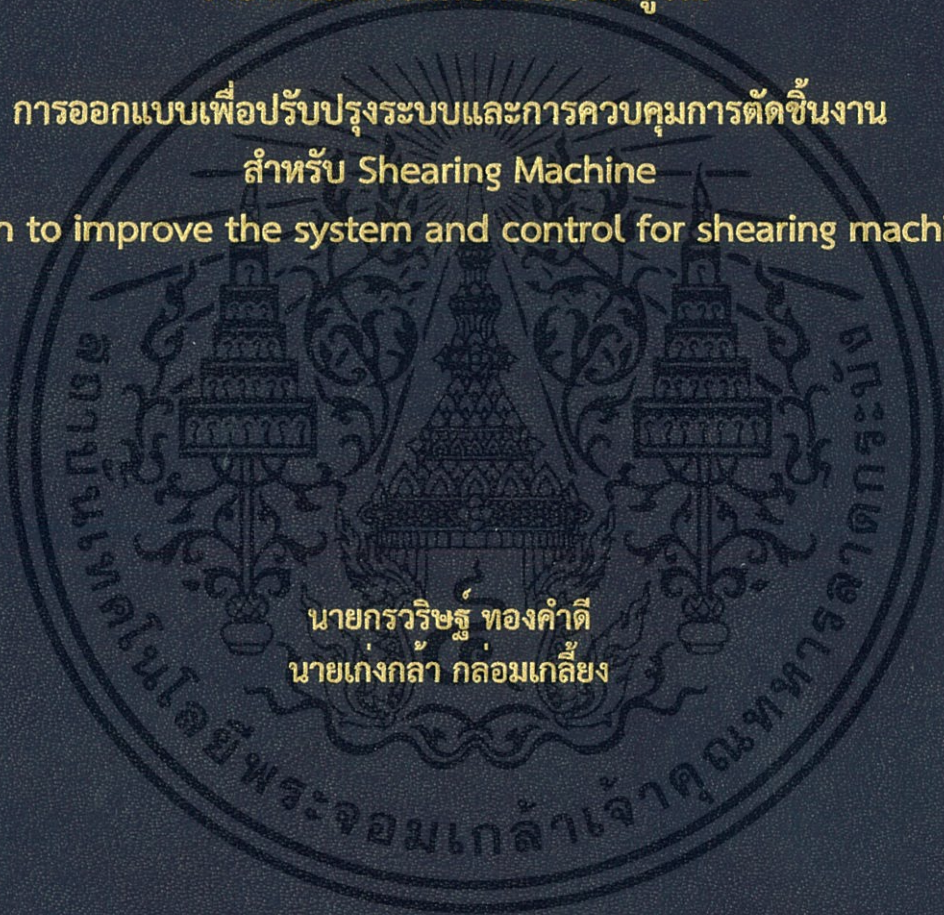




รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบและการควบคุมการตัดชิ้นงาน  
สำหรับ Shearing Machine

Design to improve the system and control for shearing machine



นายกรวิชฐ์ ทองคำดี  
นายเก่งกล้า กล่อมเกลี้ยง

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบและการควบคุมการตัดชิ้นงาน  
สำหรับ Shearing Machine

Design to improve the system and control for shearing machine

นายกรวิชฐ์ ทองคำดี

นายเก่งกล้า กล่อมเกลี้ยง

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบและการควบคุมการตัดชิ้นงาน

สำหรับ Shearing Machine

ชื่อ - สกุล นักศึกษา นายกรวริษฐ์ ทองคำดี

นายเก่งกล้า กล่อมเกลี้ยง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ - สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.วิริยะ กองรัตน์ รศ.ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์ และ ดร.นภศูล วงษ์วานิช

ชื่อ - สกุล ผู้นิเทศงาน นายยุทธนา ทองบัวสุวรรณ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด

### บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้ได้อธิบายถึงการวางแผนการดำเนินงานและการปรับปรุงเครื่อง Shearing Machine ที่มีอายุการใช้งานประมาณ 30 ปีให้ดีขึ้น ซึ่งระบบเก่าเป็นระบบการควบคุมแบบแมนนวลและไม่มีแบบไฟฟ้าจึงทำให้ยากต่อการซ่อมบำรุง ปรับปรุงโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆใหม่รวมไปถึงการออกแบบระบบไฟฟ้าและตู้ควบคุมใหม่ที่เป็นารควบคุมแบบอัตโนมัติโดยมีหน้าจอสกรีนในการสั่งการ ซึ่งควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล ในการควบคุมระยะในการตัดชิ้นงานจะใช้เซอร์โวมอเตอร์ของมิตซูบิชิ เพื่อให้การตัดชิ้นงานนั้นมีความแม่นยำ โดยแบ่งการปฏิบัติงานออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1.ศึกษาข้อมูลต่างๆและอุปกรณ์ที่ใช้ 2.สำรวจหน้างานเพื่อเก็บข้อมูล 3.ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้าและตู้ควบคุม ศึกษาการออกแบบหน้าจอสกรีนและโปรแกรม PLC 4.ติดตั้งระบบไฟฟ้าและตู้ควบคุมใหม่ และ 5.ทดสอบการตัดชิ้นงานก่อนดำเนินงานจริง โดยกระบวนการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นการออกแบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้งานตั้งไว้และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

คำสำคัญ : ปรับปรุง,การควบคุมแบบแมนนวล,การควบคุมแบบอัตโนมัติ,สกรีน,เซอร์โวมอเตอร์

**Cooperative Title:** Design to improve the system and control for shearing machine

**Student intern name:** Mr. Kornwarit Thongkhamdee

Mr. Kengkla Klomkeing

**Faculty:** Engineering **Department** Instrumentation and Control Engineering

**Advisor name:** Assoc. Prof. Viriya Kongratana, Assoc. Prof. Dr. Suphan Gulpanich,

Dr. Noppasoon Wongwannit

**Mentor name:** Mr. Yuttana Thongbuasuwan

**Company:** Industrial Provision Co., Ltd.

### ABSTRACT

The completed Cooperative Education report explain to Conspire operation and improving Shearing Machine that have useful life 30 years for get better. That old system is Manual control system and Have no electrical design so,it's too difficult for maintanance. Improving by change new equipment including electrical system design and new control cabinet that is controlling by automatic control that command by touch screen.And controlling by PLC Program, In workpiece cutting distance control will use Servo Motor of Mitsubishi for in order to workpiece cutting have an accuracy. By seperate practice work to 5 step : 1. Studing information and equipment 2. Site survey for keep data. 3. Studing electrical system design and control cabinet. Studing touch screen design and PLC Program. 4. Install electrical system and new control cabinet. 5. Testing workpiece cutting before actual work. By This operation process will stress design according to user require, according to the objective and save a most cost.

**Keywords:** improve, manual control, automation control, touch screen, servo motor

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เรื่องการออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบและการควบคุมการตัดชิ้นงานสำหรับ Shearing Machine นี้สำเร็จไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด และพี่ๆแผนก Service & Engineer ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียน ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.วิริยะ กองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และให้ข้อคิดในการแก้ไขปัญหา รวมถึงช่วยตรวจทาน แก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด ที่มอบโอกาสในการเข้ามาทำสหกิจศึกษา ประจำปีการศึกษา 2561 นี้ รวมถึง คุณยุทธนา ทองบัวสุวรรณ ผู้นิเทศงาน และคุณปราโมทย์ เส็งเจริญ ซึ่งเป็นผู้ดูแลและคอยให้คำปรึกษาตลอดจนปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว เป็นอย่างสูง ที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจ รวมถึงการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ มาด้วยดีตลอด จนทำให้เกิดเป็นแรงผลักดันในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้ประสบความสำเร็จและผ่านลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

นายกรวิชฐ์ ทองคำดี

นายเก่งกล้า กล่อมเกลี้ยง

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 ความรู้เกี่ยวกับเครื่อง Shearing Machine.....	4
2.2.1 โครงสร้างของเครื่อง Shearing Machine.....	4
2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor).....	8
2.3.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์.....	9
2.3.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	10
2.3.3 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	10
2.3.4 หน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์.....	11
2.3.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	11
2.3.5.1 PLC.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.5.2 เซอร์โวไดรฟ์ .....	12
2.3.5.3 เซอร์โวมอเตอร์.....	12
2.4 AC Servo Motor.....	12
2.4.1 หน้าที่ของ AC Servo Motor .....	13
2.4.1.1 การควบคุมตำแหน่ง.....	13
2.4.1.2 การควบคุมความเร็ว.....	13
2.4.1.3 การควบคุมแรงบิด.....	13
2.4.2 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์.....	13
2.4.2.1 โรตารีเซอร์โวมอเตอร์.....	13
2.4.2.2 ลิเนียร์เซอร์โวมอเตอร์.....	14
2.4.2.3 ไดรฟ์ไดรฟ์มอเตอร์.....	14
2.4.3 ชุดเบรกของเซอร์โวมอเตอร์.....	14
2.4.3.1 ไดนามิกเบรก.....	14
2.4.3.2 อิเล็กทรอนิกส์เบรก.....	14
2.4.3.3 รีเจนเนอเรทีฟเบรก.....	14
2.5 ประเภทของเซอร์โวไดรฟ์.....	15
2.5.1 ประเภท A.....	15
2.5.2 ประเภท B.....	15
2.5.3 ประเภท GF.....	16
2.6 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder).....	16
2.6.1 หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์.....	16
2.6.1.1 Incremental Encoder.....	17

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.1.2 Absolute Encoder.....	19
2.7 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม.....	22
2.7.1 ความหมายของ PLC.....	22
2.7.2 Programable Logic control.....	22
2.7.3 ส่วนประกอบของ PLC.....	23
2.7.4 ประเภทของ PLC.....	28
2.7.5 ขนาดของ PLC.....	29
2.7.6 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม.....	30
2.7.7 อุปกรณ์การโปรแกรม.....	34
2.7.8 ความสามารถของ PLC.....	35
2.7.9 การติดตั้ง PLC.....	35
2.7.10 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC.....	36
2.8 Human Machine Interface (HMI).....	36
2.8.1 คุณสมบัติของ HMI.....	37
2.9 Communication ที่ใช้ในโรงงาน.....	37
2.9.1 RS-485.....	37
2.10 Hardware ที่ใช้ในโรงงาน.....	41
2.10.1 Servo Motor Mitsubishi Series (HG-JR903B).....	41
2.10.2 Servo Drive Mitsubishi MR-J4-11KA.....	42
2.10.3 PLC Mitsubishi MELSEC iQF-FX5U-80m.....	42
2.10.4 Touch Screen HMI Mitsubishi Series GT2105-QTBDS.....	45
2.10.5 Inverter Fuji Frenic-Mega (FRN-G1).....	46

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.10.6 Magnetic Contactor .....	48
2.10.7 Switch .....	49
2.10.8 Relay .....	49
2.11 Software ที่ใช้ในโรงงาน .....	52
2.11.1 MELSOFT GX Works3 .....	52
2.11.2 GT Designer3 .....	54
2.11.3 Gstar CAD .....	55
2.11.4 MR Configurator2 .....	55
2.11.5 DriveWizard Plus .....	56
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานและการออกแบบ .....</b>	<b>57</b>
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโครงการ .....	57
3.2 การสำรวจหน้างานเพื่อออกแบบ .....	57
3.3 ศึกษาการออกแบบ .....	58
3.3.1 ศึกษาการออกแบบตู้ควบคุม .....	58
3.3.2 ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า .....	66
3.3.3 ศึกษาการออกแบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) .....	74
3.3.4 ศึกษาการออกแบบหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI) .....	95
3.4 การติดตั้งระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม .....	103
3.5 ทดสอบการทำงานหลังจากปรับปรุงก่อนดำเนินงานจริง .....	104
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน .....</b>	<b>106</b>
4.1 ผลการตรวจสอบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า .....	106

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.1 Supplier Inspection Punch List.....	106
4.1.2 Panel Testing Checklist.....	106
4.1.3 Power on Test Report.....	106
3.3.4 ศึกษาการออกแบบหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI).....	95
4.2 ผลการออกแบบหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน.....	110
4.3 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานหลังติดตั้ง.....	115
<b>บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>122</b>
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	122
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	122
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา.....	123
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	123
บรรณานุกรม.....	124
ภาคผนวก.....	125
ประวัติผู้เขียน.....	134

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม .....	23
2.2 การจำแนกขนาดของ PLC .....	30
2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของ RS-232, RS-423, RS-422 และ RS-485.....	39
2.4 แสดงคุณสมบัติของ PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m.....	44
2.5 แสดงคุณสมบัติของ Touch Screen HMI Mitsubishi GT2105-QTBDS .....	45
3.1 PLC Input Tag List.....	81
3.2 PLC Output Tag List.....	84
4.1 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 227 มิลลิเมตร.....	116
4.2 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 265 มิลลิเมตร.....	116
4.3 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 310 มิลลิเมตร.....	117
4.4 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 370 มิลลิเมตร.....	117
4.5 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 375 มิลลิเมตร.....	118
4.6 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 405 มิลลิเมตร.....	118
4.7 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 510 มิลลิเมตร.....	119
4.8 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 725.1 มิลลิเมตร .....	119
4.9 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 990.1 มิลลิเมตร .....	120
4.10 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1197.1 มิลลิเมตร.....	120
4.11 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1222 มิลลิเมตร .....	121
4.12 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1650 มิลลิเมตร .....	121

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ Shearing Machine .....	5
2.2 ส่วน coil car.....	5
2.3 ส่วน uncoiller.....	6
2.4 ส่วน leveller .....	6
2.5 ส่วน loop .....	6
2.6 ส่วน feeder roll .....	7
2.7 ส่วน shear.....	7
2.8 ส่วน conveyor.....	7
2.9 ส่วน lifter piler.....	8
2.10 เซอร์โวมอเตอร์.....	8
2.11 โครงสร้าง AC Servo Motor.....	9
2.12 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	10
2.13 PLC หรือหน่วยคำสั่ง.....	11
2.14 เซอร์โวไดรฟ์ (Servo Drive).....	12
2.15 โรตารีเซอร์โวมอเตอร์.....	13
2.16 ลิเนียร์เซอร์โวมอเตอร์.....	14
2.17 ไตรเฟสไดรฟ์มอเตอร์.....	14
2.18 เซอร์โวไดรฟ์ประเภท A.....	15
2.19 เซอร์โวไดรฟ์ประเภท B.....	15
2.20 เซอร์โวไดรฟ์ประเภท GF.....	16
2.21 ส่วนประกอบเบื้องต้นของเอ็นโค้ดเดอร์.....	17
2.22 แสดงสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมของแสงเฟส A กับ B.....	18

## สารบัญญภาพ(ต่อ)

	หน้า
2.23 ตัวอย่างแผ่นดิสก์ของเอ็นโค้ดเดอร์แบบ Incremental .....	18
2.24 แสดงความละเอียด 2 เท่า และ 4 เท่า.....	19
2.25 ตัวอย่างแผ่นดิสก์ของเอ็นโค้ดเดอร์แบบ Absilute.....	20
2.26 แสดงไบนารีโค้ดของเอ็นโค้ดเดอร์ .....	20
2.27 แสดงเกรย์โค้ดของเอ็นโค้ดเดอร์.....	21
2.28 โครงสร้างส่วนประกอบของ PLC .....	24
2.29 ลำดับการทำงานในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC .....	25
2.30 ส่วนประกอบของ CPU .....	26
2.31 โครงสร้างของ PLC และหน่วยความจำ.....	27
2.32 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต.....	28
2.33 ตัวอย่างอุปกรณ์ส่วนเอาต์พุต .....	28
2.34 PLC ชนิดบล็อก.....	29
2.35 PLC ชนิดโมดูล.....	29
2.36 Ladder Diagram .....	31
2.37 Function Block Diagram .....	32
2.38 Instruction List.....	32
2.39 Structure List.....	33
2.40 Sequential Function.....	33
2.41 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ.....	34
2.42 การต่อ PC กับ PLC .....	34
2.43 หน้าจอ Human Machine Interface (HMI) .....	36
2.44 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ RS-485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวแปลงสัญญาณ.....	38

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
2.45 ตัวอย่างการทำงานของ RS-485 แบบ Network.....	39
2.46 Servo Motor Series (HG-JR903B).....	41
2.47 Servo Drive MR-J4-11KA .....	42
2.48 PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m .....	43
2.49 CPU Module .....	43
2.50 I/O Module .....	44
2.51 Touch Screen Mitsubishi รุ่น GT2105-QTBDS.....	45
2.52 Inverter Fuji Frenic-Mega (FRN-G1).....	46
2.53 แผนผังหลักการทำงานของ Inverter .....	47
2.54 แมกเนติกคอนแทกเตอร์.....	48
2.55 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch).....	49
2.56 ลักษณะของรีเลย์.....	50
2.57 PLC การต่อใช้งานจากรีเลย์.....	51
2.58 ตัวอย่างโปรแกรม MELSOFT GX Works3.....	53
2.59 ระบบปฏิบัติการที่รองรับ MELSOFT GX Works3 .....	53
2.60 การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับหน้าจอตชสกรีน.....	54
2.61 ตัวอย่างโปรแกรม GT Designer3.....	54
2.62 ตัวอย่างโปรแกรม Gstar CAD .....	55
2.63 ตัวอย่างโปรแกรม MELSOFT MR Configurator2.....	56
2.64 ตัวอย่างโปรแกรม DriveWizard Plus.....	56
3.1 ตัวอย่างภาพจากการสำรวจหน้างาน .....	58
3.2 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (SIDE VIEW).....	59

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
3.3 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (FRONT VIEW).....	59
3.4 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (BOTTOM VIEW).....	60
3.5 ส่วนประกอบข้างในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า.....	60
3.6 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (FRONT VIEW).....	61
3.7 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (SIDE VIEW).....	61
3.8 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (REAR VIEW).....	62
3.9 ภาพถ่ายของส่วนการสั่งงานและแสดงผลของ Uncoil & Leveller.....	62
3.10 แผงควบคุมในส่วน Shearing (FRONT VIEW).....	63
3.11 แผงควบคุมในส่วน Shearing (SIDE VIEW).....	63
3.12 แผงควบคุมในส่วน Shearing (REAR VIEW).....	64
3.13 เลย์เอาต์ของส่วนการสั่งงานและแสดงผลของ Main Control Desk Shearing.....	64
3.14 แผงควบคุมในส่วน Piler & Lifter (SIDE VIEW).....	65
3.15 แผงควบคุมในส่วน Piler & Lifter (REAR VIEW).....	65
3.16 เลย์เอาต์ของส่วนการสั่งงานและแสดงผลของ Piler & Lifter.....	66
3.17 Single Line Diagram of Shearing Machine.....	66
3.18 Circuit Diagram ของ Power Supply.....	67
3.19 Circuit Diagram ของมอเตอร์ในส่วน coil car, uncoil, leveller.....	67
3.20 Circuit Diagram ของมอเตอร์ในส่วน feeder, shear, conveyer.....	68
3.21 Circuit Diagram ของมอเตอร์ในส่วน car travers, lifter, roller lifter, roller2.....	68
3.22 Circuit Diagram ของมอเตอร์ในส่วน blower.....	69
3.23 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5U-80MT/ES I/O Module X1-X7 และY1-Y7.....	69
3.24 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5U-80MT/ES I/O Module X10-X27 และY10-Y27....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

3.25 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5U-80MT/ES I/O Module X30-X47 และ Y30-Y47 ...	70
3.26 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5-16EX/ES I/O Module X50-X67 .....	71
3.27 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5-16EX/ES I/O Module X70-X87 .....	71
3.28 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5-16EX/ES I/O Module X90-XA7 .....	72
3.29 Circuit Diagram ของ PLC Module FX5-32MT/ES I/O Module X80-XC7 และ Y50-Y67.....	72
3.30 Circuit Diagram ของ Solinoid Valve 1-8.....	73
3.31 Circuit Diagram ของ Solinoid Valve 9-16 .....	73
3.32 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงการบนโปรแกรม MELSOFT GX Works3 .....	74
3.33 การสร้าง New Project .....	75
3.34 การเลือกประเภทของ PLC ในการสร้าง Project .....	75
3.35 การตั้งค่าโมดูล.....	76
3.36 การเพิ่มโมดูล FX5-4DA-ADP ในการตั้งค่าโมดูล.....	76
3.37 การเพิ่มโมดูล FX5-16EX/ES ในการตั้งค่าโมดูล.....	77
3.38 การเพิ่มโมดูล FX5-32ER/ES ในการตั้งค่าโมดูล.....	77
3.39 การ Fix โมดูล .....	78
3.40 การกำหนดค่า IP Address .....	78
3.41 การปรับค่า Parameter ของโมดูล Analog Input .....	79
3.42 การปรับค่า Parameter ของโมดูล D/A Output .....	79
3.43 ฟังก์ชันคำสั่งแบบ Instruction ในการเขียน Ladder Diagram.....	79
3.44 ตัวอย่าง Ladder Diagram ในโปรแกรม MELSOFT GX Works3 .....	81
3.45 การเลือกชนิดการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และ PLC .....	86
3.46 การดาวน์โหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์สู่ PLC .....	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

XIV

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
3.47 Coil Car ลอจิก.....	87
3.48 การทำงานของ Coil Car.....	88
3.49 Uncoller ลอจิก.....	88
3.50 การทำงานของ Uncoiller.....	89
3.51 Leveller ลอจิก.....	89
3.52 การทำงานของ Leveller.....	90
3.53 Loop ลอจิก.....	90
3.54 การทำงานของ Loop.....	90
3.55 Feeder Roll ลอจิก.....	91
3.56 การทำงานของ Feeder Roll.....	91
3.57 Shear ลอจิก.....	92
3.58 การทำงานของ Shear.....	92
3.59 Conveyor ลอจิก.....	93
3.60 การทำงานของ Conveyor.....	93
3.61 Lifter ลอจิก.....	94
3.62 การทำงานของ Lifter.....	94
3.63 ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI).....	95
3.64 ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI) (ต่อ).....	95
3.65 การสร้าง Project ในโปรแกรม MELSOFT GT Designer3 (GOT2000).....	96
3.66 การสร้าง Project ในโปรแกรม MELSOFT GT Designer3 (GOT2000) (ต่อ).....	96
3.67 การกำหนดประเภทของทัชสกรีน.....	97
3.68 หน้าต่างตรวจสอบการตั้งค่า.....	97

## สารบัญภาพ(ต่อ)

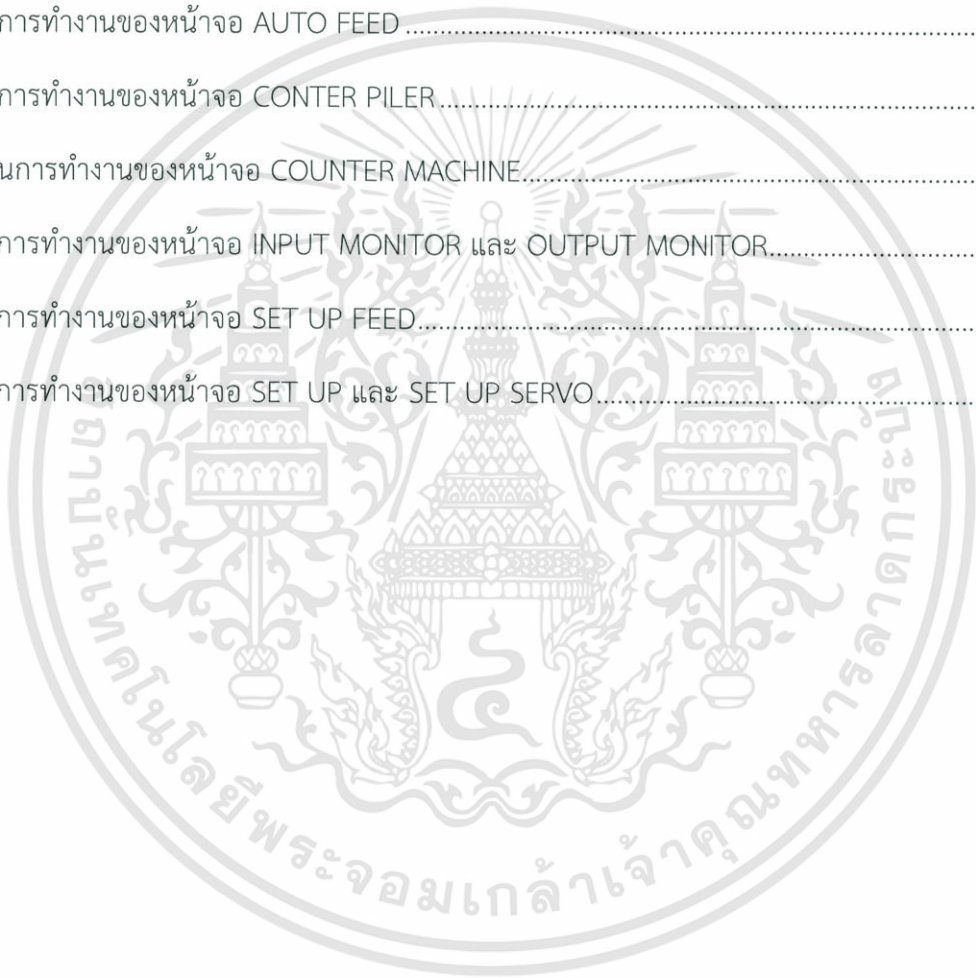
	หน้า
3.69 การเลือกชนิดของ PLC ที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าจอตช์สกรีน.....	98
3.70 การกำหนดชนิดการสื่อสารกับหน้าจอตช์สกรีน.....	98
3.71 การกำหนดรายละเอียดของหน้าจอตช์สกรีน.....	98
3.72 การตรวจสอบการตั้งค่าชนิด PLC ที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าจอตช์สกรีน.....	99
3.73 การตรวจสอบอุปกรณ์เปลี่ยนหน้าจอของหน้าจอตช์สกรีน.....	99
3.74 การตรวจสอบการตั้งค่าด้วยตัวช่วยติดตั้ง.....	100
3.75 หน้าจอพื้นฐานของ GOT2000.....	100
3.76 การเลือก Switch ใน MELSOFT GT Designer3.....	101
3.77 การเลือก Numerical Display ใน MELSOFT GT Designer3.....	101
3.78 การสร้าง Tag ใน MELSOFT GT Designer3.....	102
3.79 การดาวน์โหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์สู่ GOT2000.....	102
3.80 การถอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าเก่า.....	103
3.81 การติดตั้งตู้ควบคุมและ wiring สายไฟ.....	103
3.82 การลงโปรแกรมให้กับ PLC และหน้าจอตช์สกรีน.....	104
3.83 การตรวจสอบ Input และ Output ของ PLC.....	104
3.84 ทดสอบการตัดชิ้นงาน.....	105
4.1 เอกสารตรวจสอบ Supplier Inspection Punch List.....	107
4.2 เอกสารตรวจสอบ Panel Testing Checklist.....	108
4.3 เอกสารตรวจสอบ Power on Test Report.....	109
4.4 หน้าจอ AUTO FEED.....	110
4.5 หน้าจอ COUNTER PILER.....	110
4.6 หน้าจอ AUTO EXPAND & DELAY PILER.....	111
4.7 หน้าจอ INPUT MONITOR.....	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
4.8 หน้าจอ OUTPUT MONITOR.....	112
4.9 หน้าจอ COUNTER MACHINE .....	112
4.10 หน้าจอ SET UP .....	112
4.11 หน้าจอ SET UP FEED .....	113
4.12 ผลการทำงานของหน้าจอ AUTO FEED .....	113
4.13 ผลการทำงานของหน้าจอ CONTER PILER.....	114
4.14 แผนการทำงานของหน้าจอ COUNTER MACHINE.....	114
4.15 ผลการทำงานของหน้าจอ INPUT MONITOR และ OUTPUT MONITOR.....	114
4.16 ผลการทำงานของหน้าจอ SET UP FEED.....	115
4.17 ผลการทำงานของหน้าจอ SET UP และ SET UP SERVO.....	115



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2545 โดยทีมวิศวกรผู้มากประสบการณ์ในวงการไฟฟ้าและการควบคุมทางไฟฟ้า เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการออกแบบจัดสร้างระบบควบคุมตามความต้องการของลูกค้าและเป็นทีปรึกษาด้านวิศวกรรมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เช่น โรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ โรงงานอุตสาหกรรมแปงและยางพารา โรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานอุตสาหกรรมผลิตโลหะเส้นและท่อโลหะ ผู้ผลิตเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น โดยทางบริษัทแบ่งแยกประเภทงานออกเป็น งานระบบไฟฟ้าติดตั้งเดินสายไฟฟ้าควบคุม งานระบบควบคุมตลอดจนอุปกรณ์จับสัญญาณอุณหภูมิแรงดัน งานระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมประกอบด้วย SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition Software), PC Base Controller (Made to Order) งานสินค้าอุตสาหกรรมทั่วไปประกอบด้วย Inverter, DC Drive, Geared Motor, AC Motor, DC Motor, Servo Drive, Servo Motor, PLC, Encoder, Tachogenerator, Position Controller

ซึ่งบริษัทอินดัสเตรียลโพรวิชั่นแบ่งแผนกออกเป็น ฝ่ายบัญชี (Admin) ฝ่ายขาย (Sales) ฝ่ายออกแบบและบริการ (Engineering & Service) สำหรับโปรเจกต์นี้แผนกที่นักศึกษาได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา คือแผนก ฝ่ายออกแบบและบริการ (Engineering & Service) ซึ่งโครงการที่นักศึกษาได้รับมอบหมายคือ งานออกแบบระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมระบบใหม่ซึ่งเป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติแทนที่ระบบเก่าที่เป็น การควบคุมแบบแมนนวล สำหรับเครื่อง Shearing Machine ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดโลหะม้วนของบริษัท ศูนย์บริการเหล็กสยาม จำกัด (มหาชน) หรือ Siam Steel Service Center Public Co., Ltd.

ด้วยเหตุนี้นักศึกษาจึงต้องวางแผนการดำเนินงาน ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า ผู้ควบคุม และทำการออกแบบโปรแกรมควบคุม PLC เพื่อไปติดตั้งแทนระบบไฟฟ้าเก่า เพื่อควบคุมให้เครื่อง Shearing Machine มีความแม่นยำความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพในการทำงานที่มากขึ้น ออกแบบส่วนแสดงผลและติดต่อผู้ใช้งาน Human Machine Interface (HMI) เพื่อให้สะดวกต่อการควบคุมรวมถึงง่ายต่อการซ่อมบำรุงของผู้ปฏิบัติการ ทำการติดตั้งและทดสอบการทำงานและการแสดงผลของเครื่องจักร ภายในระยะเวลาที่กำหนดตามแผนงาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า การออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ต่างๆภายในตู้ควบคุม
2. เพื่อศึกษาการออกแบบโปรแกรมควบคุม (PLC) ของบริษัทมิทซูบิชิสำหรับควบคุมการทำงานของ Shearing Machine ทั้งในส่วนของ Logic และส่วนแสดงผลติดต่อผู้ใช้งาน HMI
3. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่อง Shearing Machine
4. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ PLC, Inverter, Servo Motor
5. เพื่อศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในโครงการ

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า ออกแบบตู้ควบคุม ออกแบบโปรแกรมควบคุม PLC ของบริษัท มิทซูบิชิ โดยให้สามารถแสดงผลและสั่งการผ่านส่วนแสดงผลติดต่อผู้ใช้งาน HMI เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่อง Shearing Machine

## 1.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการทดลอง

1. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่อง Shearing Machine
2. สำรวจพื้นที่หน้างาน เก็บข้อมูลระบบไฟฟ้าระบบเก่า กำหนดพื้นที่ติดตั้งตู้ควบคุม
3. ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้า ออกแบบตู้ควบคุม ออกแบบโปรแกรมควบคุม PLC และออกแบบหน้าจอแสดงผลติดต่อผู้ใช้งาน HMI
4. จัดทำเอกสารแบบไฟฟ้า แบบควบคุม
5. ถอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบ Hard Wire System ระบบเก่า
6. ทำการติดตั้งตู้คอนโทรลระบบไฟฟ้า เข้าสายเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆของ Shearing Machine ติดตั้งโปรแกรมควบคุม PLC และส่วนแสดงผลติดต่อผู้ใช้งาน HMI
7. ทดสอบสัญญาณ Input Output ของระบบ รวมถึงทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการควบคุมของเครื่อง Shearing Machine ให้ได้ประสิทธิภาพตามความต้องการ ทำการปรับปรุงแก้ไขหากผลการทดสอบไม่เป็นตามผลที่คาดหวัง

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจกระบวนการทำงานของเครื่อง Shearing Machine
2. เข้าใจการออกแบบไฟฟ้าระบบควบคุม ออกแบบและการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆภายในตู้ควบคุม
3. เข้าใจและสามารถออกแบบเขียนโปรแกรมควบคุม PLC และ HMI รวมถึงการ Configuration อุปกรณ์ของบริษัท มิตซูบิชิ ได้
4. เข้าใจหลักการทำงานและวิธีใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการควบคุม เช่น Invertor, Servo Motor
5. เข้าใจการติดตั้งระบบไฟฟ้าและโปรแกรมควบคุมรวมถึงการทำทดสอบของระบบ
6. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและมีการคิดวิเคราะห์ห้อย่างเป็นระบบ
7. ได้รับประสบการณ์การทำงานในสถานที่ประกอบการจริง



## บทที่ 2

### ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บทนำ

ในบทนี้จะทำการกล่าวถึงข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรงงานตัด โลหะ รวมถึงวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุม และกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ในการทำโรงงานซึ่งจะกล่าวรายละเอียดของการทำงานแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อย ดังนี้

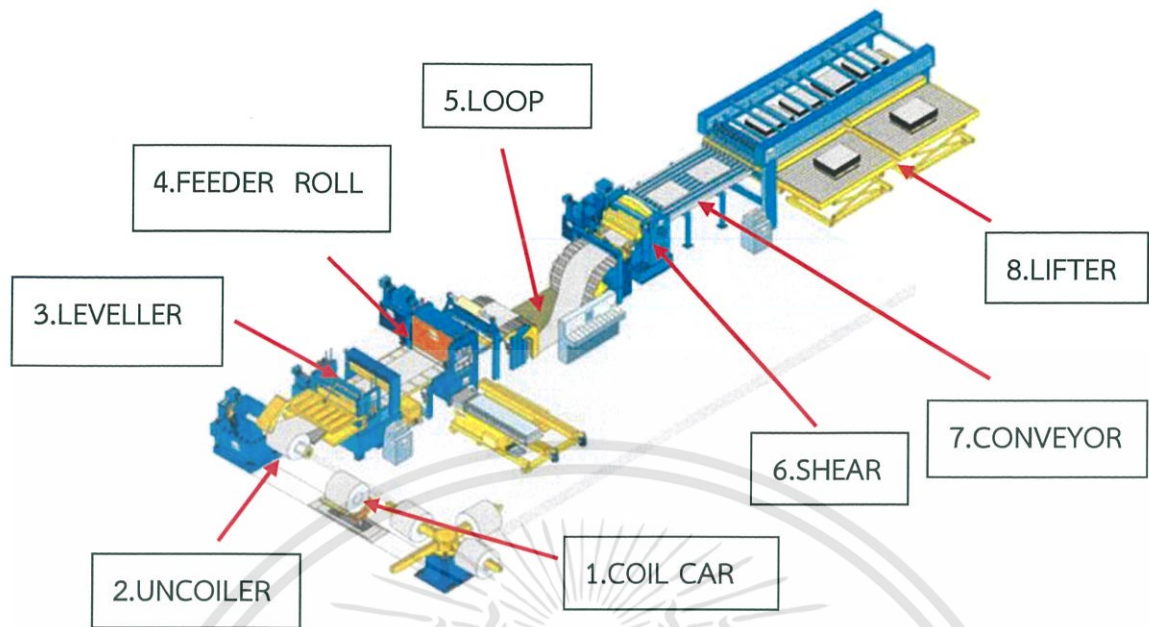
#### 2.2 ความรู้เกี่ยวกับเครื่อง Shearing Machine

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการตัดโลหะแผ่นพัฒนาไปมาก มีกรรมวิธีการตัดให้เลือกหลายวิธี ทำให้สามารถตัดชิ้นงานด้วยความแม่นยำสูง และตัดได้หนาขึ้นกว่าเดิมมาก อย่างไรก็ตาม ไม่มีกรรมวิธีการตัดแบบไหนที่จะเป็นคำตอบสำหรับทุกงาน ในวิธีการตัดแบบต่างๆก็มีข้อดี ข้อด้อยต่างกัน การเลือกวิธีการตัดให้เหมาะสมกับงานจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เหมาะสมกับความต้องการ และลดต้นทุนควบคู่ไปกับการเพิ่มโอกาสการแข่งขันทางการตลาด

การตัดแบ่งโลหะแผ่นที่มีลักษณะเป็นม้วน คือกระบวนการตัดแบ่งโลหะแผ่นที่มีลักษณะเป็นม้วนให้มีความกว้างและขนาดตามความต้องการ และโลหะแผ่นที่ถูกตัดแบ่งเสร็จแล้วจะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ เป็นต้น

##### 2.2.1 โครงสร้างของเครื่อง Shearing Machine

ในกระบวนการของเครื่องจักรก็จะนำโลหะแผ่นม้วนติดตั้งเข้าสู่กระบวนการเมื่อนำโลหะเข้าสู่กระบวนการแล้วระบบจะทำการดึงชิ้นงานไปตามไลน์เพื่อทำการคลายโลหะให้เป็นแผ่นและผ่านการรีดให้แผ่นโลหะเรียบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการการตัดแบ่งตามความกว้างและความยาวให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ แล้วเข้าสู่กระบวนการเก็บบรรจุแผ่นโลหะที่ตัดแบ่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อนำไปจำหน่ายหรือใช้ในการผลิตในขั้นตอนอื่นๆต่อไป และส่วนโครงสร้างของเครื่อง Shearing Machine สามารถแบ่งออกได้ 8 ส่วน ดังภาพข้างล่างนี้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของ Shearing Machine

1. Coil Car

เป็นที่สำรองโลหะม้วนไว้เพื่อรอโลหะม้วนที่อยู่ในกระบวนการคลายม้วนจนหมดและนำโลหะม้วนเข้ามาใส่ตรง uncoiler เพื่อทำการคลายม้วนต่อไป



ภาพที่ 2.2 ส่วน coil car

## 2. Uncoiler

ส่วนนี้จะทำการคลายม้วนโลหะให้โลหะเป็นแผ่นเพื่อที่จะเข้าสู่กระบวนการรีดให้แผ่นโลหะเรียบต่อไป



ภาพที่ 2.3 ส่วน uncoiler

## 3. Leveller

ส่วนนี้จะนำโลหะที่คลายม้วนแล้วป้อนเข้ามาสู่ในไลน์เพื่อที่จะนำโลหะรีดให้เรียบก่อนเข้าสู่กระบวนการการ feeder roll ต่อไป



ภาพที่ 2.4 ส่วน leveller

## 4. Loop

ส่วนที่ไว้ให้แผ่นโลหะไหลผ่านลงมาเป็นรูปเสมือนท้องช้าง เพื่อให้แผ่นโลหะสามารถป้อนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด



ภาพที่ 2.5 ส่วน Loop

## 5. Feeder Roll

ส่วนที่ไว้สำหรับจับแผ่นโลหะให้เข้าสู่กระบวนการตัด (Shear) ต่อไป



ภาพที่ 2.6 ส่วน Feeder Roll

## 6. Shear

ส่วนที่ไว้ตัดแผ่นโลหะให้ได้ขนาดตามที่ต้องการโดยควบคุมระยะการตัดด้วยเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 2.7 ส่วน shear

## 7. Conveyor

ส่วนที่เป็นสายพานเลื่อนที่ไว้คอยเลื่อนแผ่นโลหะที่ผ่านการตัดแบ่งเสร็จแล้วมาเก็บไว้



