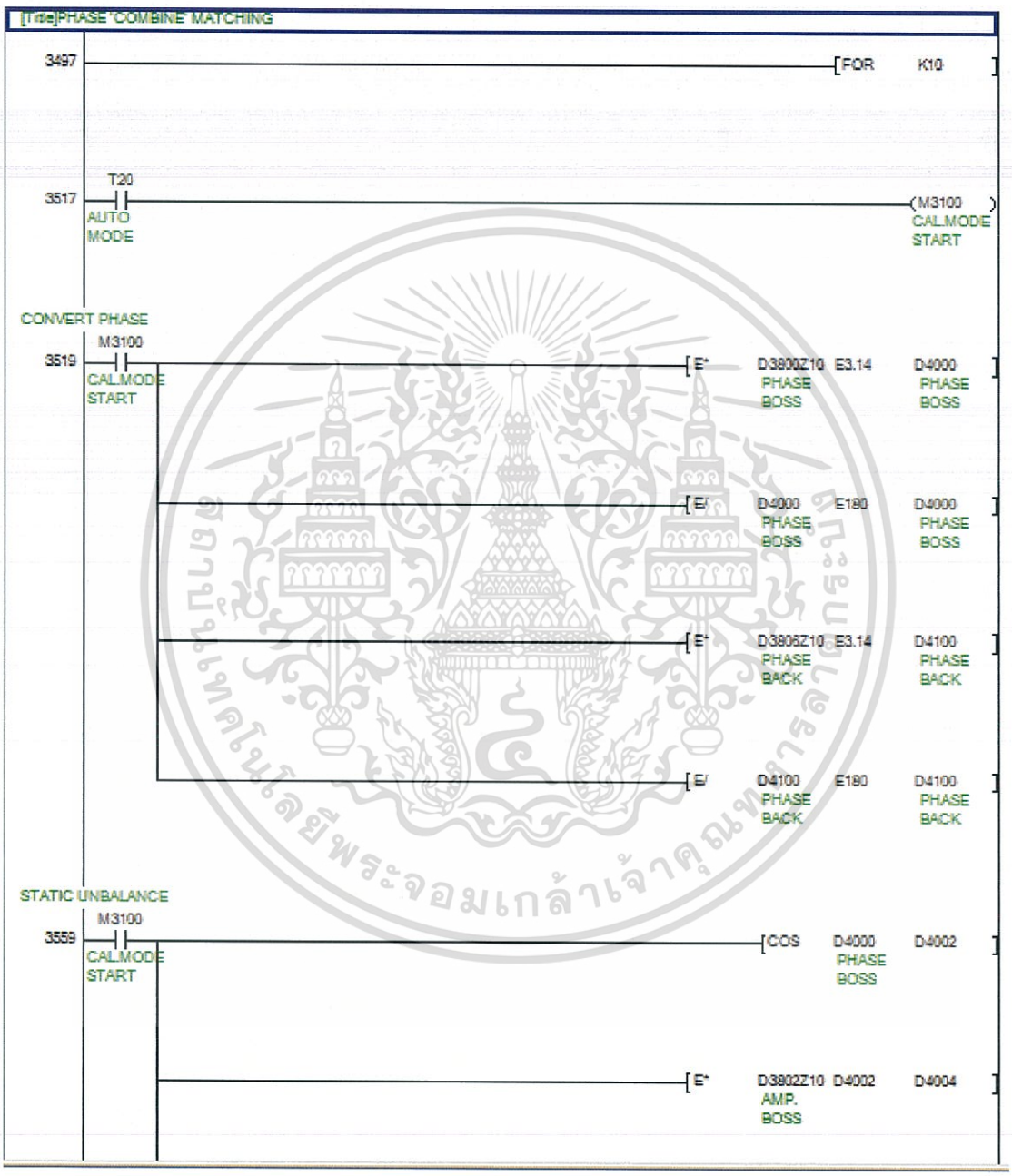


รูปที่ 3.34 ตัวอย่างภาค OUTPUT

ภาค CALCULATION หรือภาคการคำนวณสูตรต่างๆ เป็นคำนวณค่าการขันนัทเพื่อประกอบชุดเทอร์โบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการศึกษาจากคู่มือในการเลือกใช้คำสั่งต่างๆ เพื่อคำนวณหาค่าตามตารางสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

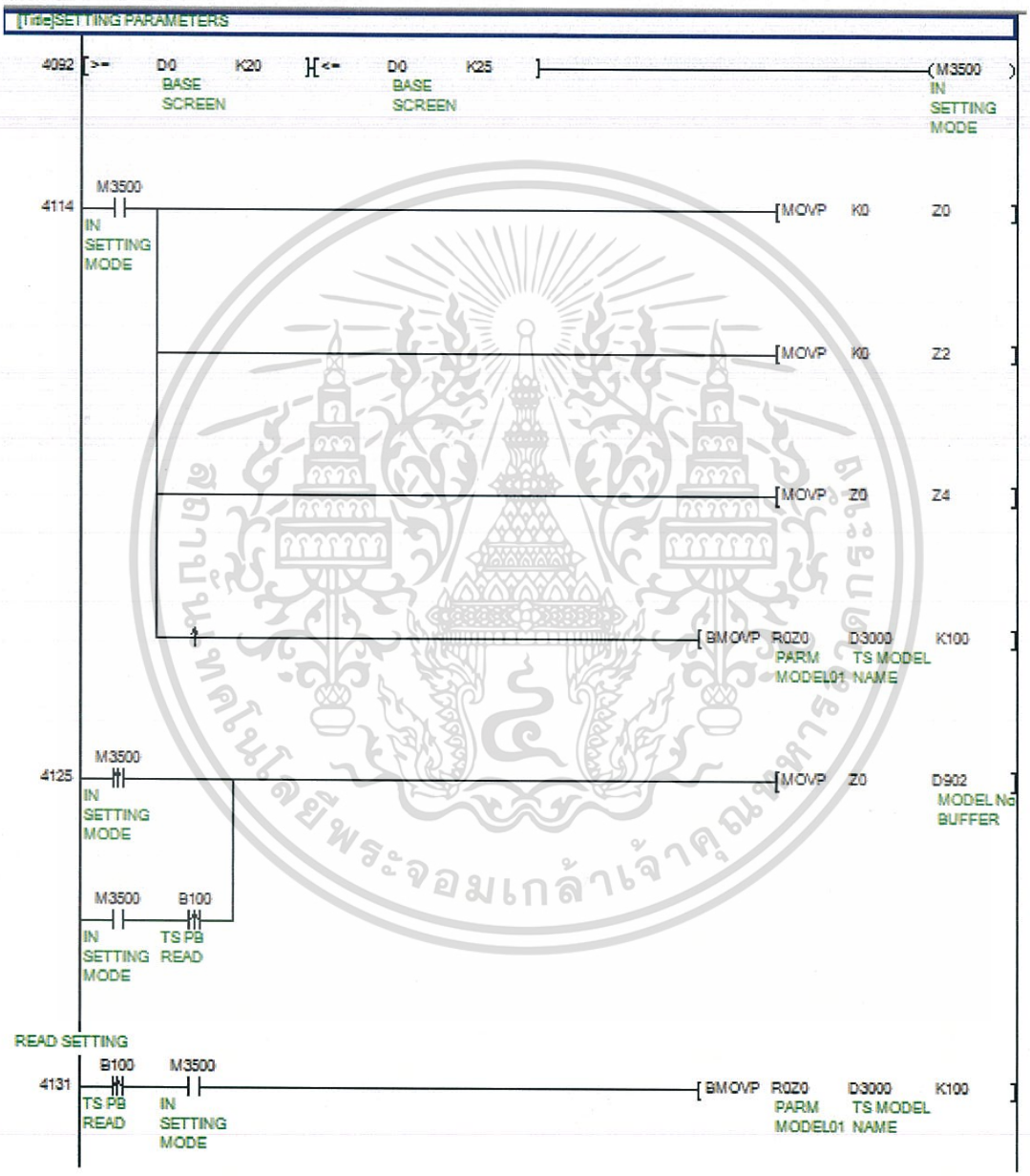
คำนวณที่บริษัทลูกค้าได้ส่งมาให้ ซึ่งจะแบ่งอยู่ภาคต่างๆ คือ ภาค PHASE'COMBINE'MATCHING , PHASE'BOSS'MATCHING , PHASE'BACK'MATCHING และ CAL.ANGLE



รูปที่ 3.35 ตัวอย่างภาคสูตรการคำนวณใน PHASE'COMBINE'MATCHING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

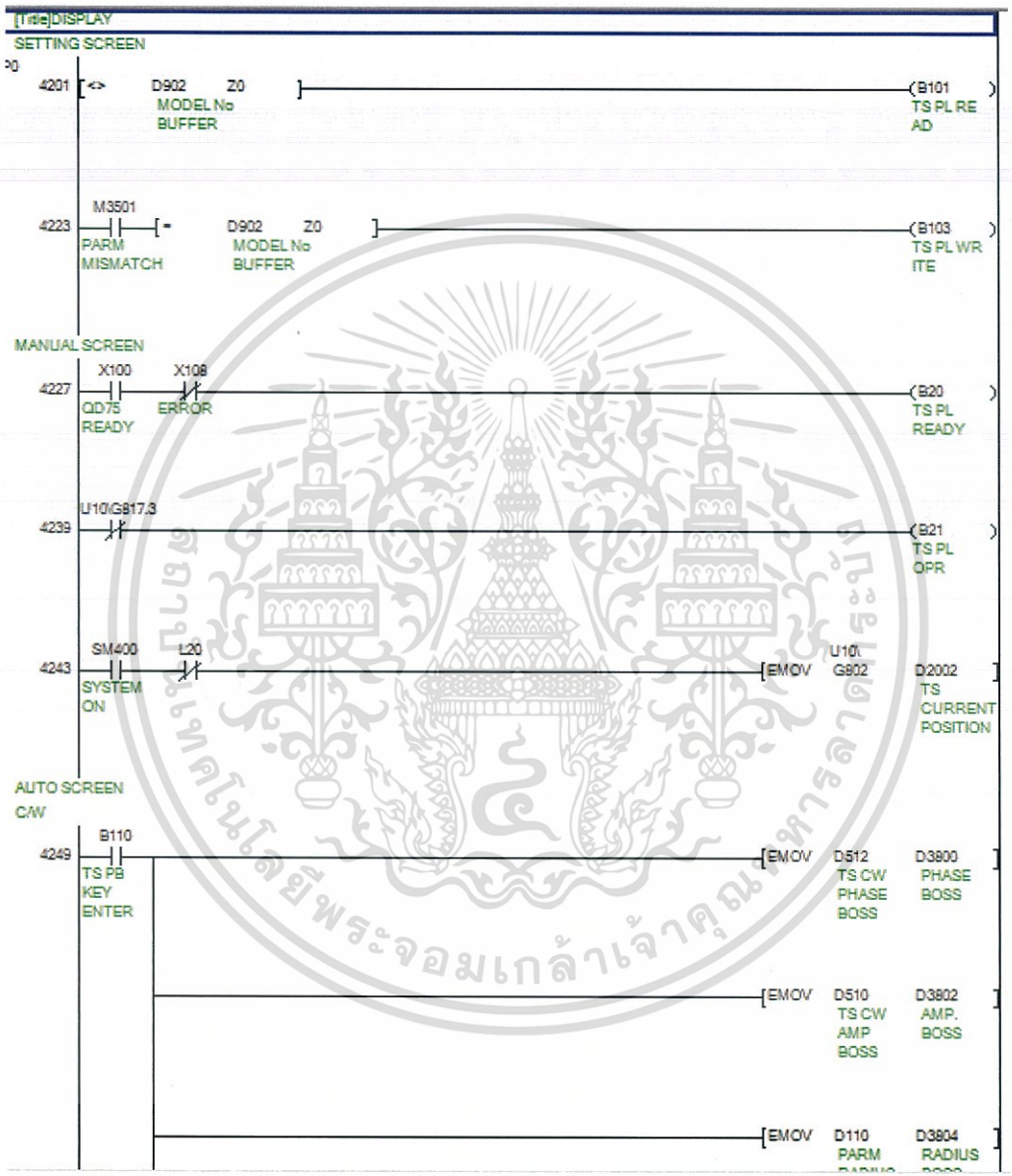
ภาค MODEL หรือภาคการตั้งค่าโมเดลชิ้นงาน โดยจะอยู่ในส่วนของภาค SETTING PARAMETER จะใช้ในการเก็บโมเดลต่างๆของชิ้นงาน สามารถ WRITE/READ โมเดลชิ้นงานได้ซึ่งจะใช้การจัดเก็บข้อมูลเชื่อมต่อกับภาค DISPLAY



รูปที่ 3.36 ตัวอย่างภาค MODEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาค DISPLAY หรือภาคการแสดงผล จะทำการแสดงผลบนหน้าจอสัมผัสหรือ Touch Screen เพื่อสามารถเก็บค่า คำนวณค่า จนกระทั่ง สั่งการทำงานของเครื่องจักรได้