ภาพที่ 2.8 ส่วน conveyor

## 8. Lifter Piler

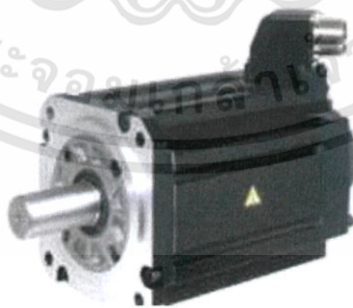
ส่วนที่นำโลหะแผ่นที่ตัดเสร็จแล้วครบตามจำนวนมาเก็บไว้เพื่อทำการแพ็คบรรจุเตรียมจัดส่งต่อไป



ภาพที่ 2.9 ส่วน lifter piler

### 2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมตำแหน่ง (Position) และระยะทางในการเคลื่อนที่ (Position Control) โดยเป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมและให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ในลักษณะงานเบื้องต้นได้ และชนิดของเซอร์โวมอเตอร์ แบ่งออกได้ดังนี้ 1. ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC Servo Motor), 2. เอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motor) และในส่วนของเอซีเซอร์โวมอเตอร์จะแบ่งออกเป็น ซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์ (Synchronous Servo Motor) อินดักชันเซอร์โวมอเตอร์ (Induction Servo Motor) และ สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping motor)



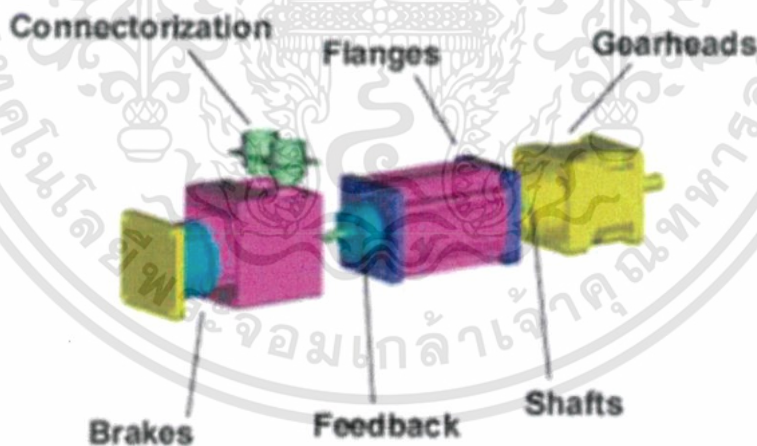
ภาพที่ 2.10 เซอร์โวมอเตอร์

หลักการพื้นฐานของ Servo Motor และระบบควบคุมในปัจจุบันการนำเอาระบบอัตโนมัติขั้นเข้ามาใช้ในระบบงานการผลิต การลำเลียงจัดส่ง การจัดเก็บในโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้นตลอดจนมีการพัฒนาปรับปรุงระบบเดิมที่ไม่มีใช้มาใช้มากขึ้นด้วย หนึ่งในระบบอัตโนมัติขั้นที่มีการนำมาใช้นอกเหนือไปจากพวกระบบนิวเมติกและไฮดรอลิก คือ เซอร์โวมอเตอร์ และ ระบบควบคุม ซึ่งเป็นระบบที่นำมาใช้อย่างกว้างขวางมากในแทบทุกอุตสาหกรรม

### 2.3.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โวก็คือการใช้งานจะต้องเป็นแบบ Closed loop เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบ Open loop ได้เหมือนกับระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโคดเดอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเหมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโคดเดอร์ออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package) ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังภาพข้างล่างนี้



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างของ AC Servo Motor

Gearheads = เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด

Shafts = เพลาของมอเตอร์

Flanges = หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์

Feedback = อุปกรณ์ย้อนกลับหรือ encoder

Connectorization = ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์ และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder

Breakes = ชุดเบรก

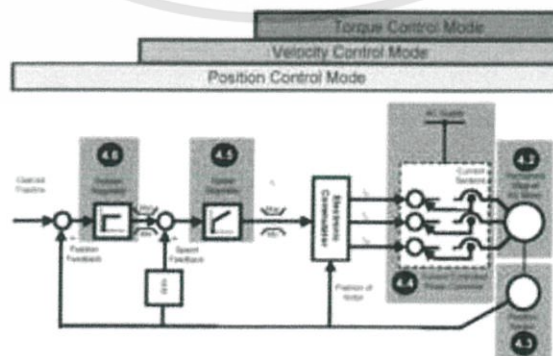
### 2.3.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือเมื่อมีการควบคุมให้ตัวคอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่าความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซีแต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซีคอมมิวเตเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน บ้างก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor) หรือบ้างก็เรียกสั้นๆย่อๆว่า AC Brushless หรือ Brushless Motor เป็นต้น

### 2.3.3 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบ Closed loop control ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือรูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร็ว (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่รูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญๆดังภาพข้างล่าง



ภาพที่ 2.12 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (ตำแหน่ง 4.2)
- ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive, Servo Amplifier หรือบ้างก็เรียกว่า servo controller ) (ตำแหน่ง 4.4, 4.5, 4.6)
- อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device เช่น Speed encoder และ Position Sensor) (ตำแหน่ง 4.3)

#### 2.3.4 หน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์

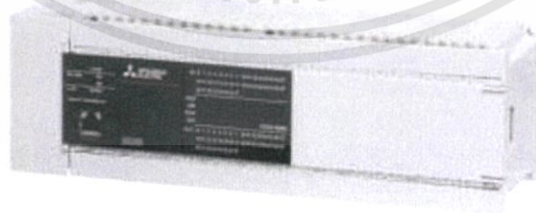
เซอร์โวมอเตอร์มีหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัวเซอร์โวไดรฟ์ พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัวเซอร์โวไดรฟ์ ว่าตอนนี้ เซอร์โวมอเตอร์ เคลื่อนที่ด้วย ความเร็วเท่าไร และระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไร ด้วยสัญญาณของตัวเอ็นโค้ดเดอร์ ที่อยู่ภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ ทำให้การเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง

#### 2.3.5 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานเพียงตัวเซอร์โวมอเตอร์เพียงอย่างเดียวมันไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์จะควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

##### 2.3.5.1 PLC

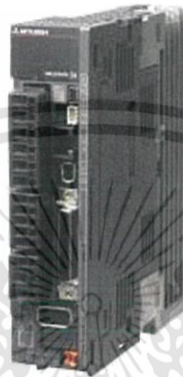
PLC หรือหน่วยคำสั่ง หน้าที่หลักๆ คือรับคำสั่งจากผู้ใช้งานที่ต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร และระยะทางใกล้หรือไกลแค่ไหนและส่งคำสั่งที่ได้มาไปยังตัวเซอร์โวไดรฟ์



ภาพที่ 2.13 PLC หรือ หน่วยคำสั่ง

### 2.3.5.2 เซอร์โวไดรฟ์ (Servo Drive)

หน้าที่ของเซอร์โวไดรฟ์คือ จะรับสัญญาณมาจากหน่วยคำสั่งหรือ PLC และสั่งการให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ตามที่ PLC บอกรับคำสั่งมา และเซอร์โวไดรฟ์จะคอยรับสัญญาณที่ส่งมาจากตัวเอ็นโค้ดเดอร์และสัญญาณที่ส่งมาจาก PLC นำมาเปรียบเทียบกันและปรับปรุงให้ใกล้เคียงกัน เพื่อให้จะให้เซอร์โวมอเตอร์มีการควบคุมระยะที่แม่นยำตลอดเวลา



ภาพที่ 2.14 เซอร์โวไดรฟ์ (Servo Drive)

### 2.3.5.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

หน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์ คือ ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัวเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัวเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ว่าตอนนี้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร และระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไรแล้ว ด้วยสัญญาณของตัวเอ็นโค้ดเดอร์ที่อยู่ภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ทำให้การเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง

## 2.4 AC Servo Motor

คำว่า Servo ใน AC Servo มีต้นกำเนิดมาจากศัพท์ภาษาละติน คือ Servus หมายถึงการปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดและจงรักภักดี ด้วยเหตุนี้เครื่องมือที่ทำตามคำสั่งได้ตามต้องการจะถูกเรียกว่า Servo นอกจากนี้ AC ยังหมายถึงแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ และนั่นทำให้ AC Servo หมายถึงการควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ

AC Servo ช่วยให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่และหยุดในตำแหน่งที่ต้องการได้ ความเร็วของการเคลื่อนที่ที่จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยแรงมากน้อยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ สถานที่

ผลิตหลายแห่งกำลังพยายามเพิ่มคุณภาพโดยการติดตั้งเครื่องจักรกลและระบบการดำเนินงานแบบอัตโนมัติ การควบคุมที่มีความแม่นยำสูงผ่าน AC Servo เป็นสิ่งสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตในอนาคต

#### 2.4.1 หน้าที่ของ AC Servo มีการควบคุม 3 แบบ ดังนี้

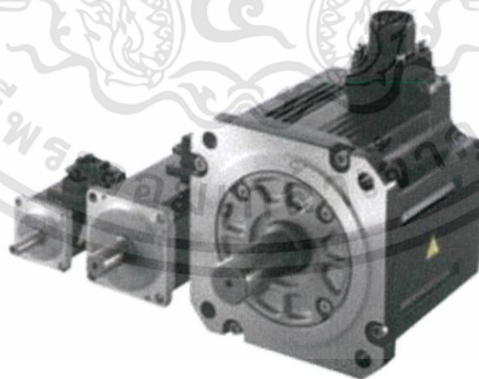
2.4.1.1 การควบคุมตำแหน่ง คือ โหมดการควบคุมที่ช่วยหยุดวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการพร้อมกับควบคุมความเร็วของมอเตอร์การควบคุมตำแหน่งถูกใช้ในระบบการลำเลียงและเครื่องมืออื่นๆ

2.4.1.2 การควบคุมความเร็ว คือ โหมดการควบคุมที่ช่วยควบคุมความเร็วการหมุนของมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น การควบคุมความเร็วถูกใช้ในเครื่องมือเคลื่อนชิ้นงานแบบหมุน ซึ่งใช้ในการผลิตสารละลายแบบบางๆ ไปทั่วบริเวณโดยการใช้แรงเหวี่ยง AC Servo สามารถหมุนพื้นผิวอย่างมั่นคงด้วยความเร็วที่เหมาะสมต่อเครื่องมือ ช่วยให้กระบวนการเป็นไปอย่างแม่นยำ

2.4.1.3 การควบคุมแรงบิด คือ โหมดการควบคุมที่ช่วยควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ แรงบิดคือแรงที่ช่วยหมุนเพลลา และการควบคุมแรงบิดถูกใช้ในเครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมและเครื่องใช้อื่นๆ ด้วยการควบคุมแรงบิด เครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมสามารถยืดแผ่นกระดาษให้เท่ากันและสามารถควบคุมได้ ทำให้พื้นผิวของการพิมพ์ไม่เป็นรอยยับหรือย่น

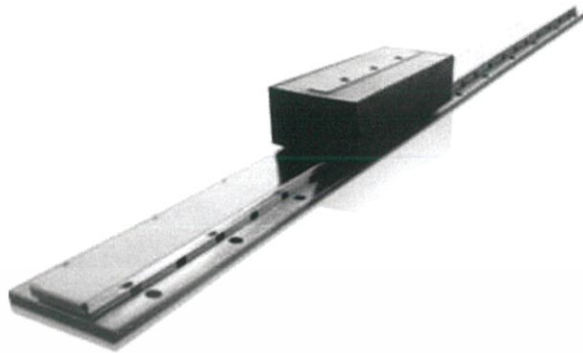
#### 2.4.2 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์ ถูกแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

##### 2.4.2.1 โรตารีเซอร์โวมอเตอร์ (Rotary Servo Motor)



ภาพที่ 2.15 โรตารีเซอร์โวมอเตอร์ (Rotary Servo Motor)

#### 2.4.2.2 ลิเนียเซอร์โวมอเตอร์ (Linear Servo Motor)



ภาพที่ 2.16 ลิเนียเซอร์โวมอเตอร์ (Linear Servo Motor)

#### 2.4.2.3 ไดรฟ์ไดรฟ์มอเตอร์ (Direct Drive Motor)



ภาพที่ 2.17 ไดรฟ์ไดรฟ์มอเตอร์ (Direct Drive Motor)

#### 2.4.3 ชุดเบรกของเซอร์โวมอเตอร์

AC Servo มีเบรก 3 ตัวสำหรับหยุดการเคลื่อนไหวของมอเตอร์

2.4.3.1 ไดนามิกเบรก (Dynamic Brake) เบรกชนิดนี้ใช้เพื่อหยุดเซอร์โวมอเตอร์อย่างรวดเร็วเมื่อไฟฟ้าดับหรือเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ทำงานขัดข้อง

2.4.3.2 อิเล็กโตรแมกเนติกเบรก (Electromagnetic Break) เบรกชนิดนี้ใช้เพื่อรักษาตำแหน่งกลไกของมอเตอร์ในกรณีที่ไฟฟ้าดับหรือการหยุดฉุกเฉิน

2.4.3.3 รีเจนเนอเรทีฟเบรก (Regenerative Brake) เมื่อมอเตอร์ถูกชะลอความเร็วลงเบรกชนิดนี้จะถูกใช้เพื่อแปลงพลังงานการหมุนที่มากเกินไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะไหลกลับเข้าสู่ Servo Drive

และนำกลับมาใช้ใหม่ และยังคงใช้ร่วมกับเพลาคณิตต่างๆเป็นพลังงานขับเคลื่อน ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานจากการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว

## 2.5 ประเภทของ Servo Drive

Servo Drive MELSERVO-J4 แบ่งออกได้เป็น 3 รุ่น พร้อมกับคุณสมบัติเฉพาะตัวในรุ่นต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ที่เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์เชื่อมต่อด้วย

### 2.5.1 ประเภท A : Servo Drive ประเภทนี้รองรับอินเตอร์เฟซทั่วไป



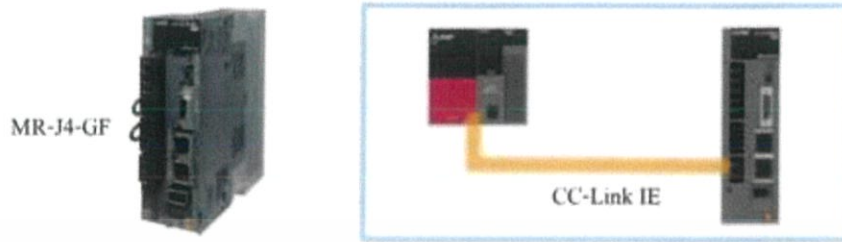
ภาพที่ 2.18 Servo Drive ประเภท A

2.5.2 ประเภท B : Servo Drive ประเภทนี้ รองรับเครือข่ายควบคุมระบบ Servo (SSCNET III/H) ช่วยสร้างระบบที่ประสานกันอย่างสมบูรณ์ผ่านการสื่อสารใยแก้วความเร็วสูงอย่างต่อเนื่องทำงานร่วมกับชุดควบคุมระบบ Servo จะช่วยให้มีฟังก์ชันการทำงานและประสิทธิภาพสูงสุดของระบบ Servo รองรับการควบคุมความเร็วสูง ความแม่นยำสูง และระบบหลายแกนเก็บเสียงรบกวนได้อย่างดีเยี่ยม



ภาพที่ 2.19 Servo Drive ประเภท B

2.5.3 ประเภท GF Servo Drive ประเภทนี้รองรับเครือข่าย CC-Link IE เมื่อใช้งานร่วมกับโมดูล simple motion จะช่วยในการกำหนดตำแหน่งและการควบคุมแบบซิงโครนัสของแกนหลายแกน



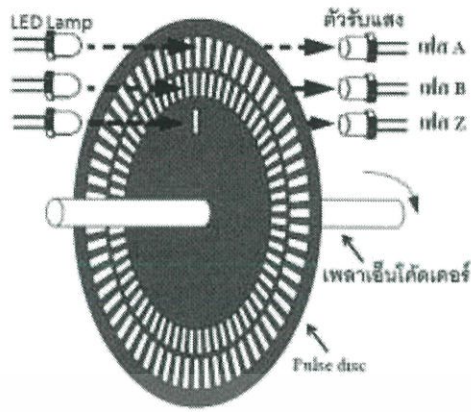
ภาพที่ 2.20 Servo Drive ประเภท GF

## 2.6 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

มีอีกชื่อหนึ่งที่นิยมเรียกกันว่า เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน คือ เซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสจากระยะทางจากการหมุนรอบตัวเอง และแปลงออกมาเป็นรหัสในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าโดยเราสามารถนำเอารหัสเหล่านี้มาแปลงกลับเพื่อหาค่าต่างๆ ที่เราต้องการได้ ไม่ว่าจะเป็นระยะทางการหมุน องศาการเคลื่อนที่ หรือ ความเร็วรอบ แล้วนำมาแสดงผลให้เราได้ทราบค่าผ่านหน้าจอแสดงผล เช่น ถ้าต้องการวัดระยะทางเราจะต้องต่อเข้ากับตัวนับจำนวน เพื่อแสดงผลเป็นระยะทาง หรือ ถ้าต้องการวัดความเร็วรอบ เราจะต้องต่อเข้ากับตัววัดพัลส์ โดยการประยุกต์ใช้เอ็นโค้ดเดอร์นั้น สามารถใช้ทำงานได้อย่างหลากหลาย เช่น กระบวนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมเคมีคอนดักเตอร์ เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น ในการวัดความยาว หรือ อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น ส่วนการแสดงผลเป็นความเร็วรอบของ RPM, RPS โดยอาศัยสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสแล้วออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้านั้น สามารถแบ่งรูปแบบของการเข้ารหัสได้อีกหลากหลายรูปแบบ เช่น สัญญาณดิจิตอล ศูนย์กับหนึ่ง ธรรมดา หรือ เป็นแบบ Binary Code, BCD Code, Gray Code

### 2.6.1 หลักการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์

ในทุกๆ โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการตรวจสอบการเคลื่อนแบบหมุนคงหนีไม่พ้นอุปกรณ์ที่เรียกว่าเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) จะทำหน้าที่แปลงการหมุนทางกลให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของพัลส์ (Pulse) เพื่อนำไปใช้แสดงผลหรือการควบคุมโดยต่อผ่าน เคาร์ทเตอร์และ PLC เป็นต้น เอ็นโค้ดเดอร์สามารถแบ่งตามรูปแบบการให้ข้อมูลเอาต์พุตได้ 2 ชนิด คือ Incremental กับ Absolute แต่ทั้ง 2 ชนิด จะประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกันและทำงานภายใต้หลักการเดียวกัน ในภาพที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบเบื้องต้นของเอ็นโค้ดเดอร์



ภาพที่ 2.21 ส่วนประกอบเบื้องต้นของเอ็นโค้ดเดอร์

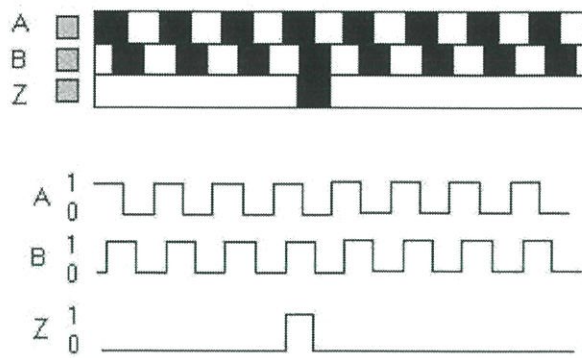
1. เพลลา (Shaft) ใช้สำหรับต่อเข้ากับวัตถุที่หมุนเช่น มอเตอร์
2. แผ่นดิสก์ (Code หรือ Pulse Disc) จะเป็นแผ่นที่มีแตร็กหรือร่องเล็ก ๆ มีทั้งส่วนที่โปร่งแสงและทึบแสงเพื่อให้แสดงอินฟาเรดลอดผ่านได้
3. แหล่งแสง (Light Source) เป็นไฟ LED คุณภาพสูง
4. ตัวรับแสง (Photodetector หรือ Photodiode) ใ้รับแสงจาก LED เพื่อแปลงไปเป็นรหัสข้อมูล

#### 2.6.1.1 Incremental Encoder

หลักการทํางานเบื้องต้นของเอ็นโค้ดเดอร์จะเหมือนกันหมดโดยแสงที่กำเนิดจาก LED จะส่องผ่านเลนส์ (Convex lens) ซึ่งจะปรับโฟกัสให้เป็นลำแสงขนานกัน ลำแสงนี้จะส่องผ่าน Pulse disc ซึ่งจะแยกแสงเป็น 2 ส่วนที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา

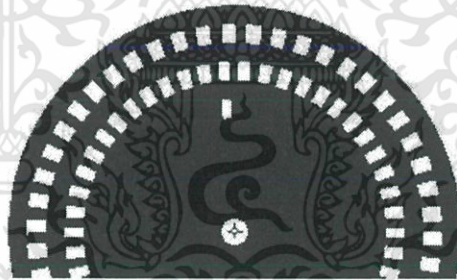
เราจะเรียกแสงเดิมว่า A และลำแสงใหม่ว่าเฟส B ซึ่งแสงนี้จะส่องผ่านไปที่ Photodiode ซึ่งจะคล้ายๆ กับโฟโต้อิเล็กทริกเซ็นเซอร์แบบตัวรับส่งแยกกัน (Through-beam) แผ่นดิสก์ (Disc) ที่ยึดกับเพลลาเพื่อตรวจสอบการหมุนของเพลลาจะมีแตร็กที่โปร่งแสงกับทึบแสงเพื่อสร้างรูปแบบการส่องแสงมืดและสว่างเมื่อเพลลาหมุน

เนื่องจากลำแสง A และ B มีเฟสต่างกัน 90 องศา ซึ่ง Photodiode 2 ตัว จะแปลงแสงที่รับได้นี้ไปเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) ดังแสดงในภาพที่ 2.22 ซึ่งสัญญาณที่ได้นี้สามารถต่อเข้ากับ PLC และเคาท์เตอร์ได้ จำนวนพัลส์ (Pulse) นี้จะถูกนับโดย PLC หรือเคาท์เตอร์เพื่อแสดงตำแหน่งหรือความเร็ว



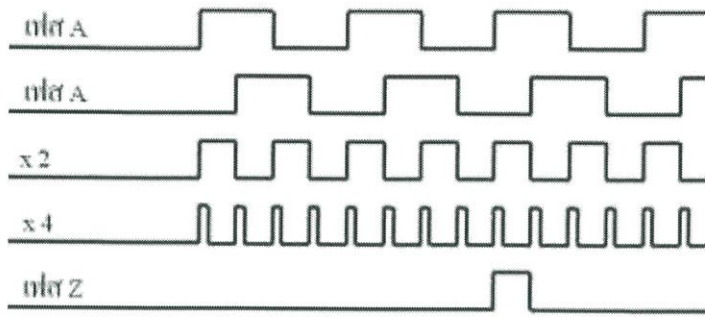
ภาพที่ 2.22 แสดงสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมของแสงเฟส A กับ B

ตัวอย่างของแผ่นดิสก์ แสดงดังภาพที่ 2.23 ร่องหนึ่งร่องจะทำให้เกิดพัลส์ 1 ลูก โดยความละเอียดจะถูกกำหนดจากจำนวนพัลส์ต่อการหมุน 1 รอบ (pulse per revolution : ppr) ซึ่งก็คือจำนวนแท่งหรือร่องโปร่งแสงกับทึบแสงบนแผ่นดิสก์นั่นเอง ดังนั้นถ้าเอ็นโค้ดเดอร์ความละเอียด 200 ppr จะมีร่องบนแผ่นดิสก์ 200 ร่องอย่างไรก็ตามความละเอียดสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยการแบ่งพัลส์หนึ่งพัลส์เป็น  $\frac{1}{2}$  และ  $\frac{1}{4}$



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างแผ่นดิสก์ของเอ็นโค้ดเดอร์แบบ Incremental

โดยมาตรฐานแล้วเอ็นโค้ดเดอร์จะนับที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) ซึ่งจะมี ความละเอียดเท่ากับจำนวนร่องบนแผ่นดิสก์แต่ถ้านับทั้งขอบขาขึ้นและขาลงของสัญญาณจะได้ค่าเป็น 2 เท่าของค่านับเดิมซึ่งทำให้ความละเอียดเป็น 2 เท่าเช่นกันและถ้าเรานับที่ขอบขาขึ้นและขาลงของเฟส A และเฟส B จะได้ความละเอียดเพิ่มเป็น 4 เท่าของค่าปกติ ดังแสดงในภาพที่ 2.24 ดังนั้นเอ็นโค้ดเดอร์ 200 ppr จะสามารถให้ความละเอียดได้ถึง 800 ppr



ภาพที่ 2.24 แสดงจำความละเอียด 2 เท่า และ 4 เท่า

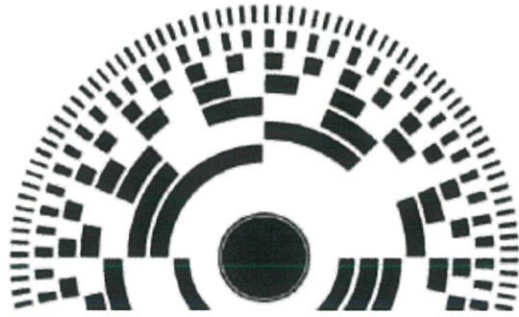
ส่วนทิศทางการหมุนของเอ็นโค้ดเดอร์สามารถตรวจสอบได้จากสัญญาณพัลส์ของเฟส A และเฟส B ว่าเฟสใดเกิดขึ้นก่อนสมมติว่า เฟส A เกิดขึ้นก่อนเฟส B เป็นการหมุนตามเข็มนาฬิกาในทางตรงกันข้าม ถ้าเฟส B เกิดขึ้นก่อนเฟส A จะเป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกา นอกจากนั้นเอ็นโค้ดเดอร์จะมีร่องอีกอันหนึ่งซึ่งจะมีพัลส์เดียวในการหมุน 1 รอบ เราเรียกว่า เฟส Z (Zero) ซึ่งเอ็นโค้ดเดอร์ใช้พัลส์นี้เพื่อเป็นการบอกตำแหน่ง Home ตัวอย่างเช่นเครื่องจักรอาจต้องการรีเซ็ตระบบใหม่ ในกรณีนี้เอ็นโค้ดเดอร์จะหมุนจนกระทั่งพัลส์เฟส Z ถูกตรวจจับได้เครื่องจักรจะทราบทันทีว่านี่ คือ ตำแหน่ง Home

ข้อเสียอย่างหนึ่งของเอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้คือ ข้อมูลจะหายเมื่อไม่มีไฟจ่ายให้ ดังนั้นจำเป็นต้องทำการรีเซ็ตเครื่องจักรใหม่เพื่อให้เอ็นโค้ดเดอร์ทำงานสอดคล้องกับอุปกรณ์ควบคุมเสมอ

### 2.6.1.2 Absolute Encoder

เอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะใช้เทคโนโลยีที่สูงกว่าชนิด Incremental ตัวเอ็นโค้ดเดอร์จะมีแผ่นดิสก์พิเศษที่ไม่ใช่แค่มีร่องแสงขนาดเล็กที่โปร่งแสงกับทึบแสงเท่านั้น แต่มันจะมีร่องหลายแถวที่ใช้แทนค่าไคต์ไบนารีแต่ละแถวจะแทนเลขไบนารี 1 บิต แต่ละร่องจะมีช่องที่โปร่งแสงกับทึบแสงของมันเองซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณ ON/OFF ดังนั้น เอ็นโค้ดเดอร์ 12 บิต จะมีร่อง 12 แถวอิสระจากกันแต่ละแถวจะทำงานเหมือนกับเอ็นโค้ดเดอร์ชนิด Incremental แต่เอ็นโค้ดเดอร์ชนิด Absolute จะให้สัญญาณไคต์ไบนารีที่เกิดเป็นค่าไบนารีสำหรับแต่ละองศาที่เพลหมุน เพราะว่าแต่ละตำแหน่งจะมีค่าสัญญาณหรือเลขไบนารีเพียงค่าเดียวเท่านั้นค่าข้อมูลซึ่งเป็นเลขไบนารีจะไม่สูญหายเมื่อไฟดับ และมันจะทราบตำแหน่งของมันเสมอ

ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้จะวัดเป็นจำนวนบิต ซึ่งเป็นจำนวนบิตจากช่วง 2 ถึง 18 บิต ตัวอย่างการใช้งานของเอ็นโค้ดเดอร์ Absolute คือ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ต้องการทราบข้อมูลตำแหน่งที่แน่นอนในการทำงานและสามารถจดจำตำแหน่งได้แม้ว่าไฟดับ



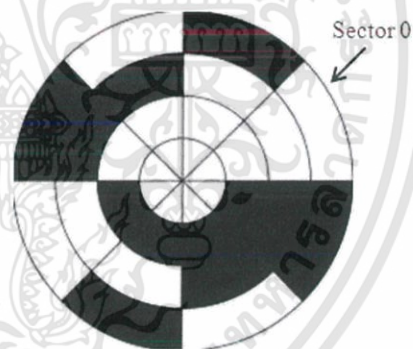
ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างแผ่นดิสก์ของ Absolute

เลขไบนารีที่ใช้ในเอ็นโค้ดเดอร์ชนิด Absolute จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ รหัสไบนารี (Binary code) กับรหัสเกรย์ (Gray code) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 1. แบบรหัสไบนารี (Binary code)

เอ็นโค้ดเดอร์จะใช้รหัสไบนารีแทนตำแหน่งแต่ละตำแหน่งของเพลลาที่หมุนภายใน 360 องศา ตัวอย่างของรหัสไบนารี แสดงในภาพที่ 2.26

Sector	บิต 2	บิต 1	บิต 0	มุม
0	0	0	0	0-45°
1	0	0	1	45-90°
2	0	1	0	90-135°
3	0	1	1	135-180°
4	1	0	0	180-225°
5	1	0	1	225-270°
6	1	1	0	270-315°
7	1	1	1	315-360°



ภาพที่ 2.26 แสดงไบนารีโค้ดของเอ็นโค้ดเดอร์

จากตัวอย่างในภาพที่ 2.26 เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ขนาด 3 บิต ซึ่งใช้เลขไบนารีแทนองศาต่างๆ สมมุติว่าเพลลาอยู่ระหว่าง 0-45 องศา เลขไบนารีที่ได้จะเป็น 000 หรือ 0 นั่นเอง แต่ถ้าเพลลาอยู่ในตำแหน่ง 180 - 225 องศา เลขไบนารีจะเป็น 100 หรือ 4 ในเลขฐานสิบ

การใช้รหัสไบนารีจะมีข้อเสียถ้าเกิดสัญญาณรบกวนหรือมีสายสัญญาณขาดไปหนึ่งสายจะทำให้ค่าตำแหน่งแตกต่างกันมากซึ่งอาจทำให้คอนโทรลเลอร์เข้าใจตำแหน่งผิดพลาดได้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ตัวอย่างเช่น เอ็นโค้ดเดอร์อยู่ในตำแหน่ง 135 - 180 องศา ซึ่งรหัสไบนารีที่ได้คือ 011 หรือ 3 สมมุติว่ามีสัญญาณรบกวนทำให้บิตที่ 2 เป็น 1 จะทำให้ค่าไบนารี คือ 111 หรือ 7 ซึ่งจะแตกต่างจาก 3 มาก ดังนั้น

คอนโทรลเลอร์จะไม่สามารถตรวจสอบได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรหัสไบนารีมีมากกว่า 1 บิตในแต่ละครั้งที่ตัวเลขเพิ่มหนึ่งค่า

ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

เลข 3 = 0 1 1

เลข 4 = 1 0 0

จะเห็นว่าจากเลข 3 ไปเป็น 4 จะทำให้เลขไบนารีที่เปลี่ยนแปลงมีถึง 3 บิต ด้วยกันการเปลี่ยนแปลงแบบนี้เราไม่สามารถทำให้คอนโทรลเลอร์ตรวจสอบได้เมื่อมีเลขผิดปกติ ปัญหานี้แก้ไขโดยใช้รหัสเกรย์

## 2. แบบรหัสเกรย์ (Gray code)

จากปัญหาของรหัสไบนารีสามารถแก้ไขโดยใช้รหัสเกรย์เนื่องจากรหัสเกรย์จะมีค่าของบิตที่เปลี่ยนแปลงเพียงบิตเดียวเท่านั้นเวลาที่รหัสเพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น รหัสของเลข 3 คือ 010 เมื่อเปลี่ยนเป็น 4 รหัสจะเป็น 110 ซึ่งบิตที่ 2 จะเปลี่ยนค่าเพียงบิตเดียวเท่านั้นแต่ถ้าเป็นรหัสไบนารีเลข 3 คือ 011 เมื่อเป็น 4 รหัสจะเป็น 100 จะเห็นว่ามถึง 3 บิตที่เปลี่ยนค่า ดังนั้นเมื่อใช้รหัสเกรย์จะทำให้คอนโทรลเลอร์ทราบว่ารหัสจะเปลี่ยนแปลงเพียงบิตเดียวเท่านั้นเมื่อตำแหน่งเปลี่ยนไป ถ้าเปลี่ยนแปลงมากกว่า 1 บิต คอนโทรลเลอร์จะถือว่าผิดปกติและสามารถสั่งให้การทำงานหยุดได้

Sector	บิต 2	บิต 1	บิต 0	มุม
0	0	0	0	0-45°
1	0	0	1	45-90°
2	0	1	1	90-135°
3	0	1	0	135-180°
4	1	1	0	180-225°
5	1	1	1	225-270°
6	1	0	1	270-315°
7	1	0	0	315-360°



ภาพที่ 2.27 แสดงเกรย์โค้ดของเอ็นโค้ดเดอร์

การเลือกใช้งานต้องพิจารณาที่ความเหมาะสมว่าต้องการความละเอียดสูงเท่าใด และต้องการวัดตำแหน่งจริงหรือไม่ เนื่องจาก Absolute encoder จะมีราคาสูงกว่าและการต่อสายที่ยุ่งยาก เพราะมีสายข้อมูลตามจำนวนบิตที่เลือกใช้

## 2.7 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

### 2.7.1 ความหมายของ PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control) หรือ PLC เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ ให้สามารถทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่ออกแบบ ภายในมี Microprocessor เป็นเหมือนสมองสั่งการและประมวลผลที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันทีจากโมดูล ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะถูกต่อเข้ากับส่วนที่เป็นภาคอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายเช่น มอเตอร์ วาล์ว เป็นต้น เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมการทำงานได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC ซึ่งในปัจจุบันนอกจาก PLC จะใช้งานเป็นแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมาก ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมผลิตเหล็กเส้น และท่อเหล็ก จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC ในการควบคุมมากขึ้น

### 2.7.2 Programable logic control (PLC)

Programable logic control (PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid State) ที่มีการทำงานแบบลอจิก (Logic Function) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ และจากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า SolidState Digital Logic Elements เพื่อให้สามารถทำงานและตัดสินใจแบบลอจิกได้ PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการผลิตน้ำสะอาด กระบวนการเพิ่มแรงดันให้กับแก๊ส (Gas compressor) เป็นต้น

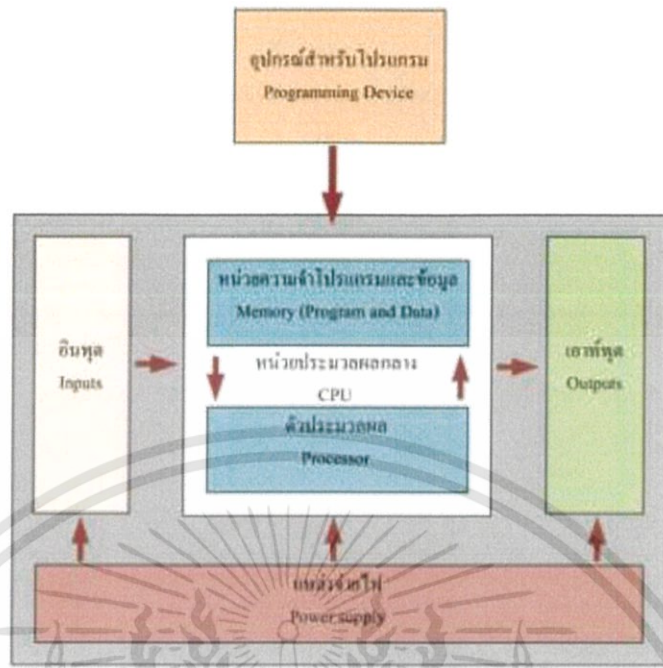
การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดิน สายไฟฟ้าใหม่ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง และยากต่อการซ่อมบำรุง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC สำหรับควบคุมการทำงานของกระบวนการแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่ให้กับ PLC เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตท (Solid state) ซึ่ง น่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการ นอกจากนี้ PLC ยังสามารถทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลเป็น โครสข่ายผ่าน Ethernet Protocol, Profibus และ ASI-bus เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม

คุณลักษณะ	PLC	รีเลย์
ราคาค่าใช้จ่าย (ต่อการใช้รีเลย์มากกว่า 20 ตัวขึ้นไป)	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ขนาดเมื่อทำการติดตั้ง	มีขนาดเล็กกว่า	มีขนาดใหญ่กว่า
ความเร็วในการปฏิบัติการ	มีความเร็วสูงกว่า	ช้ากว่า
ความทนทานต่อการรบกวน ของสัญญาณไฟฟ้า	ดี	ดีมาก
การติดตั้ง	ง่ายในการติดตั้งและโปรแกรม	ใช้เวลามากกว่าในการ ออกแบบและติดตั้ง
ความสามารถในการปฏิบัติการฟังก์ชันที่มีซับซ้อน	สามารถกระทำได้	ไม่สามารถกระทำได้
ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงลำดับการควบคุม	สามารถกระทำได้ง่าย	สามารถกระทำได้แต่ค่อนข้างยุ่งยาก
การซ่อมบำรุงและการตรวจสอบแก้ไข	ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก และง่ายสำหรับการตรวจสอบ แก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหาภายในระบบควบคุม	ต้องการการดูแลในส่วนของคอลล์ และหน้าสัมผัสของรีเลย์ และยากในการตรวจสอบและแก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหา

2.7.3 ส่วนประกอบของ PLC

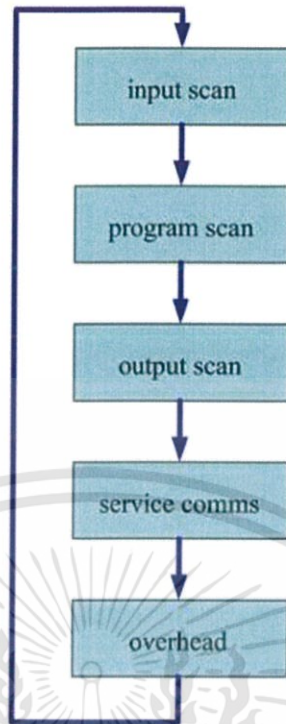
PLC หรือ Programmable logic control เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่ง PLC จะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับ PLC ขนาดเล็ก ส่วนประกอบของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็น PLC ขนาดใหญ่จะสามารถแยกย่อยออกมาประกอบได้ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของ PLC จะประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ แสดงดังภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 โครงสร้างส่วนประกอบของ PLC

สำหรับโปรแกรมลอจิกที่ป้อนลงในโมดูล PLC เมื่อ PLC ทำงานการประมวลผล โปรแกรมของ PLC นั้นจะเป็นรอบเรียกว่า “รอบการทำงาน (Operating Cycle)” ในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC นั้น จะมีการทำงานเป็นลำดับตามแสดงในภาพที่ 2.29 โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 1) สแกนอินพุต (Input Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับอ่านข้อมูลอินพุตของ PLC โดยเวลาที่ใช้ นั้นเป็น ไมโครวินาที
- 2) สแกนโปรแกรม (Program Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับการปฏิบัติการ คำสั่งในโปรแกรม ลอจิกนั้นก็คือโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั่นเอง เวลาที่ใช้ขึ้นขึ้นอยู่กับจำนวนคำสั่งที่ใช้หรือจำนวนโปรแกรมที่ เขียนว่ามีขนาดแค่ไหน
- 3) สแกนเอาต์พุต (Output Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับเขียนข้อมูลเอาต์พุตของ PLC โดย เวลาที่ใช้ขึ้นเป็นไมโครวินาที
- 4) การบริการการสื่อสาร (Service Communication) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สื่อสาร กับอุปกรณ์อื่น เช่น คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์สำหรับโปรแกรม (Hand Help)
- 5) Housekeeping และ Overhead เป็นเวลาที่ PLC ใช้ในการจัดการดำเนินการ ให้ PLC นั้นมี ความพร้อมในการใช้งาน เช่น การตรวจสอบและจัดระเบียบหน่วยความจำและเวลาส่วนเกินที่จำเป็น



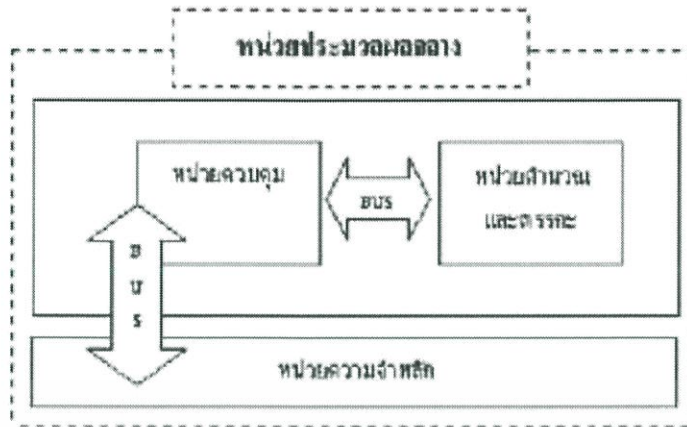
ภาพที่ 2.29 ลำดับการทำงานในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC

### 2.7.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

หน่วยประมวลผลกลาง CPU เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบด้วยวงจรร Logic Gate ชนิดต่างๆหลายชนิด และมี Microprocessor-based ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์พวก รีเลย์ เคาน์เตอร์ ไทเมอร์ และซีควเอนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบวงจรร รีเลย์แลตเตอร์ลอจิก เข้าไปได้

CPU จะยอมรับอินพุตจากอุปกรณ์เซนเซอร์และสวิตซ์ต่างๆ จากนั้นจะเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงเพื่อใช้สำหรับสร้างแรงดันต่ำ แหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้

การประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุตและเอาท์พุตและส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลไปยังหน่วยเอาท์พุต เรียกว่า เวลาสแกน (Scan Time) ระยะเวลาขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยาวของโปรแกรม จำนวนอินพุตเอาท์พุตหรือจำนวนที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ



ภาพที่ 2.30 ส่วนประกอบของ CPU

จากภาพที่ 2.29 เป็น CPU ที่รวมแหล่งจ่ายไฟเข้าด้วยกันซึ่งจะแยกแหล่งจ่ายไฟออกมาต่างหาก นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญที่อยู่ภายในของ CPU อีกชุดหนึ่งคือ โปรเซสเซอร์เมมโมรีโมดูล (Processor memory module) ซึ่งถือเป็นสมองที่ควบคุมโปรแกรมภายในประกอบด้วย ไมโครเมมโมรีชิพ (Micro memory shift) ทำหน้าที่เก็บและเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำและติดต่อกับวงจรที่ต้องการ

### 2.3.3.2 หน่วยความจำของ PLC

หน่วยความจำของ PLC ทำหน้าที่เก็บและรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกออกแบบเป็นบิตข้อมูล ภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแล้วแต่คำสั่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำ 2 ชนิด คือ แรม (RAM) และรอม (ROM) หน่วยความจำชนิด แรม (RAM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน รอม (ROM) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้

#### 1. RAM (Random Access Memory)

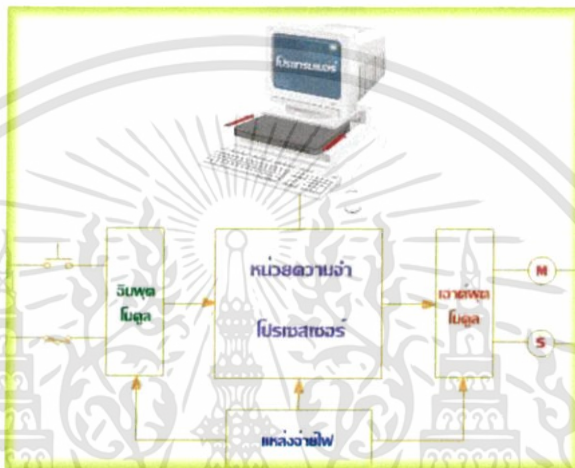
หน่วยความจำนี้มีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อไฟดับ การอ่านและการเขียนโปรแกรมลงในแรมทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการแก้ไขโปรแกรมบ่อย

#### 2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิดนี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต มีข้อดีตรงไฟดับแล้วข้อมูลไม่หาย

### 3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความจำชนิด EEPROM นี้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือนแรม (RAM) ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ เป็นการรวมเอาข้อดีของแรม (RAM) และอีพรอม (EPROM) ไว้ด้วยกัน



ภาพที่ 2.31 โครงสร้างของ PLC และหน่วยความจำ

#### 2.7.3.3 ภาคอินพุต (Input)

ภาคอินพุต (Input) ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาจากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังหน่วยประมวลผลหรือ CPU เพื่อทำการประมวลผลต่อไป สัญญาณอินพุตต่างๆ ที่เข้ามาจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้องไม่เช่นนั้น CPU จะเสียหายได้

สัญญาณที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

- 1) สัญญาณเข้าจะต้องได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
- 2) การส่งสัญญาณระหว่างภาคอินพุตกับ CPU ที่กระทำด้วยแสงซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อแยกสัญญาณทางไฟฟ้าออกจากกัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดการลัดวงจร
- 3) หน้าสัมผัสต้องไม่สั้นสะเทือน

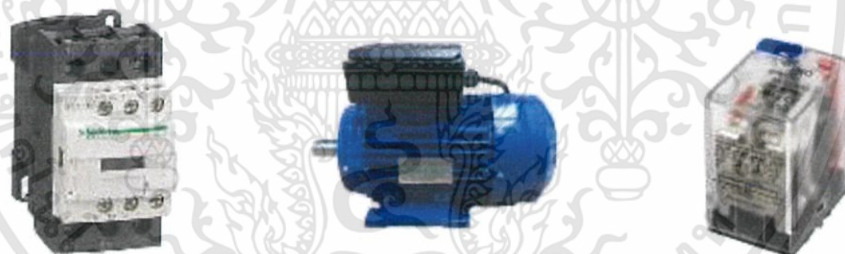
อุปกรณ์ภาคอินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะ เปิด-ปิด หรือ 0-1 จะสามารถใช้ได้กับ PLC ที่รับสัญญาณเป็นแบบดิจิทัล (Digital input) เท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุต ที่เป็นแบบอนาล็อกมาตรฐาน (Analog input) ต่างๆ จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของ PLC ที่สามารถรับสัญญาณอนาล็อกเท่านั้น



ภาพที่ 2.32 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต

#### 2.7.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output)

ในส่วนของเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมี ความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือ คอนแทคเตอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.33 ตัวอย่างอุปกรณ์ส่วนเอาต์พุต

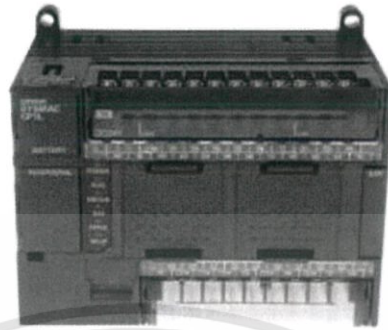
#### 2.7.4 ชนิดของ PLC

เราสามารถแบ่ง PLC ตามลักษณะโครงสร้างภายนอกได้ 2 แบบคือ แบบบล็อก (Block) กับ แบบโมดูล (Modular)

##### 2.7.4.1 PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC แบบบล็อกจะมีขนาดเล็กหน่วยความจำน้อย ส่วนอินพุตเอาต์พุตและแหล่งจ่ายไฟ จะรวมอยู่ในตัว CPU แต่ผู้ผลิตมักมีอุปกรณ์เสริม (option) เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการทำงานมากขึ้น เช่น ยูนิตขยายอินพุต/เอาต์พุต เป็นต้น PLC ชนิดนี้มีราคาถูกและฟังก์ชันการทำงานไม่สูงมากนัก

เหมาะสำหรับงานควบคุมเครื่องจักรขนาดเล็กที่มีพื้นที่จำกัดในการติดตั้ง ภาพที่ 2.34 แสดงตัวอย่าง PLC แบบบล็อกร



ภาพที่ 2.34 PLC ชนิดบล็อกร

#### 2.7.4.2 PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs)

PLC แบบโมดูลซึ่งบางครั้งผู้ผลิตอาจแยก PLC แบบโมดูลเป็นแบบ Rack อีกทีหนึ่ง ซึ่งเป็นเรื่องการตลาดเท่านั้นโดยรวมแล้วมันจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก PLC แบบโมดูลจะมีอินพุตและเอาต์พุตแยกเป็นโมดูลหรือยูนิต นอกจากนี้ CPU และแหล่งจ่ายไฟก็แยกเป็นโมดูลเหมือนกันทำให้ยืดหยุ่นในการออกแบบเพราะสามารถเลือกโมดูลที่ต้องการให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ นอกจากนี้ยังมีชนิดของโมดูลให้เลือกใช้งานหลากหลาย เช่น โมดูลอนาล็อก โมดูลควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น แต่ PLC แบบนี้ราคาจะสูงกว่าแบบบล็อกร ภาพที่ 2.35 แสดงตัวอย่าง PLC แบบโมดูล



ภาพที่ 2.35 PLC ชนิดโมดูล

#### 2.7.5 ขนาดของ PLC

เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำ PLC ไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ซึ่งในการนำเอา PLC ไปใช้งานในแต่ละชนิดนั้น จะพิจารณาจากขนาดของงานที่จะนำไปควบคุมเป็นหลัก ดังนั้นจึงเป็นผลให้ผู้ผลิต PLC

ทำการผลิต PLC ออกมาหลากหลายระดับซึ่งในแต่ละระดับก็มีสมรรถภาพที่แตกต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท

โดยทั่วไปแล้วนั้นการแบ่งขนาดของ PLC จะพิจารณาจากขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) และจำนวนของอินพุต และเอาต์พุต (Input / Output channels) สูงสุดที่ระบบ PLC นั้นสามารถที่จะรองรับได้ ซึ่งจากตารางที่ 2.2 จะแสดงการจำแนก PLC ตามขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมและจำนวนของอินพุตและเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตามในการพิจารณา คุณสมบัติของ PLC เพื่อนำไปใช้งานจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบหรือคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น Processor, Language facilities, Communication port, Function operations, Expansion capability, Cycle time เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 การจำแนกขนาดของ PLC

ขนาดของ PLC	จำนวน I/O สูงสุด	หน่วยความจำโปรแกรม
ขนาดเล็ก (Small size)	ไม่เกิน 128 / 128	4 Kbyte (2,000 Statements)
ขนาดกลาง (Medium size)	ไม่เกิน 1024 / 1024	16 Kbyte (8,000 Statements)
ขนาดใหญ่ (Large size)	ไม่เกิน 2048 / 2048	64 Kbyte (32,000 Statements)
ขนาดใหญ่่มาก (Very large size)	ประมาณ 8192 / 8192	256 Kbyte (128,000 Statements)

### 2.7.6 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม

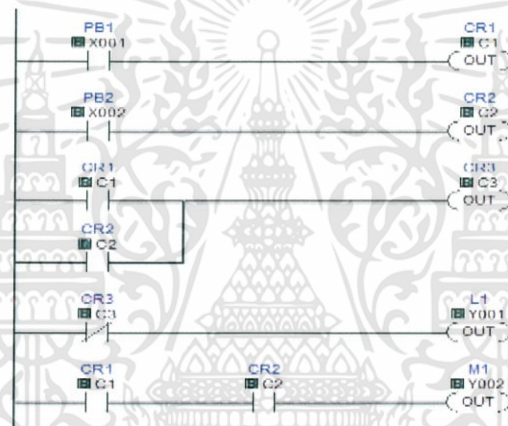
ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC จะประกอบด้วย 5 ภาษาคือ LD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), IL (Instruction List), ST (Structure Text), SFC (Sequential Function Chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของแต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกันแต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะของการประกาศตัวแปร ฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมในรูปแบบการเขียนต่าง ๆ มารวมกันได้และมีฟังก์ชันพื้นฐานดังนี้

- 1) LD เป็นการรับค่าเบื้องต้นของบล็อก
- 2) OR การ or หรือ การต่อแบบขนาน
- 3) AND การ and หรือ การต่อแบบอนุกรม
- 4) NOT การ not หรือ การกลับค่า
- 5) OUT เอาต์พุตแบบรีเลย์
- 6) TIM เอาต์พุตแบบไทมเมอร์หรือตัวจับเวลา

- 7) CNT เอาต์พุตแบบเคาเตอร์หรือตัวนับ
- 8) KEEP เอาต์พุตแบบรีเลย์แบบมีแลตช์หรือค้างสถานะ
- 9) END คำสั่งจบโปรแกรม

### 2.7.6.1 LD (Ladder diagram)

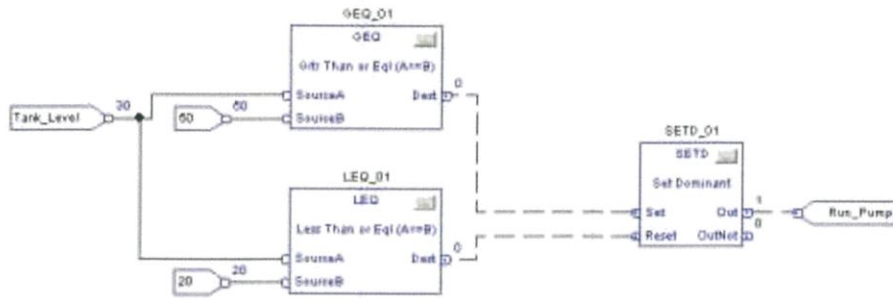
LD (Ladder diagram) เป็นการเขียนอยู่ในรูปกราฟฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลตเตอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายขวาของไดอะแกรมเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตซ์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแส และมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต



ภาพที่ 2.36 Ladder Diagram

### 2.7.6.2 FBD (Function block diagram)

FBD (Function block diagram) เป็นภาษาที่ฟังก์ชันการทำงานในรูปแบบในรูปของกราฟฟิกเช่นเดียวกับแลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) และมาการเชื่อมต่อเข้ากันเป็นโครงข่าย ซึ่งในการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมจะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม



ภาพที่ 2.37 Function block diagram

### 2.7.6.3 IL (Instruction list)

IL (Instruction list) เป็นภาษาที่เขียนในรูปแบบของข้อความและมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand) จะเห็นว่าในภาษาปัจจุบัน LD, FBD และ IL เป็นภาษาที่บริษัทผู้ผลิต PLC/PC ในปัจจุบันนั้น กำหนดให้ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC ซึ่งในแต่ละบริษัทจะมีการพัฒนารูปแบบของฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อกมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ PLC ในแต่ละยี่ห้อ ควรที่จะศึกษารูปแบบของฟังก์ชันบล็อกให้เข้าใจเสียก่อน

```

; =====
; Programming in " STEP CHAIN "
; =====

; Drive arm forward
L      E 00,00      Start
U      E 00,01      Stop
U      E 00,03      Arm back
U      E 00,04      Lift on top
UN     E 00,05      Lift down
UN     E 00,07      Arm in front
SK     S 001        Load SK
      #W 001
S      A 00,10      Arm          Arm forward
S      A 00,13      Loader        Start lamp (loader is running)

; Lower lift
LN     E 00,03      Arm in front
UN     E 00,06      Arm back
U      E 00,07      Pliers
SK     S 001        Load SK
      #W 002
S      A 00,11      Lift          Lower lift

```

ภาพที่ 2.38 Instruction list

#### 2.7.6.4 ST (Structure text)

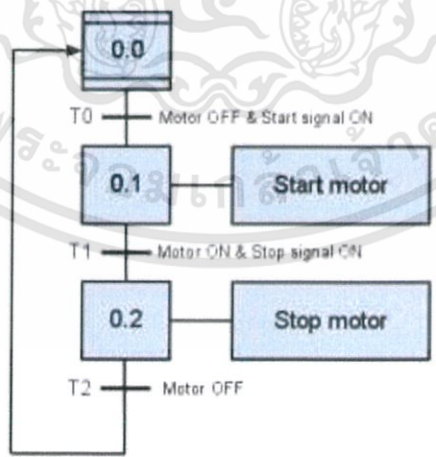
ST (Structure text) เป็นภาษาในระดับสูง ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบด้วยนิพจน์และคำสั่งโดยคำสั่งทั่วไปแล้วจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น IF.....THEN.....ELSE และ คำสั่งเกี่ยวข้องกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น

```
F8:10 := 0;
WHILE (N7:0 < 5) DO
    F8:10 := F8:10 + F8:[N7:0];
    N7:0 := N7:0 + 1;
END_WHILE;
```

ภาพที่ 2.39 Structure text

#### 2.7.6.5 SFC (Sequential Function)

SFC (Sequential Function) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับ หรือ ซีควเอนซ์ ส่วนประกอบของภาษา SFC ประกอบด้วย Step (ปฏิบัติการย่อย) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่งย่อย) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Alternative Parallel Step Sequence และ Liner เป็นต้น



ภาพที่ 2.40 Sequential Function

## 2.7.7 อุปกรณ์การโปรแกรม

การสั่งการให้ PLC ทำงานจะต้องป้อนโปรแกรมให้ PLC ก่อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมให้มันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

### 2.7.7.1 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Hand Held Programmer)

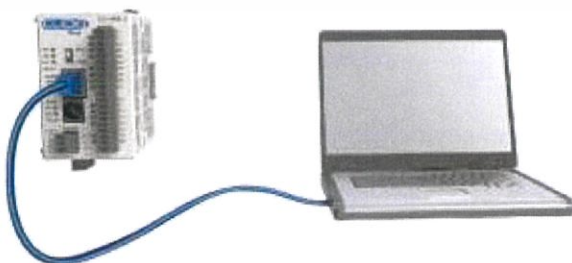
การเขียนโปรแกรมสำหรับป้อนให้ PLC โดยการในตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ ภาษาที่ใช้เป็นภาษาสเตทเมนต์ลิสต์ เช่น คำสั่งโหลด (LD) แอนด์ (AND) ออร์ (OR) ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐานสามารถเรียกใช้งานได้โดยการกดปุ่มที่อยู่ในตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือแต่เมื่อต้องการ ใช้งานฟังก์ชันอื่นๆ ที่มีอยู่ใน PLC สามารถเรียกใช้โดยปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ ซึ่งวิธีการใช้งานตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือต้องศึกษาจากคู่มือแต่ละรุ่น



ภาพที่ 2.41 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ

### 2.7.7.2 คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (PC : Personal Computer)

PC หรือ Personal computer สามารถใช้เขียนโปรแกรมให้กับ PLC ได้โดยใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์เฉพาะของ PLC ยี่ห้อต่างๆ ภาษาที่ใช้เขียนนอกจากสเตทเมนต์ลิสต์แล้วยังมีแลตเตอร์และฟังก์ชันบล็อกซึ่งทำให้เข้าใจได้ง่ายกว่า ภาษาสเตทเมนต์ลิสต์ ดังนั้นการใช้ PC จึงทำได้ง่ายกว่าการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ



ภาพที่ 2.42 การต่อ PC กับ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7.8 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะ คือ

1) งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง เช่น

1.1 การทำงานของระบบรีเลย์

1.2 การทำงานของไทมเมอร์คอนโทรลเลอร์

1.3 การทำงานของพีซีการ์ด

1.4 การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่างๆ

2) งานควบคุมสมัยใหม่ เช่น

2.1 การทำงานทางคณิตศาสตร์

2.2 การควบคุมแบบอนาล็อก

2.3 การควบคุม PID (Proportional – Integral – Derivative)

2.4 การควบคุมมอเตอร์

3) การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยความสะดวก เช่น

3.1 งานสัญญาณเตือนและโปรเซสมอนิเตอร์ริง

3.2 งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3 งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์

3.4 LAN (Local Area Network) และ WAN (Wide Area Network)

## 2.7.9 การติดตั้ง PLC

1) ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

1.1 พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่

1.2 จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่

1.3 การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย

1.4 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบต่อ PLC หรือไม่

1.5 วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2) สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

2.1 มีแสงแดดส่องโดยตรง

2.2 มีอุณหภูมิต่ำกว่า  $0^{\circ}\text{C}$  หรือสูงกว่า  $55^{\circ}\text{C}$

2.3 มีฝุ่น หรือไอเกลือ

2.4 มีความชื้นมาก

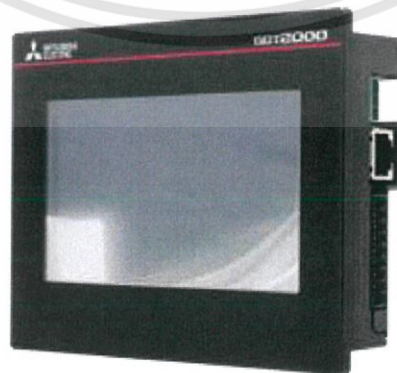
2.5 มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือไวไฟ

#### 2.7.10 มาตรฐานสำหรับ PLC

1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อน
2. มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน
5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีตเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่
7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น
8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า  $60^{\circ}\text{C}$  ควรติดตั้งพัดลมเป่าระบายความร้อน
9. ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น คือ สายดินควรมีขนาด 2 ตารางมิลลิเมตรหรือใหญ่กว่าและค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม

#### 2.8 Human-Machine Interface (HMI)

Human-Machine Interface (HMI) คือ การใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า HMI (Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภทจะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นตัวควบคุมและจะต้องใช้งานร่วมกันกับ HMI โดยใช้ HMI เป็นตัวสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ Module PLC หรือจอแสดงผลต่างๆ โดยให้ PLC สั่งงานไปที่เครื่องจักรอีกทีเพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องจักรต่างๆในสายการผลิต



ภาพที่ 2.43 หน้าจอ Human-Machine Interface (HMI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8.1 คุณสมบัติของ HMI

### 2.8.1.1 การสื่อสาร

สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะแบบดิจิทัล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบ และสามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์ PLC, Meter, Controller และอีกมากมายตามการใช้งานประเภทต่างๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุม หรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่นๆ ที่ต่อเชื่อมอยู่ได้อย่างง่ายดาย ผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต Lan หรือ Wireless

### 2.8.1.2 การเก็บค่า

สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่างๆ ใน รูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data logger) ผ่านทาง Web Browser ได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูลแม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างานสายการผลิต

### 2.8.1.3 การเชื่อมต่อ

1. สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการดูค่าหรือควบคุมกระบวนการผลิตจากระยะไกล โดย การเชื่อมต่อผ่านมือถือหรือแท็บเล็ต
2. ใช้เว็บเบราว์เซอร์มาตรฐานตัวใดก็ได้ในการดูค่าหรือควบคุมโดยหน้าจอแสดงผลโชว์หน้าตาเสมือนว่าอยู่ตรงหน้า
3. สามารถส่งข้อความ SMS หรือ email แจ้งเตือนให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง
4. สามารถดูค่าที่หน้าจอหรือค่าที่บันทึกไว้ใน Memory Card หรือควบคุมแก้ไขเปลี่ยนค่าได้แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างาน

## 2.9 Communication ที่ใช้ในโรงงาน

### 2.9.1 RS-485

RS485 (ย่อมาจาก Recommended Standard no. 485) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดยความร่วมมือของ TIA (Telecommunications Industry Association) และ EIA (Electronic Industries Association) มาตรฐาน RS485 ถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อมๆ กันได้หลายจุด ปกติแล้ว EIA จะตั้งชื่อมาตรฐานของตัวเองโดยการใช้คำนำหน้าว่า "RS" (Recommended Standard) แต่เนื่องจากมาตรฐานนี้เป็นความร่วมมือระหว่าง 2

หน่วยงาน คือ TIA และ EIA ทั้งสองหน่วยงานจึงตกลงเปลี่ยนจากคำว่า "RS" เป็น "TIA/EIA" แทนอย่างเป็นทางการ เพื่อระบุถึงแหล่งที่มาของมาตรฐานอย่างชัดเจน โดยต่อมาทาง EIA ก็ได้ยกเลิกมาตรฐานนี้และมาตรฐาน RS485 นี้ก็ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันโดย TIA ทำให้มาตรฐาน RS485 ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น "TIA-485" อย่างเป็นทางการ แต่สุดท้ายเพราะความเคยชินทำให้วิศวกรทั่วโลกยังเรียกมาตรฐานการสื่อสารนี้ว่า RS485 เหมือนเดิม

### หลักการทำงานของ RS-485

มาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลในแบบที่เรียกว่า Half duplex คือสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทีละอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ถ้าจะให้พูดแล้วเห็นภาพก็คงคล้ายๆลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้ง



ภาพที่ 2.44 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ RS-485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวแปลงสัญญาณ

สำหรับการรับ/ส่งข้อมูลดิจิทัลแบบ RS-485 นั้น จะส่งข้อมูลโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้นคือ A และ B เป็นตัวบอกระดับสัญญาณดิจิทัล (Digital code) โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว A และ B เป็นตัวบอกระดับนี้

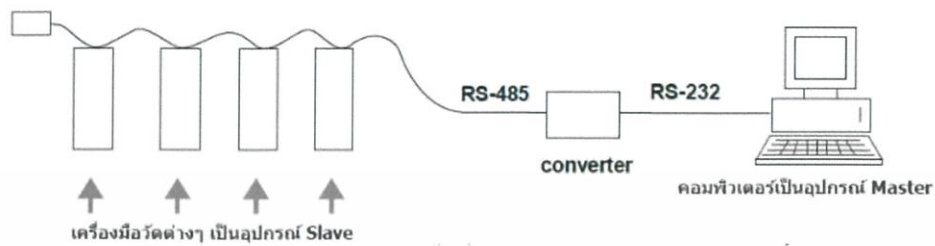
เมื่อ  $V_a - V_b$  ได้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า  $-200$  mV คือสัญญาณดิจิทัลเป็น 1

เมื่อ  $V_a - V_b$  ได้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า  $+200$  mV คือสัญญาณดิจิทัลเป็น 0

### หลักการทำงานของ RS-485 แบบ Network

มาตรฐาน RS485 สามารถเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลแบบเครือข่าย (Network) โดยมีอุปกรณ์ในเครือข่ายได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งในเครือข่าวนั้น จะต้องมียุทโธปกรณ์อยู่ 1 ตัว ทำหน้าที่คอยจัดคิวการสื่อสารในเครือข่าย ซึ่งเราจะเรียกอุปกรณ์ตัวนี้ว่า "Master" และอุปกรณ์ส่วนที่เหลือเราจะเรียกว่า "Slave" โดยที่ Slave แต่ละตัวจะมีหมายเลข Address ของตัวเอง และเมื่อตัว Master ต้องการสั่งการตัว Slave ตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Master จะส่งชุดคำสั่งพร้อมระบุหมายเลข Address ไปยังอุปกรณ์ Slave ทุกตัว เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้รับคำสั่งและคำสั่งนั้นมีหมายเลข Address ตรงกับตัวเอง อุปกรณ์ Slave ถึงจะทำตามคำสั่งของ Master เป็นลำดับไป



ภาพที่ 2.45 ตัวอย่างการทำงานของ RS-485 แบบ Network

### จำนวนอุปกรณ์สูงสุดในเครือข่าย RS-485

นี่เป็นอีกหนึ่งคำถามที่ผู้ใช้หน้าใหม่สงสัยมากที่สุดในโลก หากตามมาตรฐานแล้วเครือข่าย RS485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุด 32 ตัว เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นมีความต้านทานไฟฟ้าภายใน 12 kΩ แต่ปัจจุบันการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาจนมีความต้านทานไฟฟ้าภายในที่สูงมาก (ในหลัก MΩ) ซึ่งทำให้เครือข่าย RS-485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 256 ตัว นอกจากนี้เครือข่าย RS-485 ยังสามารถใช้ตัวขยายสัญญาณ (Repeater) สำหรับเพิ่มอุปกรณ์ในเครือข่ายได้ถึงหลายพันตัวและครอบคลุมระยะหลายกิโลเมตรกันเลยทีเดียว

ตารางที่ 2.3 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของ RS-232 , RS-423 , RS-422 และ RS-485

คุณสมบัติ	RS-232	RS-423	RS-422	RS-485
Differential	No	No	Yes	Yes
Max number of drives	1	1	1	32
Max number of receivers	1	10	10	32
Module of operation	Half/Full duplex	Half duplex	Half duplex	Half duplex
Network topology	Point to Point	Multidrop	Multidrop	Multidrop
Max distance (acc. Standard)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	100 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	1 kbs	1 kbs	100 kbs	100 kbs

Max slew rate	30 V/ $\mu$ s	Adjustable	n/a	n/a
Receivers input resistance	3..7 k $\Omega$	$\geq$ 4 k $\Omega$	$\geq$ 4 k $\Omega$	$\geq$ 12 k $\Omega$
Drivers load impedance	3..7 k $\Omega$	$\geq$ 450 k $\Omega$	100 $\Omega$	54 $\Omega$
Receivers input sensitivity	$\pm$ 3 V	$\pm$ 200 mV	$\pm$ 200 mV	$\pm$ 200 mV
Receivers input range	$\pm$ 15 V	$\pm$ 12 V	$\pm$ 10 V	-7..12 V
Max drivers output voltage	$\pm$ 25 V	$\pm$ 6 V	$\pm$ 6 V	-7..12 V
Max drivers output voltage(load)	$\pm$ 5 V	$\pm$ 3.6 V	$\pm$ 2.0 V	$\pm$ 1.5 V

### ข้อดีของสัญญาณ RS-485

เป็นที่ทราบกันดีว่า RS-485 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลบลจุดด้อยของมาตรฐานรุ่นเก่าๆ อย่าง RS-232 RS-422 RS-423 เป็นต้น ซึ่งข้อดีหลักๆของมาตรฐาน RS-485 มีดังนี้

#### 1. สามารถส่งสัญญาณได้ไกล

RS-485 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุดถึง 1,200 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ไกลมากเพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแน่นอนและจะเห็นได้ชัดว่าระยะการส่งสัญญาณได้ถูกพัฒนาขึ้นมากจนทิ้งห่างมาตรฐานรุ่นเก่าอย่าง RS-232 ที่สามารถส่งสัญญาณได้เพียง 15 เมตร เท่านั้น

#### 2. สามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้

นอกจากจะส่งสัญญาณได้ไกลแล้ว RS-485 ยังสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย (Network) แบบ Multipoint ได้ด้วย ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของสัญญาณ RS-485 เลยทีเดียว

#### 3. ประหยัดงบประมาณในการเดินสาย

มาตรฐาน RS-485 เป็นมาตรฐานที่ใช้สายไฟเพียง 2 เส้นในการรับส่งข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรุ่นเก่าที่สามารถส่งสัญญาณในระยะเท่ากันอย่าง RS-422 ที่ต้องใช้สายไฟถึง 4 เส้นในการรับส่งข้อมูล ซึ่งราคาสายเคเบิลแบบ 2 แกน จะถูกกว่าสายเคเบิลแบบ 4 แกน ถึงเกือบครึ่ง ในความเป็นจริงแล้วเรื่องงบประมาณถือเป็นเรื่องสำคัญมากๆ ซึ่งนี่ถือเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของ RS-485 เลยทีเดียว

## ข้อเสียของสัญญาณ RS-485

ถึงแม้ RS-485 จะเป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นจนลบบข้อด้อยที่มีอยู่ในมาตรฐานเก่าๆไปมากแล้วก็ตาม แต่ก็ไม่ใช่ว่าจะไม่มีข้อเสียอยู่เลย โดยข้อเสียหลักๆของ RS485 มีดังนี้

### 1. ต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่เราใช้กันอยู่นั้นไม่มี port เชื่อมต่อสัญญาณ RS-485 โดยตรง จะมีก็แต่ USB หรือ RS-232 เท่านั้น ฉะนั้นหากเราจะเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ RS-485 กับคอมพิวเตอร์นั้น เราต้องเสียงบประมาณเพิ่มขึ้นในการซื้อตัวแปลงสัญญาณ (Converter) เพื่อแปลงสัญญาณจาก RS-485 เป็น USB หรือ RS-232 ในการเชื่อมต่อนั่นเอง

### 2. ความเร็วในการรับส่งข้อมูล

ถึงแม้ RS-485 จะถูกพัฒนาด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลขึ้นมากแล้วก็ตามเมื่อเทียบกับมาตรฐานเก่า แต่ก็ยังมีความล่าช้าอยู่เมื่อเชื่อมต่อในลักษณะเครือข่ายจำนวนมากๆ

## 2.10 Hardware ที่ใช้ในโรงงาน

### 2.10.1 Servo Motor Mitsubishi Series(HG-JR903B)

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ของบริษัทมิตซูบิชิ ซีรี่ส์ HG-JR903B และมี encoder ความละเอียดสูง 4 ล้านพัลส์/รอบ ใช้กับไฟ 200/400 VAC และช่วงผลิตกำลังตั้งแต่ 50W จนถึง 22kW



ภาพที่ 2.46 Servo Motor Series (HG-JR903B)

## 2.10.2 Servo Drive Mitsubishi MR-J4-11KA

จะรับสัญญาณมาจากหน่วยคำสั่งหรือ PLC และสั่งการให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ ตามที่ PLC ป้อนคำสั่งมา และเซอร์โวไดรฟ์จะคอยรับสัญญาณที่ส่งมาจากตัวเอ็นโค้ดเดอร์และสัญญาณจาก ที่ส่งมาจาก PLC นำมาเปรียบเทียบกับและปรับปรุงให้ใกล้เคียงกันเพื่อที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์มีการควบคุม ระยะที่แม่นยำตลอดเวลา



ภาพที่ 2.47 Servo Amplifier MR-J4-11KA

## 2.10.3 PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m

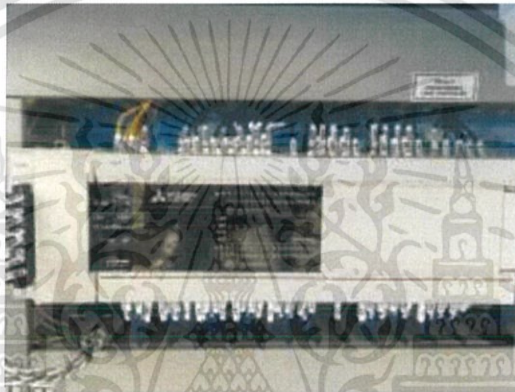
PLC ในกลุ่ม MELSEC iQ-F ซีรีส์ เป็นรุ่นขนาดกะทัดรัดที่ทันสมัย มีคุณสมบัติคือ

1. CPU performance สามารถเรียกใช้งาน structured programs multiple programs รวมทั้งสนับสนุนการเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Structured Text และ Function Block
2. Built-in positioning function สำหรับ input pulseความเร็วสูง 8 ช่อง และ output pulse 4 แกน
3. ไม่ต้องมีแบตเตอรี่และไม่ต้องมีการบำรุงรักษา สามารถเก็บโปรแกรมไว้โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่ เก็บ Clock data ได้ 10 วันโดย supercapacitor
4. Built-in analog inputs and output มี analog input แบบ 12 bit 2 ช่อง และมี analog output 1 ช่อง

5. Built-in ช่องต่อ SD memory card ช่วยทำให้การอัปเดตโปรแกรมและการสร้างดปรแกรมสะดวกมากขึ้น

6. Built-in พอร์ต RS-485 สามารถเชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์ได้สูงสุด 16 ตัว ในระยะทางสูงสุด 50 เมตร

7. Built-in พอร์ต Ethernet สามารถเชื่อมต่อการสื่อสารได้สูงสุด 8 โคร่งข่าย โดยสามารถใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและอุปกรณ์อื่นๆ



ภาพที่ 2.48 PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m

### 2.10.3.1 CPU Module

เป็นโมดูลหลักของ PLC มี CPU, Power supply, Input, Output และ Program memory

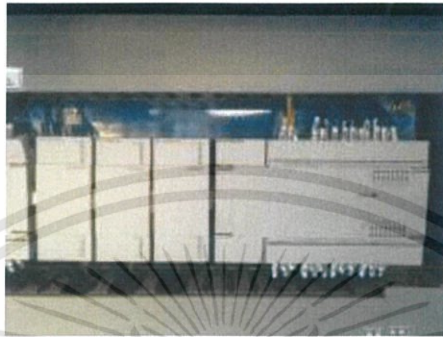


ภาพที่ 2.49 CPU Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.10.3.2 I/O Module

โมดูลขยายอินพุท/เอาต์พุท สามารถขยายจำนวนของจุดอินพุท/เอาต์พุทในการเพิ่มอีก 8 ถึง 32 จุด เมื่อจำนวนจุดอินพุท/เอาต์พุทในโมดูล CPU ไม่เพียงพอ โมดูล I/O บางโมดูลจะรวมแหล่งจ่ายไฟไว้ด้วย



ภาพที่ 2.50 I/O Module

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของ PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m

Attribute	Value
Operating ambient temperature	0 to 55 °C
Rated voltage	100 to 240 V AC
Frequency rating	50/60 Hz
Input points	40 points
Input Connection type	Removable terminal block (M3 screws)
Input type	Sink/source
Input signal voltage	24 V DC
Output points	40 points
Output Connection type	Removable terminal block (M3 screws)
Output type	Output type
External power supply	30 V DC or less 240 V AC or less
Response time	Approx. 10 ms
Control system	Stored-program repetitive operation

Attribute	Value
Input/output control system	Refresh system (Direct access input/output allowed by specification of direct access input/output [DX, DY])
Programming language	Ladder diagram (LD), structured text (ST), function block diagram/ladder diagram (FBD/LD)
Program capacity	64 k steps

#### 2.10.4 Touch screen HMI Mitsubishi รุ่น GT2105-QTBDS



ภาพที่ 2.51 Touch screen HMI Mitsubishi รุ่น GT2105-QTBDS

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของ Touch screen HMI Mitsubishi รุ่น GT2105-QTBDS

Attribute	Value
Display device	TFT color display
Screen size	5.7"
Resolution	320 × 240 dots
Display size	115(4.53) (W) × 86(3.39) (H) mm(inch)
Displayed number of characters	s 16-dot standard font: 20 characters × 15 lines (two-byte characters) 12-dot standard font: 26 characters × 20 lines (two-byte characters)
Backlight	LED (Not replaceable)

Attribute	Value
User memory capacity	Memory for storage (ROM): 9 MB
Battery	GT11-50BAT lithium battery
Built-in interface	RS-232 RS-422/485 USB (Device) SD card
Weight (excluding a fitting)	Weight (excluding a fitting)
Compatible software package	GT Works3 Version1.144A or later

### 2.10.5 Inverter รุ่น Fuji Frenic-Mega (FRN-G1)

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจากแบตเตอรี่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้นจะเหมือนกับไฟฟ้าที่ได้จากปลั๊กไฟตามบ้าน โดยอินเวอร์เตอร์ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่นมอเตอร์ พัดลม หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้ได้กับกระแสไฟฟ้าตรง