รูปที่ 3.37 ตัวอย่างภาค DISPLAY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

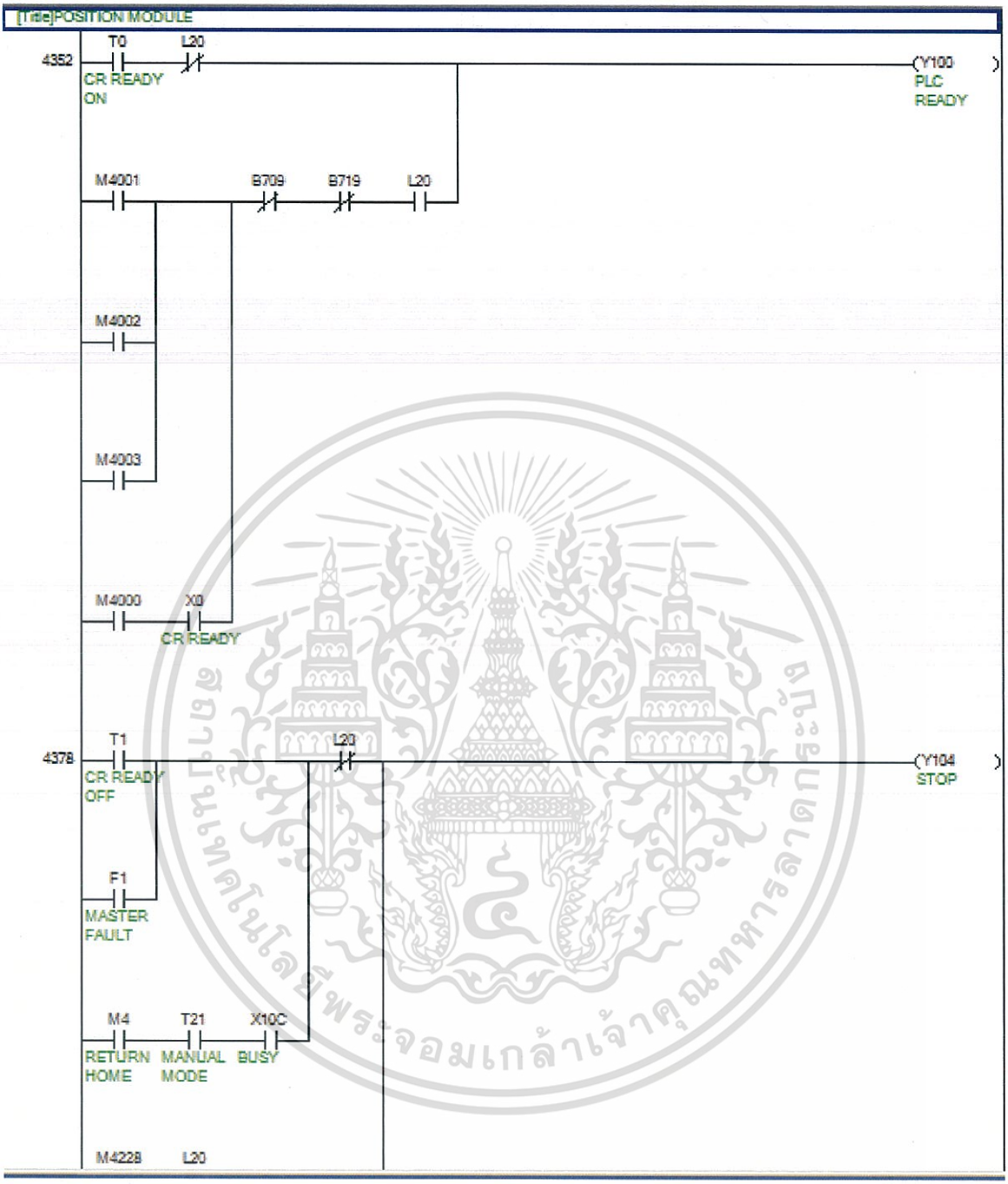
และสุดท้ายคือภาค POSITION MODULE หรือเรียกว่าภาคโมดูลการควบคุมตำแหน่ง โดยในภาคส่วนนี้จะมีการตั้งค่า Parameter ของ INTELLIGENT MODULE มาก่อนแล้วจึงจะได้พอยล์ในการใช้งานเพื่อนำมาเขียนโปรแกรมและตั้งค่าการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์ได้

Intelligent Function Module Monitor 1(0100:QD75P1N) - Display by axis

Item	Current Value	Device
I/O Signal Monitor		
Input Signal(X):		
QD75 READY	--	X100
Synchronization flag	--	X101
Axis #1 M code ON	--	X104
Axis #1 Error detection	--	X108
Axis #1 BUSY	--	X10C
Axis #1 Start complete	--	X110
Axis #1 Positioning complete	--	X114
Output Signal(Y):		
PLC READY	--	Y100
Axis #1 Axis stop	--	Y104
Axis #1 Forward run JOG start	--	Y108
Axis #1 Reverse run JOG start	--	Y109
Axis #1 Positioning start	--	Y110
Axis #1 Execution prohibition flag	--	Y114
Buffer Memory Monitor		
System Monitor Data		
Test mode flag	--	U10\G1200
Starting History...		
Error History...		
Warning History...		
No. of write accesses to flash ROM	--	U10\G1424
Axis Monitor Data		
Axis #1 Current feed value	--	U10\G800
Axis #1 Machine feed value	--	U10\G802
Axis #1 Feedrate	--	U10\G804
Axis #1 Axis error number...	--	U10\G806
Axis #1 Axis warning No....	--	U10\G807
Axis #1 Valid M code	--	U10\G808
Axis #1 Axis operation status	--	U10\G809
Axis #1 Current speed	--	U10\G810
Axis #1 Axis feed speed	--	U10\G812
Axis #1 Positioning amount of speed and position switch ...	--	U10\G814

รูปที่ 3.38 ตัวอย่างการ REGISTER TO INTELLIGENT MODULE MONITOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

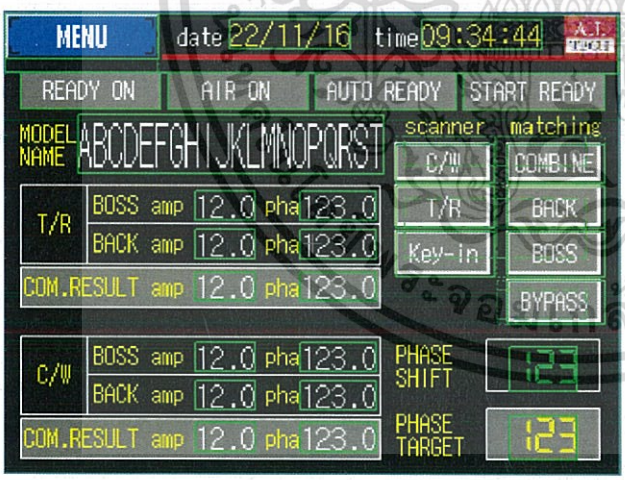


รูปที่ 3.39 ตัวอย่างการนำพอยล์จากการ REGISTER INTELLIGENT MODULE มาใช้ยังภาค POSITION MODULE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ออกแบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen)

Touch Screen หรือหน้าจอสัมผัสที่ใช้กับ Turbine Balance Machine นี้คือโมเดล GOT1000 รุ่น GT1155-QSBD ของ โดยจะใช้โปรแกรม GT Designer3 ในการเขียนโปรแกรมหน้าจอสัมผัส ซึ่งการใช้งาน Touch Screen นั้นมีความคล้ายคลึงกับการใช้ปุ่มต่างๆและยังสามารถเก็บค่า อ่านค่าต่างๆ คำนวณค่าได้ตามที่เรากำหนดได้ โดยการเขียนครั้งนี้จะมีทั้งส่วนของโปรแกรมหน้าจอสัมผัสที่เขียนใหม่ และโปรแกรมเก่าที่ลูกค้าใช้งานปฏิบัติการในบริษัทของลูกค้าเอง



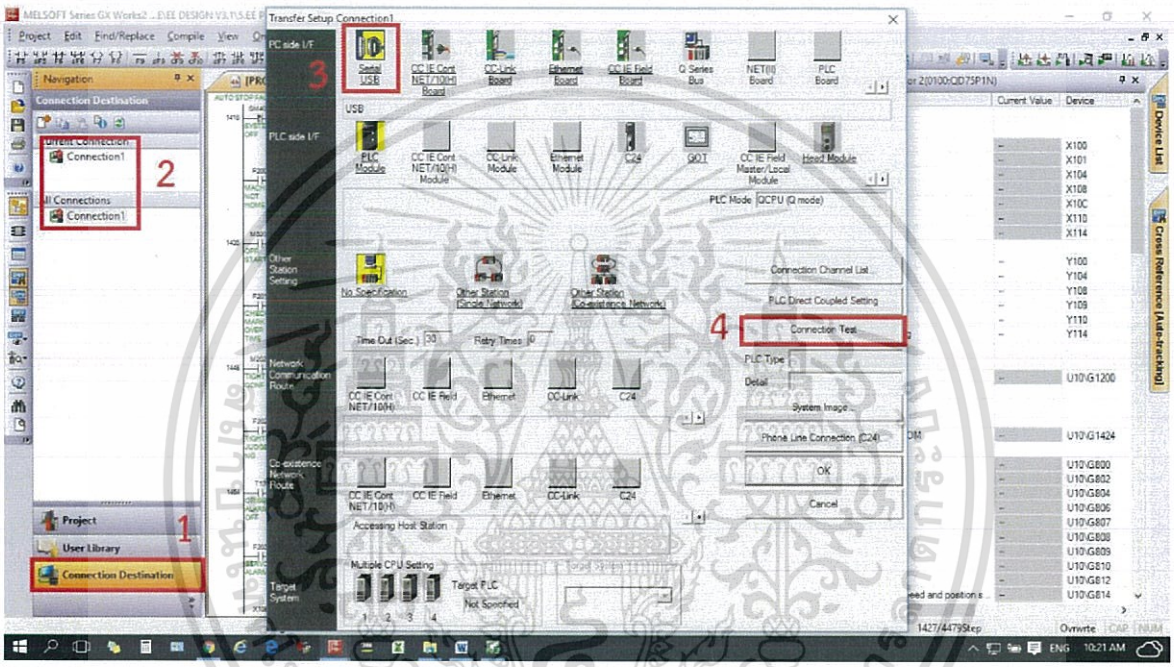
รูปที่ 3.40 ตัวอย่างหน้าสั่งการทำงานอัตโนมัติ

รูปที่ 3.41 ภาคต่างๆในโปรแกรม TouchScreen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ PLC (Upload / Download Program)

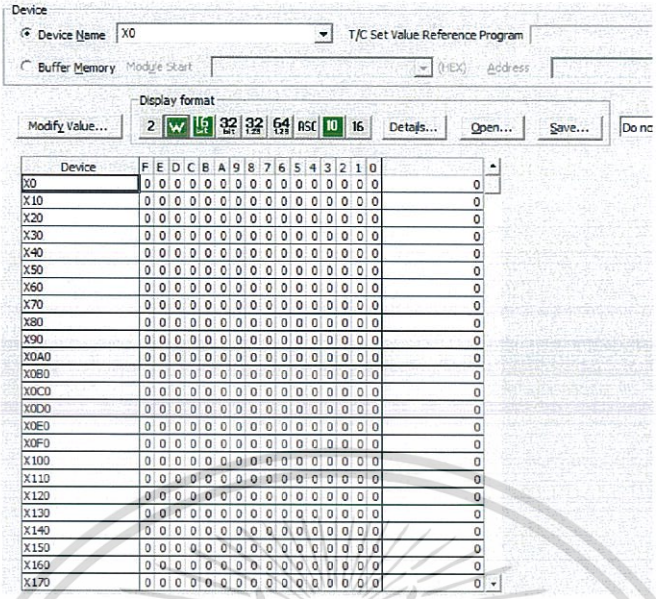
เมื่อทำการเขียนโปรแกรม PLC และ Touch Screen เป็นที่เรียบร้อยก็ถึงขั้นตอนทำการทดสอบการเชื่อมต่อเพื่ออัพโหลดหรือดาวน์โหลดได้โดยในที่นี้จะทำการยกตัวอย่างการทดสอบการเชื่อมต่อกับ PLC ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างขั้นตอนการทดสอบการเชื่อมต่อเข้ากับ PLC

เมื่อสามารถเชื่อมต่อเข้ากับ PLC ได้ก็ถึงขั้นตอนการเช็คอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ วาล์ว อุปกรณ์แสดงผล และอื่นๆ ว่าปกติ เสียหาย หรือเข้าพอยล์ผิดหรือไม่ โดยการเช็คผ่านหน้าต่าง Device/Buffer Batch Memory Monitor ของโปรแกรม GX Works2 ซึ่งจะสามารถทำการเช็คการ Wiring เข้าพอยล์ I/O Module ได้ ว่าอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอยล์นั้นๆมีความถูกต้องตามที่ได้ Wiring ตามแบบไฟฟ้ามา