ภาพที่ 2.52 Inverter รุ่น Fuji Frenic-Mega (FRN-G1)

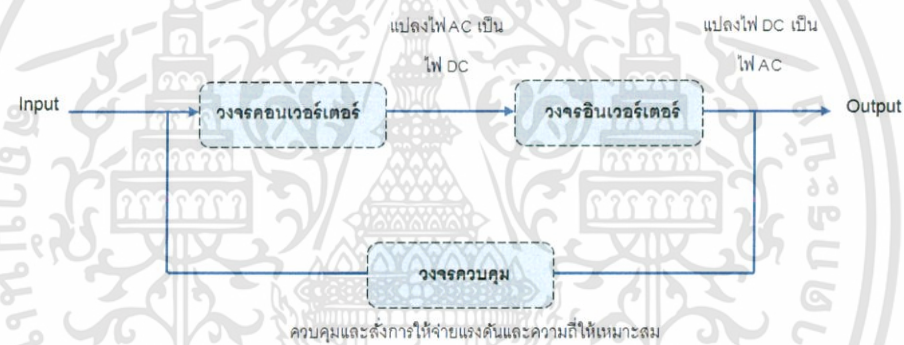
#### 2.10.5.1 หลักการทำงานของ Inverter

โครงสร้างภายในของตัวอินเวอร์เตอร์นั้นจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มากมาย สามารถแบ่งส่วนประกอบออกเป็นหลักๆ ได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (converter circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (inverter circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (control circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดอินเวอร์เตอร์และชุดคอนเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์นั้นเมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ไหลเข้าวงจร จะผ่านเข้าไปยังวงจรคอนเวอร์เตอร์ก่อนเพื่อทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เมื่อแรงดันถูกกรองสัญญาณให้เรียบแล้วจะส่งผ่านไปยังวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 วงจรเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่นไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับจะมีเอาต์พุตเป็นรูปคลื่นไซน์แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนี้มีวงจรควบคุมเพื่อทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการให้จ่ายแรงดันและความถี่ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความเร็วหรือแรงบิดตามที่ต้องการ



ภาพที่ 2.53 แผนผังหลักการทำงานของ Inverter

### 2.10.5.2 ประโยชน์ของ Inverter

1. ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ที่เรียกว่า Stand by power supply หรือ Uninterruptible Power Supplies (UPS) เพื่อใช้ทดแทนในกรณีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดความขัดข้อง
2. ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้หลักการควบคุมความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อต้องการให้แรงบิด (Torque) คงที่ทุกๆ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป
3. ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อบริการให้แก่ผู้ใช้

4. ใช้ในระบบเตาถลุงเหล็กที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน (Induction heating) ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงในการทำงาน

### 2.10.6 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยใช้อำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์เราสามารถเรียกอีกชื่อว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือคอนแทคเตอร์ (Contactor) หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่ขากลางของแกนเหล็กจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กจะสามารถชนะแรงสปริงได้ดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมาในสภาวะเปิด (ON) คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออกและคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัสเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดก็จะกลับไปสู่สภาวะเดิม



ภาพที่ 2.54 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

#### ข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์

1. ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ควบคุมสูง
2. ให้ความสะดวกในการควบคุม
3. ประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ

## 2.10.7 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ถือว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่พบการใช้งานได้บ่อย หน้าที่ของสวิตช์ คือ ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจร หรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร จะมีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ต่อวงจร (Close Circuit) และไม่มีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ตัดวงจร (Open Circuit)

### 2.10.7.1 สวิตช์แบบกด (Push Button Switch)

สวิตช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ ลงไป การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิตช์ กดปุ่มสวิตช์หนึ่งครั้งสวิตช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่มสวิตช์อีกครั้งสวิตช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิตช์แบบกดบางแบบอาจเป็นชนิดกดติดปล่อยดับ (Momentary) คือขณะกดปุ่มสวิตช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มสวิตช์เป็นการตัด (OFF) ทันที



ภาพที่ 2.55 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

### 2.10.7.2 สวิตช์แบบหมุน

สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) หรือ สวิตช์แบบเลือกค่า (Selector Switch) เป็นสวิตช์ที่ต้องหมุนก้านสวิตช์ไปโดยรอบๆ เป็นวงกลม และสามารถเลือกตำแหน่งการตัดต่อได้หลายตำแหน่ง และมีหน้าสัมผัสสวิตช์ให้เลือกต่อมากหลายตำแหน่ง เช่น 2, 3, 4, 5 หรือ 6 ตำแหน่ง เป็นต้น

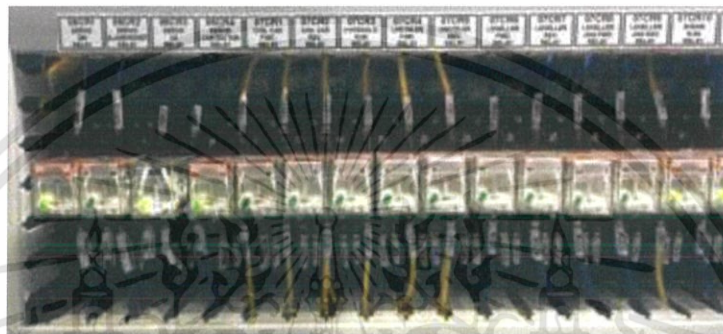
## 2.10.8 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก คือ

1). ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไป กระทั่งให้หน้าสัมผัสต่อกันทำงาน โดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำเมื่อขดลวด ได้รับแรงดันไฟฟ้า (ค่าแรงดันไฟฟ้าที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ถูกผลิตกำหนด) จะเกิด สนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทั่งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2). ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายไฟฟ้า เช่น 110 VAC 24 VDC

เป็นต้น ให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ



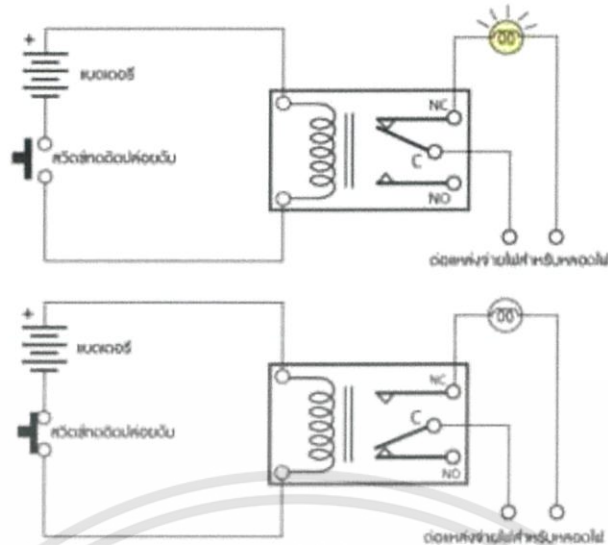
ภาพที่ 2.56 ลักษณะของรีเลย์

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่มีการจ่ายไฟ ให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ ให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการ ควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 2.57 การต่อใช้งานจากรีเลย์

### ข้อคำนึงถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากใช้แรงดันกระแสตรง) เช่น 12 VDC ก็ต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรสามารถต่อขั้วใดก็ได้เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้
2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 A 220 VAC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์ สามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่การใช้อีกควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์จะละลายเสียหายได้
3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งานควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

### ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

1. อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)
2. รีดรีเลย์ (Reed Relay)
3. รีดสวิตช์ (Reed Switch)
4. โพลีสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

## ประเภทของรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เหมือนเป็นสวิตช์หลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) ใช้สำหรับการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะของการใช้งานของรีเลย์ได้ 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มาก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งสำหรับรีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

### 2.11 Software ที่ใช้ในโครงการ

#### 2.11.1 MELSOFT GX Works3

GX Works3 ใช้เขียนโปรแกรมสำหรับ PLC MELSEC iQ-F series กับ MELSEC iQ-R series การติดตั้ง GX Works3 แบบเต็มจะได้ GX Developer และ GX Works2 มาใช้กับ PLC รุ่นอื่นๆได้ ตัวอย่างการใช้งาน GX Works3 มีดังนี้

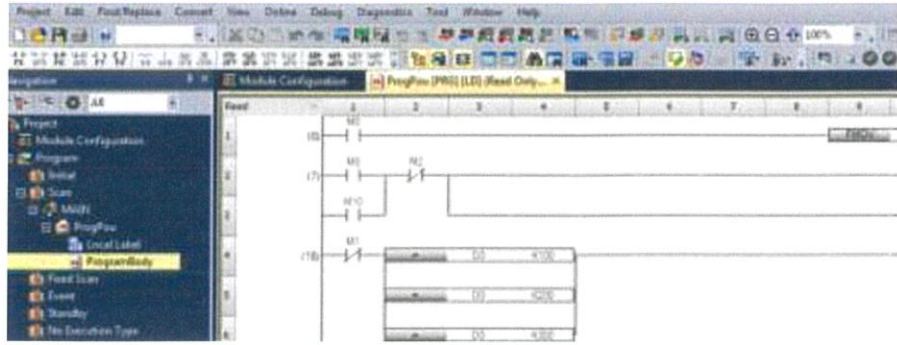
1. ใช้สร้างภาษาโปรแกรมของPLCโดยเป็นโปรแกรมสำหรับผลิตโปรแกรมอีกที เช่นภาษาแบบแลดเดอร์ ภาษาแบบซังก์ชันบล็อก (FB) เป็นต้น การเขียนโปรแกรมใกล้เคียงกับ GX Developer และ GX Works 2 แต่ GX Works 3 สามารถใช้แลดเดอร์พร้อมกับ Function Block Diagram/Structure Ladder (FBD/LD) ตามมาตรฐาน IEC 61131-3 ได้

2. ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมไปยังPLCหรืออ่านโปรแกรมจากPLC

3. Monitor ดูสถานะของโปรแกรม เช่น circuit monitor , device monitor (ดูสถานะของอุปกรณ์) เป็นต้น

4. Debugging คือ ฟังก์ชันการแก้ปัญหา เช่น การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม PLC ว่ามีการทำงานปกติหรือผิดปกติ

5. Diagnostics คือ ฟังก์ชันสำหรับแสดงสถานะ error ของ PLC



ภาพที่ 2.58 ตัวอย่างโปรแกรม MELSOFT GX Works 3

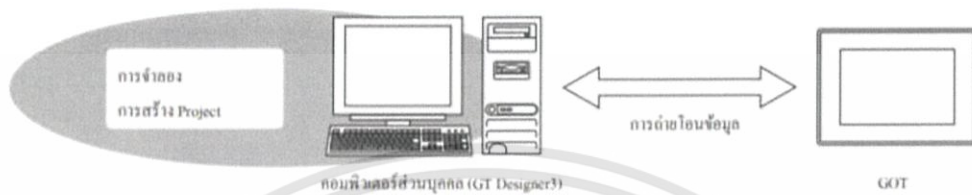
MELSOFT GX Works3 รองรับระบบปฏิบัติการ (Supported OS Version) เช่น Windows 10, Windows 8.1, Windows 8, Windows 7, Windows Vista, Windows XP

Item	content	
Personal computer	OS Microsoft® window® 8.1 operating system Microsoft® window® 8.1 pro operating system Microsoft® window® 8.1 enterprise operating system Microsoft® window® 8 operating system Microsoft® window® 8 pro operating system Microsoft® window® 8 enterprise operating system Microsoft® window® 7 starter operating system Microsoft® window® 7 home premium operating system Microsoft® window® 7 professional operating system Microsoft® window® 7 ultimate operating system Microsoft® window® 7 enterprise operating system Microsoft® window vista® home basic operating system <sup>1</sup> Microsoft® window vista® home premium operating system <sup>1</sup> Microsoft® window vista® business operating system <sup>1</sup> Microsoft® window vista® ultimate operating system <sup>1</sup> Microsoft® window vista® enterprise operating system <sup>1</sup> Microsoft® window® XP professional , service pack3 <sup>1</sup> Microsoft® window® XP home edition , service pack3 <sup>1</sup>	
CPU	Intel® Core™ 2 Duo processor 2GHz or more	
Required memory	window® 7, window® 8, window® 8.1 (64 bit edition)	Recommended 2GB or more
	window® 7, window® 8, window® 8.1 (32 bit edition)	Recommended 1GB or more
	window® XP, window Vista®	
Available hard disk capacity	HDD available capacity is 5GB or more	
monitor	Resolution 1024x768 pixels or higher	
Communication interface(when a CPU module is directly connected)	USB port , Ethernet port	

ภาพที่ 2.59 ระบบปฏิบัติการที่รองรับ MELSOFT GX Works 3

## 2.11.2 GT Designer 3

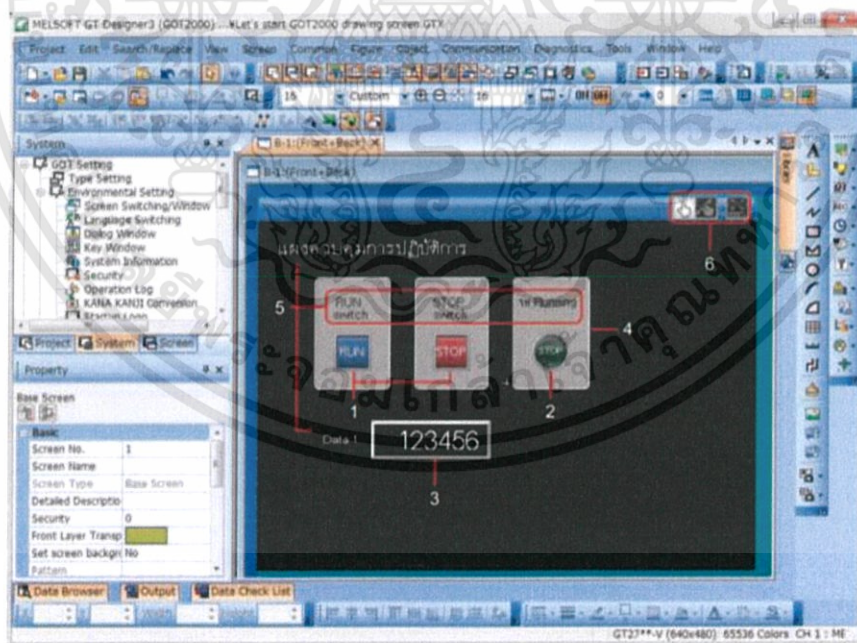
GT Designer 3 เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างหน้าจอสำหรับซีรีส์ GOT 2000 และ ซีรีส์ GOT 1000 และถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง GOT กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล



ภาพที่ 2.60 การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับหน้าจอทัชสกรีน

GT Designer3 ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบหน้าจอต่อไปนี้

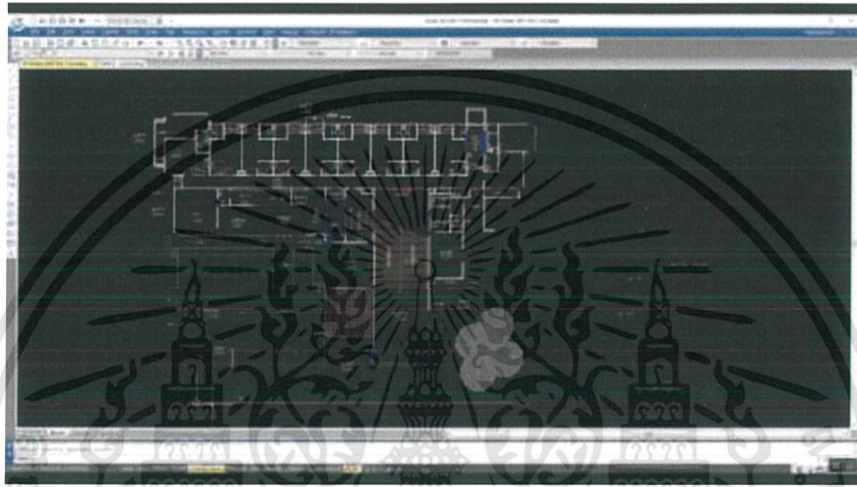
- GT Designer 3 (GOT 2000): ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบหน้าจอสำหรับซีรีส์ GOT 2000
- GT Designer 3 (GOT 1000): ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบหน้าจอสำหรับซีรีส์ GOT 1000



ภาพที่ 2.61 ตัวอย่างโปรแกรม GTDesigner 3

### 2.11.3 Gstar CAD

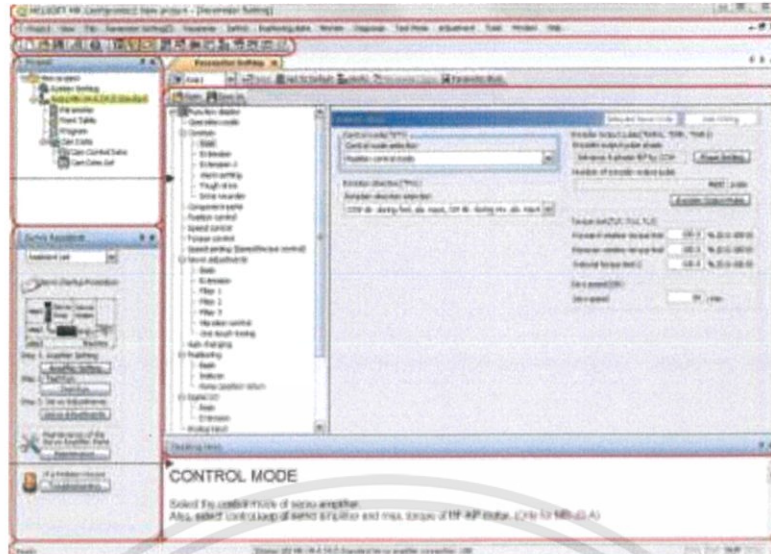
GstarCAD เป็นซอฟต์แวร์เขียนแบบที่มีประสิทธิภาพการทำงานในระดับต้นๆ ทั้งด้านความเร็ว และ การใช้งาน เป็นทางเลือกที่ทดแทน AutoCAD ใช้ทดแทนได้สามารถเปิดแฟ้ม DWG ได้ครบถ้วน สมบูรณ์ตรงกันมีหน้าต่างาสภาพแวดล้อมคล้ายคลึง กับ AutoCAD ทั้ง Command เมนู สคริปต์ สไตล์ รูปแบบอื่นๆ เต็มรูปแบบ GStarCAD จึงเป็น CAD คุณภาพมาตรฐานของ IntelliCAD ทั่วโลก คือ เหมือนกับ AutoCAD 99% มีความเร็วและประสิทธิภาพที่เทียบเท่ากับ AutoCAD และในราคาที่ไม่แพง



ภาพที่ 2.62 ตัวอย่างโปรแกรม Gstar CAD

### 2.11.4 MR Configuration 2

MR Configuration 2 คือซอฟต์แวร์ที่ช่วยสนับสนุนตั้งแต่การเริ่มต้นใช้งานไปจนถึงการบำรุงรักษา Servo Drive สามารถใช้คอมพิวเตอร์ตั้งค่า Parameter แสดงผลบนหน้าจอ การตรวจสอบ ทดสอบการทำงาน และการปรับแต่ง Servo ได้อย่างง่ายดายด้วยฟังก์ชันต่างๆ แม้แต่ผู้ใช้งานระดับเริ่มต้นก็สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 2.63 ตัวอย่างโปรแกรม MELSOFT MR Configuration 2

### 2.11.5 DriveWizard Plus

DriveWizard Plus แอปพลิเคชันจากบริษัท Yaskawa เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่มากด้วยความสามารถออกแบบมาสำหรับการตั้งค่าแอปพลิเคชันขั้นสูง ตั้งค่าพารามิเตอร์อินเวอร์เตอร์และดำเนินการบำรุงรักษาบนไดรฟ์



ภาพที่ 2.64 ตัวอย่างโปรแกรม DriveWizard Plus

## วิธีการดำเนินงานและการออกแบบ

ขั้นตอนการดำเนินงานนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กระทำเพื่อให้เกิดบทสรุปของโครงการ โดยจะแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ คือ 1. การศึกษาข้อมูลทฤษฎีต่างๆและอุปกรณ์ที่ใช้ 2. การสำรวจพื้นที่หน้างานเพื่อวางแผนการติดตั้งระบบใหม่พร้อมทั้งเดินสายไฟและติดตั้งตู้ควบคุม 3. การศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้าและตู้ควบคุมเครื่อง Shearing Machine และในการศึกษาการออกแบบก็จะแบ่งได้อีกย่อยๆ คือ การศึกษาการออกแบบควบคุมเครื่อง shearing machine ด้วยโปรแกรม PLC และการศึกษาการออกแบบหน้าจอตชสกรีน 4. การติดตั้งระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม และ 5. การทดสอบการทำงานก่อนดำเนินงานจริง

### 3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของโครงการ

ศึกษาตั้งแต่การเริ่มนำม้วนโลหะเข้าสู่กระบวนการ การทำงานของเครื่อง shearing machine ศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุม การเขียนหน้าจอตชสกรีน การตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซอร์โวมอเตอร์ การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ศึกษาการใช้โปรแกรมที่ใช้ในโครงการ ศึกษาการทำงานของอินเวอร์เตอร์และเก็บเอกสารรวบรวมข้อมูลทุกอย่างที่ใช้ในโครงการ การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบหน้าที่การทำงานต่างๆ ของเครื่อง Shearing Machine รวมไปถึงอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

### 3.2 การสำรวจหน้างานเพื่อออกแบบ

การไปสำรวจหน้างานมีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Shearing Machine เพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมควบคุม เก็บข้อมูลระบบไฟฟ้าแบบเก่าโดยทำการบันทึกข้อมูลด้วยการถ่ายภาพ หรือจดบันทึก เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบวงจรไฟฟ้า การออกแบบพื้นที่ติดตั้งตู้ควบคุม และการกำหนดเส้นทางการเดินสายสัญญาณ

#### 3.2.1 แนวคิดการออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบไฟฟ้าควบคุมของเครื่อง Shearing Machine

1. เปลี่ยนระบบไฟฟ้าให้เป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ PLC ในการควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการตัดชิ้นงาน
2. สามารถปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามเงื่อนไขการควบคุมเครื่องจักรได้ง่ายและรวดเร็ว
3. ดูแลรักษาและซ่อมบำรุงได้ง่ายขึ้น
4. ใช้หน้าจอตชสกรีนในการควบคุมเครื่องจักร เพื่อความสะดวกของผู้ปฏิบัติการ



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างภาพจากการสำรวจหน้างาน

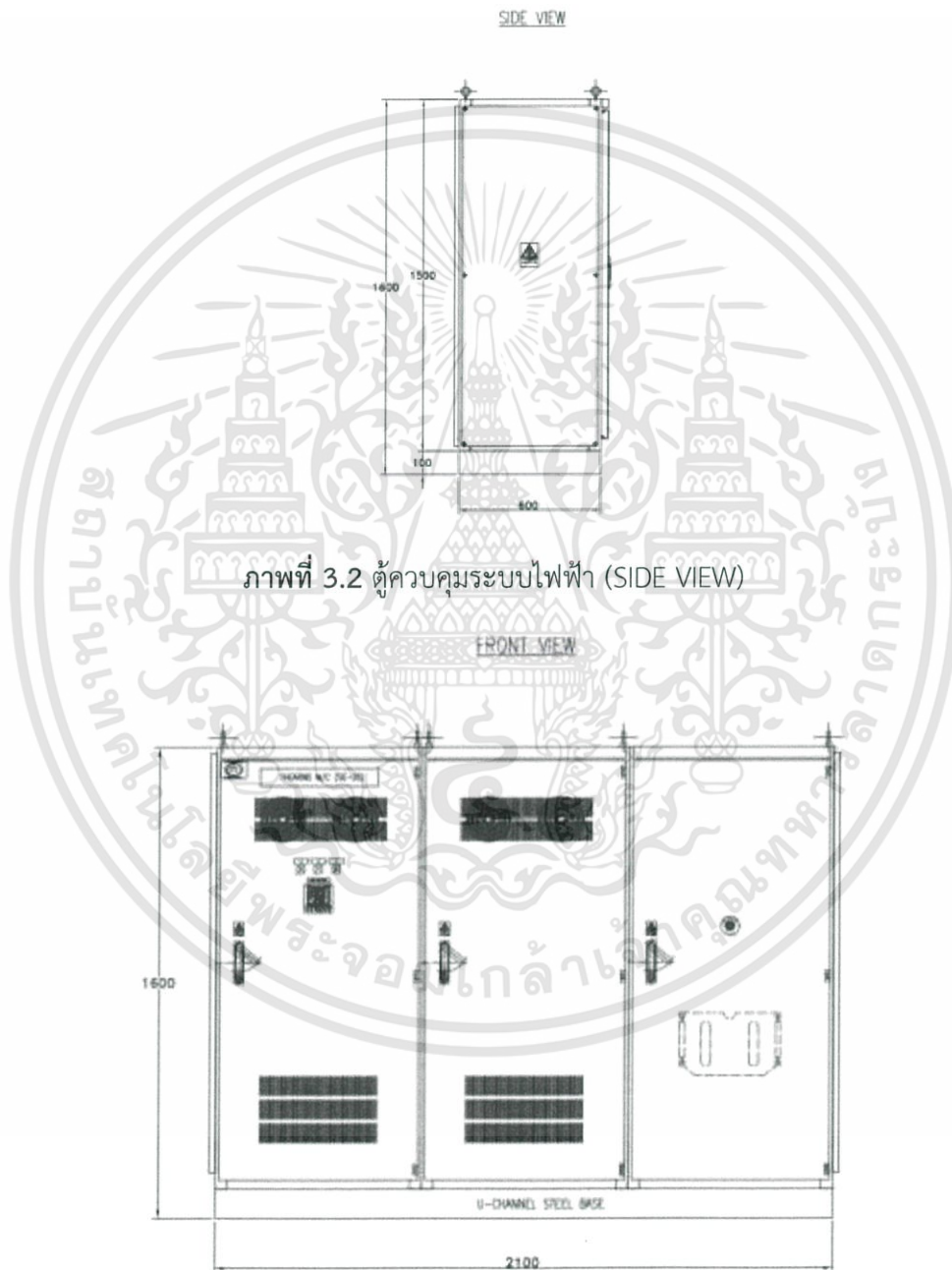
### 3.3 ศึกษาการออกแบบ

#### 3.3.1 ศึกษาการออกแบบตู้ควบคุม

ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าถูกออกแบบให้สร้างแบบวางถาวรเป็นลักษณะตู้ที่สามารถเปิด-ปิดได้ โดยที่ด้านหน้าของโครงสร้างเป็นส่วนการสั่งงานและแสดงผล ในการออกแบบแต่ละตู้จะออกแบบตามที่ใช้ต้องการทั้งขนาด ความกว้าง ความยาว และความสูง เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้งานสะดวกและเหมาะสม โดยแบ่งตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าออกเป็น 1 ตู้ควบคุม และ 3 แผงควบคุมควบคุมการทำงานของเครื่อง shearing machine ดังนี้

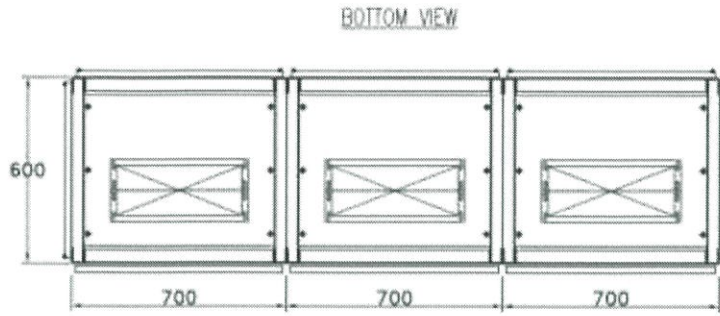
## ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

เป็นตู้ที่มีอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าต่างๆของระบบเช่น อินเวอร์เตอร์ PLC รีเลย์ อยู่ภายใน แบ่งออกเป็นสามตู้ที่มีขนาดเท่ากัน โดยมีขนาด กว้างตู้ละ 600 มิลลิเมตร ยาวตู้ละ 700 มิลลิเมตร สูงตู้ละ 1500 มิลลิเมตร



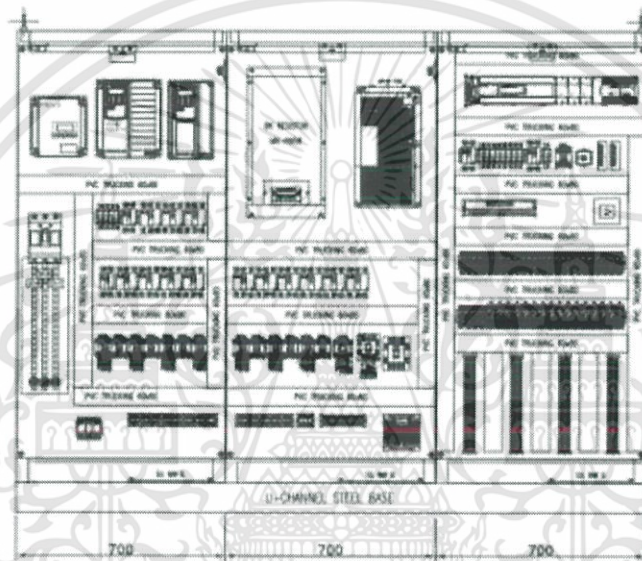
ภาพที่ 3.2 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (SIDE VIEW)

ภาพที่ 3.3 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (FRONT VIEW)



ภาพที่ 3.4 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (BOTTOM VIEW)

COMPONENT LAYOUT

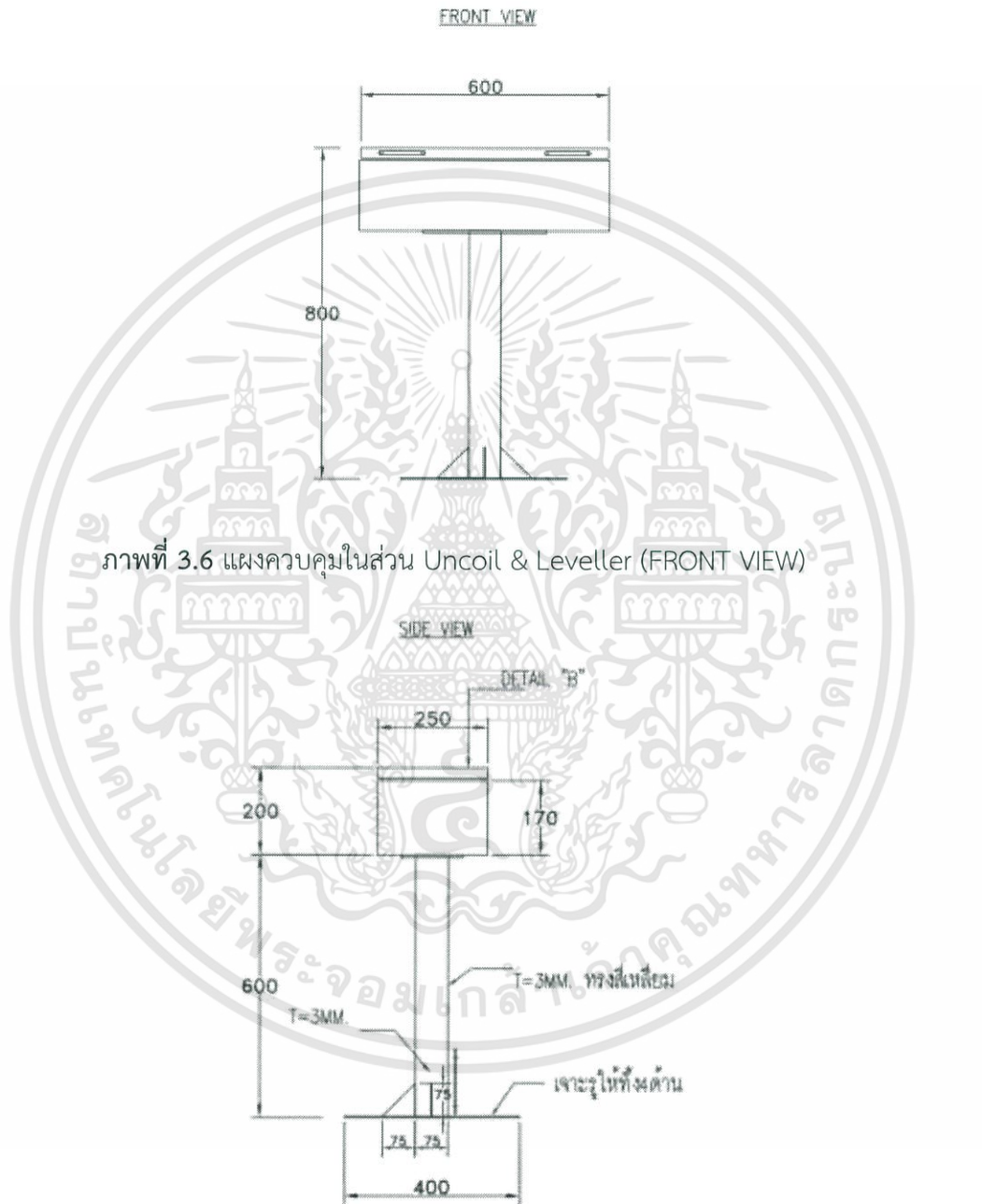


ภาพที่ 3.5 ส่วนประกอบข้างในตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

และแผงควบคุมคอยควบคุมส่วนต่างๆ ของเครื่อง shearing machine จะประกอบด้วย

## Uncoil & Leveller

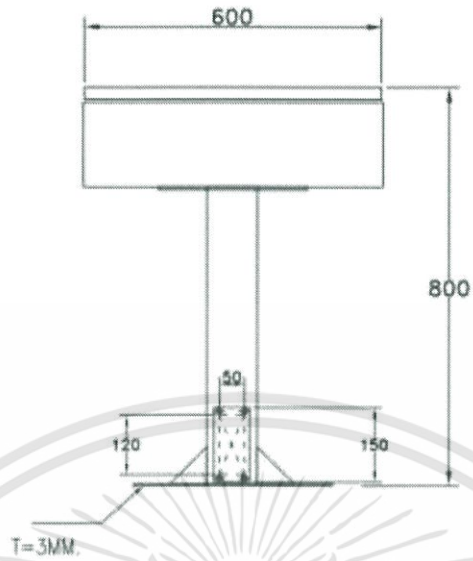
เป็นแผงควบคุมมีฐานกว้าง 400 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร มีส่วนการสั่งงานและแสดงผลขนาด กว้าง 250 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ส่วนการสั่งงานและแสดงผลติดตั้งปุ่มควบคุมการทำงานในส่วน ของ Uncoil และ Leveller



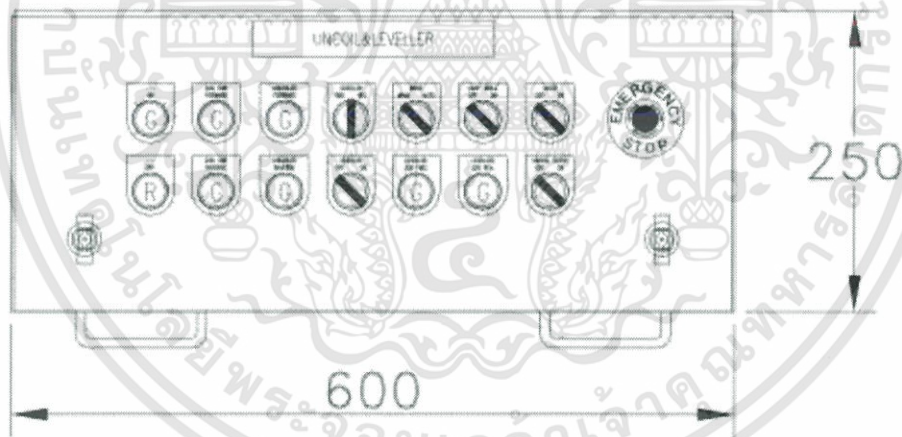
ภาพที่ 3.6 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (FRONT VIEW)

ภาพที่ 3.7 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (SIDE VIEW)

REAR VIEW



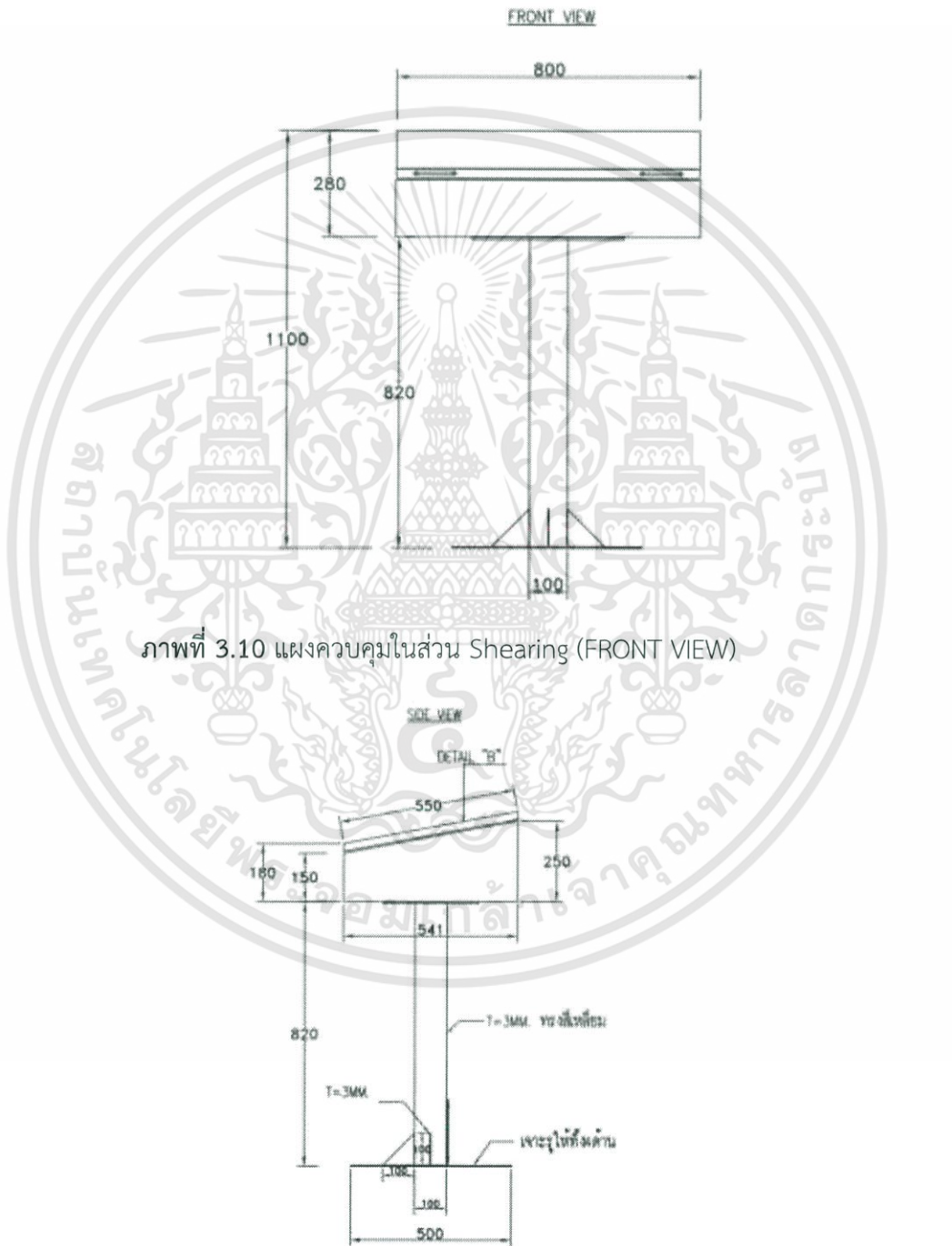
ภาพที่ 3.8 แผงควบคุมในส่วน Uncoil & Leveller (REAR VIEW)



ภาพที่ 3.9 เลขเอาต์ของส่วนการสั่งงานและแสดงผลของ Uncoil & Leveller

## Main Control Desk Shearing

เป็นแผงควบคุมที่มีฐานกว้าง 500 มิลลิเมตร สูง 1100 มิลลิเมตร มีส่วนการสั่งงานและแสดงผลขนาดกว้าง 550 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร ส่วนการสั่งงานและแสดงผลติดตั้งหน้าจอทัชสกรีน หน้าจอแสดงผลของอินเวอร์เตอร์ และปุ่มควบคุมการทำงานในส่วนของ Feeder และ Shear

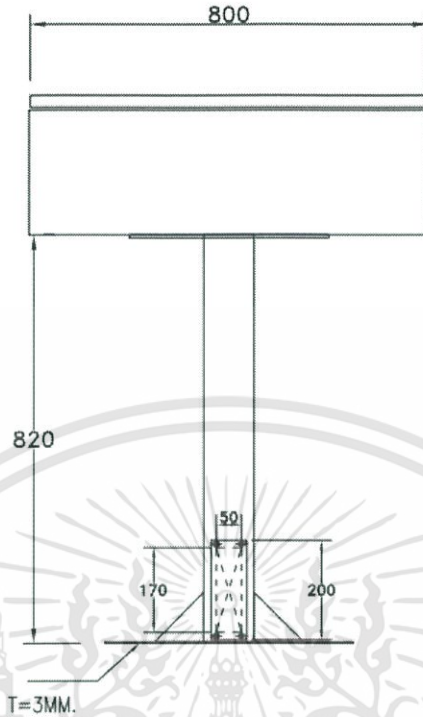


ภาพที่ 3.10 แผงควบคุมในส่วน Shearing (FRONT VIEW)

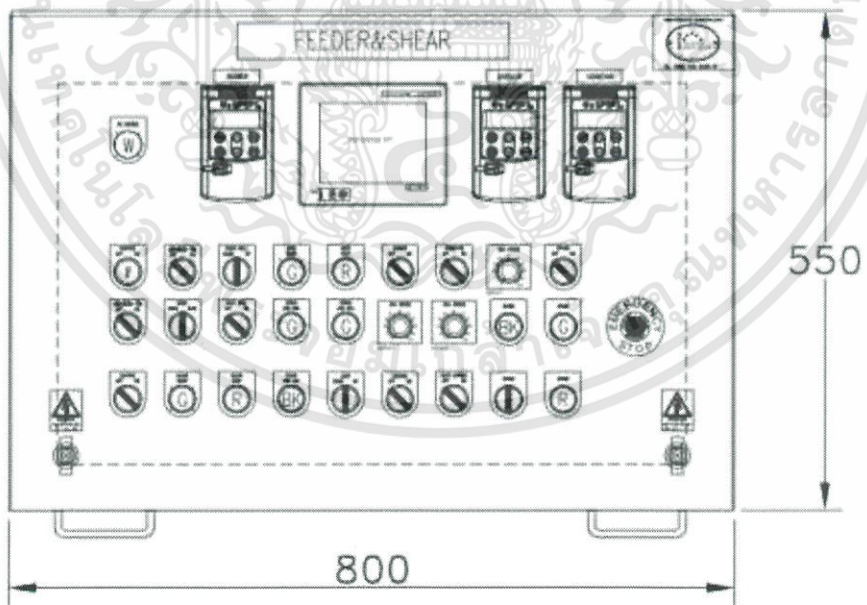
ภาพที่ 3.11 แผงควบคุมในส่วน Shearing (SIDE VIEW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REAR VIEW



ภาพที่ 3.12 แผงควบคุมในส่วน Shearing (REAR VIEW)

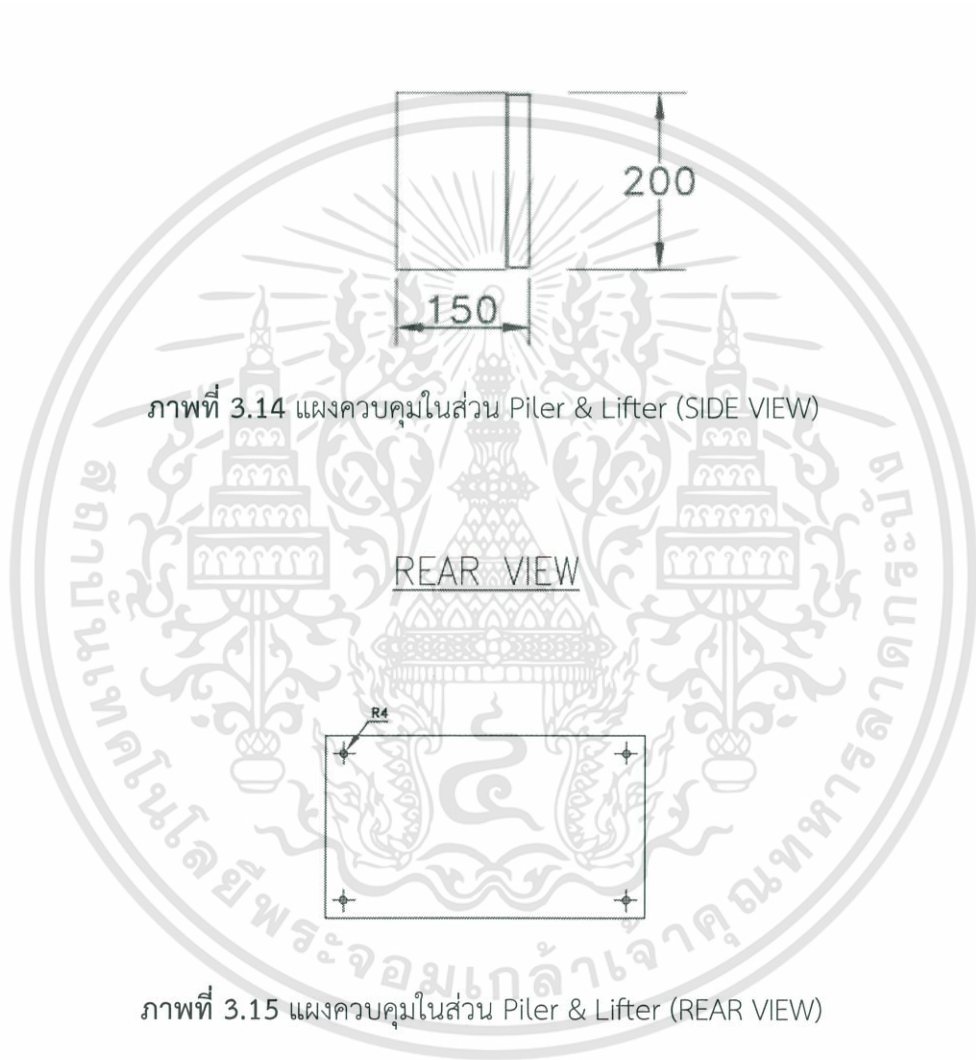


ภาพที่ 3.13 ภาพของส่วนการสั่งงานและแสดงผลของ Main Control Desk Shearing

## Piler&Lifter

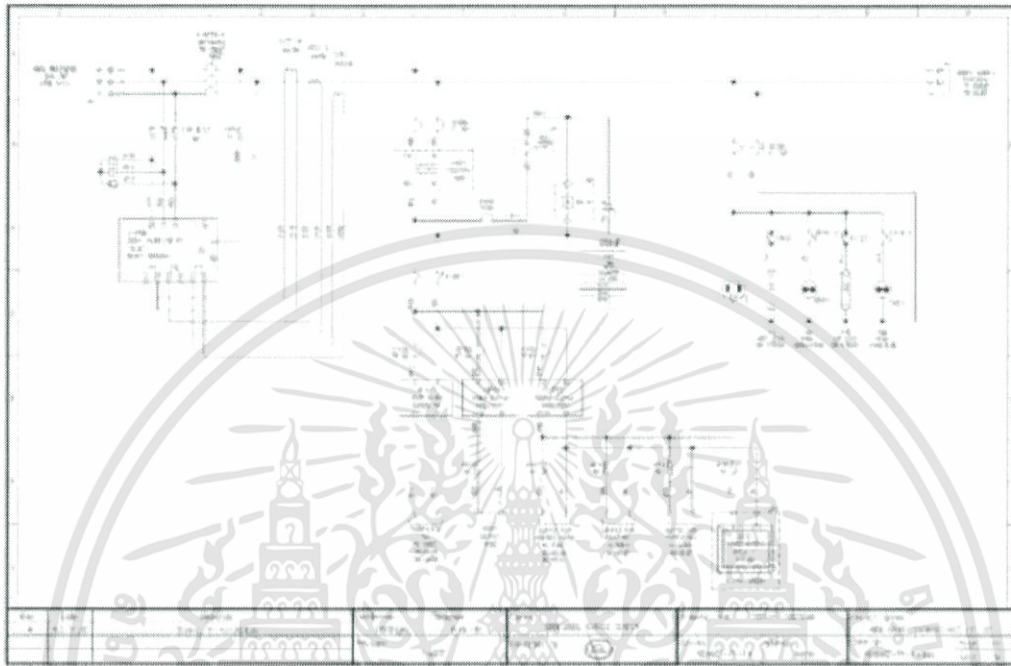
เป็นแผงควบคุมที่ไม่มีฐานในการติดตั้ง สูง 150 มิลลิเมตร มีส่วนการสั่งงานและแสดงผลขนาด กว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร ส่วนการสั่งงานและแสดงผลติดตั้งปุ่มควบคุมการทำงานของ Piler และ Lifter

### SIDE VIEW

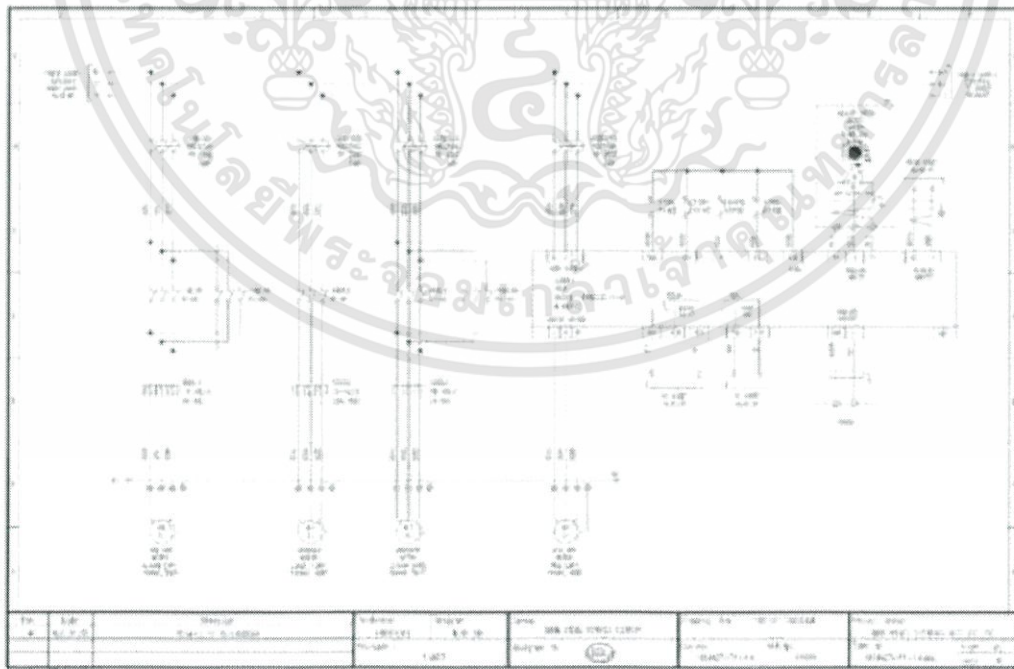




Single Line Diagram จะแสดงภาพรวมของระบบ shearing machine โดยการใช้เอซีมอเตอร์ในการควบคุมส่วนต่างๆของ shearing machine ในส่วน feeder จะใช้ servo motor ในการควบคุม และในส่วน leveler, conveyor, blower ใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมเอซีมอเตอร์

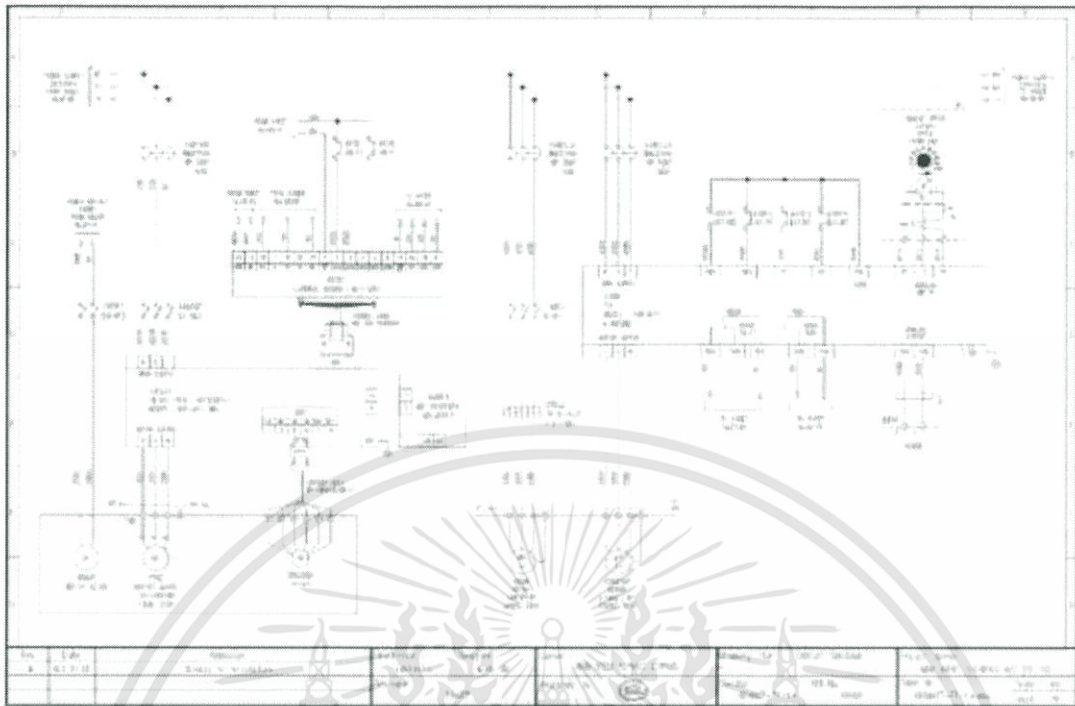


ภาพที่ 3.18 circuit diagram ของ power supply

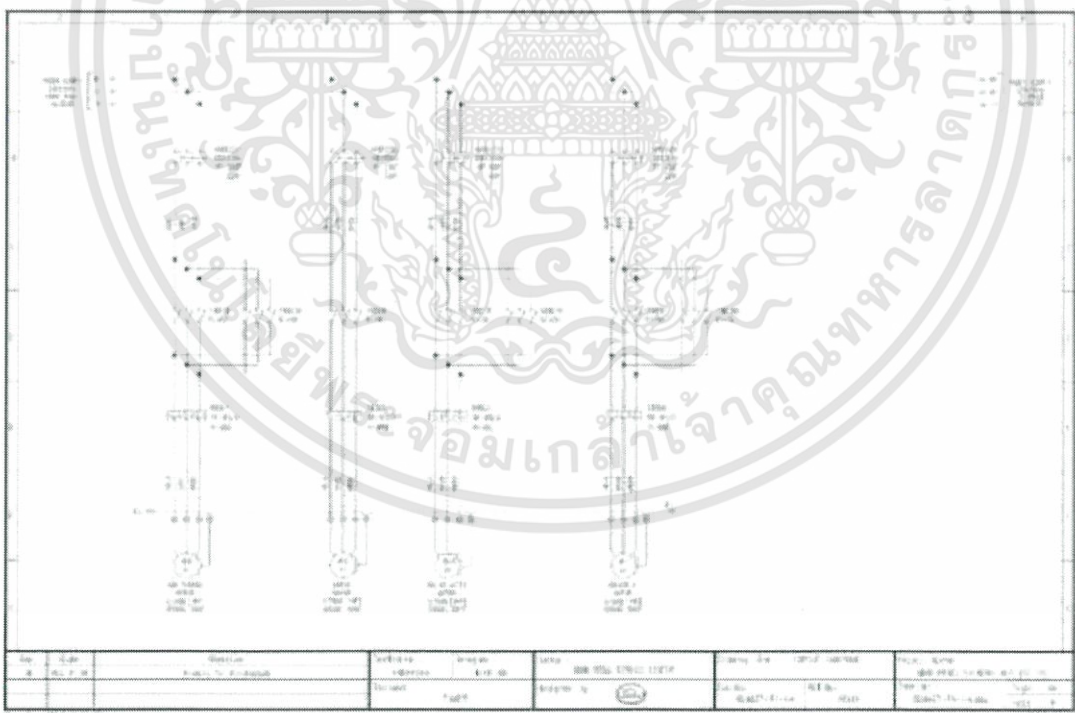


ภาพที่ 3.19 circuit diagram ของมอเตอร์ ในส่วน coil car, uncoil, leveller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

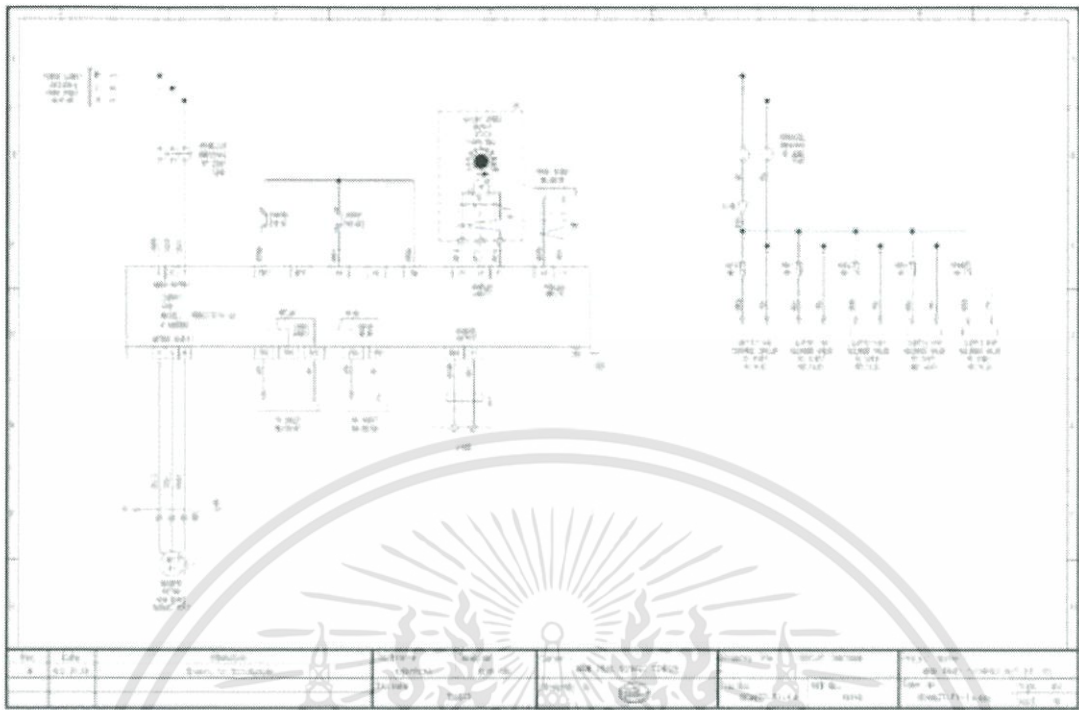


ภาพที่ 3.20 circuit diagram ของมอเตอร์ ในส่วน feeder, shear, conveyor

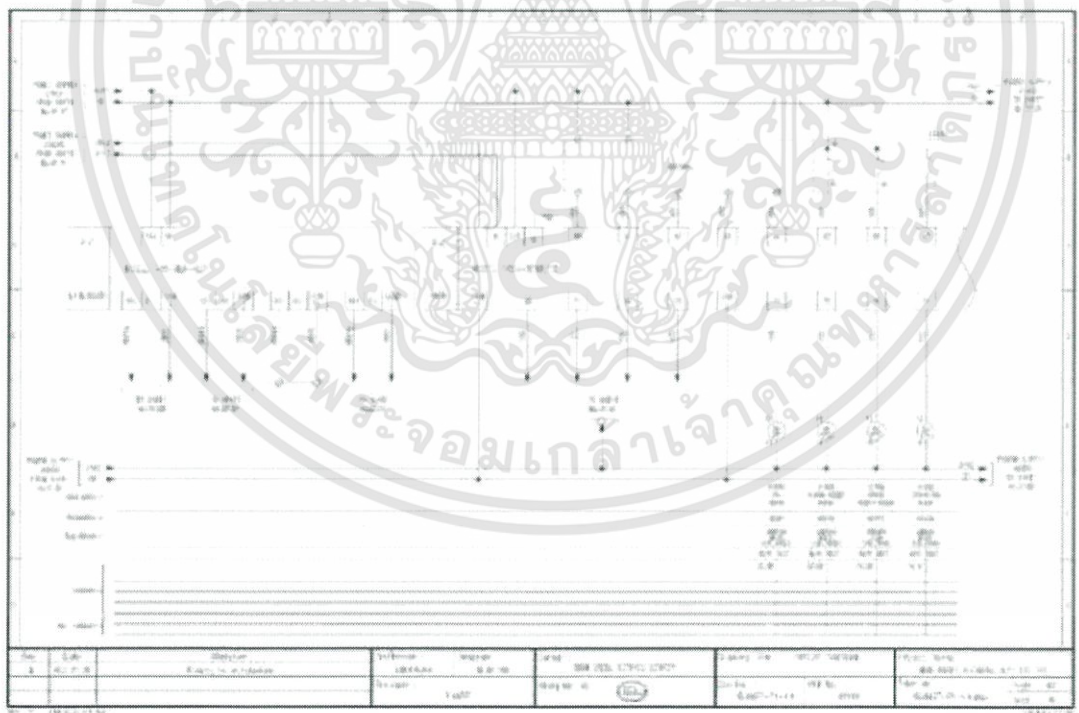


ภาพที่ 3.21 circuit diagram ของมอเตอร์ ในส่วน car travers, lifter, roller lifter, roller 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

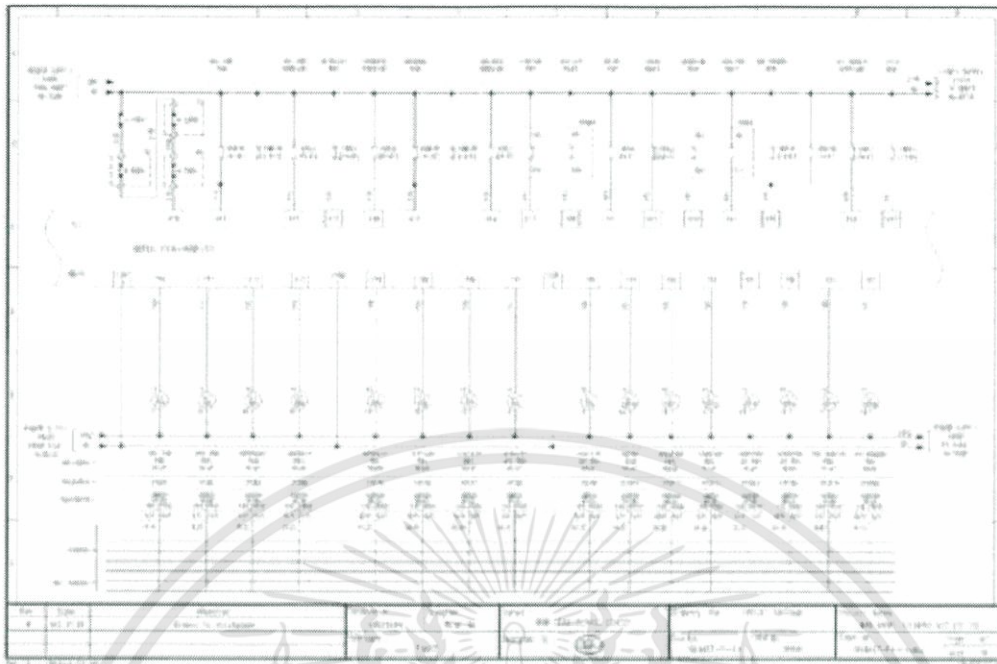


ภาพที่ 3.22 circuit diagram ของมอเตอร์ ในส่วน blower

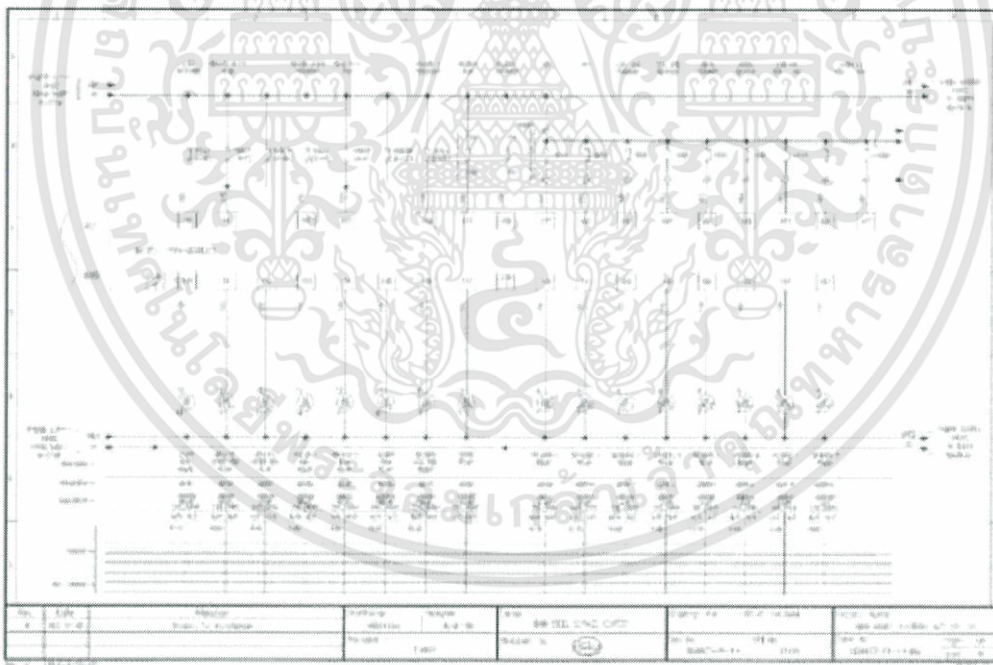


ภาพที่ 3.23 circuit diagram ของ PLC Model FX5U-80MT/ES I/O Module X1-X7 และ Y1-Y7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

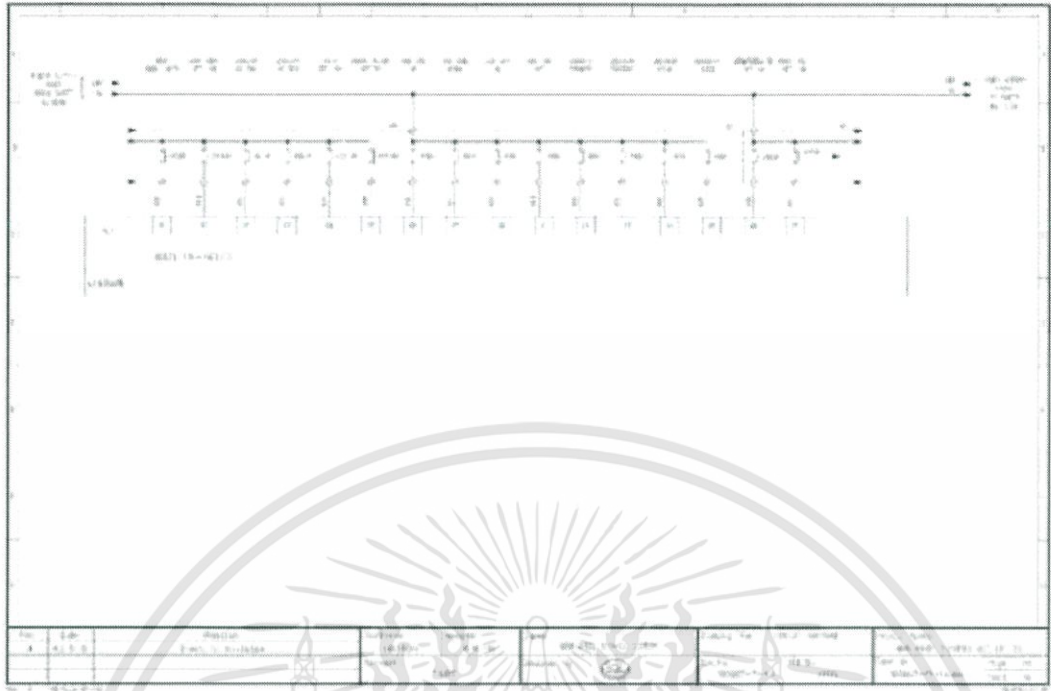


ภาพที่ 3.24 circuit diagram ของ PLC Model FX5U-80MT/ES I/O Module X10-X27 และ Y10-Y27

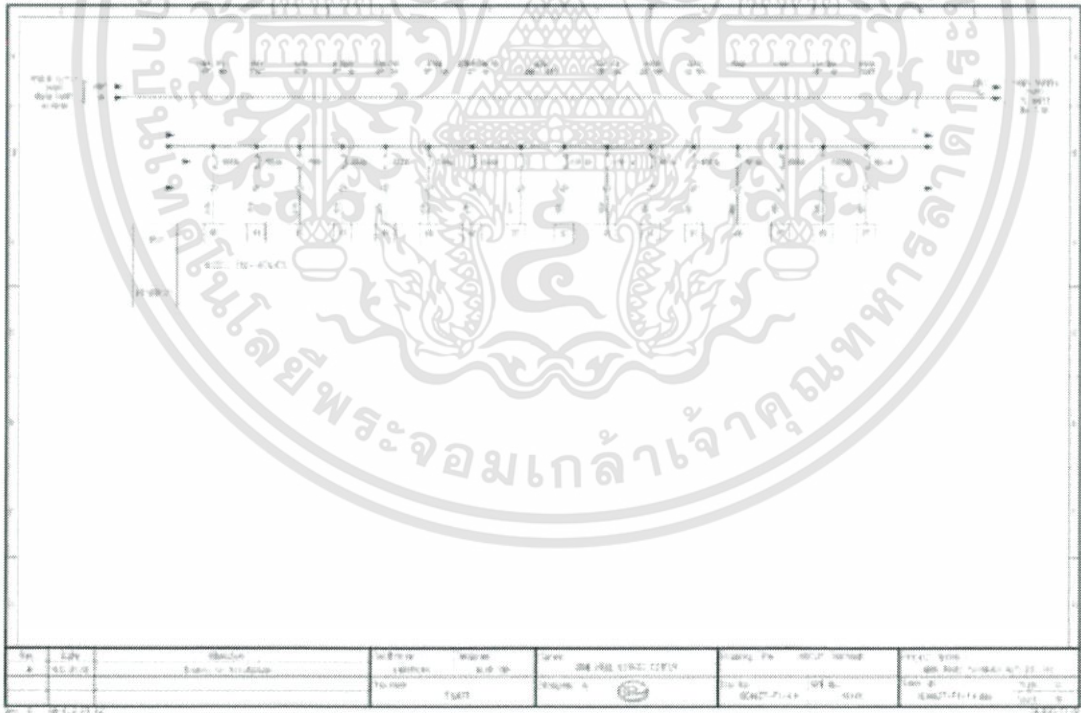


ภาพที่ 3.25 circuit diagram ของ PLC Model FX5U-80MT/ES I/O Module X30-X47 และ Y30-Y47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 70  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

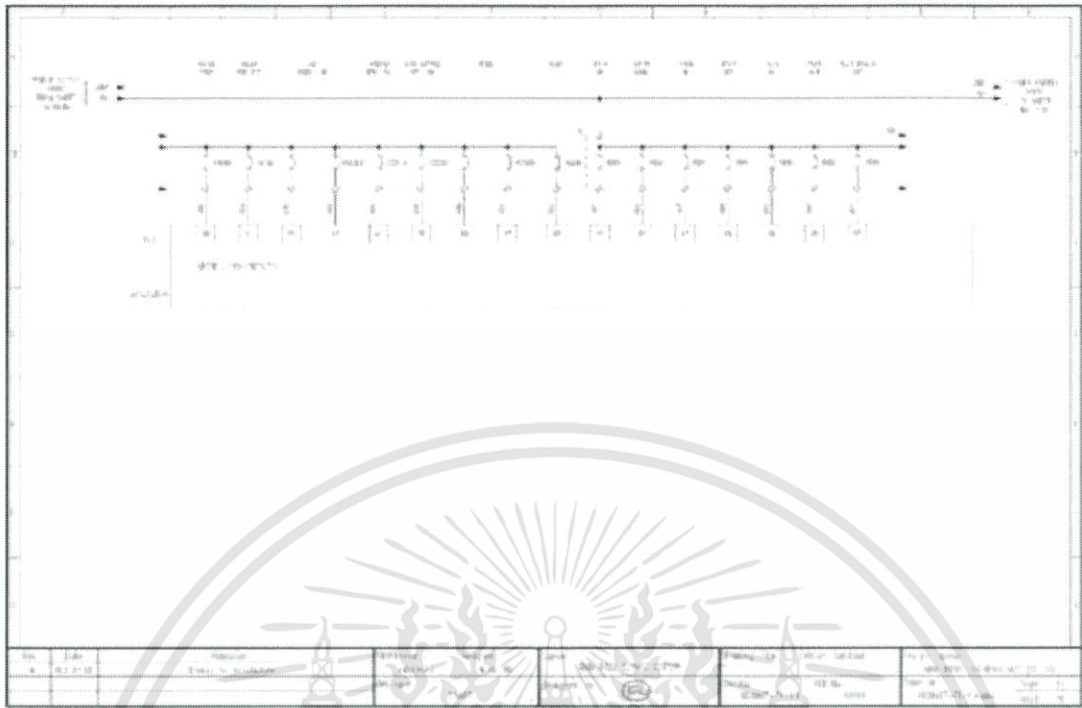


ภาพที่ 3.26 circuit diagram ของ PLC Model FX5-16EX/ES I/O Module X50-X67

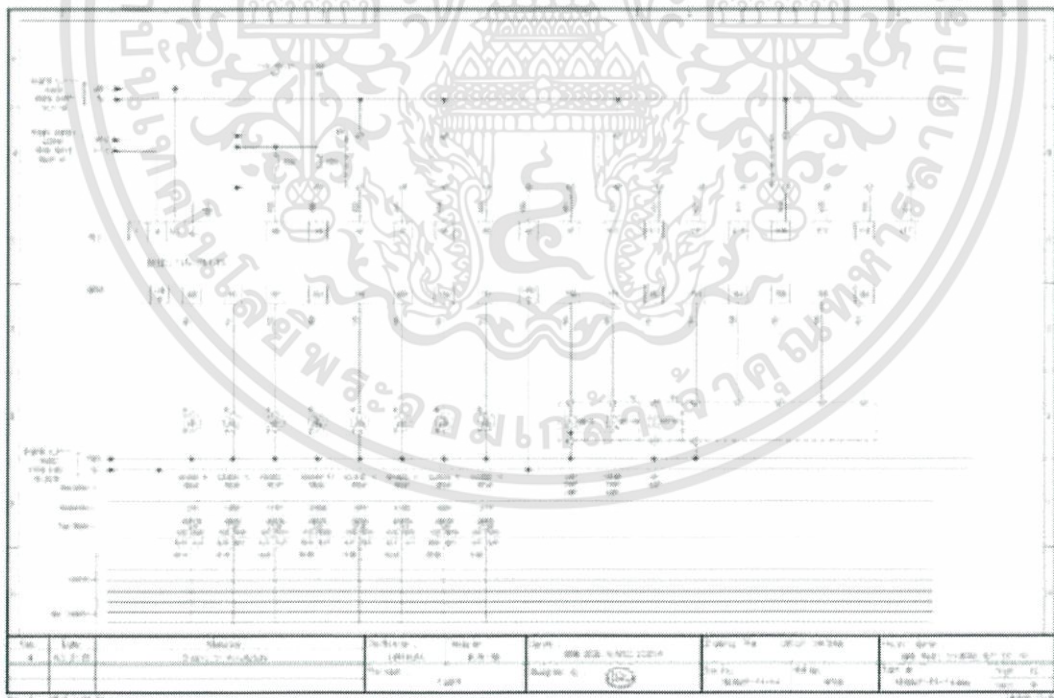


ภาพที่ 3.27 circuit diagram ของ PLC Model FX5-16EX/ES I/O Module X70-X87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

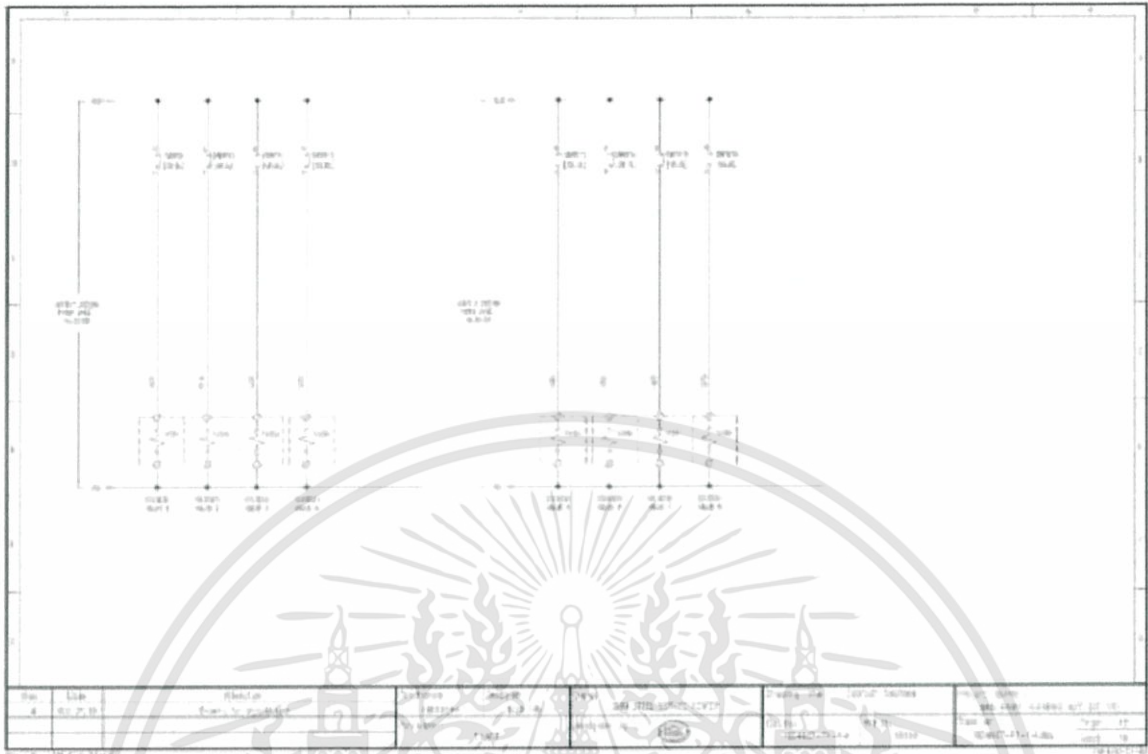


ภาพที่ 3.28 circuit diagram ของ PLC Model FX5-16EX/ES I/O Module X90-XA7

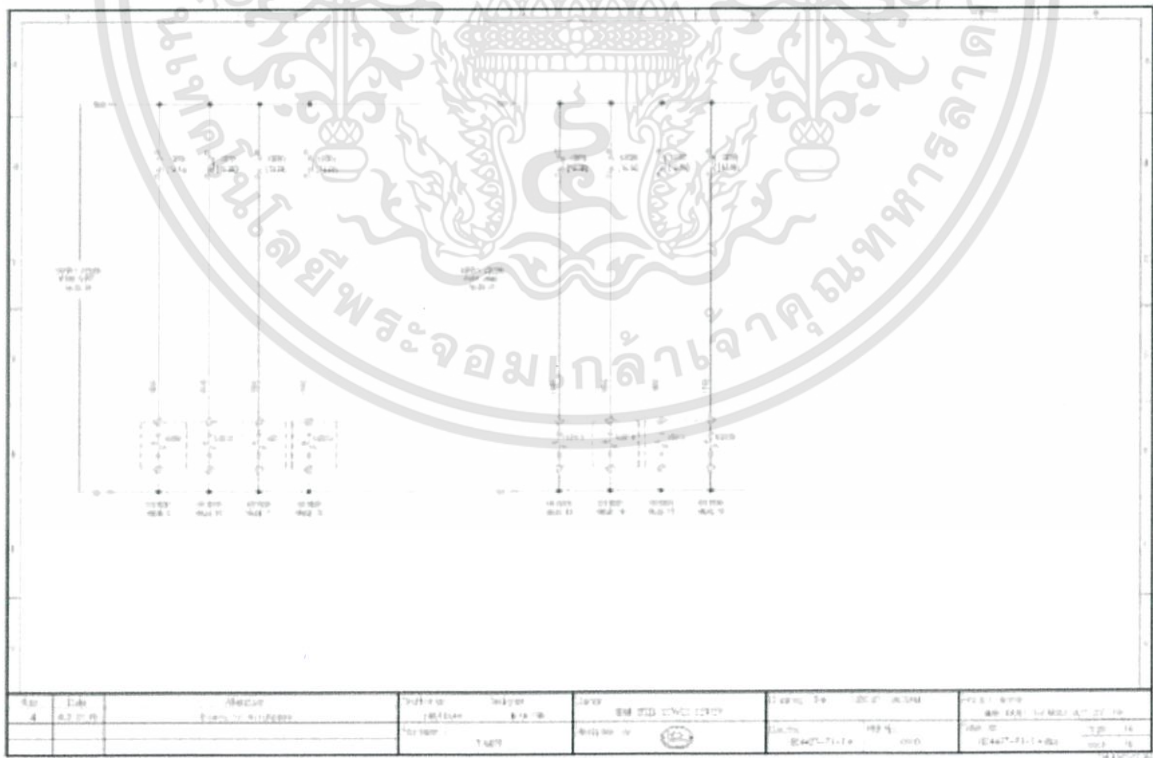


ภาพที่ 3.29 circuit diagram ของ PLC Model FX5-32MT/ES I/O Module XB0-XC7 และ Y50-Y67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.30 circuit diagramของ solinoid valve 1-8