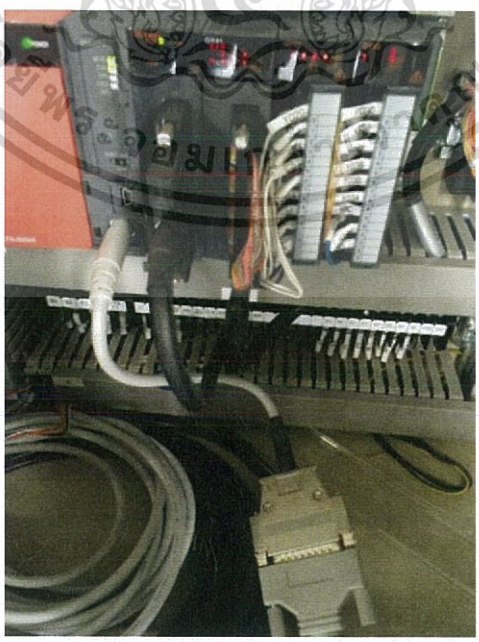
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 ตัวอย่างหน้าต่างการเช็ค I/O

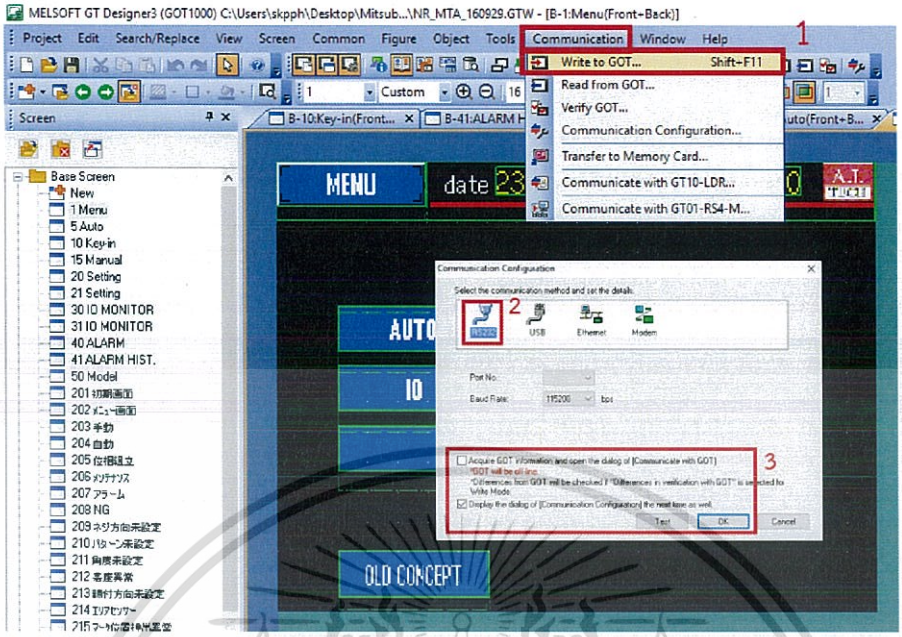
3.8 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Touch Screen

ทำการเชื่อมต่อหน้าจอสัมผัส Touch Screen เข้า PLC โดยใช้สาย RS-422 และป้อนโปรแกรมเข้าหน้าจอสัมผัส GOT1000 ด้วยโปรแกรม GT Designer3



รูปที่ 3.44 ทำการเชื่อมต่อ PLC กับ TouchScreen ด้วยสาย RS-422

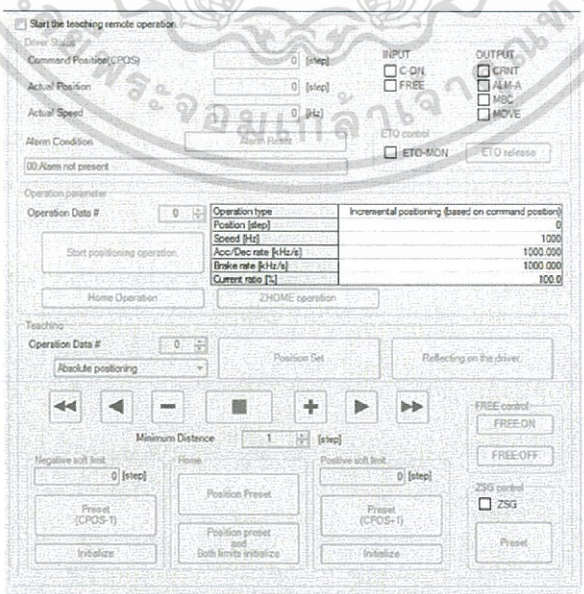
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 ขั้นตอนการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลเข้ากับ Touch Screen (Write to GOT)

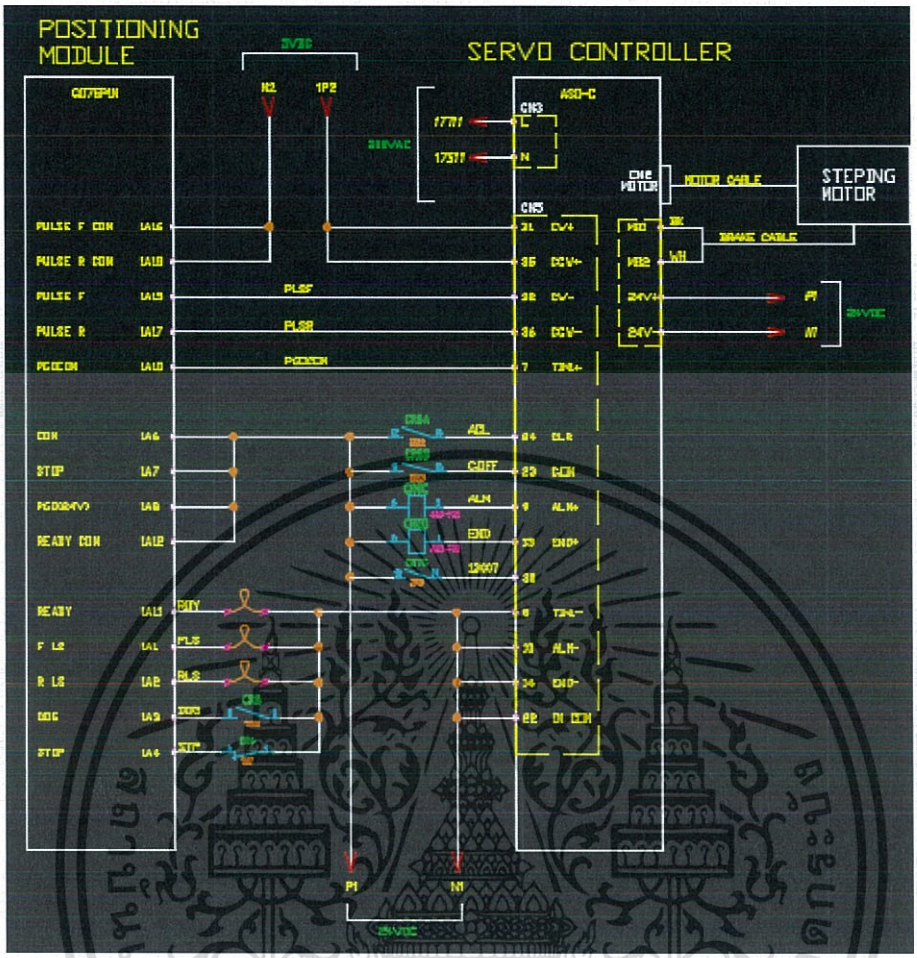
3.9 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Computer กับ Servo Controller

เมื่อทำการตั้งค่า Parameter จนสามารถเชื่อมต่อให้เข้ากับ PLC Module ของ MITSUBISHI ได้แล้วมาถึงขั้นตอนที่จะต้องทำการตั้งค่า Parameter ของ AC Stepping Motor โดยใช้โปรแกรม MEXE02 ตั้งค่า



รูปที่ 3.46 ตัวอย่างหน้าต่างการตั้งค่า Parameter ของ AC Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.47 ทำการเชื่อมต่อ Controller เข้ากับ PLC ตามแบบไฟฟ้า โดยเข้าพอยล์ตามที่ได้ออกแบบมา

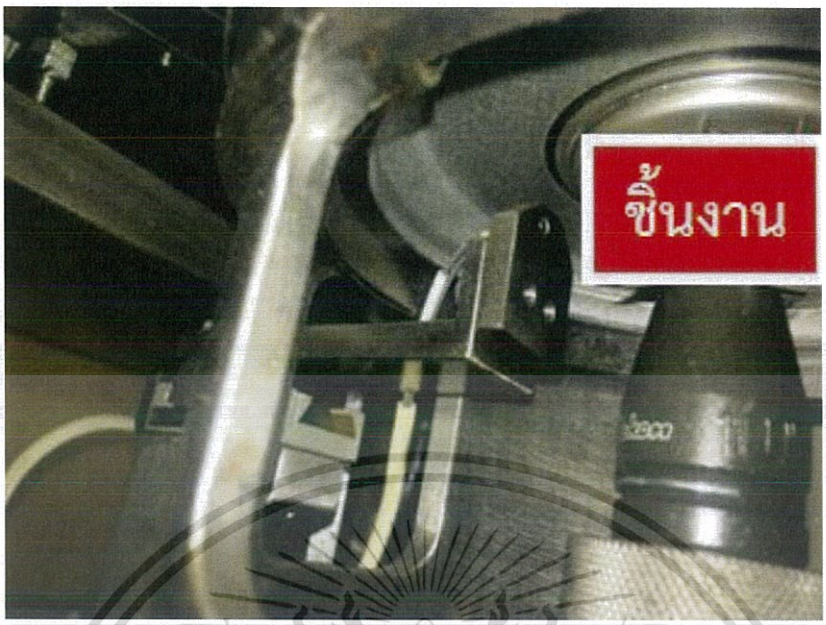
3.10 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง PLC กับ Nut Runner

ซึ่งการเชื่อมต่อ Nut Runner ให้เข้ากับ PLC จะทำการเชื่อต่อไปรวมกันอยู่ที่ Touch Screen GOT1000 แต่วิธีการตั้งค่า Parameter ของ Nut Runner เป็นลิขสิทธิ์ของทางบริษัทลูกค้าซึ่งจะเข้ามาทำการตั้งค่าที่ Touch Panel ของ Nut Runner เอง

3.11 ทำการทดสอบการทำงาน (Test Run)

เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าหากันได้แล้ว ก็ถึงการทดสอบขั้นตอนการทำงานตาม Flow Chart ที่ลูกค้าได้ให้มาว่าโปรแกรมที่เขียนมานั้นสามารถทำงานตามที่กำหนดหรือไม่ โดยเกิดปัญหามากมายอาทิเช่น ภาพดังต่อไปนี้

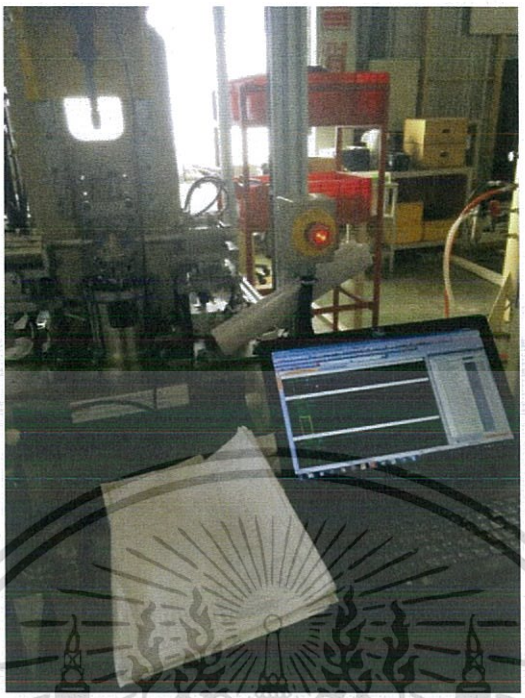
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



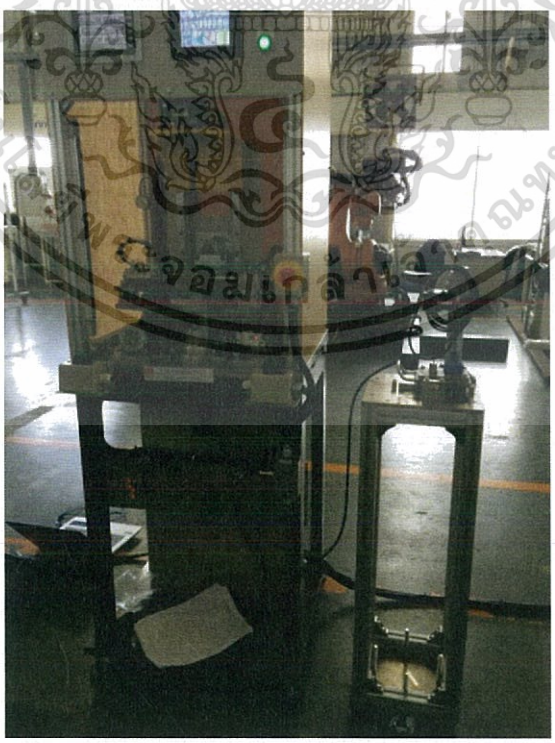
รูปที่ 3.48 ทำการเปลี่ยนตัวยึด (Bracket) ของโฟโต้เซนเซอร์ อันเนื่องจากไม่สามารถตัวจับความเงาของกังหันได้

รูปที่ 3.49 ทำการปรับ Amplifier ตัวตรวจจับแบบโฟโต้เซนเซอร์อยู่บ่อยครั้ง อันเนื่องจากช่วงการเปลี่ยนสภาวะ NO/NC มี Hysteresis loop ที่กว้างเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



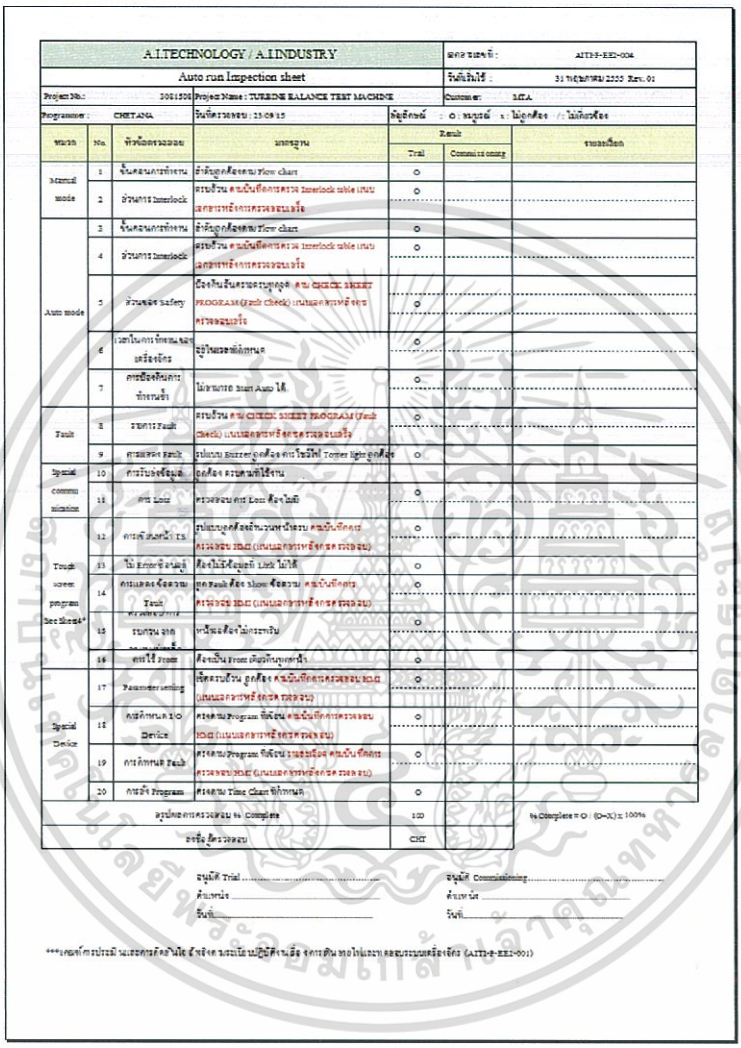
รูปที่ 3.50 ทำการทดสอบการตรวจจับของเซนเซอร์ การทำงานกระบอก การทำงานของ Nut Runner การทำงานของ Touch Screen และอื่นๆ



รูปที่ 3.51 เครื่อง Turbine Balance Machine เสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการ Test Run โปรแกรมที่ได้เขียนไว้มีประสิทธิภาพสามารถทำงานได้สมบูรณ์เข้ากับเครื่องจักรแล้ว ก็ถึงขั้นตอนการตรวจสอบอีกครั้ง Auto Run Inspection Sheet ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานปุ่ม การแสดงผลของทุกอุปกรณ์ ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรมีความถูกต้องตาม Flow Chart ของลูกค้าหรือไม่



A.I.TECHNOLOGY / A.I.INDUSTRY

Auto run Inspection sheet

Project No.:	2061506	Project Name : TURBINE BALANCE TEST MACHINE		Customer:	M.T.A.
Programmer :	CHET.ANA	วันที่ตรวจสอบ : 23/09/15	ข้อมูลที่กรอก	: O : สมบูรณ์ x : ไม่ถูกต้อง / : ไม่ต้องทำ	

หมวด	No.	หัวข้อการตรวจสอบ	มาตรฐาน	Result Trial	Result Commissioning	รายละเอียด
Manual mode	1	ขั้นตอนการทำงาน	ทำงานถูกต้องตาม Flow chart	O		
	2	ส่วนการ Interlock	ครบถ้วน ตามบันทึกการตรวจ Interlock table เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบแล้ว	O		
Auto mode	3	ขั้นตอนการทำงาน	ทำงานถูกต้องตาม Flow chart	O		
	4	ส่วนการ Interlock	ครบถ้วน ตามบันทึกการตรวจ Interlock table เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบแล้ว	O		
	5	ส่วนของ Safety	เมื่อกดปุ่มฉุกเฉินตรวจสอบทุกจุด ตาม CHECK SHEET PROGRAM (Fault Check) เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบแล้ว	O		
	6	เวลาในการทำงานของเครื่องจักร	ดูข้อมูลจากโปรแกรม	O		
	7	การป้องกันการทำงานซ้ำ	ไม่สามารถ Start Auto ได้	O		
Fault	8	รายการ Fault	ครบถ้วน ตาม CHECK SHEET PROGRAM (Fault Check) เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบแล้ว	O		
	9	การแสดง Fault	รูปแบบ Buzzer ถูกต้อง การไฟฟ้า Tower light ถูกต้อง	O		
Special commu nication	10	การรับส่งข้อมูล	ถูกต้อง ครบตามที่ใช้งาน			
	11	การ Lock	ตรวจสอบการ Lock ถูกต้องไหม	O		
Touch screen program Sec Sheet4*	12	การกำหนดค่า I/O	รูปแบบถูกต้องตามหน้าจอ ตามบันทึกการตรวจสอบ IOLC (เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบ)	O		
	13	ไม่ Error ขึ้นตอนรัน	ต้องไม่มีข้อมูลการ Lock ไม่ได้	O		
	14	การแสดง ข้อความ Fault	ถ้ามี Fault ต้อง Show ข้อความ ตามบันทึกการตรวจสอบ IOLC (เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบ)	O		
	15	รายการ อุปกรณ์	หน้าจอต้องไม่กระพริบ	O		
	16	การใช้ Zoom	ต้องเป็น Zoom เต็มหน้าจอเท่านั้น	O		
Special Device	17	Parameter setting	ปรับตามจริง ถูกต้อง ตามบันทึกการตรวจสอบ IOLC (เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบ)	O		
	18	การกำหนด I/O Device	ตรงตาม Program ที่เขียน ตามบันทึกการตรวจสอบ IOLC (เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบ)	O		
	19	การกำหนด Fault	ตรงตาม Program ที่เขียน ตามบันทึกการตรวจสอบ IOLC (เทียบเอกสารหลังการตรวจสอบ)	O		
	20	การใช้ Program	ตรงตาม Time Chart ที่กำหนด	O		
สรุปผลการตรวจสอบ % Complete				100		% Complete = O / (O+X) x 100%
ลงชื่อ ผู้ตรวจสอบ				CHT		

อนุมัติ Trial ..... อนุมัติ Commissioning .....

ตำแหน่ง ..... ตำแหน่ง .....

วันที่ ..... วันที่ .....

***เอกสารการประเมินนี้จะสมบูรณ์ได้ ต้องจะต้องมีการเขียนโปรแกรมเสร็จ จากนั้นทดไปและบันทึกลงในระบบเครื่องจักร (AITI-S-EE1-001)

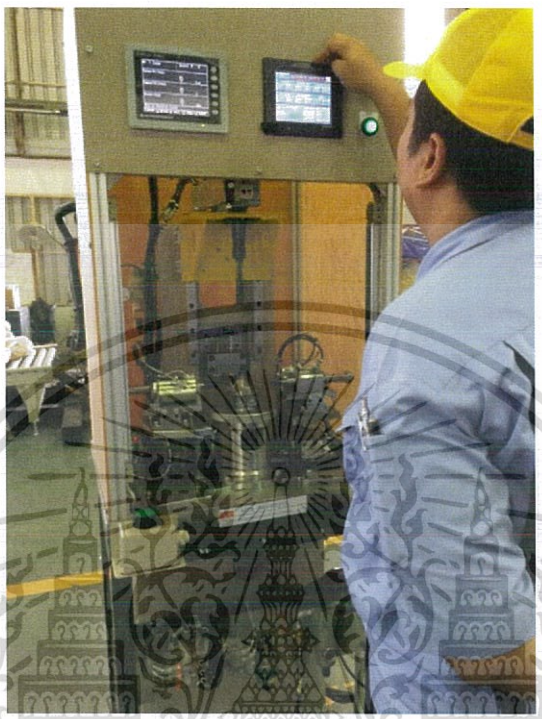
รูปที่ 3.52 ภาพตัวอย่าง Auto Run Inspection Sheet

3.12 ลูกค้าเข้ามาดูความคืบหน้าของเครื่องจักร

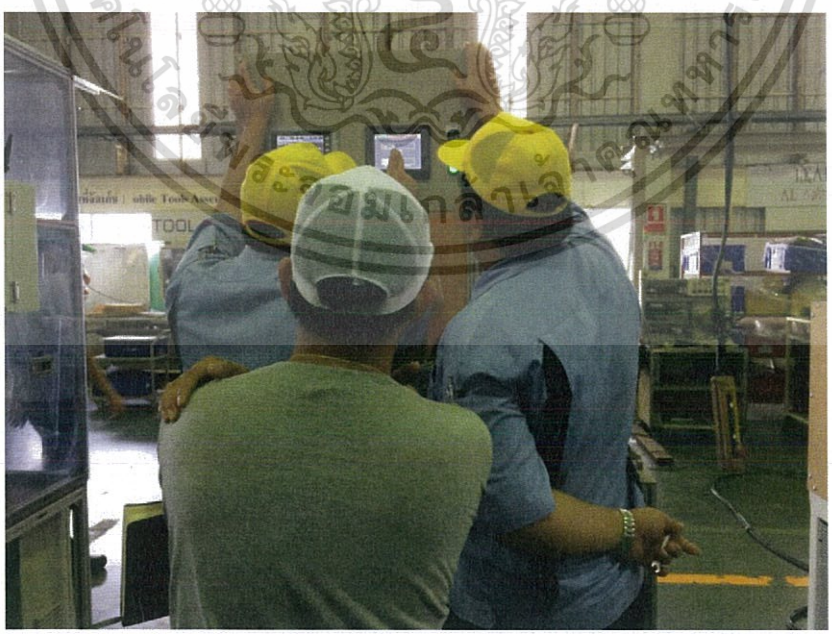
เมื่อเครื่องจักรได้ทำการติดตั้งโปรแกรมและทดสอบการทำงานเรียบร้อยก็ถึงขั้นตอนลูกค้าเข้ามาทดสอบขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรว่าพอใจสำหรับนำไปใช้งานเลยหรือไม่ โดยทางบริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด ได้ติดต่อขอเข้ามาดูเองเพื่อมาทำการทดสอบการทำงานตาม Flow Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเข้ามาตั้งค่า Parameter ของ Nut Runner เพื่อสำหรับทดสอบการขันนัทเพื่อประกอบกังหันว่ามีความพอดีจนทำให้กังหันมีความสมดุลหรือไม่