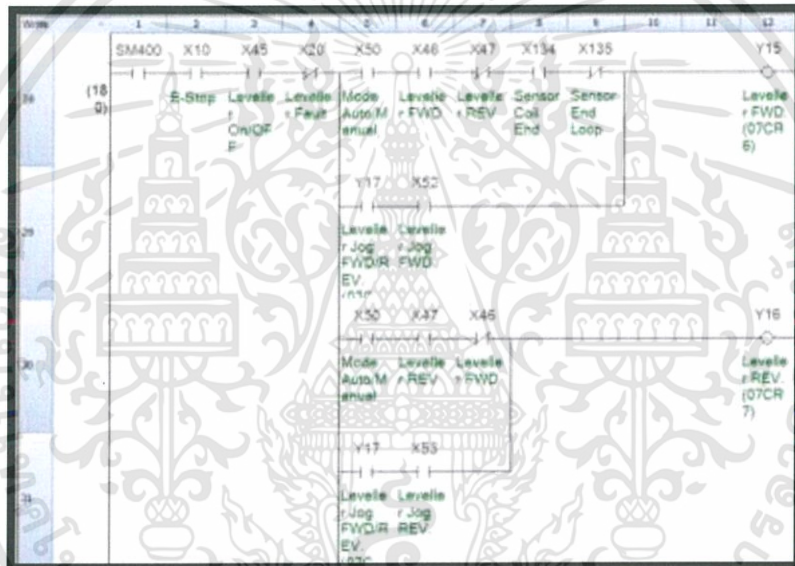


ภาพที่ 3.31 circuit diagramของ solinoid valve 9-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 ศึกษาการออกแบบโปรแกรม Programmable Logic Controller (PLC)

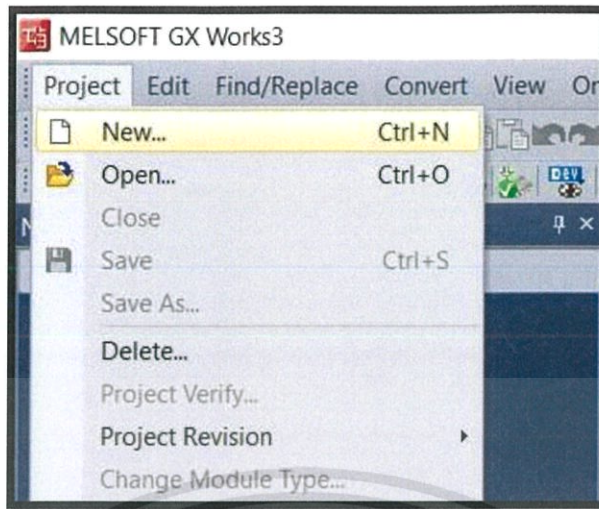
เนื่องจาก PLC และซอฟต์แวร์ในการเขียนลอจิก PLC มีหลากหลายยี่ห้อและมีการใช้งานซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกันออกไปในเรื่องของการตั้งค่าก่อนการเริ่มต้นการใช้งาน เพื่อให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถติดต่อกันได้ (Software and Hardware configuration) และรูปแบบการสร้างแท็ก (Tag) หรือที่อยู่ (Address) ในโครงการนี้เลือกใช้ฮาร์ดแวร์เป็น PLC Mitsubishi MELSEC iQ-F FX5U-80m และซอฟต์แวร์สำหรับเขียนโปรแกรมลอจิกคือ GX Works 3 โดยที่มี RSLinx Classic Gateway เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถติดต่อกันได้ โดยเลือก RS-485 เป็นโพรโตคอล (Protocol) สำหรับการออกแบบลอจิกเขียนขึ้นเป็นแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram)



ภาพที่ 3.32 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงการ บนโปรแกรม MELSOFT GX Works 3

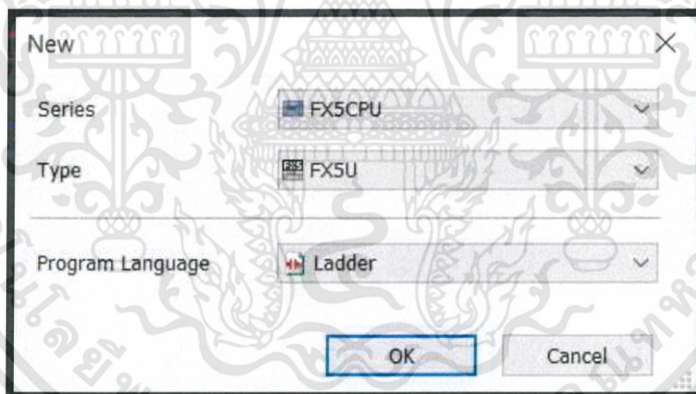
#### 3.3.3.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อดาวน์โหลด PLC controller

- 1) เปิดโปรแกรม MELSOFT GX Works 3 ขึ้นมา
- 2) คลิก project แล้วเลือก New



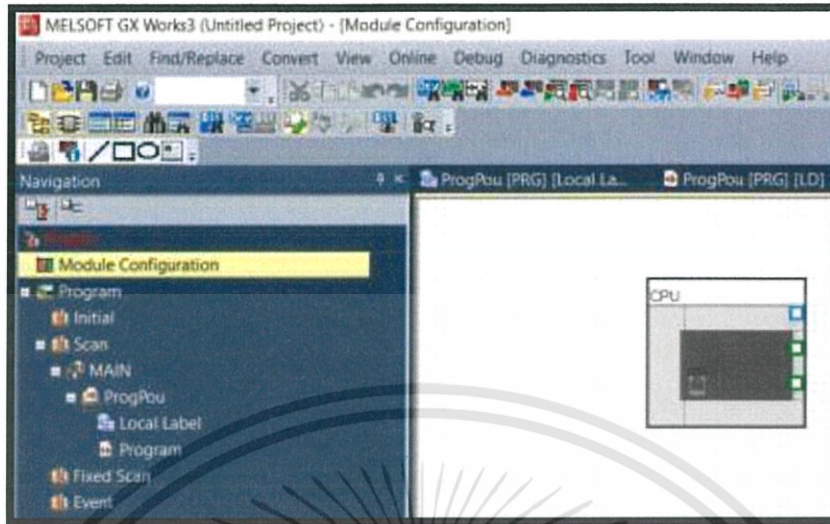
ภาพที่ 3.33 การสร้าง New Project

3) กรอกข้อมูลในหน้าต่าง New ให้ถูกต้อง ทำการกำหนด Series ชนิดของ PLC ให้สอดคล้องกับโปรแกรม ซึ่งในโครงการนี้ใช้โปรแกรม MELSOFT GX Works3 จึงต้องเลือกเป็นเป็น FX5CPU เลือก Type เป็น FX5U และเลือกภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม Program Language เป็น Ladder จากนั้นคลิก OK



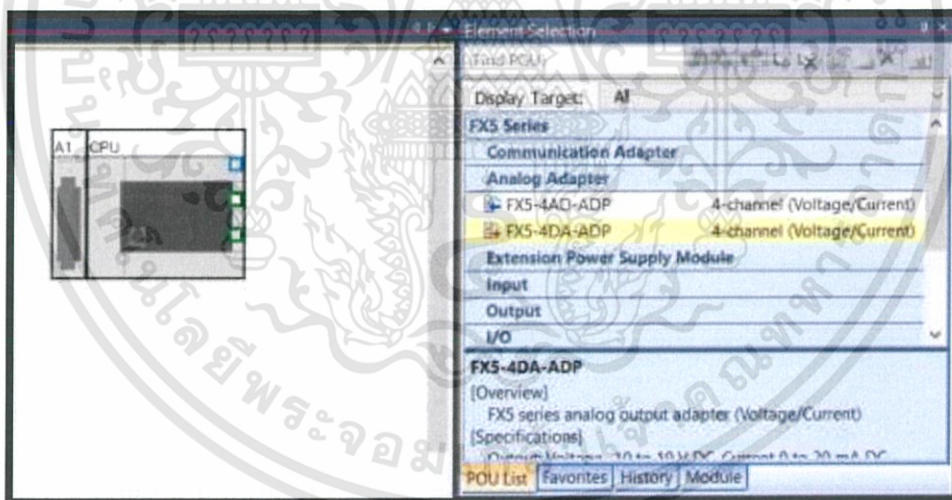
ภาพที่ 3.34 การเลือกประเภทของ PLC ในการสร้าง Project

4) ดับเบิลคลิกที่ Module Configuration เพื่อตั้งค่าโมดูลที่ใช้งาน



ภาพที่ 3.35 การตั้งค่าโมดูล

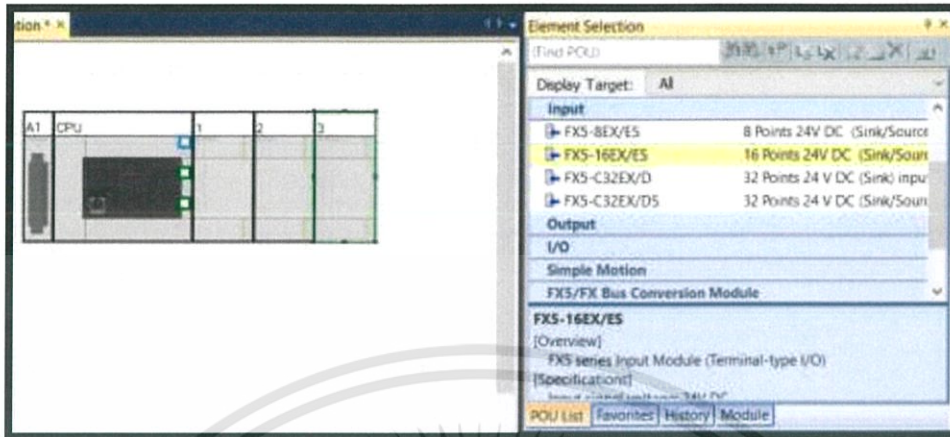
5) ใช้เมาส์ลากโมดูล FX5-4DA-ADP จาก Element Selection มาประกอบกับ CPU



ภาพที่ 3.36 การเพิ่มโมดูล FX5-4DA-ADP ในการตั้งค่าโมดูล

6) ใช้เมาส์ลากโมดูล FX5-16EX/ES จาก Element Selection มาประกอบกับ CPU

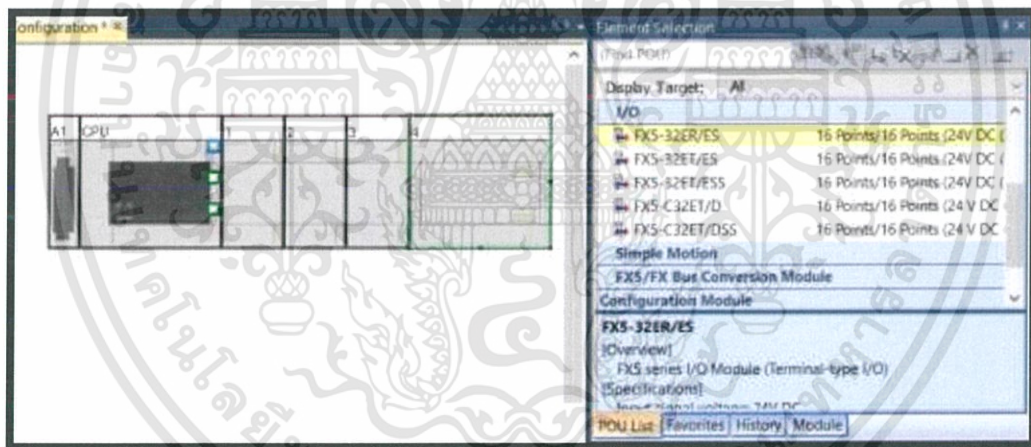
จำนวน 3 โมดูล



ภาพที่ 3.37 การเพิ่มโมดูล FX5-16EX/ES ในการตั้งค่าโมดูล

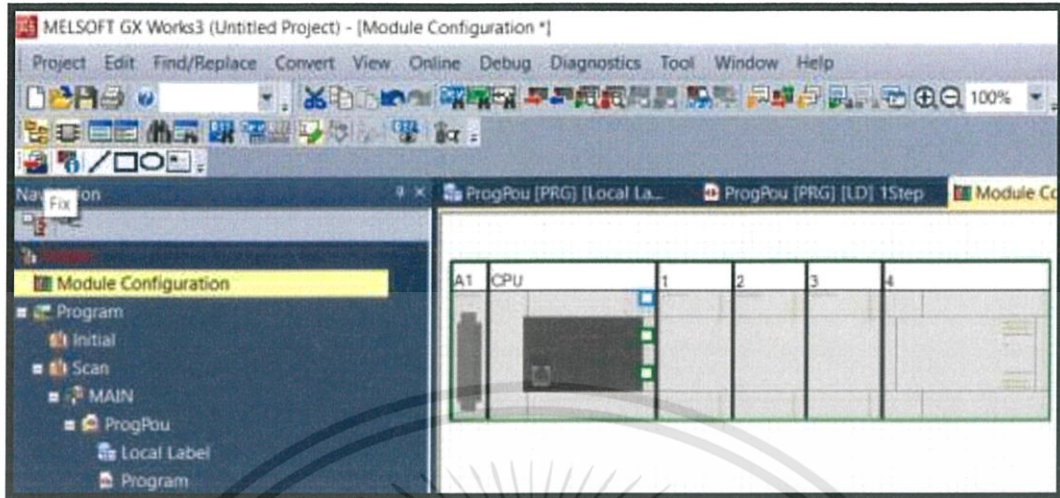
7) ใช้เมาส์ลากโมดูล FX5-32ER/ES จาก Element Selection มาประกอบกับ CPU

จำนวน1 โมดูล



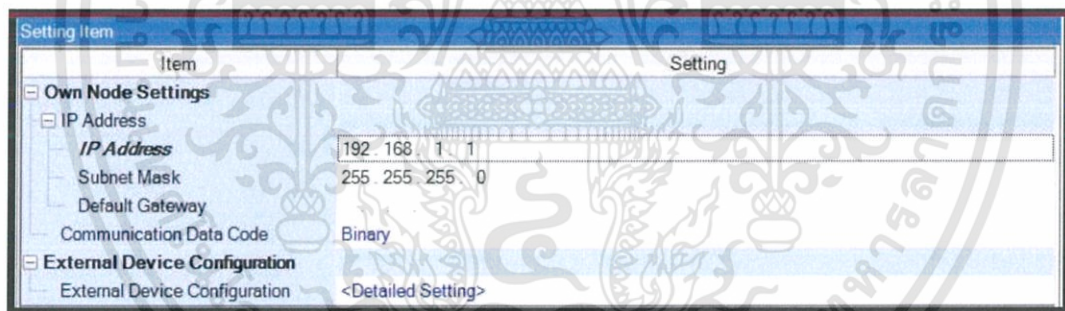
ภาพที่ 3.38 การเพิ่มโมดูล FX5-32ER/ES ในการตั้งค่าโมดูล

8) เมื่อประกอบโมดูลเสร็จให้กดเลือก Fix ที่ Toolbar แล้วตอบ Yes



ภาพที่ 3.39 การ Fix โมดูล

9) ทำการปรับค่า Parameter โดยเลือก Navigation คลิกที่ Parameter >FX5UCPU > Module Parameter > Ethernet Port เพื่อกำหนดค่า IP Address ในโครงการนี้กำหนดให้ค่า IP Address เป็น 192.168.1.1 และกำหนดให้ Subnet Mask เป็น 255.255.255.0



ภาพที่ 3.40 การกำหนดค่า IP Address

10) ทำการปรับค่า Parameter โดยเลือก Navigation คลิกที่ Parameter >FX5UCPU > Module Parameter > Analog Input ปรับ A/D Conversion Enable/Disable Setting เป็น Enable ปรับ Average Processing Specify เป็น Time Average กำหนด Time Average Counts Average Moving Average เป็น 50 ms

Setting Item	Item	CH1	CH2
A/D Conversion Enable/Disable Setting Function	Set A/D conversion method.		
	A/D Conversion Enable/Disable Setting	Enable	Enable
A/D Conversion Method	Set A/D conversion method.		
	Average Processing Specify	Time Average	Time Average
	Time Average Counts Average Moving Average	50 ms	50 ms

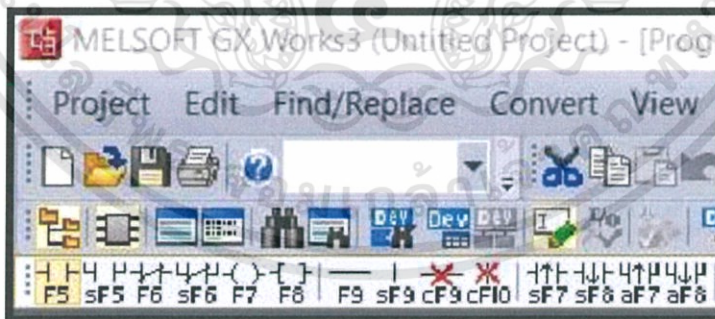
ภาพที่ 3.41 การปรับค่า Parameter ของโมดูล Analog Input

11) ทำการปรับค่า Parameter โดยเลือก Navigation คลิกที่ Parameter > Module Information> ADP1:FX5-4DA-ADP > Module Parameter ปรับ D/A Output Enable/Disable Setting ของ CH1-CH4 ให้เป็น Enable

Setting Item	Item	CH1	CH2	CH3
D/A Conversion Enable/Disable Setting Function	Set D/A conversion method.			
	D/A Conversion Enable/Disable Setting	Disable	Disable	Disable
D/A Output Enable/Disable Setting	Set D/A output conversion method.			
	D/A Output Enable/Disable Setting	Enable	Enable	Enable
Range switching function	The analog output range can be set. The output conversion characteristics can be changed.			
	Output range setting	Output Voltage (0 to 10V)	Output Voltage (0 to 10V)	Output Voltage (0 to 10V)

ภาพที่ 3.42 การปรับค่า Parameter ของโมดูล D/A Output

12) สำหรับการเขียนลอจิกด้วยภาษา Ladder diagram โดยเลือก Navigation คลิกที่ Program > Scan > Main > ProgPou > Program สามารถลากฟังก์ชันคำสั่งแบบ Instruction และ Function จาก Toolbar



ภาพที่ 3.43 ฟังก์ชันคำสั่งแบบ Instruction ในการเขียน Ladder diagram

ทำการพิมพ์เพื่อตั้งชื่อ Tag และกด Enter รายละเอียดสำหรับการ configuration tag มีดังนี้

Device คืออุปกรณ์ในโมดูล CPU เช่น

X... (Input) รับสัญญาณเข้ามาใช้ในโปรแกรม เช่น X2 มาจากสวิตช์2

Y... (Output) ใช้โปรแกรมควบคุมสัญญาณออก เช่น Y3 ควบคุมหลอดไฟ 3

T... (Timer) อุปกรณ์ตั้งเวลาให้สัญญาณ ON เมื่อครบเวลา

C... (Counter) อุปกรณ์นับให้สัญญาณ ON เมื่อครบจำนวน

M... (Internal relay) เป็นรีเลย์ช่วยในโมดูล CPU

D... (Data Register) อุปกรณ์เก็บข้อมูลตัวเลข

Constant คือค่าคงที่ในโปรแกรม เช่น

K... จำนวนเต็มเลขฐานสิบ เช่น K10, K-32

H... จำนวนเต็มเลขฐานสิบหก เช่น H15AB, H0FFF

E... เลขทศนิยม เช่น E3.14, E-1.7

System Device คืออุปกรณ์ที่ระบบใช้งานใช้ในโปรแกรมตามที่กำหนดไว้ เช่น

SM (Special relay) เป็น M ที่ระบบใช้ เช่น

SM400 (Always On) ON ตลอด

SM401 (Always Off) OFF ตลอด

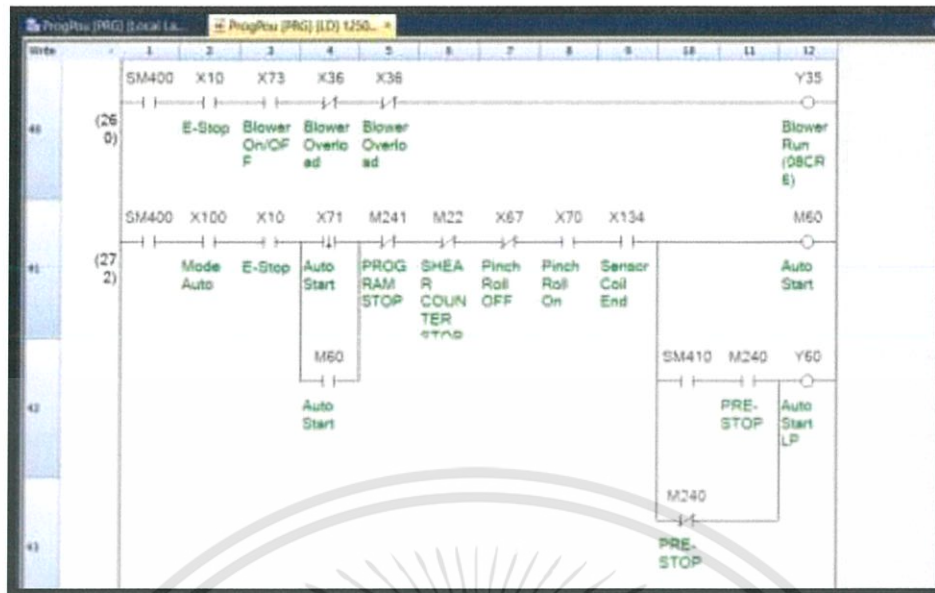
SM402 (After RUN, ON 1 scan) ON 1 Scan เมื่อ CPU เริ่ม RUN

SM412 (1 second clock) ON 0.5 วินาทีสลับกับ OFF 0.5 วินาที

SD (Special register) เป็น D ที่ระบบใช้ เช่น Analog ในตัว FX5UCPU

SD6020 (CH1 digital output value) ค่าจาก Analog input CH1

SD6180 (Digital value) ค่าที่จะแปลงเป็น Analog output



ภาพที่ 3.44 ตัวอย่าง Ladder diagram ในโปรแกรม MELSOFT GX Works3

ตารางที่ 3.1 PLC Input Tag List

Tag name	PLC tag
Servo Alarm	X0006
E-Stop	X0010
Coil Car Overload	X0012
Hydraulic Overload	X0014
Uncoiler Overload	X0016
Leveller Fault	X0020
Shear Run	X0021
Shear Fault	X0022
Conveyor Fault	X0024
Car Travers Overload	X0026
Lifter Overload	X0030
Roller Lifter Overload	X0032
Blower Overload	X0036
Coil Car FWD	X0041
Coil Car REV	X0042
Uncoiller FWD	X0043
Uncoiller REV	X0044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leveller On/OFF	X0045
Leveller FWD	X0046
Leveller REV	X0047
Mode Auto/Manual	X0050
Loop Table On/OFF	X0051
Leveller Jog FWD.	X0052
Leveller Jog REV.	X0053
Uncoil Clutch On/OFF	X0055
Coil Car UP	X0056
Coil Car Down	X0057

ตารางที่ 3.1 PLC Input Tag List

Tag name	PLC tag
Coil Car In	X0060
Coil Car Out	X0061
Uncoiler FWD	X0062
Uncoiler REV	X0063
Uncoiler Drum	X0064
Uncoiler Large	X0065
Switch On/OFF Servo	X0066
Pinch Roll OFF	X0067
Pinch Roll On	X0070
Auto Start	X0071
Auto Stop	X0072
Blower On/OFF	X0073
Mode Manual	X0077
Mode Auto	X0100
Back Roll On/OFF	X0101
Servo Jog FWD.	X0102
Servo Jog REV.	X0103
Reset Servo	X0105

Shear Start	X0107
Shear Stop	X0110
Shear One Cut	X0111
Loop Up	X0113
Auto Expand On/OFF	X0115
Lifter Up	X0121
Lifter Down	X0122
Liftter In	X0123
Liftter Out	X0124

ตารางที่ 3.1 PLC Input Tag List

Tag name	PLC tag
Piler In	X0125
Piler Out	X0126
Piler Roller In	X0127
Piler Roller Out	X0130
Stamp Jog	X0131
Conceyor FWD	X0132
Conveyor REV	X0133
Sensor Coil End	X0134
Sensor End Loop	X0135
Camp SW.Cutting	X0136
Camp SW. Home Position	X0137
Px. Stamp Counter	X0140
Px. Auto Lifter Down	X0141
LS. Lift Up	X0144
LS. Lift Down	X0145

ตารางที่ 3.2 PLC Output Tag List

Tag name	PLC tag
Servo ON	Y0004
Servo Alarm Reset	Y0005
Servo Break Power	Y0006
Servo Contactor	Y0007
Coil Car FWD	Y0010
Coil Car REV	Y0011
Hydraulic Run	Y0012
Uncoiler FWD	Y0013

ตารางที่ 3.2 PLC Output Tag List

Tag name	PLC tag
Uncoiler REV	Y0014
Leveler FWD	Y0015
Leveler REV	Y0016
Leveler Jog FWD/REV	Y0017
Leveler Jog REV	Y0020
Shear Run	Y0021
Conveyor FWD	Y0022
Conveyor REV	Y0023
Car Travers REW	Y0026
Lifter Run	Y0030
Roller Lifter FWD	Y0031
Roller Lifter REV	Y0032
Roller 2 REV	Y0034
Blower Run	Y0035
STAMP PROX	Y0037
SV1 Coil Car Up	Y0040
SV2 Coil Car Down	Y0041
SV3 Uncoiler Drum	Y0042

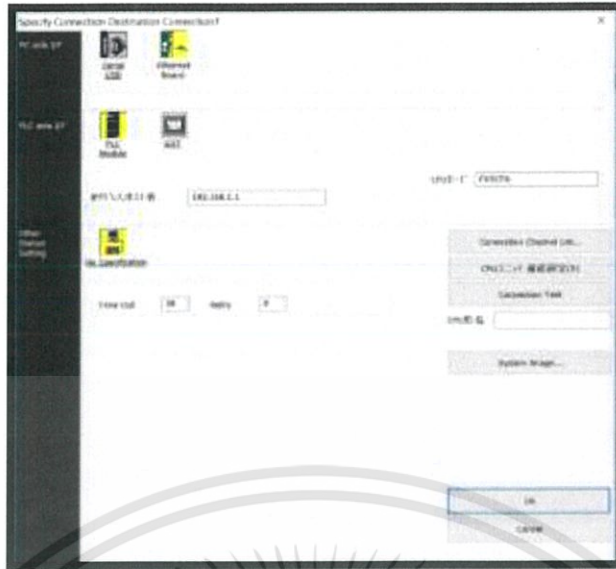
SV4 Uncoiler Expand	Y0043
SV5 Break Uncoiler	Y0044
SV6 Coupling	Y0045
SV9 Leveler Down	Y0050
SV10 Loop Table Down	Y0051
SV11 Back Roll Down	Y0052
SV12 Feed Roll Down	Y0053
SV13 Clutch Shear On	Y0054
SV14 Stamping On	Y0055

### ตารางที่ 3.2 PLC Output Tag List

Tag name	PLC tag
SV15 Lifter Down	Y0056
PILLER WARNING	Y0057
Auto Start LP	Y0060
Shear Start LP	Y0061
ON LP	Y0062

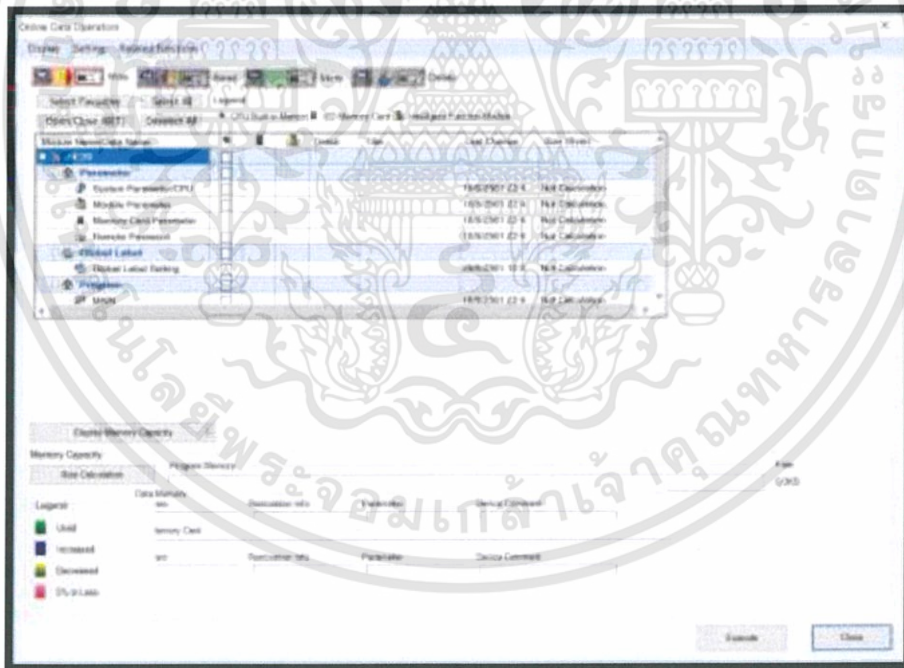
13) คลิกที่ไอคอน Save ที่ Toolbar หรือกด Ctrl + S หรือ Project > Save เพื่อบันทึกโปรแกรม

14) ทำการดาวน์โหลดโปรแกรมลง PLC โดยใช้การต่อ Ethernet cable ระหว่างคอมพิวเตอร์ และ CPU ของ PLC แล้วเลือกที่เมนู Online > Specify Connection Destination จะได้นหน้าต่างแบบ ภาพที่..... เลือก PC side I/F เป็น Ethernet Board คลิกที่ Connection Test เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อ แล้วกด OK



ภาพที่ 3.45 การเลือกชนิดการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และ PLC

15) ดาวน์โหลดโปรแกรมลง CPU ของ PLC เลือกเมนู Online > Write to PLC คลิก Execute  
 รอรานจบ



ภาพที่ 3.46 การดาวน์โหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์สู่ PLC

16) สามารถดูการทำงานของโปรแกรมได้โดยเลือกเมนู Online > Monitor > Start Monitoring

### 3.3.3.2 โปรแกรมควบคุม Shearing Machine

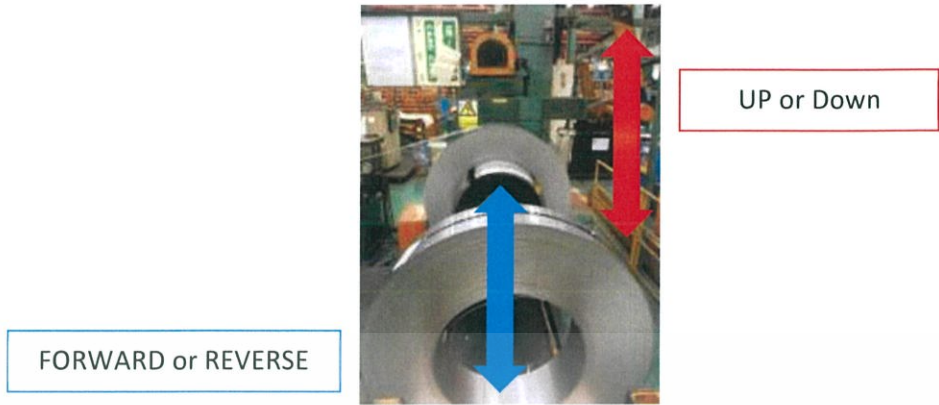
เขียนลอจิก PLC ในการควบคุม Shearing Machine โดยแบ่งการควบคุมการทำงาน ออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ Coilcar, Uncoiler, Leveller, Loop, Feeder Roll, Shear, Conveyor และ Lifter

#### 3.2.3.2.1 Coil Car



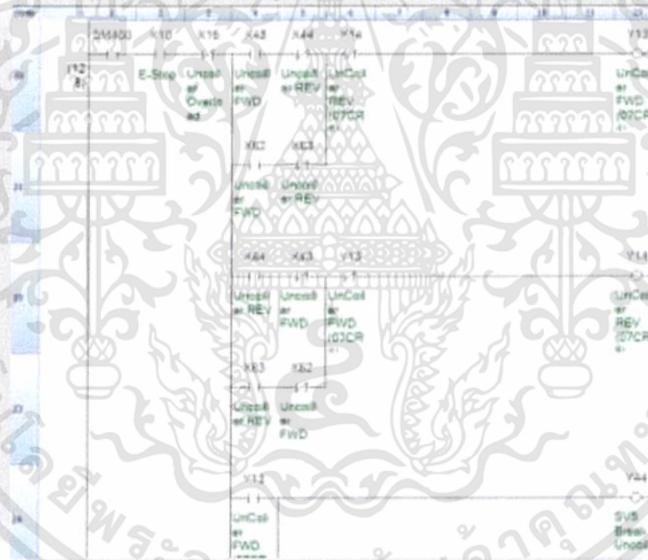
ภาพที่ 3.47 Coil Car ลอจิก

ควบคุมการทำงานของ Coil Car ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นรถในการนำม้วนแผ่นโลหะเข้าสู่กระบวนการ โดยจะเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ Coil Car สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางเดินหน้า (Coil Car Forward) ถอยหลัง (Coil Car Reward) ทิศทางขึ้น (Coil Car Up) และ ทิศทางลง (Coil Car Down)



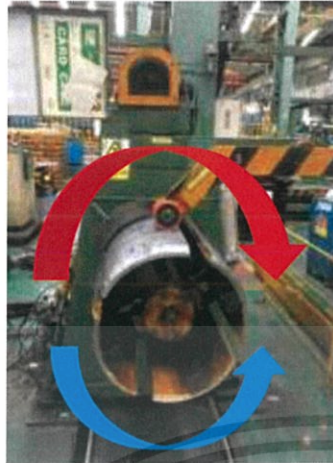
ภาพที่ 3.48 การทำงานของ Coil Car

### 3.3.3.2.2 Uncoiler



ภาพที่ 3.49 Uncoiler ลอจิก

ควบคุมการทำงานของส่วน Uncoiler ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการคลายม้วนแผ่นโลหะ เพื่อเข้าสู่กระบวนการ โดยเขียนโปรแกรมควบคุมให้ Uncoiler สามารถทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ คลายม้วนแผ่นโลหะไปข้างหน้า (Uncoiler Forward) และ ดึงม้วนแผ่นเหล็กกลับ (Uncoiler Reverse) หาก Uncoiler กำลังคลายม้วนแผ่นเหล็กไปข้างหน้า ตัวเบรก Uncoiler จะทำงานเพื่อกดม้วนแผ่นโลหะที่กำลังคลายตัว

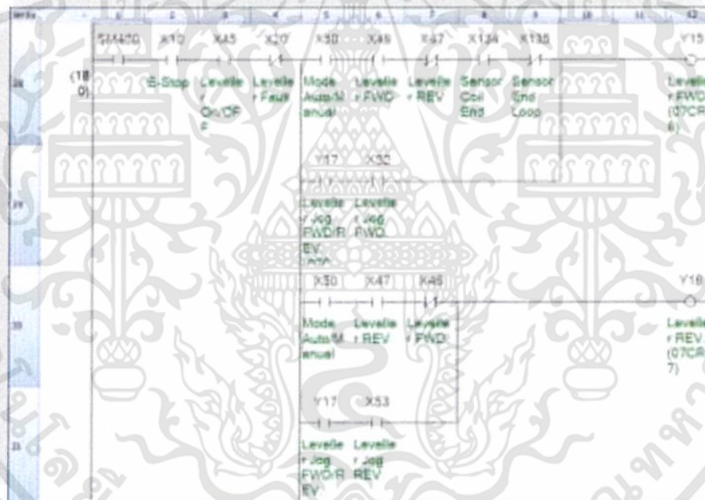


REVERSE

FORWARD

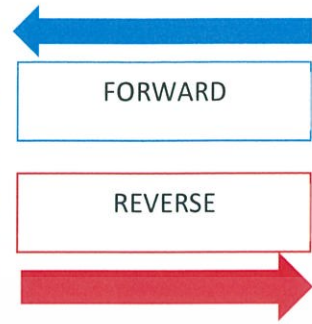
ภาพที่ 3.50 การทำงานของ Uncoiler

3.3.3.2.3 Leveller



ภาพที่ 3.51 Leveller ลอจิก

ควบคุมการทำงานในส่วนของ Leveller ซึ่งเป็นสายพานในการลำเลียงแผ่นโลหะ เขียนโปรแกรมควบคุมให้ Leveller มีการทำงาน 2 รูปแบบคือ ลำเลียงไปข้างหน้า (Leveller Forward) และ ลำเลียงถอยกลับ (Leveller Reverse) โดยการลำเลียงไปข้างหน้า (Leveller Forward) จะต้องได้รับ สัญญาณจาก Sensor Coil End เพื่อเช็คความมีแผ่นโลหะอยู่ในกระบวนการ