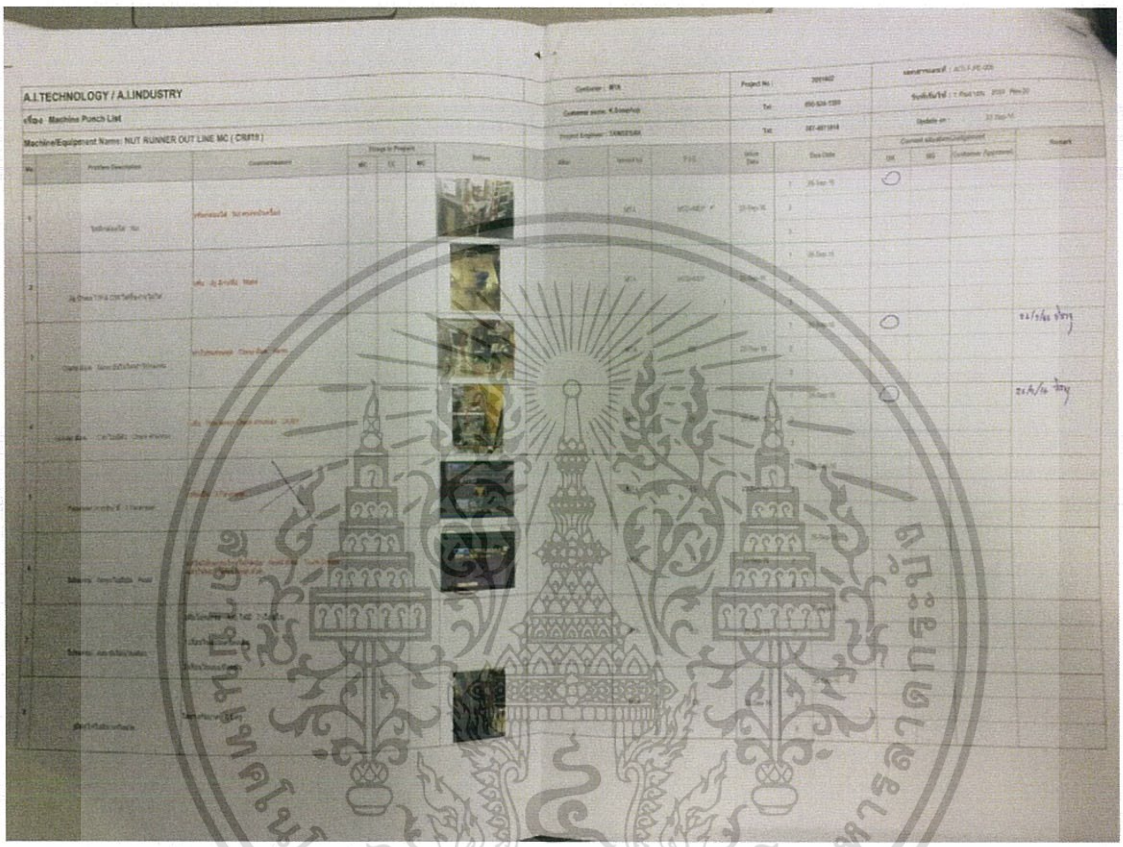
รูปที่ 3.53 ลูกค้าเข้ามาทดสอบการใช้งานเครื่องจักรโดยสั่งการผ่านหน้าจอ Touch Screen



รูปที่ 3.54 ลูกค้าตั้งค่า Parameter การขันของตัว Nut Runner และตั้งค่าโมเดลชิ้นงานในหน้าจอ Touch Screen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลูกค้าได้เข้ามาทดสอบการทำงานแล้วก็ได้รับข้อความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อแก้ไขสำหรับเครื่องจักรตามความต้องการของลูกค้า

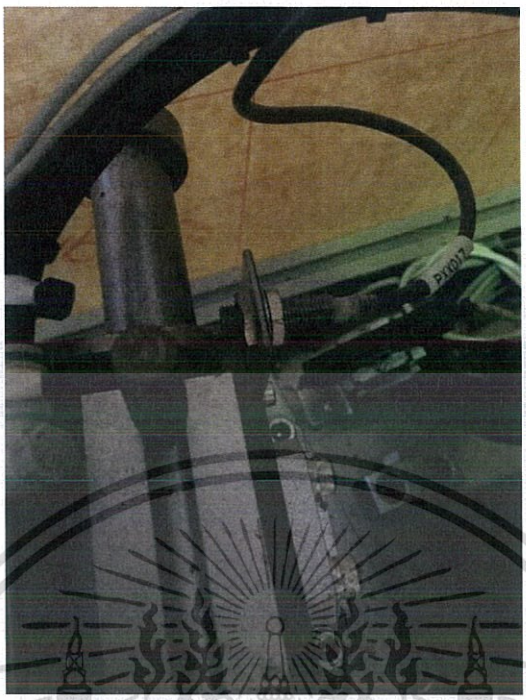


รูปที่ 3.55 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อแก้ไขตามความต้องการของลูกค้า

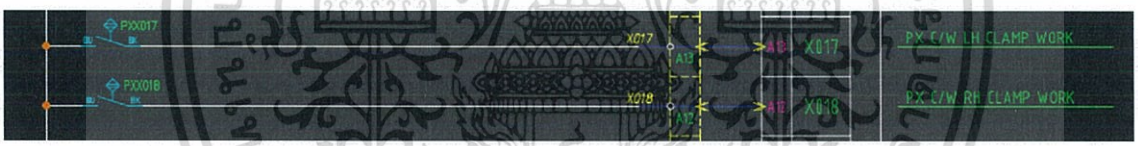
3.13 จัดการแก้ไขแบบไฟฟ้าและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ

เมื่อได้รับข้อคิดเห็นและข้อแก้ไขแล้วจึงทำการแก้ไขตามความต้องการของลูกค้าสำหรับเครื่องจักรนี้แล้ว จึงทำการแก้ไขและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.56 เพิ่มพรอกซิมิตี้ เซนเซอร์ 2 ชุด ทั้งกระบอกซ้ายและขวาสำหรับเช็ค Clamp กังหันแล้วหรือไม่



รูปที่ 3.57 เพิ่มพรอกซิมิตี้ เซนเซอร์ 2 ตัวลงในแบบทางไฟฟ้า

รูปที่ 3.58 ทำโปรแกรมเพิ่มใส่ชุด Clamp Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

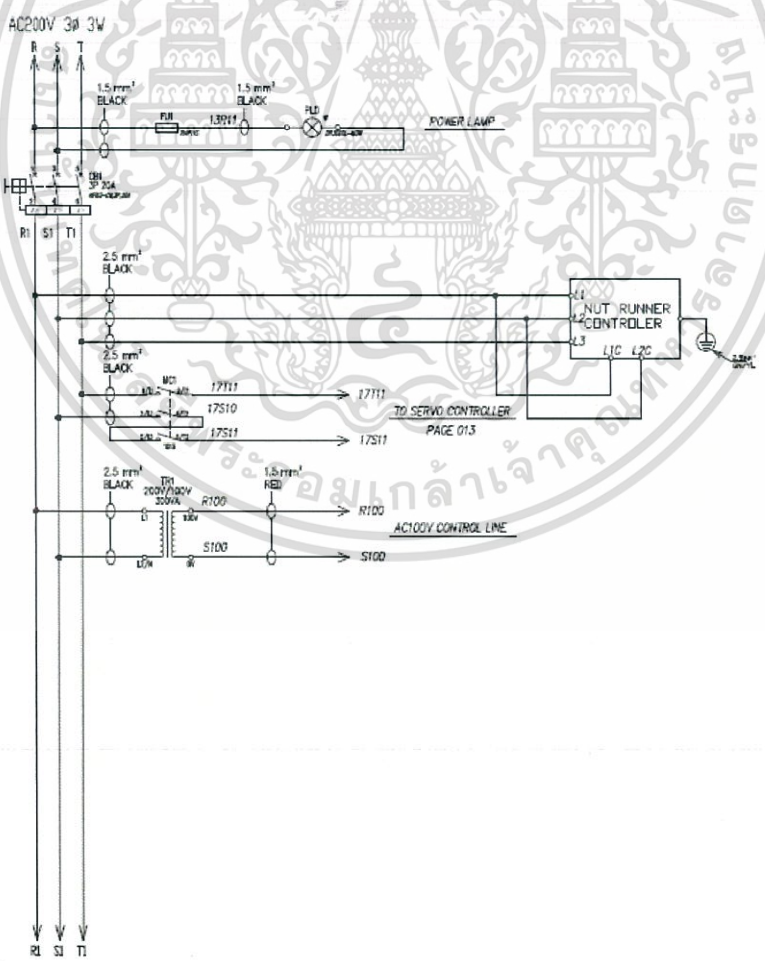
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลของการออกแบบไฟฟ้า

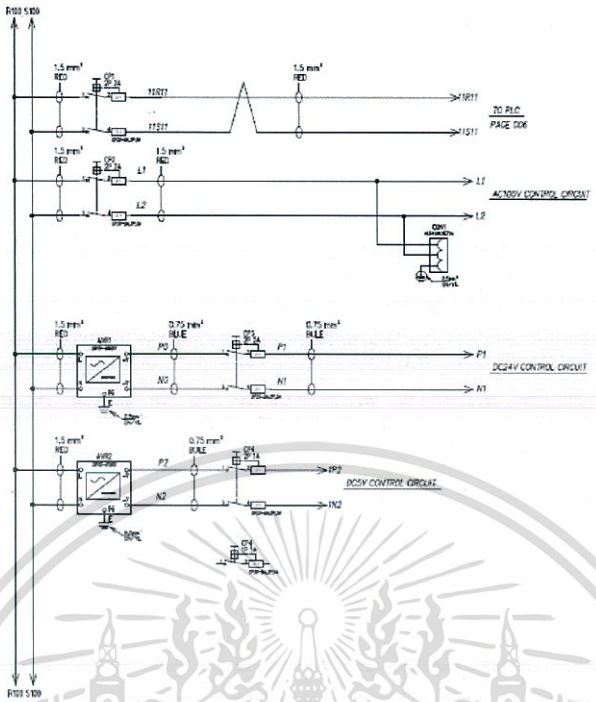
การออกแบบไฟฟ้านี้ได้มีการแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ Power Circuit, Control Circuit, PLC Specification, Safety Light Curtain Diagram, Position Module Diagram, และI/O Module

ในส่วนของ Power circuit จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส 200 โวลต์ต่อเข้าหม้อแปลงเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 2 เฟส 100 โวลต์ แล้วนำมาใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ เพราะไฟฟ้ากำลังของโรงงานลูกค้านั้นใช้ไฟเพียง 100 โวลต์ จะมีเพียงคอนโทรลเลอร์ของ Nut Runner กับ Stepping Motor นั้นใช้ไฟฟ้า 3 เฟส 200 V



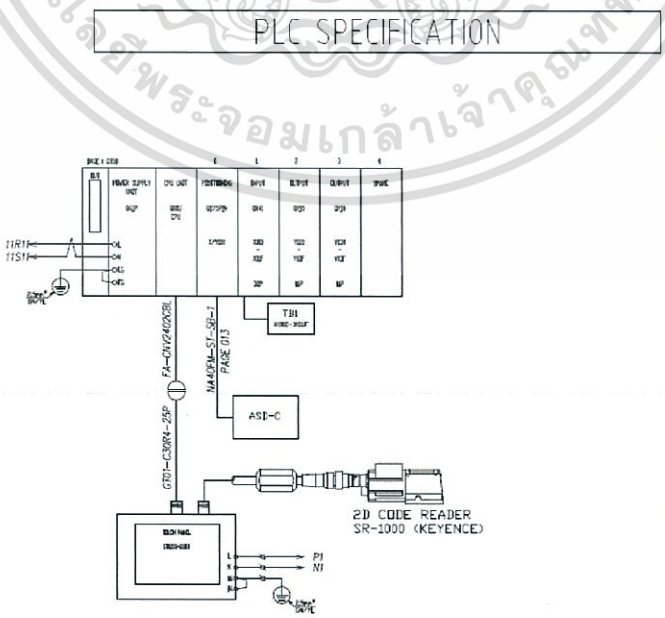
รูปที่ 4.1 ตัวอย่าง Power circuit AC 200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตัวอย่าง Power circuit AC 100 V

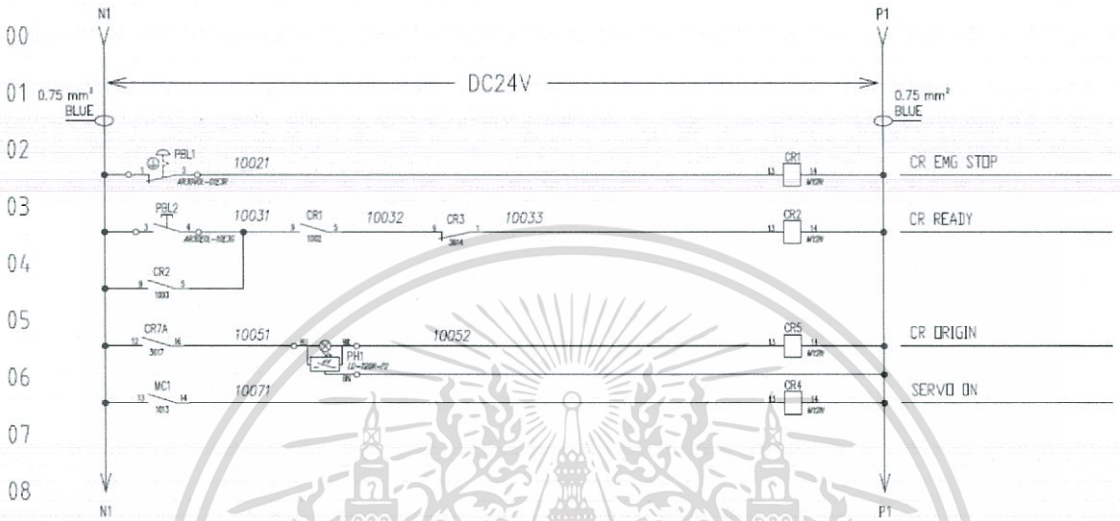
PLC Specification จะเป็นส่วนที่บอกถึง PLC มีลักษณะการใช้ Base Unit แบบกี่ Slot มีจำนวนการ์ดที่ใช้กี่ตัว แต่ละช่องการ์ดนั้นคุณสมบัติของแต่ละตัวมีหน้าที่ทำอะไร และแต่ละการ์ดนั้นใช้กับอุปกรณ์ต่อพ่วงชนิดใด โดย CPU Unit ของ PLC ที่ใช้กับเครื่องจักรนี้รุ่น Q00U



รูปที่ 4.3 ตัวอย่าง PLC Specification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Control Circuit จะมีการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งใน Control Circuit นั้นตามมาตรฐานจะเป็นการตรวจสอบจุดสำคัญต่างๆของเครื่องจักร อาทิเช่น Emergency Stop, Main Air, และMaster On เป็นต้น

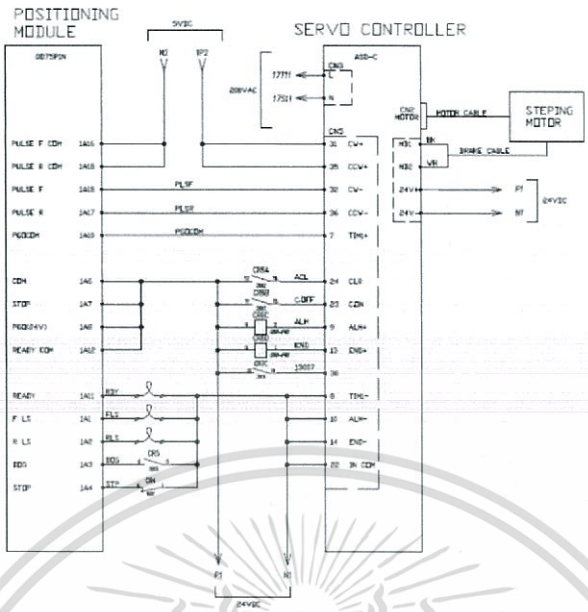


รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง DC 24 V Control Circuit

รูปที่ 4.5 ตัวอย่าง AC 100 V Control Circuit

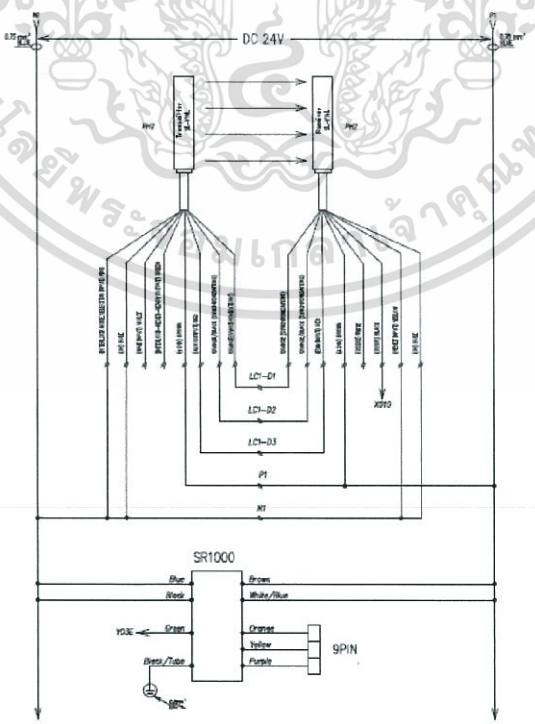
ส่วนของ Intelligent Module Diagram หรือ Position Module Diagram จะเป็นลักษณะการเชื่อมต่อการ์ดเข้ากับ Stepping Controller ซึ่งจะบอกพอยล์ต่างๆว่าเข้าอย่างไร ซึ่งสามารถหา I/O Connection ได้จากคู่มือ AR Series ของ Oriental Motor โดยในการใช้งานกับเครื่องจักรนี้จะใช้การ์ดรุ่น QD75P1N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง Intelligent Module Diagram

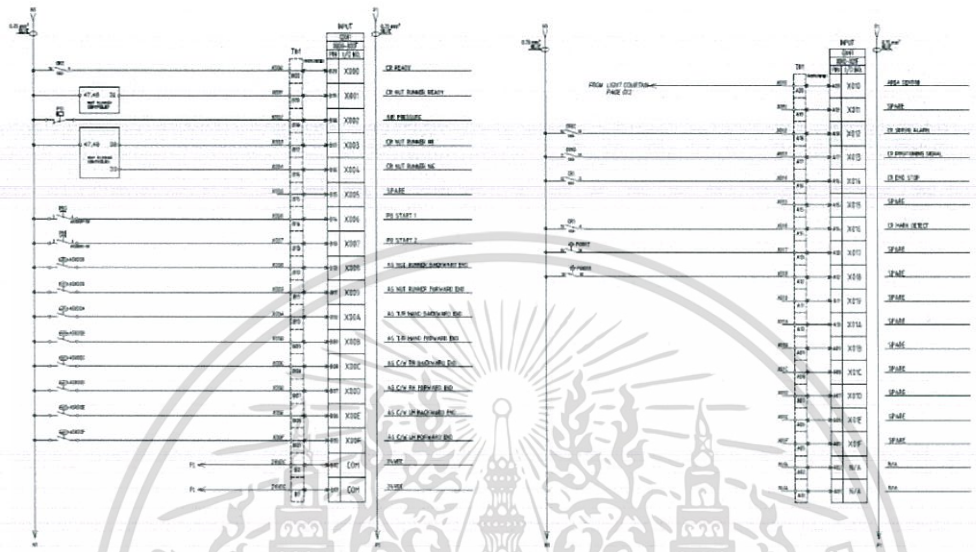
ส่วนของ Safety Light Curtain มีความสำคัญในการป้องกันผู้ปฏิบัติการหรือผู้ดูแลเครื่องจักร สามารถหาวิธีการ Wiring ได้จากหนังสือโมเดลของ Keyence โดยจะเป็นการบอกลักษณะการ Wiring เข้าพอยล์คล้ายๆกับ Position Module



รูปที่ 4.7 ตัวอย่าง Safety Light Curtain Diagram

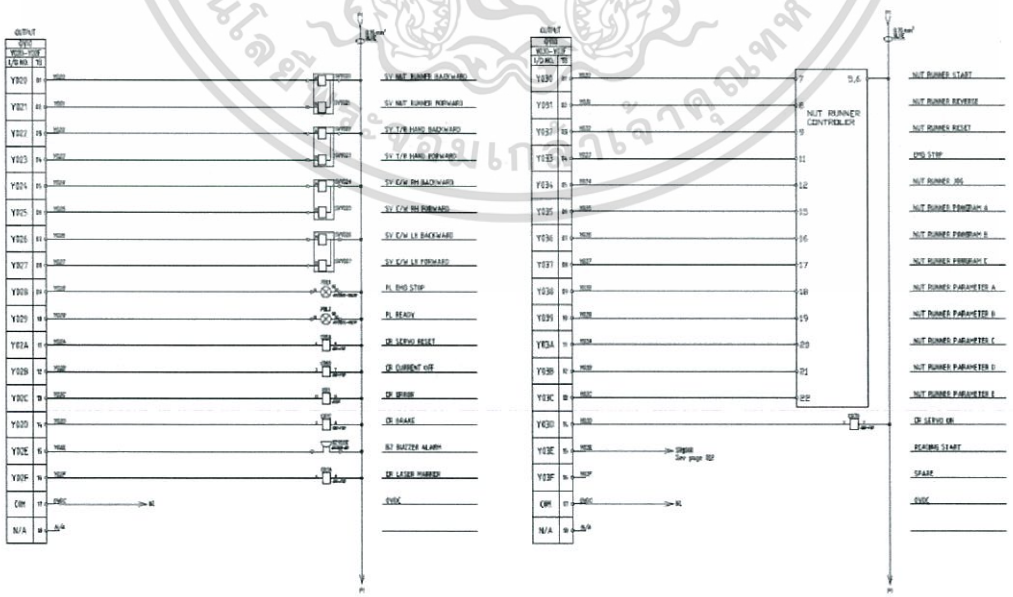
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Input PLC ในที่นี้จะใช้รุ่น QX41P ซึ่งจะเป็นการ์ดที่บอกถึงอุปกรณ์ทั้งหมดที่ต่อเข้ากับ PLC แล้วมีหน้าที่สั่งการทำงานเข้าไปประมวลผลในตัว PLC เอง อุปกรณ์ที่เข้ากับสัญญาณขาเข้า อาทิเช่น Push Button, Emergency Stop, Sensor, และหน้าContact ของตัวรีเลย์ และอื่นๆ



รูปที่ 4.8 ตัวอย่าง Input Module

ส่วนของ Output PLC ในที่นี้จะใช้รุ่น QY10 ซึ่งจะเป็นการ์ดที่ส่งสัญญาณขาออกเพื่อขับการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลหรือนำไปใช้งาน อาทิเช่น Coil, Lamp, Valve, และController และอื่นๆ

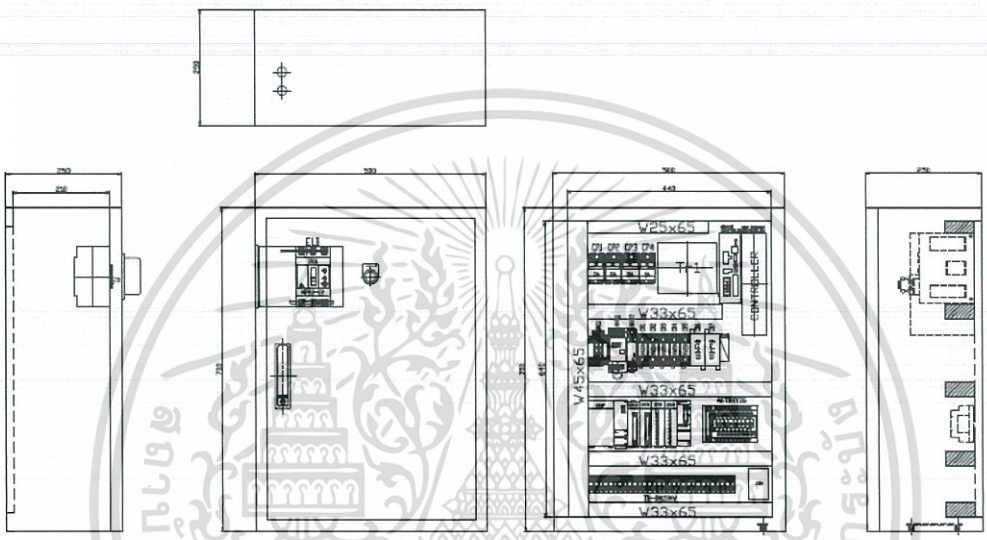


รูปที่ 4.9 ตัวอย่าง Output Module

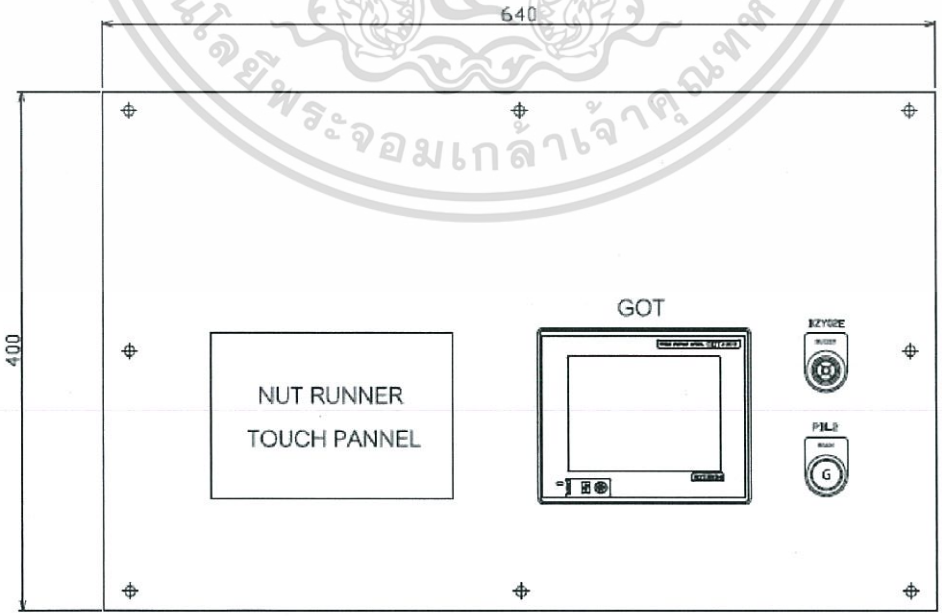
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการจัดทำตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ

โดยตู้ควบคุม (Control Box) และตู้ปฏิบัติการ (Operation Box) นั้นออกแบบขึ้นสำหรับการจัดวางของอุปกรณ์ (Board Layout) ภายในตู้ให้มีความเป็นระเบียบและซ่อมบำรุงได้ง่ายเมื่อเกิดความผิดพลาด