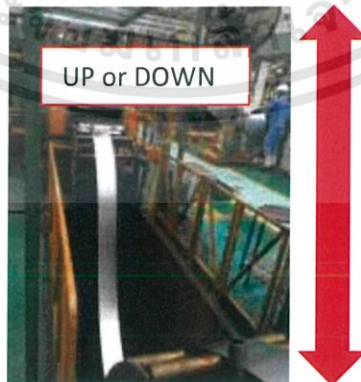
ภาพที่ 3.52 การทำงานของ Leveiler

3.3.3.2.4 Loop



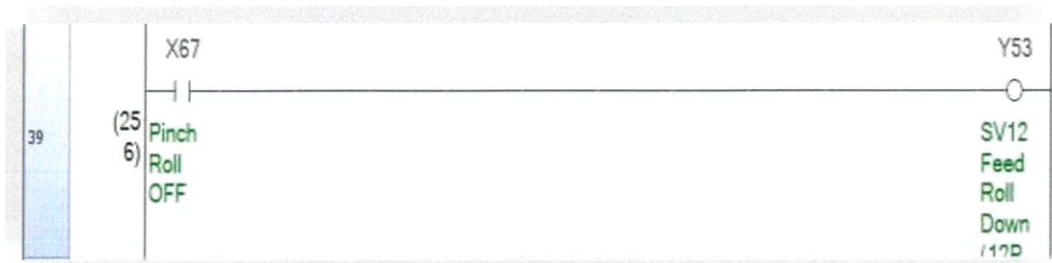
ภาพที่ 3.53 Loop ลอจิก

ควบคุมการทำงานในส่วนของ Loop ที่ทำหน้าที่ในการเลี้ยงแผ่นโลหะเพื่อให้เข้าสู่กระบวนการตัดโดยมีลักษณะคล้ายสะพาน เขียนให้โปรแกรมควบคุม Loop ทำงาน 2 รูปแบบคือ Loop Up และ Loop Down



ภาพที่ 3.54 การทำงานของ Loop

### 3.3.3.2.5 Feeder Roll



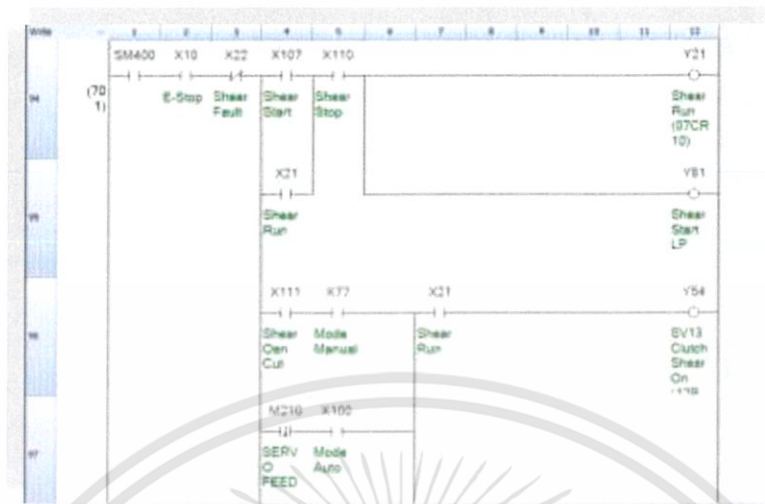
ภาพที่ 3.55 Feeder Roll ลอจิก

ควบคุมการทำงานในส่วนของ Feeder ที่ทำหน้าที่ในการจับแผ่นโลหะก่อนเข้าสู่กระบวนการตัด (Shear) เขียนให้โปรแกรมควบคุม Feeder Roll ทำงานให้จับแผ่นโลหะ เมื่อได้รับสัญญาณ Pinch Roll OFF จากตู้ควบคุมหลักควบคุม Feeder&Shear



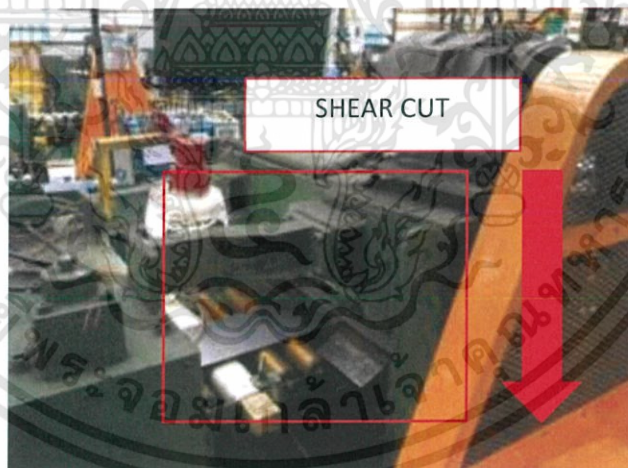
ภาพที่ 3.56 การทำงานของ Feeder Roll

### 3.3.3.2.6 Shear



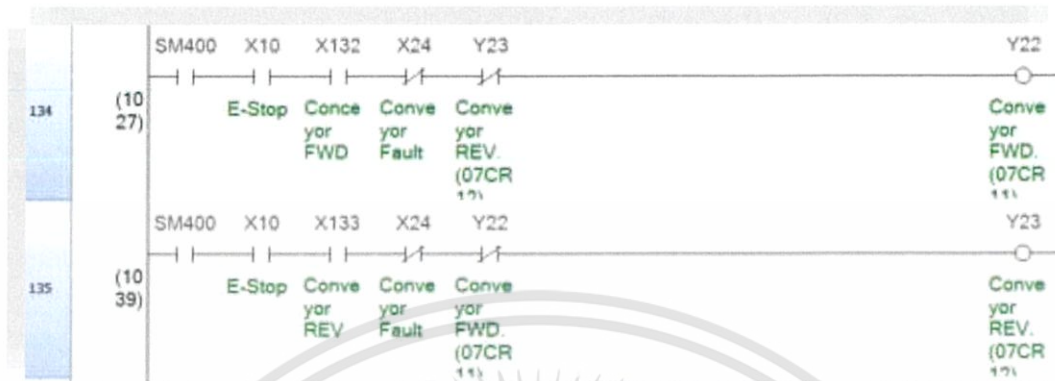
ภาพที่ 3.57 Shear ลอจิก

ควบคุมการทำงานในส่วนของ Shear ที่ทำหน้าที่ในการตัดแผ่นโลหะ เขียนให้โปรแกรมควบคุมสั่งให้ Shear ทำงานเมื่อมีสัญญาณ Shear Start และทำการตัดเมื่อได้รับสัญญาณ Shear One Cut หรือได้รับสัญญาณพัลส์จาก Servo Motor (Servo Feed)



ภาพที่ 3.58 การทำงานของ Shear

### 3.3.3.2.7 Conveyor



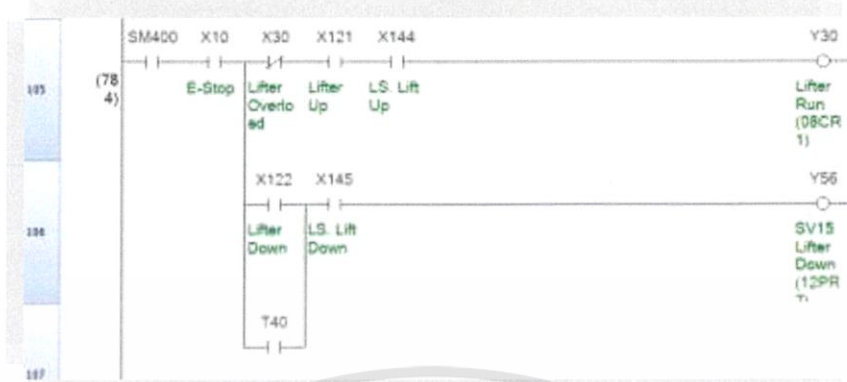
ภาพที่ 3.59 Conveyor ลอจิก

ควบคุมการทำงานในส่วนของ Conveyor ซึ่งเป็นสายพานในการลำเลียงแผ่นโลหะที่ทำการตัดแล้วเพื่อนำไปจัดเก็บ เขียนโปรแกรมควบคุมให้ Conveyor มีการทำงาน 2 รูปแบบคือ ลำเลียงไปข้างหน้า (Conveyor Forward) และลำเลียงถอยกลับ (Conveyor Reverse)



ภาพที่ 3.60 การทำงานของ Conveyor

### 3.3.3.2.8 Lifter



ภาพที่ 3.61 Lifter ลอจิก

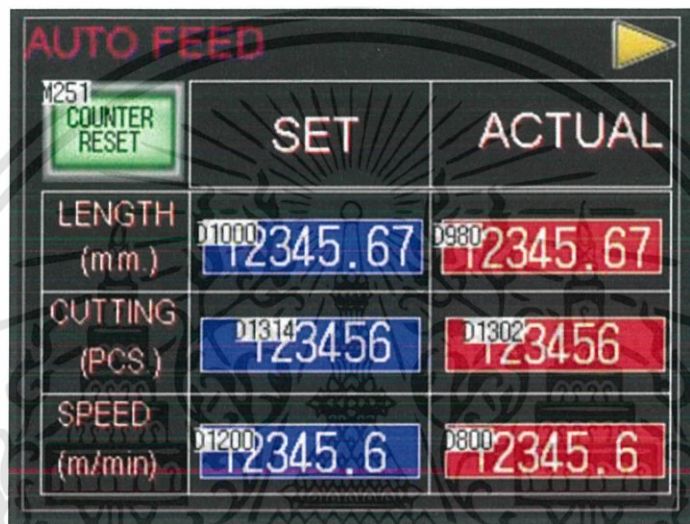
ควบคุมการทำงานในส่วนของ Lifter ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้จัดเก็บชิ้นงานแผ่นโลหะเพื่อจัดส่งต่อไป เขียนโปรแกรมควบคุมให้ Lifter ทำงานในทิศทางขึ้น เมื่อได้รับสัญญาณ Lifter Up และสัญญาณจาก Limit Switch ของ Lifter Up และเขียนโปรแกรมควบคุมให้ Lifter ทำงานในทิศทางลง เมื่อได้รับสัญญาณ Lifter Down และสัญญาณจาก Limit Switch ของ Lifter Down



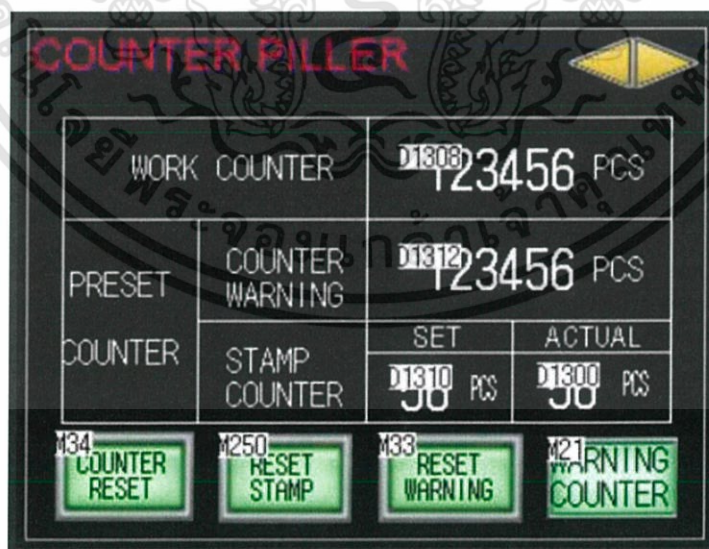
ภาพที่ 3.62 การทำงานของ Lifter

### 3.3.4 ศึกษาการออกแบบหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI)

ในการออกแบบหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI) ให้สามารถทำงานมีความสัมพันธ์กับโปรแกรมทางลอจิก PLC ที่ได้เขียนขึ้นมา โดยที่สามารถแสดงผลและสั่งงานผ่านทางหน้าจอทัชสกรีนตามฟังก์ชันที่ออกแบบซึ่งใช้ซอฟต์แวร์ MELSOFT GT Designer3 (GOT 2000) สำหรับการสร้างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI) คือการวาดกราฟฟิกบนซอฟต์แวร์ให้มีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันที่ต้องการแสดงพารามิเตอร์และสั่งงานควบคุมการทำงานของโปรแกรมลอจิก PLC ซึ่งแสดงหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI) ที่ออกแบบได้ดังภาพตัวอย่างที่ 3.63 และภาพที่ 3.64



ภาพที่ 3.63 ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI)



ภาพที่ 3.64 ตัวอย่างหน้าจอติดต่อผู้ใช้งาน (HMI)(ต่อ)

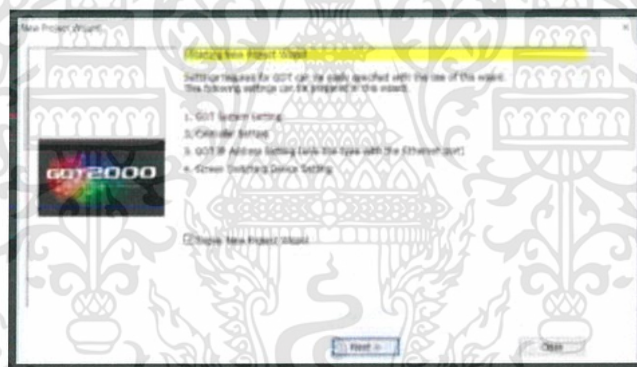
### 3.3.4.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม MELSOFT GT Designer 3 (GOT 2000)

1) เปิดโปรแกรม MELSOFT GT Designer 3 (GOT 2000)

2) ทำการสร้างโปรเจกในหน้าต่าง Select Project คลิกที่ปุ่ม New กดไปในหน้าต่าง New Project Wizard คลิกที่ปุ่ม Next

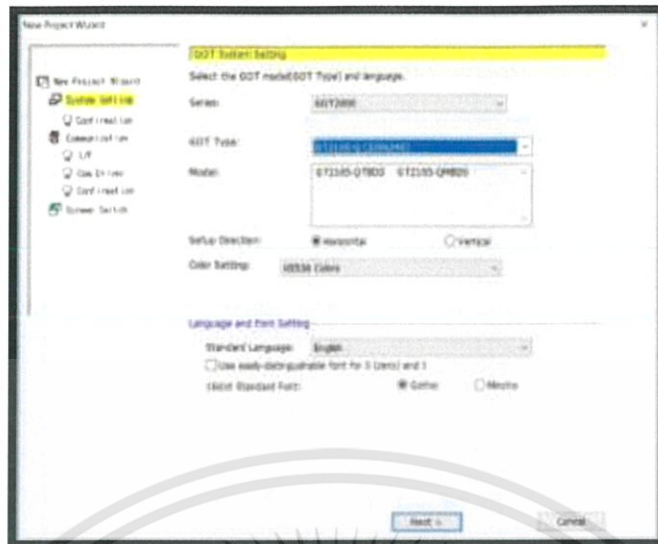


ภาพที่ 3.65 การสร้าง Project ในโปรแกรม MELSOFT GT Designer 3 (GOT 2000)



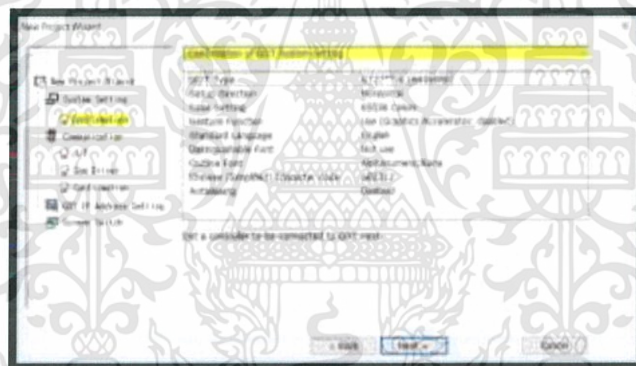
ภาพที่ 3.66 การสร้าง Project ในโปรแกรม MELSOFT GT Designer 3 (GOT 2000) (ต่อ)

3) เลือกประเภทของ Series เป็น GOT2000 และเลือกชนิดของ GOT Type เป็น GT2105-Q (320x240) คลิกที่ปุ่ม Next



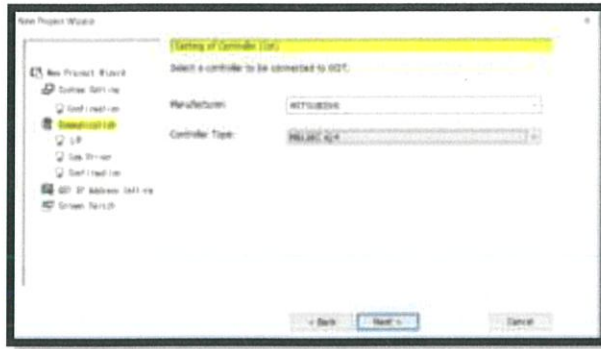
ภาพที่ 3.67 การกำหนดประเภทของทัชสกรีน

4) ตรวจสอบการตั้งค่าที่แสดงและคลิกที่ปุ่ม Next



ภาพที่ 3.68 หน้าต่างตรวจสอบการตั้งค่า

5) เลือกชนิดของผู้ผลิต Manufacturer เป็น MITSUBISHI และเลือก Controller Type เป็น MELSEC IQ-F จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Next



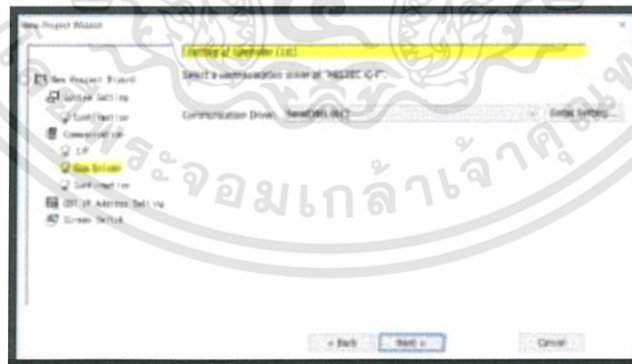
ภาพที่ 3.69 การเลือกชนิดของ PLC ที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าจอตชสกรีน

6) เลือก I/F เป็น Standard I/F (RS422/RS485) จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Next



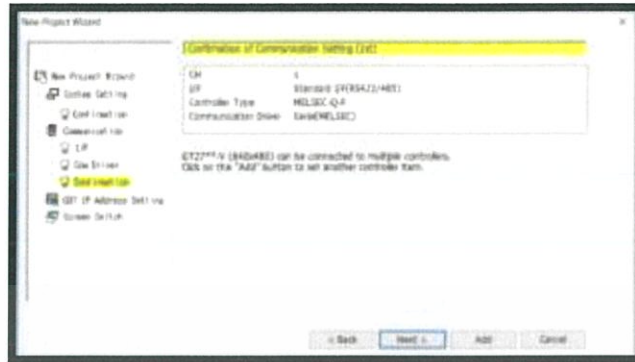
ภาพที่ 3.70 การกำหนดชนิดการสื่อสารกับหน้าจอตชสกรีน

7) คลิกที่ Detail Setting เพื่อกำหนดรายละเอียด จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Next



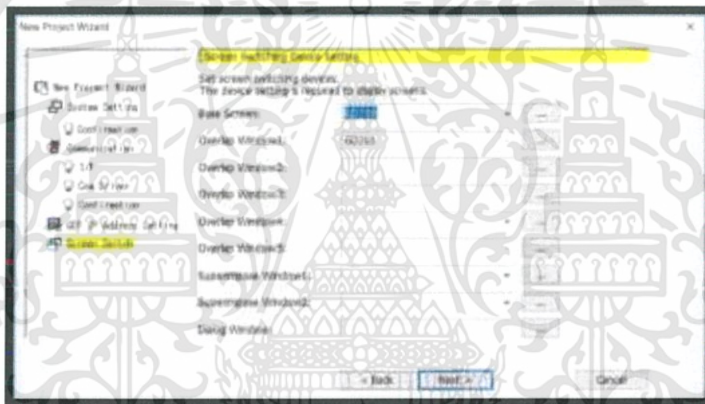
ภาพที่ 3.71 การกำหนดรายละเอียดของหน้าจอตชสกรีน

8) ตรวจสอบการตั้งค่าจากนั้นคลิกที่ปุ่ม Next



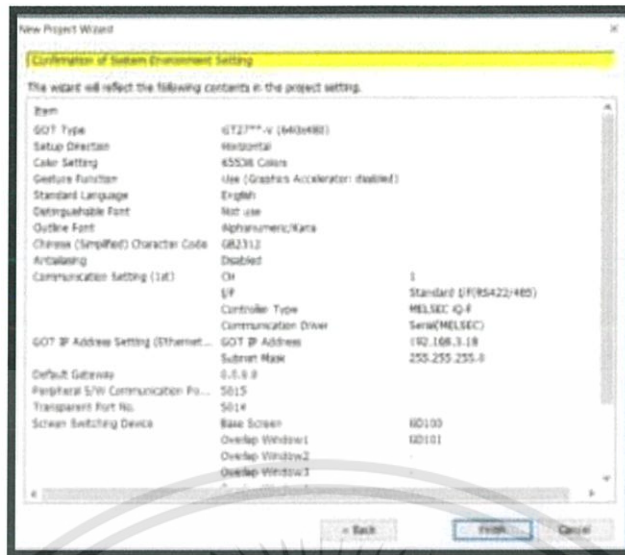
ภาพที่ 3.72 การตรวจสอบการตั้งค่าชนิด PLC ที่ใช้เชื่อมต่อกับทัชสกรีน

9) ตรวจสอบอุปกรณ์เปลี่ยนหน้าจอของหน้าจอพื้นฐานและคลิกที่ปุ่ม Next

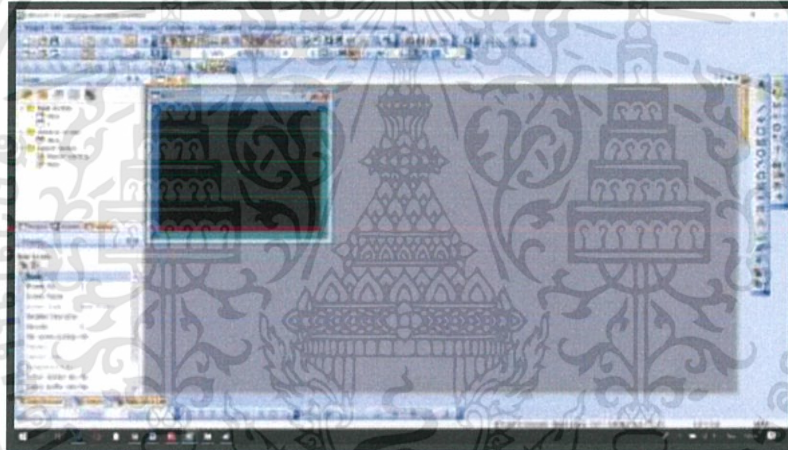


ภาพที่ 3.73 การตรวจสอบอุปกรณ์เปลี่ยนหน้าจอของหน้าจอพื้นฐาน

10) ตรวจสอบการตั้งค่าด้วยตัวช่วยติดตั้งจากนั้นคลิกที่ปุ่ม Finish จะได้ภาพหน้าต่างในการเขียนโปรแกรมดังภาพที่ 3.75

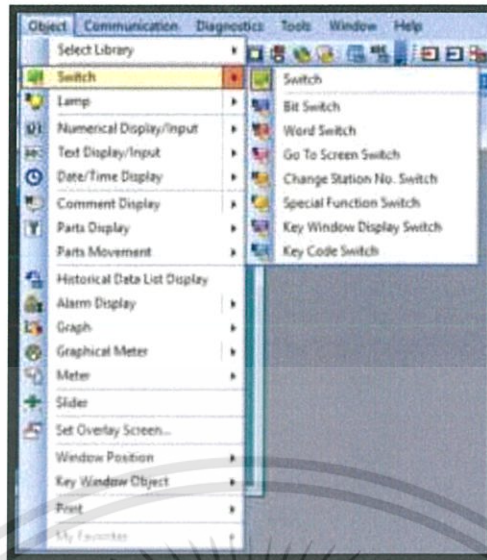


ภาพที่ 3.74 การตรวจสอบการตั้งค่าด้วยตัวช่วยติดตั้ง

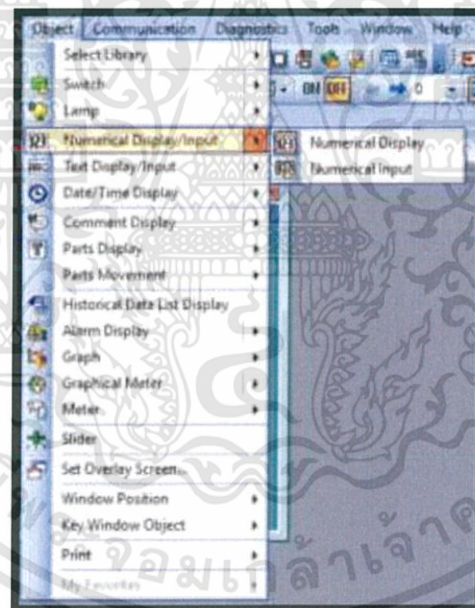


ภาพที่ 3.75 หน้าจอพื้นฐานของ GOT 2000

11) ในการเขียนกราฟฟิกแสดงผลหากต้องการใส่สวิตช์แบบต่างๆให้เลือก Object > Switch หากต้องการแสดงส่วนที่รับข้อมูลหรือแสดงข้อมูลเป็นตัวเลข ให้เลือก Object > Numerical Display/Input

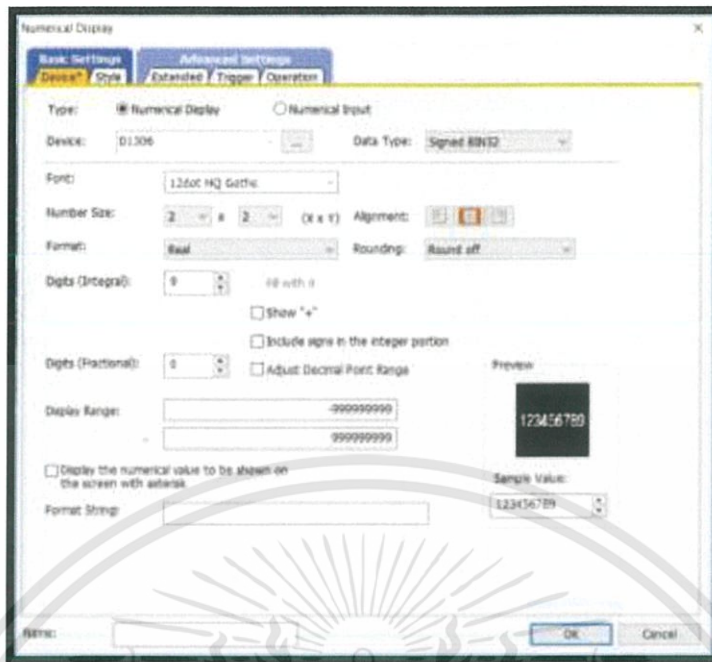


ภาพที่ 3.76 การเลือก Switch ใน MELSOFT GT Designer 3



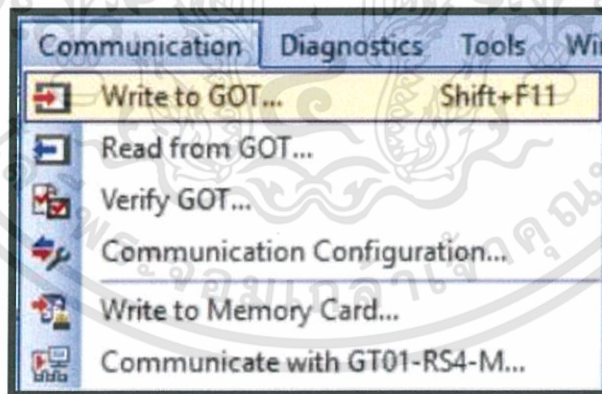
ภาพที่ 3.77 การเลือก Numerical Display ใน MELSOFT GT Designer 3

12) ในการสร้างส่วนแสดงข้อมูลหรือรับข้อมูลต้องสร้าง Tag เพื่อให้สามารถสื่อสารข้อมูลกับ PLC ได้โดยใส่ชื่อ Tag ในช่อง Device ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.77 ใช้ Tag D... (Data Register) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลตัวเลข และ Data Type เลือก Signed BIN32 จากนั้นคลิกที่ปุ่ม OK



ภาพที่ 3.78 การสร้าง tag ใน MELSOFT GT Designer3

13) ทำการลงโปรแกรมโดยการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับหน้าจอ Touch screen HMI Mitsubishi รุ่น GT2105-QTBDS เลือก Communication > Write to GOT... เพื่อลงโปรแกรม หากต้องการดึงโปรแกรมจากกับหน้าจอ Touch screen เพื่อแก้ไขโปรแกรมให้เลือก Communication > Read to GOT...



ภาพที่ 3.79 การดาวน์โหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์สู่ GOT 2000

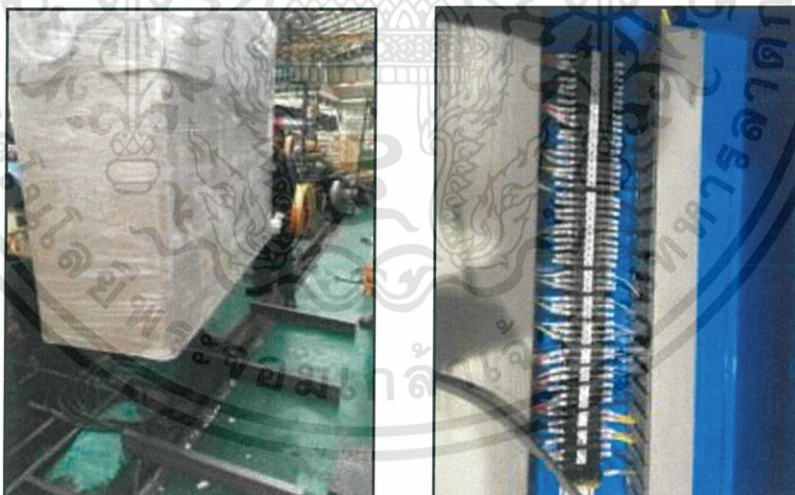
### 3.4 การติดตั้งระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม

1) ทำการถอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าเก่า โดยทำการกำหนดข้อสายสัญญาณต่างๆ ไว้ด้วยการเขียนสัญลักษณ์ และทำการเคลื่อนย้ายสายไฟไปยังตำแหน่งที่จะติดตั้งตู้ควบคุมตู้ใหม่



ภาพที่ 3.80 การถอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าเก่า

2) ติดตั้งตู้ควบคุมตู้ใหม่ ทำการ wiring สายไฟตามแบบ wiring diagram ให้ถูกต้อง



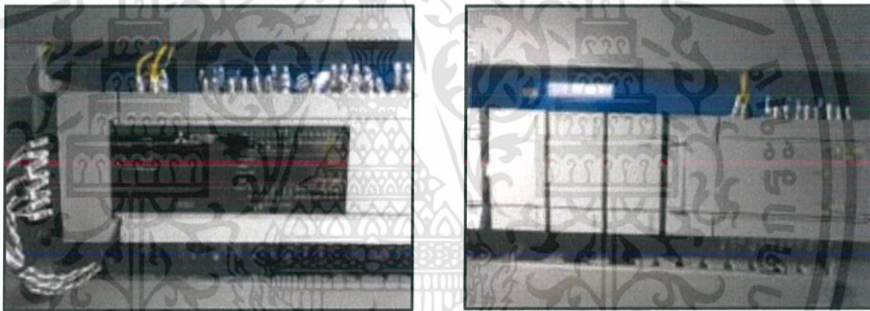
ภาพที่ 3.81 การติดตั้งตู้ควบคุมและ wiring สายไฟ

3) ลงโปรแกรมลอจิกให้กับ PLC และโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานให้กับหน้าจอตชสกรีน



ภาพที่ 3.82 การลงโปรแกรมให้กับ PLC และหน้าจอตชสกรีน

4) ทำการทดสอบ Input และ Output ว่าสามารถรับส่งสัญญาณถึง PLC ได้หรือไม่



ภาพที่ 3.83 การทดสอบ Input และ Output ของ PLC

### 3.5 ทดสอบการทำงานหลังจากปรับปรุงก่อนดำเนินงานจริง

เป็นการทดสอบการตัดเหล็กหลังจากการติดตั้งระบบไฟและตู้ควบคุมต่างๆ ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ และคอนฟิควเรชั่นโปรแกรมต่างๆ เรียบร้อยแล้ว เป็นการทดสอบโดยการนำเหล็กม้วน มีความหนา 0.03-6.35 mm ความกว้าง 25-650 mm น้ำหนัก 5,000 กิโลกรัม มาทดสอบ



ภาพที่ 3.84 ทดสอบการตัดชิ้นงาน

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

สำหรับบทที่ 4 ผลการดำเนินงานนี้จะกล่าวถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานตามขั้นตอนในบทที่แล้วมา ซึ่งรายละเอียดของบทนี้จะประกอบไปด้วยผลของการตรวจสอบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ผลของการออกแบบหน้าจอตีต่อผู้ใช้งาน ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานหลังติดตั้ง

#### 4.1 ผลการตรวจสอบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

การตรวจสอบตู้ควบคุมคือเป็นการตรวจสอบลักษณะโครงสร้าง การต่ออุปกรณ์ต่างๆ การเข้าสายไฟ การวางอุปกรณ์ต่างๆลักษณะภายในตู้ว่าตรงตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ และระบุส่วนที่ต้องแก้ไขแบ่งได้ 3 ขั้นตอนคือ

##### 4.1.1 Supplier Inspection Punch List

แสดงรายการแก้ไขเพิ่มเติมหลังตรวจสอบตู้ควบคุม

##### 4.1.2 Panel Testing Checklist

แสดงการตรวจสอบลักษณะของตู้ควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆทางไฟฟ้า

##### 4.1.3 Power on Test Report

แสดงการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในตู้ควบคุมขณะทำการจ่ายไฟ



INDUSTRIAL PROVISION CO.,LTD.

48 Soi Nualjun38, Nualjun Road, Nualjun, Bueangkhum, Bangkok 10230, THAILAND.  
Tel (+662) 948-2366-81 Fax (+662) 940-1871

SUPPLIER INSPECTION PUNCH LIST

Drawing Ref Assigned: \_\_\_\_\_ Date: 27/8/14  
Customer Name: Slan steel service Panel Name: \_\_\_\_\_  
Project Name: Control Panel for shanky m/a Sale Name: CPO  
Job No: 18-09-427 Supplier Name: BTE

ITEM	COMMENT	VERIFIED BY (IP)	EXPECTED DATE OF COMPLETION	ACKNOWLEDGED BY (Supplier)	DATE COMPLETED
1.	Plu CS 2P 6A on control servo				
2.	Plu layout PLC				
3.	Waktu shut off MC Waktu shut off 01FB > 2ANVC, 01PS1 > 1ANVC				
4.	Waktu Relay Mym > 2PEN 01PR3				
5.	42 stop of distribution				
6.	Desk steel plate				
7.	Waktu shut off 01FB MC Auto stop, show stop, stop				
8.	Waktu selector conveyor the position off-on → conveyor find stop Rev.			Rev > 2004 X82 Rev > 2004 X83	
9.	Waktu shut off 01FB 30 mm Uncoil/Leveler Box				
10.	05 shut off on Reversal → REVERSE				
11.	Waktu shut off 01FB 30 mm				
12.	Waktu Terminal Span 100mm				
13.	Waktu shut off 01FB 30 mm				

Supplier	Industrial Provision Co. Ltd.
Signature:	
Name:	ชวรงค์ ฐิติ
Date:	27/8/14

Rev.00

FM-DES-01-05

ภาพที่ 4.1 เอกสารตรวจสอบ Supplier Inspection Punch List

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INDUSTRIAL PROVISION CO.,LTD.

45 Soi NuaJun35, NuaJun Road, NuaJun, Bangkok 10230, THAILAND.
Tel. (+662) 948-2856-81 Fax. (+662) 948-1971

PANEL TESTING CHECKLIST

Drawing Ref. Assigned: Date: 27/8/18
Customer Name: สาน สาน service Panel Name:
Project Name: Control Panel for Shoring w/c Site Name: CPO
Job No.: 18-09-427 Supplier Name: BT6

Table with columns for item number, description, and status (PASS, FAIL, N/A). Includes sections for Drawing & Wiring, Insulation Tested, Metering Tests, Special Function Tests, and Cleaning. Remarks: see at Papan list.

Rev.00

FM-DES-01-03

ภาพที่ 4.2 เอกสารตรวจสอบ Panel Testing Checklist

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INDUSTRIAL PROVISION CO.,LTD.

48 Soi Nuanjun35, Nuanjun Road, Nuanjun, Buengkhum, Bangkok 10230, THAILAND.

Tel. (+662) 946-2996-51 Fax. (+662) 946-1971

POWER ON TEST REPORT

Date: 27/6/16

Drawing Ref. Assigned :

Customer Name : Stm Steel Service

Panel Name : \_\_\_\_\_

Project Name : Control Panel for Shoring m/c

Sale Name : CPO

Job No : PS-04-423

Supplier Name : BTE

NO.	LIST	COMMENT
1.	MCCB เบรกเกอร์ มอเตอร์ <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
2.	CB & Fuse เบรกเกอร์ และ ฟิวส์ <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
3.	MAGNETIC CONTACTOR แม่เหล็ก คอนแทคเตอร์ <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
4.	Lamp & Display หลอดไฟและจอแสดงผล <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
5.	Fan & Light พัดลมไฟ และ แสงสว่าง <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
6.	Switch สวิตช์ <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
7.	Inverter (Inverter Unit) - Power On Test <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input checked="" type="checkbox"/> N/A - No Load Test <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
8.	DC Drive - Power On Test <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input checked="" type="checkbox"/> N/A - NO Test <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
9.	PLC - Power On Test <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A - NO Test <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
10.	Control Device (Relay) อุปกรณ์ควบคุม <input checked="" type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
11.	Other อื่นๆ <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
12.	Function Test การใช้ระบบควบคุม <input type="checkbox"/> PASS <input type="checkbox"/> FAIL <input type="checkbox"/> N/A	
Result : <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> RE-WORKS		
Remark : <u>ไม่เข้า test inverter เป็นปกติคือไม่มีขั้ว</u>		
Supplier		Industrial Provision Co. Ltd.
Signature : <u>[Signature]</u>		<u>[Signature]</u>
Name : <u>[Name]</u>		<u>[Name]</u>
Date : <u>27/06/16</u>		<u>27/6/16</u>

ภาพที่ 4.3 เอกสารตรวจสอบ Power on Test Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลของการออกแบบหน้าจอตัดต่อผู้ใช้งาน

### 4.2.1 การออกแบบในโปรแกรม

ออกแบบหน้าจอตัดต่อผู้ใช้งานทั้งหมด 8 หน้า ให้เหมาะสมกับกระบวนการทำงานของ Shearing Machine และเพิ่มความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ดังนี้

- 1) หน้าจอเพื่อควบคุมขนาดของชิ้นงาน จำนวนชิ้นงานที่ต้องการตัด และความเร็วในการตัดชิ้นงาน โดยจะแสดงผลของการทำงาน ณ ปัจจุบันด้วย



ภาพที่ 4.4 หน้าจอ AUTO FEED

- 2) หน้าจอแสดงผลจำนวนชิ้นงานที่ตัดเสร็จสิ้น บอกถึงจำนวนชิ้นงานที่ตัดเสร็จแล้ว แจ้งเตือนเมื่อตัดชิ้นงานถึงจำนวนที่กำหนด และสามารถกำหนดจำนวนครั้งที่เราต้องการ Stamp ชิ้นงานและแสดงจำนวนครั้งที่ Stamp ชิ้นงาน ณ ปัจจุบัน



ภาพที่ 4.5 หน้าจอ COUNTER PILLER

- 3) หน้าจอแสดงระยะเวลา Delay Run และ Delay Stop ของ Coil Car และแสดงระยะเวลา Delay ของตัว Stamp ชี้นงาน และตัว Piler

AUTO EXPAND		
DELAY RUN	IN1 3456	DI830 3456 Sec.
DELAY STOP	IN2 3456	DI832 3456 Sec.
DELAY PILER		
STAMP OUT	DI820 3456	Sec.
STAMP IN	DI822 3456	Sec.
PILER DOWN	DI844 3456	Sec.
PILER STOP	DI846 3456	Sec.