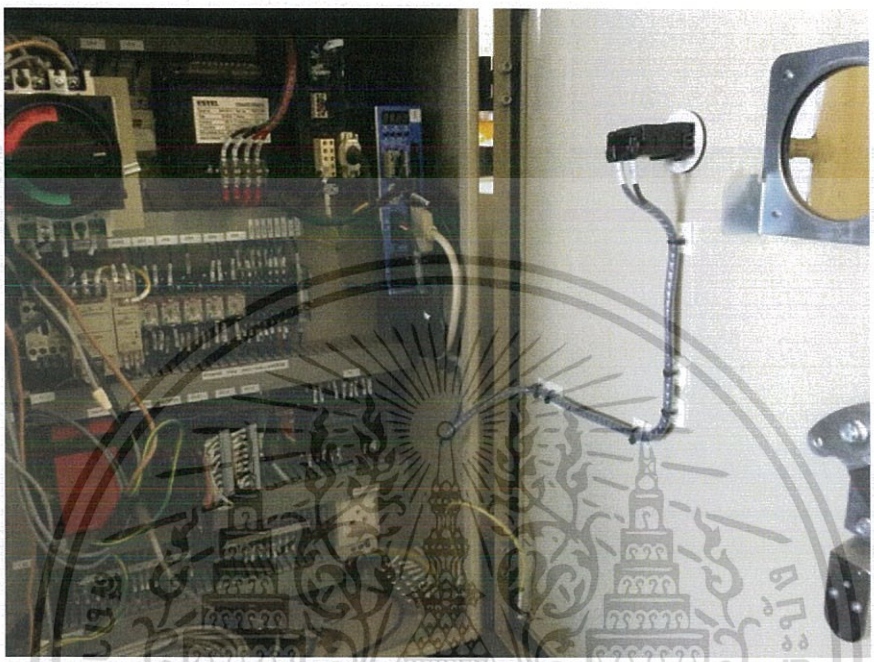
รูปที่ 4.10 Board Layout ภายในตู้และขนาดของตู้ควบคุมไฟฟ้า



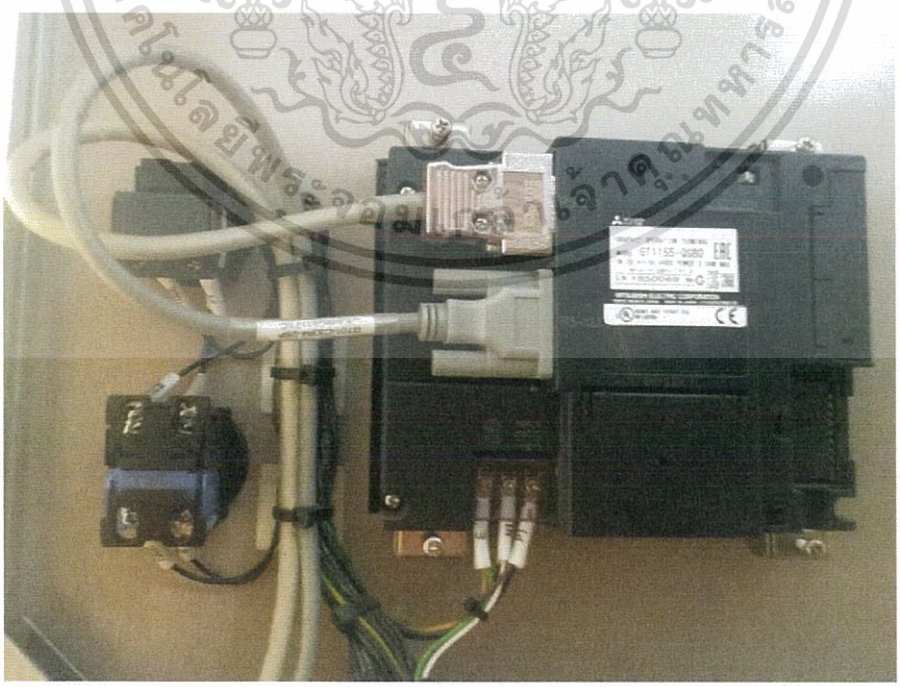
รูปที่ 4.11 แบบตู้ปฏิบัติการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่วนของการ Wiring นั้นจะต้องดำเนินการตามมาตรฐานของ Wiring Check Sheet เพื่อความง่ายต่อการเข้าใจตรงกันและสะดวกต่อการแก้ไขเมื่อเกิดการชำรุดหรือเสียหาย

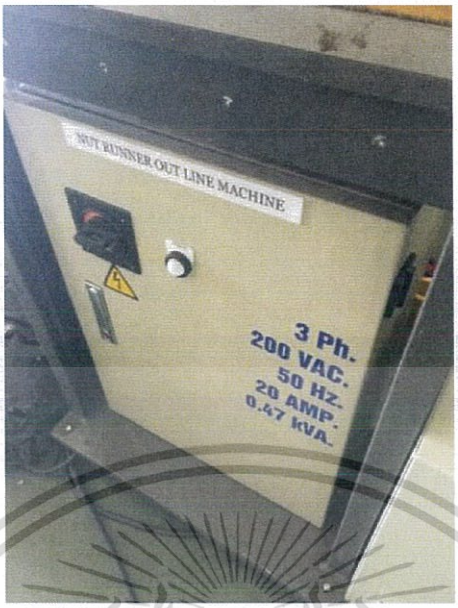


รูปที่ 4.12 ตู้ควบคุมไฟฟ้าหลังจากการ Wiring



รูปที่ 4.13 ตู้ปฏิบัติการหลังจากการ Wiring

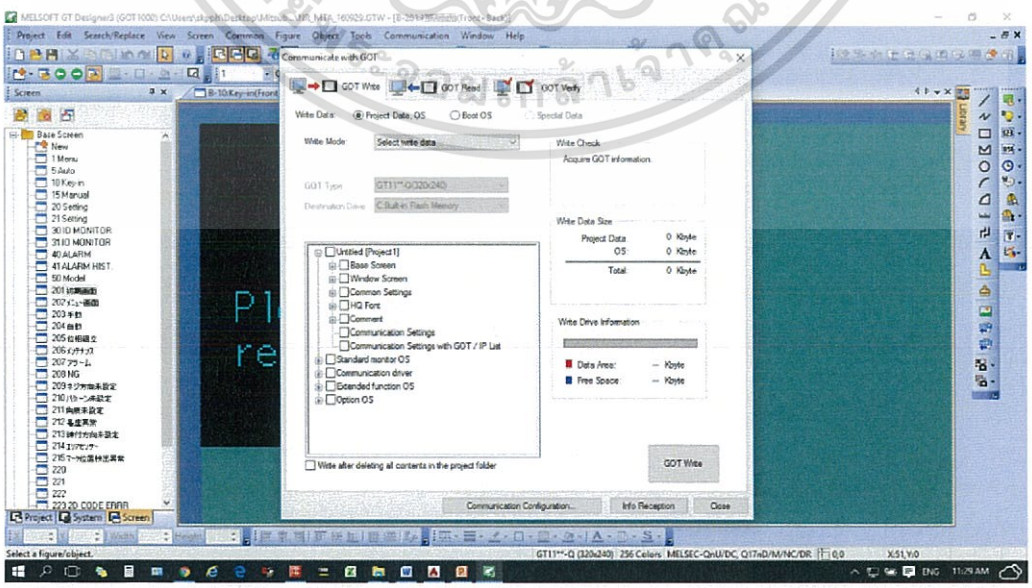
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ตู้ควบคุมถูกติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องจักรพร้อมทำการ Machine Wiring

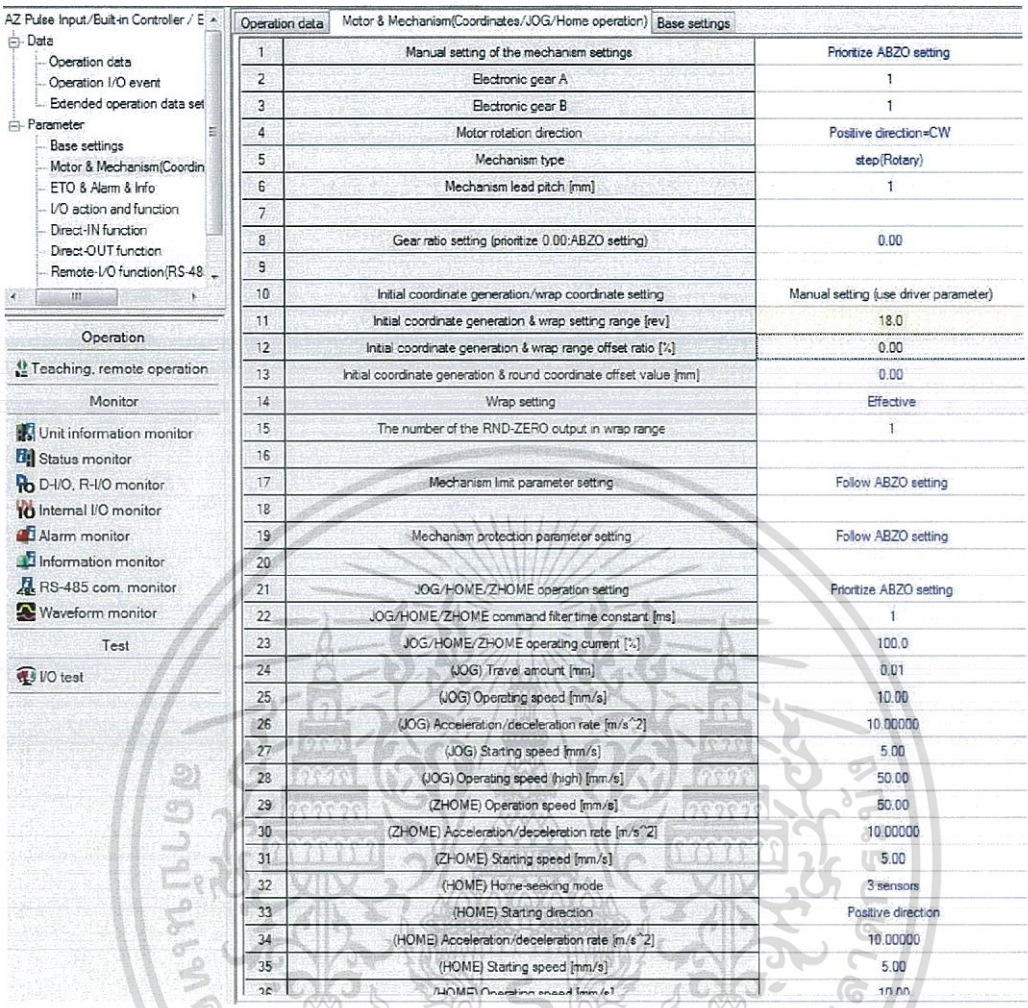
4.3 ผลของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนเข้าหากัน

ทำการเชื่อมอุปกรณ์เข้าหากันไม่ว่าจะเป็น Touch Screen, PLC, AC Stepping Motor, และ Nut Runner ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลานานและต้องใช้หลายโปรแกรมในการเชื่อมต่อเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานสอดคล้องกันสมบูรณ์



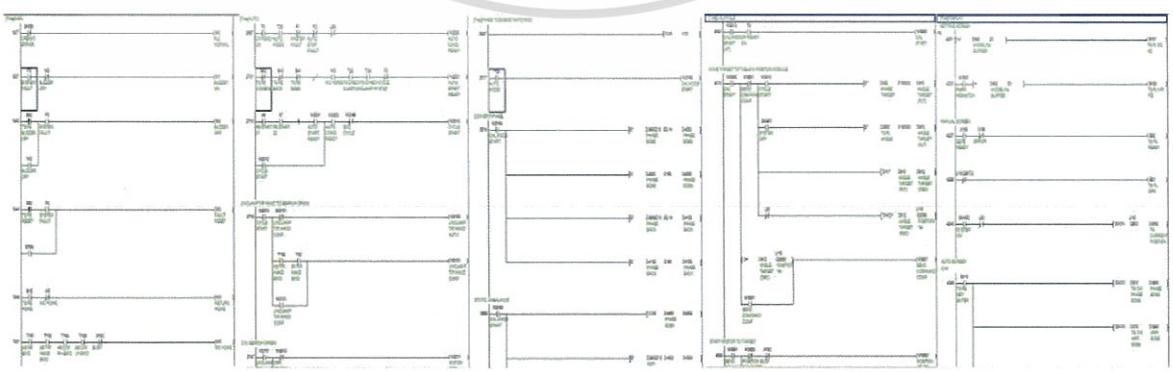
รูปที่ 4.15 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลกับ Touch Screen ด้วย GT Designer3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



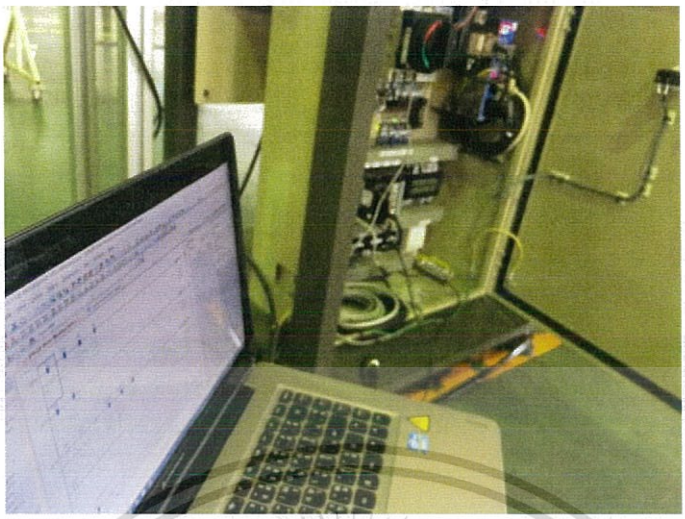
1	Manual setting of the mechanism settings	Prioritize ABZO setting
2	Electronic gear A	1
3	Electronic gear B	1
4	Motor rotation direction	Positive direction=CW
5	Mechanism type	step(Rotary)
6	Mechanism lead pitch [mm]	1
7		
8	Gear ratio setting (prioritize 0.00:ABZO setting)	0.00
9		
10	Initial coordinate generation/wrap coordinate setting	Manual setting (use driver parameter)
11	Initial coordinate generation & wrap setting range [rev]	18.0
12	Initial coordinate generation & wrap range offset ratio [%]	0.00
13	Initial coordinate generation & round coordinate offset value [mm]	0.00
14	Wrap setting	Effective
15	The number of the RND-ZERO output in wrap range	1
16		
17	Mechanism limit parameter setting	Follow ABZO setting
18		
19	Mechanism protection parameter setting	Follow ABZO setting
20		
21	JOG/HOME/ZHOME operation setting	Prioritize ABZO setting
22	JOG/HOME/ZHOME command filter time constant [ms]	1
23	JOG/HOME/ZHOME operating current [%]	100.0
24	(JOG) Travel amount [mm]	0.01
25	(JOG) Operating speed [mm/s]	10.00
26	(JOG) Acceleration/deceleration rate [m/s^2]	10.00000
27	(JOG) Starting speed [mm/s]	5.00
28	(JOG) Operating speed (high) [mm/s]	50.00
29	(ZHOME) Operation speed [mm/s]	50.00
30	(ZHOME) Acceleration/deceleration rate [m/s^2]	10.00000
31	(ZHOME) Starting speed [mm/s]	5.00
32	(HOME) Home-seeking mode	3 sensors
33	(HOME) Starting direction	Positive direction
34	(HOME) Acceleration/deceleration rate [m/s^2]	10.00000
35	(HOME) Starting speed [mm/s]	5.00
36	(HOME) Operating speed [mm/s]	10.00

รูปที่ 4.16 ทำการเชื่อมต่อข้อมูลและตั้งค่า Parameter ของ AC Stepping Motor ผ่านโปรแกรม MEXE02



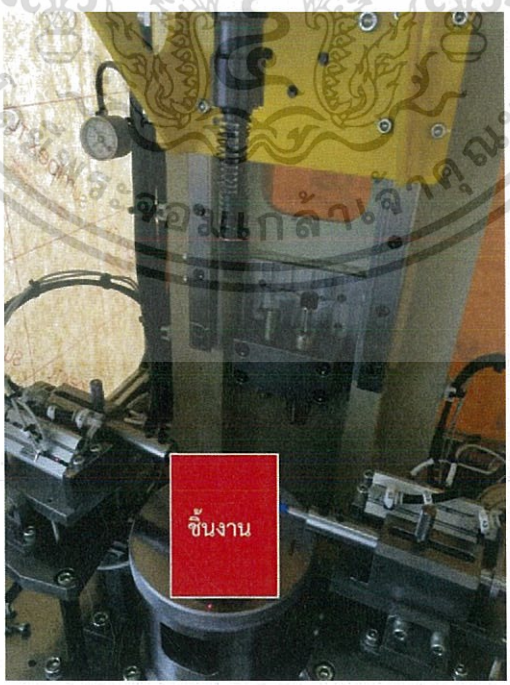
รูปที่ 4.17 ทำการเขียนโปรแกรมขั้นบันได (Ladder Diagram) เพื่อควบคุมเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลง PLC

หลังจากทำการเชื่อมต่อและตั้งค่าโปรแกรมเพื่อสั่งการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้แล้วก็เข้าสู่กระบวนการทดสอบการทำงาน (Test Run) เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องจักรให้ทำตามขั้นตอนการทำงานตามลำดับขั้นตอนที่ลูกค้าต้องการ และเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องนั้นสามารถทำงานได้ปกติหรือไม่



รูปที่ 4.19 ทำการทดสอบการขันนัทประกอบชุดกังหันเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการพบปะลูกค้าเพื่อรับข้อติชมและความคิดเห็นสำหรับเครื่องจักร

เมื่อทำการทดสอบการทำงานและเก็บรายละเอียดแล้ว ลูกค้าจึงติดต่อเข้ามาดูความเรียบร้อยของเครื่อง Turbine Balance Machine ว่าพร้อมส่งไปยังบริษัททางลูกค้าแล้วหรือไม่

รูปที่ 4.20 ลูกค้าทดสอบเครื่อง Turbine Balance Machine

จากผลการดำเนินงานทั้งหมดที่ได้กล่าวมา บ่งบอกว่าขั้นตอนการผลิตเครื่องขันนัทประกอบชุดเทอร์โบหรือ Turbine Balance Machine นั้นมีขั้นตอนการผลิตที่เยอะ อันเนื่องจากเครื่องจักรที่ถูกผลิตขึ้นมานี้จะต้องถูกนำไปใช้งานผลิตขันนัทประกอบชุดกังหันนี้เป็นจำนวนมาก จึงต้องผ่านกระบวนการออกแบบ โปรแกรม การเช็คแต่ละขั้นตอน และอื่นๆมากมาย เพื่อความถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพพอตามที่ลูกค้าหวังไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานชิ้นนี้จัดทำเพื่อความต้องการของลูกค้านั่นคือบริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่จัดทำชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเทอร์โบชาร์จเจอร์ กังหันเทอร์โบ และอื่นๆที่เกี่ยวข้องกันในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยโครงงานนี้ต้องขอขอบคุณทางบริษัท เอ.ไอ.อินดัสตรี้ จำกัดที่เอื้ออำนวยให้ตัวข้าพเจ้าได้เข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตเครื่อง Turbine Balance Machine นี้

โดยโครงงานนี้ที่ถูกจัดทำขึ้นต้องผ่านกระบวนการหลายอย่างมากมาย เพื่อจะออกมาเป็นเครื่องจักรที่สามารถนำไปผลิตหรือประกอบชิ้นส่วนของชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการนั้น ต้องเริ่มตั้งแต่การออกระบบไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักร การ Wiring เครื่องจักร จนกระทั่งการโปรแกรมไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถเชื่อมต่อถึงกัน หรือแม้กระทั่งจนเครื่องจักรสามารถทำงานเพื่อผลิตชิ้นงานได้ ซึ่งทางบริษัทลูกค้าเอง เล็งเห็นว่าการผลิตโดยใช้เครื่องจักรแทนแรงงานนั้นย่อมมีประสิทธิภาพและมีความรวดเร็วมากกว่า ไม่ว่าจะด้านการคำนวณหรือการประกอบเชิงกล เครื่องจักรย่อมทำได้ดีกว่า จึงได้สั่งจัดทำเครื่องจักรนี้ขึ้นเพื่อแทนแรงงานที่จะประกอบชิ้นงาน ให้แรงงานกลายเป็นผู้ปฏิบัติการสั่งการเครื่องจักรแทน

จากการทดลองทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองมาตั้งแต่การออกแบบไฟฟ้า การจัดทำตู้ควบคุมและตู้ปฏิบัติการ การเขียนโปรแกรมไฟฟ้าควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จนกระทั่งการทดสอบการทำงานเครื่องจักร กระบวนการทั้งหมดทำให้เราเห็นว่างานที่เราทำมาทั้งหมดนั้นเป็นการทำงานอย่างมีขั้นตอนอย่างมีระบบ ซึ่งเมื่อเครื่องจักรได้ถูกส่งไปยังบริษัทลูกค้าก็จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ลูกค้าหวังไว้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

1. ความรู้ที่เจอในขณะทำการผลิตเครื่องจักรไม่เพียงพอสำหรับแก้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาคือหมั่นเปิดคู่มือต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานอุปกรณ์ วิธีการตั้งค่าโปรแกรมไฟฟ้า และอื่นๆอีกมากมาย

2. เกิดปัญหาอันเนื่องจากการประกอบเครื่องจักรไม่ตรงกับที่ออกแบบไว้ วิธีแก้ปัญหาคือทำการเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อและทำการทดสอบเครื่องจักรให้แล้วเสร็จ

3. ความล่าช้าจากตารางการทำงานอันเนื่องจากอุปกรณ์ในการติดตั้งลงตู้ควบคุมหรือตู้ปฏิบัติการ วิธีแก้ปัญหาคือ จัดการตารางทำงานให้ดีและคำนวณระยะเวลาการติดตั้งต่างๆให้กระชับอย่างมีระบบ จนสามารถทำการส่งเครื่องจักรทันกำหนดเวลาได้

4. เกิดปัญหาจากการพบปะลูกค้า เมื่อลูกค้าต้องการเพิ่มอุปกรณ์หรือเพิ่มขั้นตอนการทำงานตามที่ลูกค้าต้องการ วิธีแก้ปัญหาคือเร่งทำการแก้ไขเพื่อให้ทันพร้อมส่ง ซึ่งบางอย่างที่ลูกค้าต้องกานั้นมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยากลำบาก ก็ต้องหาวิธีให้ได้ไม่ว่าอาจจะทำงานล่วงเวลา หรือนำงานกลับไปทำที่บ้าน เพื่อให้งานลุล่วงทันเวลาที่กำหนดในตารางการทำเครื่องจักร

5.3 ข้อเสนอแนะจากการทำโครงงาน

1. ควรมีการพบปะลูกค้าหรือคุยกันทุกๆสัปดาห์เพื่อปรับความเข้าใจขั้นตอนการทำงานหรือชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรให้มีการอัพเดทอยู่ตลอด

2. ควรมีการสื่อสารกันระหว่างแผนกให้มีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

5.4 แนวทางค้นคว้าพัฒนา

1. ทางบริษัท มิซึบิชิ เทอร์โบชาร์จเจอร์ เอเชีย จำกัด มีคามประสงค์จากพัฒนาเครื่องจักรเพิ่มเติม คือ เพิ่มตัวฉีดกาว (Moleyoke) ก่อนขันนัทลงไปประกอบกังหันเทอร์โบ ทำให้เมื่อขันนัทลงจะแน่นขึ้นจนไม่สามารถไขออกได้อีก เพื่อไม่ให้กังหันทั้ง 2 ด้านออกจากแกนเดียวกัน

2. แนวทางพัฒนาเพิ่มเติม เพิ่มเครื่องอ่านบาร์โค้ดประเภท 2D ขึ้น เพื่อตรวจสอบกังหันเทอร์โบที่จะนำมาใช้นั้นตรงกับรุ่นสำหรับเครื่องนี้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **การ Simulation โปรแกรม PLC โดยใช้ GX WORKS2.** (ม.ป.ป.). เข้าได้ถึงจาก: http://plcsanook.com/?p=899 (วันที่ค้นข้อมูล: 19 พ.ย. 2559)

[2] **MELSEC-Q/L Programming Manual (Common Instruction).** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc/.../sh080809engs.pdf (วันที่ค้นข้อมูล: 20 พ.ย. 2559)

[3] **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ AVR.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/avr_knowledge.php (วันที่ค้นข้อมูล: 20 พ.ย. 2559)

[4] **เซอร์กิตเบรกเกอร์ CIRCUIT BREAKER.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.sci-tech-service.com/article/CB/circuitbreaker.htm (วันที่ค้นข้อมูล: 21 พ.ย. 2559)

[5] **AR Series - Oriental Motor.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: www.orientalmotor.com/products/pdfs/2009-2010/C/AR_series_USA.pdf (วันที่ค้นข้อมูล: 21 พ.ย. 2559)

[6] **SDNR_AC NUTRUNNER_User's Manual.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: www.zjfcbj.com/downloadsfront.do?method=picker&flag=all&id...20... (วันที่ค้นข้อมูล: 21 พ.ย. 2559)

[7] **HMI Programming.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: http://www.energyscopethai.com/hmi-programming/ (วันที่ค้นข้อมูล: 22 พ.ย. 2559)

[8] **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: 23 พ.ย. 2559)

[9] **Data setting software MEXE02 <AR Series> - Oriental Motor.** (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก: www.orientalmotor.com/products/pdfs/opmanuals/HM-40069E.pdf (วันที่ค้นข้อมูล: 24 พ.ย. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้