ภาพที่ 4.6 หน้าจอ AUTO EXPAND&DELAY PILER

- 4) หน้าจอแสดงการทำงานของอินพุต และ Tag ของอุปกรณ์ หากมีสัญญาณ Status จะเป็นสีเขียว หากไม่มีสัญญาณ Status จะเป็นสีแดง

INPUT MONITOR		
STATUS	DEVICE	COMMENT
X0134	X134	PH : UNCOIL TAIL
X0135	X135	PH : FEED LEVELLER STOP
X0136	X136	LS : FEED CUT
X0137	X137	LS : SHEAR CUT
X0140	X140	PX : COUNTER PILER
X0141	X141	PX : PILER AUTO DOWN
X0144	X144	LS : PILER DOWN
X0145	X145	LS : PILER UP

ภาพที่ 4.7 หน้าจอ INPUT MONITOR

- 5) หน้าจอแสดงการทำงานของเอาต์พุต และ Tag ของอุปกรณ์ หากมีสัญญาณ Status จะเป็นสีเขียว หากไม่มีสัญญาณ Status จะเป็นสีแดง

STATUS	DEVICE	COMMENT	STATUS	DEVICE	COMMENT
Y0040	Y40	COIL CAR UP	Y0052	Y52	BLACK R DOWN
Y0041	Y41	COIL CAR DOWN	Y0053	Y53	FEEDER DOWN
Y0042	Y42	UNCOIL DRUM	Y0054	Y54	SHEAR CUT
Y0043	Y43	UNCOIL EXPAND	Y0055	Y55	STAMP IN OUT
Y0044	Y44	UNCOIL BRAKE	Y0056	Y56	PILER LIFTER
Y0045	Y45	UNCOIL COUP	Y0057	Y57	SIREN COUNTER
Y0046	Y46	SNUBBER UP			
Y0047	Y47	SNUBBER DOWN			
Y0050	Y50	LEVELLER DOWN			
Y0051	Y51	LOOP TABLE UP			

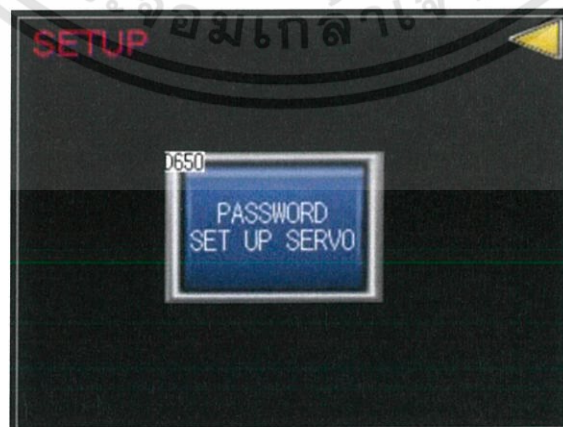
ภาพที่ 4.8 หน้าจอ OUTPUT MONITOR

- 6) หน้าจอแสดงจำนวนการตัดทั้งหมดของเครื่องจักร แสดงระยะเวลาทั้งหมดของการทำงานของเครื่องจักร และระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน ณ ปัจจุบัน

COUNTER MACHINE	
SHEAR TOTAL	D1806 123456789 times
MACHINE TOTAL	D1400 4367 : 07 hr/min
MACHINE AUTO	D1410 4367 : 07 hr/min
<input type="button" value="D1252 RESET SHEAR"/> <input type="button" value="D1253 RESET MACHINE"/> <input type="button" value="D1254 RESET AUTO"/>	

ภาพที่ 4.9 หน้าจอ COUNTER MACHINE

- 7) หน้าจอเข้ารหัส เพื่อเข้าไปสู่หน้า Set Up Servo



ภาพที่ 4.10 หน้าจอ SETUP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

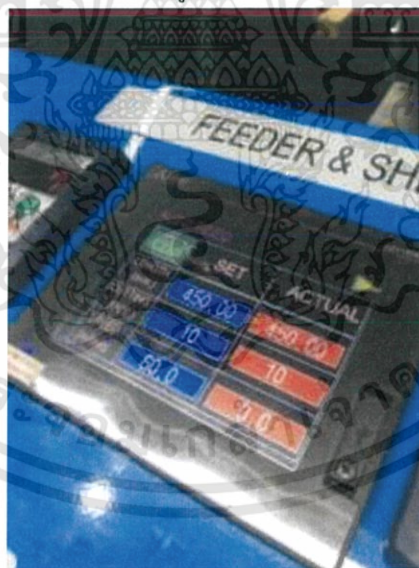
- 8) หน้าจอสำหรับกำหนดค่าต่างๆของ Servo Motor ได้แก่ ค่าเวลา Delay Servo ค่าความเร็ว ความเร่ง ของ Servo motor



ภาพที่ 4.11 หน้าจอ SET UP FEED

#### 4.2.2 ผลของการติดตั้งโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานหน้างาน

สามารถกำหนดขนาดชิ้นงานในการตัด กำหนดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการตัด และความเร็วในการตัดชิ้นงาน และให้แสดงผลผ่านหน้าจอติดต่อผู้ใช้งานได้



ภาพที่ 4.12 ผลการทำงานของหน้าจอ AUTO FEED

สามารถแสดงจำนวนชิ้นงานที่ตัดไปแล้ว และมีการแจ้งเตือนเมื่อชิ้นงานตัดถึงจำนวนที่กำหนดผ่านไฟ Alarm



ภาพที่ 4.13 ผลการทำงานของหน้าจอ COUNTER PILLER

สามารถแสดงระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดของเครื่องจักร และจำนวนการตัดชิ้นงาน

ทั้งหมด



ภาพที่ 4.14 ผลการทำงานของหน้าจอ COUNTER MACHINE

สามารถตรวจสอบการทำงานสถานะของอินพุตและเอาต์พุตของกระบวนการผ่านทาง

หน้าจอทัชสกรีนได้



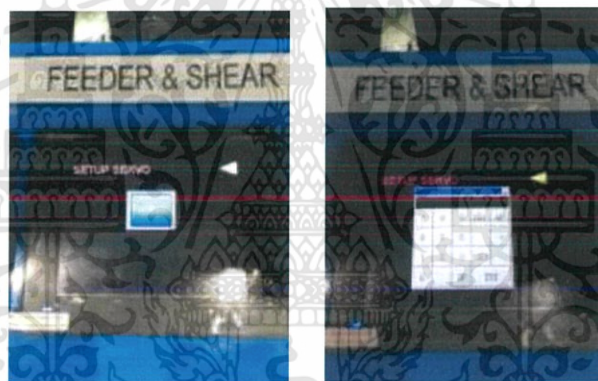
ภาพที่ 4.15 ผลการทำงานของหน้าจอ INPUT MONITOR และ OUTPUT MONITOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกำหนดค่าการทำงานของ Servo motor ควบคุมความเร่ง ความเร็ว ความหน่วง  
ได้ และต้องมีการใส่รหัสผ่านก่อนที่จะเข้าถึงหน้าจอนี้



ภาพที่ 4.16 ผลการทำงานของหน้าจอ SET UP FEED



ภาพที่ 4.17 ผลการทำงานของหน้าจอ SETUP และ SETUP SERVO

#### 4.3 ผลลัพธ์การทดสอบการทำงานหลังติดตั้ง

หลังจากทำการติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบการ  
ตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่อง Shearing Machine โดยใช้เหล็กม้วนที่มีความหนา 0.03-6.35  
มิลลิเมตร ความกว้าง 25-650 มิลลิเมตร ในการทดสอบ ทำการทดสอบโดยกำหนดระยะการตัดแบบสุ่ม  
จากน้อยไปหามาก กำหนดความเร็วในการตัด 60 เมตรต่อนาที โดยใช้เวอร์เนียร์ในการวัดขนาดชิ้นงาน  
ทดสอบ ทำการทดสอบระยะละสิบครั้งได้ผลลัพธ์ดังในตารางที่ 4.1 ถึง 4.12

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 227 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
227	1	227.1
	2	227.1
	3	227.2
	4	227.2
	5	227.1
	6	227.1
	7	227.2
	8	227.1
	9	227.1
	10	227.1
ค่าเฉลี่ย (mm)		227.13

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 265 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
265	1	265.2
	2	265.1
	3	265.2
	4	265.2
	5	265.1
	6	265.2
	7	265
	8	265.2
	9	265.1
	10	265.2
ค่าเฉลี่ย (mm)		265.15

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 310 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
310	1	310.1
	2	310.2
	3	310.1
	4	310.2
	5	310.2
	6	310.1
	7	310.1
	8	310.1
	9	310.1
	10	310.1
ค่าเฉลี่ย (mm)		310.13

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 370 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
370	1	370.1
	2	370.1
	3	370.1
	4	370.1
	5	370.1
	6	370.1
	7	370.1
	8	370.1
	9	370.1
	10	370.1
ค่าเฉลี่ย (mm)		370.1

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 375 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
375	1	375.1
	2	375.1
	3	375.1
	4	375.1
	5	375.2
	6	375.1
	7	375.2
	8	375.1
	9	375.1
	10	375.1
ค่าเฉลี่ย (mm)		375.12

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 405 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
405	1	405.1
	2	405.1
	3	405
	4	405
	5	405.1
	6	405.1
	7	405.1
	8	405.1
	9	405.1
	10	405
ค่าเฉลี่ย (mm)		405.07

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 510 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
510	1	510.2
	2	510.2
	3	510.2
	4	510.2
	5	510.2
	6	510.2
	7	510.2
	8	510.2
	9	510.2
	10	510.2
ค่าเฉลี่ย (mm)		510.2

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 725.1 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
725.1	1	725
	2	725
	3	725
	4	725
	5	725
	6	725
	7	725
	8	725
	9	725
	10	725
ค่าเฉลี่ย (mm)		725

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 990.1 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
990.1	1	990
	2	990
	3	990
	4	990
	5	990
	6	990
	7	990
	8	990
	9	990
	10	990
ค่าเฉลี่ย (mm)		990

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1197.1 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
1197.1	1	1197
	2	1197
	3	1197
	4	1197
	5	1197
	6	1197
	7	1197
	8	1197
	9	1197
	10	1197
ค่าเฉลี่ย (mm)		1197

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1222 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
1222	1	1222
	2	1222
	3	1222
	4	1222
	5	1222
	6	1222
	7	1222
	8	1222
	9	1222
	10	1222
ค่าเฉลี่ย (mm)		1222

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการตัดที่ระยะ 1650 มิลลิเมตร

ขนาดเหล็กที่ตัด (mm)	ลำดับ	ความยาวที่วัดได้ (mm)
1650	1	1650
	2	1650
	3	1650
	4	1650
	5	1650
	6	1650
	7	1650
	8	1650
	9	1650
	10	1650
ค่าเฉลี่ย (mm)		1650

## บทที่ 5

### สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปในการดำเนินงานทั้งหมด อุปสรรคและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในระหว่างการทำงานตลอดระยะเวลา 4 เดือน

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานทั้งหมดในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา โครงการนี้เป็นการทำรายละเอียดข้อมูล การออกแบบเบื้องต้นทางด้านวิศวกรรมในส่วนของระบบไฟฟ้า ทางด้านวิศวกรรมในส่วนของระบบควบคุม ซึ่งโครงการที่ได้รับมอบหมายเป็นโครงการที่จัดทำขึ้นเพื่อปรับปรุงระบบของกระบวนการทั้งหมดของเครื่อง shearing machine ของบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งการดำเนินการในการทำรายละเอียดข้อมูล มีดังต่อไปนี้ การออกแบบโครงสร้างของตู้และโต๊ะควบคุม การออกแบบระบบไฟฟ้า การออกแบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล การออกแบบหน้าจอบحثสกรีน การตั้งค่าพารามิเตอร์การควบคุมระยะการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

ในการทำรายละเอียดข้อมูลการออกแบบเบื้องต้นทางด้านวิศวกรรมในส่วนของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเซอร์โวมอเตอร์ถือเป็นหัวใจสำคัญในการควบคุมการตัดชิ้นงานให้ได้ตามต้องการของผู้ใช้งานและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหลังจากการปรับปรุง

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. โครงการที่ได้รับตรงกับสาขาที่เรียน แต่บางส่วนของการทำงานที่ได้พบระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจนั้นนักศึกษาไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อน
2. ไม่มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาการทำงานและyakต่อการใช้โปรแกรม
3. ทักษะความรู้และการประยุกต์ใช้ในการทำงานมีน้อย เช่น การอ่านแบบไฟฟ้า ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจมากในช่วงแรก ต้องฝึกฝนเรียนรู้การใช้ซอฟต์แวร์ เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อน
4. การทำงานร่วมกับผู้คนจำนวนมาก เนื่องจากความคิดเห็นของแต่ละบุคคลนั้นมักมีความเห็นที่แตกต่างกันไป ทำให้เกิดความเห็นที่ไม่ตรงกันบ้างในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและความชำนาญในการใช้เครื่องมือช่างยังมีไม่มากพอ เนื่องจากในระยะเวลาสหกิจศึกษานอกจากทำโครงการแล้วนักศึกษายังได้รับมอบหมายงานอื่นๆให้ทำในระหว่างระยะเวลาสหกิจศึกษา ซึ่งงานเหล่านั้นต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมไฟฟ้าและอาศัยความชำนาญในงานช่าง เช่น งานการซ่อมบำรุง งานการเข้าสายไฟ งานการติดตั้งอุปกรณ์

### 5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

1. สอบถามเรียนรู้งานจากพี่ๆที่ดูแล รวมถึงการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เพื่อให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นในการทำโครงการ
2. ขยันและตั้งใจทำงานตลอดเวลาเพื่อให้งานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามเวลาที่กำหนด
3. ตั้งใจทำงานอื่นๆนอกจากโครงการที่ได้รับมอบหมาย สิ่งไหนที่ไม่เข้าใจและไม่แนใจนั้นต้องขอคำแนะนำจากพี่ผู้ดูแลก่อนจะทำงานทุกครั้งและหลังจากทำงานเสร็จแล้วควรให้พี่ผู้ดูแลตรวจสอบงานอีกครั้งหนึ่ง
4. ศึกษาและทดลองใช้ซอฟต์แวร์ในการทำงานให้ชำนาญ
5. ขอคำแนะนำเทคนิคในการทำงาน การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและความรู้ต่างๆจากพี่ๆทุกแผนก เพราะพี่ๆทุกคนนั้นล้วนมีความรู้ประสบการณ์และเทคนิคที่แตกต่างกันไป จะทำให้เรามีความรู้และทักษะเพิ่มมากขึ้น

### 5.4 ข้อเสนอแนะ

การทำงานทุกอย่างจะต้องทำอย่างตั้งใจและรอบคอบเพื่อให้งานนั้นออกมาเสร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และงานด้านออกแบบไฟฟ้านั้นต้องออกแบบให้เสร็จก่อนไปทำที่หน้างานเพราะจะได้ง่ายต่อการติดตั้งและเข้าสาย

## บรรณานุกรม

- [1] Mitsubishi Electric. (2561). “Satellite Training Series Your First AC Servo” แหล่งที่มา :  
<http://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/satellite/data/kk018-t1803-th.pdf>  
(วันที่ค้นข้อมูล 21 สิงหาคม 2561).
- [2] สุชิน เสือช้อย (2553). “ระบบขับเคลื่อนเซอร์โว”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
[http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article\\_id=2175](http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=2175)  
(วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [3] MEGA Measuring Instrument. (2560). “RS – 485”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
<https://www.omi.co.th/th/article/rs485>  
(วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [4] ศูนย์ฝึกอบรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แอดวานด์ อิเล็กทรอนิกส์ เทรนนิง เซ็นเตอร์. “PLC คืออะไร”.  
[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา : <http://www.advance-electronic.com/blog/>  
(วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [5] วัชรชัย สิทธิพันธ์ (2556). “ส่วนประกอบของ PLC” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
[http://www.thailandindustry.com/indust\\_newweb/articles\\_preview.php?cid=19180](http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=19180)  
(วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [6] Step Your Way (2561). “ประเภทของ PLC” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
<http://www.stepyourway.com/tag/ประเภทของ-plc/> (วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [7] บริษัทเอ็นเนอร์ยี สโคป จำกัด (2561). “HMI Programming” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
<http://www.energyscopethai.com/hmi-programming/>(วันที่ค้นข้อมูล 21 กันยายน 2561).
- [8] Mitsubishi Electric. (2561). “การใช้งานขั้นพื้นฐานสำหรับ MELSEC iQ-F ซีรีส์” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :  
[http://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/tha/1-MELSEC-iQ-F\\_Basics\\_na\\_tha.pdf](http://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/e-learning/pdf/tha/1-MELSEC-iQ-F_Basics_na_tha.pdf)(วันที่ค้นข้อมูล 25 กันยายน 2561).



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PARAMETER SERVO

SiamSteelSE20 - Parameter setting

11/26/2018 11:09:54 AM

Parameter list : Axis1-PA(Basic)

No.	Addr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PA01	*STY	Operation mode	1000		1000-1268
PA02	*BEG	Regenerative option	0000		0000-73FF
PA03	*ABS	Absolute position detection system	0000		0000-0002
PA04	*ADP1	Function selection A-1	2000		0000-2000
PA05	*PBP	Number of command input pulses per revolution	10000		1000-1000000
PA06	CMX	Elec. gear numerator (Cmrd. pls. mult. factor num.)	419434		1-16777215
PA07	CDV	Elec. gear denominator (Cmrd. pls. mult. factor den.)	4523		1-16777215
PA08	ATU	Auto tuning mode	0003		0000-0004
PA09	RSP	Auto tuning response	23		1-40
PA10	INP	In-position range	100		0-65535
PA11	TLP	Forward rotation torque limit	100.0	%	0.0-100.0
PA12	TLN	Reverse rotation torque limit	100.0	%	0.0-100.0
PA13	*PLSS	Command pulse input status	0301		0000-0412
PA14	*PCL	Rotation direction selection	0		0-1
PA15	*ENR	Encoder output pulse	4000	pulse/rev	1-4194304
PA16	*ENR2	Encoder output pulse 2	1		1-4194304
PA17	*NSR	Servo motor series setting	0000		0000-FFFF
PA18	*NTY	Servo motor type setting	0000		0000-FFFF
PA19	*BLK	Parameter block	00AA		0000-FFFF
PA20	*TDS	Tough drive setting	0000		0000-1110
PA21	*ADP3	Function selection A-3	3001		0000-3001
PA22	*PCS	Position control structure selection	0000		0000-0020
PA23	DRAT	Drive recorder arbitrary alarm trigger setting	0000		0000-FFFF
PA24	ACPH	Function selection A-4	0000		0000-0002
PA25	OTHOV	One touch luring - Overshoot permissible level	0	%	0-100
PA26	*ADP5	Function selection A-5	0000		0000-00A1
PA27		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PA28	*ADP6	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PA29		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PA30		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PA31		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PA32		For manufacturer setting	0000		0000-0000

Parameter list : Axis1-PB(Gain/filter)

No.	Addr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PB01	PB.T	Adaptive tuning mode (Adaptive filter II)	0002		0000-1002
PB02	VRFT	Vib. supp. ctrl. tuning mode (Adb. vib. supp. ctrl. II)	0000		0000-0022
PB03	PST	Pos. cmd. accel./decel. time const. (Pos. smoothing)	0	ms	0-65535
PB04	FFC	Feed forward gain	0	%	0-100
PB05	FFCF	For manufacturer setting	000		10-4000
PB06	GD2	Load inertia moment ratio	3.10	times	0.00-300.00
PB07	PG1	Motor loop gain	48.5	rad/s	1.0-2000.0
PB08	PG2	Position loop gain	102.0	rad/s	1.0-2000.0
PB09	VG2	Speed loop gain	1213	rad/s	20-65535
PB10	VIC	Speed integral compensation	12.2	ms	0.1-1000.0
PB11	VDC	Speed differential compensation	350		0-1000
PB12	OVA	Overshoot amount compensation	0	%	0-100

MELSOFT MR Configurator2

1 / 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter list : Axis1-PB(Gain/filter)

No.	Abbr	Name	Setting	Unit	Setting range
PB13	NH1	Machine resonance suppression filter 1	230	Hz	10-4500
PB14	NHQ1	Notch shape selection 1	0120		0000-0330
PB15	NH2	Machine resonance suppression filter 2	4500	Hz	10-4500
PB16	NHQ2	Notch shape selection 2	0000		0000-0331
PB17	NHF	Shaft resonance suppression filter	000A		0000-031F
PB18	LFF	Low-pass filter setting	3141	rad/s	100-18000
PB19	VRF11	Vib. supp. ctrl. 1 - Vibration frequency	100.0	Hz	0.1-300.0
PB20	VRF12	Vib. supp. ctrl. 1 - Resonance frequency	100.0	Hz	0.1-300.0
PB21	VRF13	Vib. supp. ctrl. 1 - Vibration frequency damping	0.00		0.00-0.30
PB22	VRF14	Vib. supp. ctrl. 1 - Resonance frequency damping	0.00		0.00-0.30
PB23	VFBF	Low-pass filter selection	0001		0000-1022
PB24	*MVS	Slight vibration suppression control	0000		0000-0031
PB25	*BOP1	Function selection B-1	0000		0000-1F12
PB26	*CDP	Gain changing function	0000		0000-0214
PB27	CDL	Gain changing condition	10		0-9999
PB28	CDT	Gain changing time constant	1	ms	0-100
PB29	GD2B	Gain changing - Load inertia moment ratio	7.00	times	0.00-300.00
PB30	PG2B	Gain changing position loop gain	0.0	rad/s	0.0-2000.0
PB31	VG2B	Gain changing speed loop gain	0	rad/s	0-65535
PB32	VICB	Gain changing speed integral compensation	0.0	ms	0.0-5000.0
PB33	VRF1B	Vib. supp. ctrl. 1 - Vib. frq. after gain chng	0.0	Hz	0.0-300.0
PB34	VRF2B	Vib. supp. ctrl. 1 - Res. frq. after gain chng	0.0	Hz	0.0-300.0
PB35	VRF3B	Vib. supp. ctrl. 1 - Vib. frq. damping after gain chng	0.00		0.00-0.30
PB36	VRF4B	Vib. supp. ctrl. 1 - Res. frq. damping after gain chng	0.00		0.00-0.30
PB37	VPJ	For manufacturer setting	1600		0-65535
PB38	*TGV1	For manufacturer setting	0.00		0.00-90.00
PB39	*TGV2	For manufacturer setting	0.00		0.00-90.00
PB40	*TGV3	For manufacturer setting	0.00		0.00-90.00
PB41	VRFF1	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PB42	VRFF2	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PB43	*VBRQ	For manufacturer setting	0000		0000-0200
PB44	JM2	For manufacturer setting	0.00		0.00-0.00
PB45	CNHF	Command notch filter	0000		0000-0F5F
PB46	NH3	Machine resonance suppression filter 3	4500	Hz	10-4500
PB47	NHQ3	Notch shape selection 3	0000		0000-0331
PB48	NH4	Machine resonance suppression filter 4	4500	Hz	10-4500
PB49	NHQ4	Notch shape selection 4	0000		0000-0331
PB50	NH5	Machine resonance suppression filter 5	4500	Hz	10-4500
PB51	NHQ5	Notch shape selection 5	0000		0000-0331
PB52	VRF21	Vib. supp. ctrl. 2 - Vibration frequency	100.0	Hz	0.1-300.0
PB53	VRF22	Vib. supp. ctrl. 2 - Resonance frequency	100.0	Hz	0.1-300.0
PB54	VRF23	Vib. supp. ctrl. 2 - Vibration frequency damping	0.00		0.00-0.30
PB55	VRF24	Vib. supp. ctrl. 2 - Resonance frequency damping	0.00		0.00-0.30
PB56	VRF21B	Vib. supp. ctrl. 2 - Vib. frq. after gain chng	0.0	Hz	0.0-300.0
PB57	VRF22B	Vib. supp. ctrl. 2 - Res. frq. after gain chng	0.0	Hz	0.0-300.0
PB58	VRF23B	Vib. supp. ctrl. 2 - Vib. frq. damping after gain chng	0.00		0.00-0.30

## Parameter list : Axis1-PB(Gain/Fiber)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PB59	VRF24B	Vib. supp. cbrl. 2 - Res. frq. damping after gain chng	0.00		0.00-0.30
PB60	PG1B	Gain changing model loop gain	0.0	rad/s	0.0-2000.0
PB61	TFF	For manufacturer setting	0.0		0.0-100.0
PB62		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PB63		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PB64		For manufacturer setting	0000		0000-0000

## Parameter list : Axis1-PC(Extension)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PC01	STA	Accel. time constant	0	ms	0-50000
PC02	STB	Decel. time constant	0	ms	0-50000
PC03	STC	S-pattern accel./decel. time const.	0	ms	0-5000
PC04	TQC	Torque command time constant	0	ms	0-50000
PC05	SC1	Internal spd. cmd. 1/limit 1/Auto operation spd. 1	100	r/min	0-65535
PC06	SC2	Internal spd. cmd. 2/limit 2/Auto operation spd. 2	500	r/min	0-65535
PC07	SC3	Internal spd. cmd. 3/limit 3/Manual operation spd. 1	1000	r/min	0-65535
PC08	SC4	Internal speed command 4/Internal speed limit 4	200	r/min	0-65535
PC09	SC5	Internal speed command 5/Internal speed limit 5	300	r/min	0-65535
PC10	SC6	Internal speed command 6/Internal speed limit 6	500	r/min	0-65535
PC11	SC7	Internal speed command 7/Internal speed limit 7	800	r/min	0-65535
PC12	VM	Analog speed command maximum speed	0	r/min	0-50000
PC13	TLC	Analog torque command maximum output	100.0	%	0.0-100.0
PC14	MDD1	Analog monitor 1 output	0000		0000-001F
PC15	MDD2	Analog monitor 2 output	0001		0000-001F
PC16	MBR	Electromagnetic brake sequence output	0	ms	0-1000
PC17	ZSP	Zero speed	50	r/min	0-10000
PC18	*BPS	Alarm history clear	0000		0000-0001
PC19	*ENRS	Encoder output pulse selection	0000		0000-0151
PC20	*SNO	Station number setting	0	station	0-31
PC21	*SOP	RS-422 Communication function selection	0000		0000-0160
PC22	*COP1	Function selection C-1	0000		0000-1241
PC23	*COP2	Function selection C-2	0000		0000-1521
PC24	*COP3	Function selection C-3	0000		0000-3061
PC25	*COP4	For manufacturer setting	0000		0000-0130
PC26	*COP5	Function selection C-5	0000		0000-0111
PC27	*COP6	Function selection C-6	0000		0000-1112
PC28	*COP7	For manufacturer setting	0000		0000-1000
PC29	*COP8	For manufacturer setting	0000		0000-0010
PC30	STA2	Acceleration time constant 2	0	ms	0-50000
PC31	STB2	Deceleration time constant 2	0	ms	0-50000
PC32	CHK2	Command input pulse multiplication numerator 2	1		1-16777215
PC33	CHK3	Command input pulse multiplication numerator 3	1		1-16777215
PC34	CHK4	Command input pulse multiplication numerator 4	1		1-16777215
PC35	TL2	Internal torque limit 2	100.0	%	0.0-100.0
PC36	*DMD	Status display selection	0000		0000-012F
PC37	VCO	Analog speed command offset	38	mV	-9999-9999
PC38	TPO	Analog torque command offset	0	mV	-9999-9999

Parameter list : Axis1-PC(Extension)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PC39	MD1	Analog monitor 1 offset	0	mV	-9999-9999
PC40	MD2	Analog monitor 2 offset	0	mV	-9999-9999
PC41	MDSOL	For manufacturer setting	0		0-0
PC42	MDSOH	For manufacturer setting	0		0-0
PC43	ERZ	Error excessive alarm detection level	0	rev	0-1000
PC44	*COP9	Function selection C-9	0000		0000-1242
PC45	*COPA	For manufacturer setting	0000		0000-0311
PC46	TJFT	For manufacturer setting	0		0-50000
PC47	MVFB	For manufacturer setting	0		0-0
PC48	PAL	For manufacturer setting	0		0-32767
PC49	PWN	For manufacturer setting	0		0-0
PC50	*COPB	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC51	RSBR	Forced stop deceleration time constant	100	ms	0-20000
PC52	RSBS	For manufacturer setting	0		0-1000
PC53	RBRX	For manufacturer setting	0		0-20000
PC54	RSUP1	Vertical axis freefall prevention compensation amount	0	0.0001rev	-25000-25000
PC55	RSUP2	For manufacturer setting	0		0-0
PC56	RSUP3	For manufacturer setting	100		100-100
PC57	*ENRS2	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC58	OSL	For manufacturer setting	0		0-20000
PC59	COPC	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC60	*COPD	Function selection C-D	0000		0000-1011
PC61	*COPE	For manufacturer setting	0000		0000-0011
PC62	*DMO2	For manufacturer setting	0000		0000-002F
PC63	PD01	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC64	PD0L	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC65	PD0H	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC66	LPSRL	Mark detection range+	0		-999-999
PC67	LPSRH	Mark detection range-	0		-999-999
PC68	LPSRL	Mark detection range+	0		-999-999
PC69	LPSRH	Mark detection range-	0		-999-999
PC70	*SNOM	Modbus-RTU Communication station number setting	0		0-247
PC71	*COPF	Function selection C-F selection	0040		0000-2163
PC72	*COPG	Function selection C-G selection	0000		0000-0001
PC73	ERW	Error excessive warning level	0	rev	0-1000
PC74		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC75		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC76		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC77		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC78		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC79		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PC80		For manufacturer setting	0000		0000-0000

Parameter list : Axis1-PD(I/O)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PD01	*DIA1	Input signal automatic on selection 1	0000		0000-FFFF
PD02	*DIA2	For manufacturer setting	0000		0000-0000

Parameter list : Axis1-PD(L/O)

No.	Abbr	Name	Setting	Unit	Setting range
PD03	*DI1L	Input device selection 1L	0202		0000-3F3F
PD04	*DI1H	Input device selection 1H	0202		0000-3F3F
PD05	*DI2L	Input device selection 2L	2100		0000-3F3F
PD06	*DI2H	Input device selection 2H	2021		0000-3F3F
PD07	*DI3L	Input device selection 3L	0704		0000-3F3F
PD08	*DI3H	Input device selection 3H	0707		0000-3F3F
PD09	*DI4L	Input device selection 4L	0805		0000-3F3F
PD10	*DI4H	Input device selection 4H	0808		0000-3F3F
PD11	*DI5L	Input device selection 5L	0303		0000-3F3F
PD12	*DI5H	Input device selection 5H	3803		0000-3F3F
PD13	*DI6L	Input device selection 6L	2006		0000-3F3F
PD14	*DI6H	Input device selection 6H	3920		0000-3F3F
PD15	*DI7L	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PD16	*DI7H	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PD17	*DI8L	Input device selection 8L	0A0A		0000-3F3F
PD18	*DI8H	Input device selection 8H	0A00		0000-3F3F
PD19	*DI9L	Input device selection 9L	080E		0000-3F3F
PD20	*DI9H	Input device selection 9H	0800		0000-3F3F
PD21	*DI10L	Input device selection 10L	2323		0000-3F3F
PD22	*DI10H	Input device selection 10H	2B23		0000-3F3F
PD23	*DO1	Output device selection 1	0004		0000-003F
PD24	*DO2	Output device selection 2	000C		0000-003F
PD25	*DO3	Output device selection 3	0004		0000-003F
PD26	*DO4	Output device selection 4	0007		0000-003F
PD27	*DO5	For manufacturer setting	0003		0000-003F
PD28	*DO6	Output device selection 6	0002		0000-003F
PD29	*DF	Input filter setting	0004		0000-011B
PD30	*DOP1	Function selection D-1	0000		0000-4313
PD31	*DOP2	Function selection D-2	0000		0000-F100
PD32	*DOP3	Function selection D-3	0000		0000-0012
PD33	*DOP4	Function selection D-4	0000		0000-0200
PD34	*DOP5	Function selection D-5	0000		0000-1011
PD35	*DRV1	For manufacturer setting	0000		0000-0FFF
PD36		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PD37	*MSMD1	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PD38	TLS	For manufacturer setting	0		0-0
PD39	VLC	For manufacturer setting	0		0-0
PD40	VLL	For manufacturer setting	0		0-0
PD41	*DIA3	Input signal automatic on selection 3	0000		0000-FFFF
PD42	*DIA4	Input signal automatic on selection 4	0000		0000-FFFF
PD43	*DI11L	Input device selection 11L	0000		0000-3F00
PD44	*DI11H	Input device selection 11H	3A20		0000-3F3F
PD45	*DI12L	Input device selection 12L	0000		0000-3F00
PD46	*DI12H	Input device selection 12H	3B00		0000-3F3F
PD47	*DO7	Output device selection 7	0000		0000-3F3F
PD48		For manufacturer setting	0000		0000-0000

Parameter list : Axis1-PE(Extension 2)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PE01	*FCT1	For manufacturer setting	0000		0000-F001
PE02		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE03	*FCT2	For manufacturer setting	0003		0000-1023
PE04	*FBN	For manufacturer setting	1		1-65535
PE05	*FBD	For manufacturer setting	1		1-65535
PE06	BC1	For manufacturer setting	900		1-50000
PE07	BC2	For manufacturer setting	100		1-20000
PE08	DUF	For manufacturer setting	10		1-4500
PE09		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE10	FCT3	For manufacturer setting	0000		0000-0010
PE11		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE12		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE13		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE14	MV1	For manufacturer setting	0111		0000-3333
PE15	MV2	For manufacturer setting	20		0-1000
PE16	*EOP1	For manufacturer setting	0000		0000-0021
PE17	*EOP2	For manufacturer setting	0000		0000-0111
PE18	IIRC11	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE19	IIRC12	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE20	IIRC13	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE21	IIRC14	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE22	IIRC15	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE23	IIRC16	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE24	IIRC17	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE25	IIRC18	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE26	IIRC21	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE27	IIRC22	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE28	IIRC23	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE29	IIRC24	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE30	IIRC25	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE31	IIRC26	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE32	IIRC27	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE33	IIRC28	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PE34	*FBN2	For manufacturer setting	1		1-65535
PE35	*FBD2	For manufacturer setting	1		1-65535
PE36	AWZn	For manufacturer setting	0.0		0.0-100.0
PE37	AK2	For manufacturer setting	0.00		0.00-1.00
PE38	ADZ	For manufacturer setting	0.00		0.00-1.00
PE39	BT1	For manufacturer setting	20		20-32767
PE40	TRCG	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE41	EOP3	Function selection E-3	0000		0000-0001
PE42	RBP1	For manufacturer setting	0		0-10000
PE43	RBP2	For manufacturer setting	0.0		0.0-10.0
PE44	LMCP	Last motion positive side compen. value sel.	0	0.01%	0-30000
PE45	LMCN	Last motion negative side compen. value sel.	0	0.01%	0-30000
PE46	LMPLT	Last motion filter setting	0	0.1ms	0-30000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Parameter list : Axis1-PE(Extension 2)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PE47	TCF	Torque offset	0	0.01%	-10000-10000
PE48	*LMOP	Last motion compensation function selection	0000		0000-0011
PE49	LMCD	Last motion compensation timing	0	0.1ms	0-30000
PE50	LMCT	Last motion compensation dead zone	0		0-65535
PE51		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE52		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE53		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE54		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE55		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE56		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE57		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE58		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE59		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE60		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PE61	*TGW4	for manufacturer setting	0.00		0.00-50.00
PE62	*TGW5	for manufacturer setting	0.00		0.00-50.00
PE63	*TGW6	for manufacturer setting	0.00		0.00-50.00
PE64	*TGW7	for manufacturer setting	0.00		0.00-50.00

## Parameter list : Axis1-PF(Extension 3)

No.	Abbr.	Name	Setting	Unit	Setting range
PF01	*FOP1	For manufacturer setting	0000		0000-0112
PF02	*FOP2	For manufacturer setting	0000		0000-0000
PF03	*FOP3	For manufacturer setting	0000		0000-1110
PF04	SJC	For manufacturer setting	0		0-60
PF05	UIS	For manufacturer setting	0		0-60
PF06	*FOP4	for manufacturer setting	0000		0000-0000
PF07	ABCMX	For manufacturer setting	1		1-1
PF08	ABCDV	For manufacturer setting	1		1-1
PF09	*FOP5	Function selection F-5	0000		0000-0003
PF10	*FOP6	for manufacturer setting	0000		0000-0002
PF11	*FOP7	for manufacturer setting	0000		0000-0100
PF12	VLI	For manufacturer setting	10000		10000-10000
PF13	SRT	For manufacturer setting	100		100-100
PF14	TKT	For manufacturer setting	100		100-100
PF15	DBT	Electronic dynamic brake operating time	2000	ms	0-10000
PF16	*FOP8	for manufacturer setting	0000		0000-11A0
PF17	ZAT	For manufacturer setting	10		1-100
PF18	*STOD	STO diagnostic error detection time	0	s	0-60
PF19		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PF20	*ORV2	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PF21	DRT	Drive recorder switching time setting	0	s	-1-32767
PF22	ALDT	For manufacturer setting	200		200-200
PF23	OSCL1	Vibration tough drive - Oscillation detection level	50	%	0-100
PF24	*OSCL2	Vibration tough drive function selection	0000		0000-0002
PF25	CVAT	SEMI-47 Func. - Inst power failure detection time	200	ms	30-500
PF26	OCLV	For manufacturer setting	0		0-100

Parameter list : Axis1-PF(Extension 3)

No.	Abbr	Name	Setting	Unit	Setting range
PF27	TRWL	For manufacturer setting	0		0-0
PF28	*CVAL	For manufacturer setting	0		-100-0
PF29	*FOP9	For manufacturer setting	0000		0000-0001
PF30	RTL	For manufacturer setting	0		0-0
PF31	FRJC	Machine diagnosis func. - Friction judgement speed	0	r/min	0-65535
PF32	*VIBT	For manufacturer setting	50		1-50
PF33	*FOP10	For manufacturer setting	0000		0000-0001
PF34	*SOP3	RS422 Communication function selection 3	0000		0000-1000
PF35	OTCP1	For manufacturer setting	0000		0000-1111
PF36	OTCP2	For manufacturer setting	0000		0000-1000
PF37	*FOP11	For manufacturer setting	0000		0000-4020
PF38	IPFSV	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PF39	IPFRV	For manufacturer setting	0000		0000-FFFF
PF40	IPFSP	For manufacturer setting	0		0-20000
PF41	IPFSTB1	For manufacturer setting	0		0-10000
PF42	IPFSTB2	For manufacturer setting	0		0-0
PF43	*IPFSTC	For manufacturer setting	0		0-0
PF44	ORLV	For manufacturer setting	0		0-100
PF45	*FOP12	Function selection F-12	0000		0000-0002
PF46	MIC	Modbus-RTU comm. - Communication time-out time	0	s	0-60
PF47		For manufacturer setting	0000		0000-0000
PF48		For manufacturer setting	0000		0000-0000

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล : นายกรรวิชฐ์ ทองคำดี  
วัน เดือน ปีเกิด : 10 เมษายน 2540  
ที่อยู่ : 1/187 หมู่14 หมู่บ้านการเคหะ ต.เจดีย์หัก อ.เมือง จ.ราชบุรี 70000  
Email : Kornwarit.tkd@gmail.com  
โทรศัพท์ : 082-442-4151

ประวัติการศึกษา : พ.ศ. 2556 - 2558 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย  
โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดราชบุรี  
: พ.ศ. 2558 - ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ. 2561  
นักศึกษาฝึกงาน แผนก Combustion Efficiency Technology  
เกี่ยวกับ Continuous Emission Monitoring System (CEMS)  
บริษัท เพทโทร-อินสตรูเมนต์ จำกัด (PICO)  
: สิงหาคม - พฤศจิกายน พ.ศ.2561  
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Service Engineer  
บริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด

## ประวัติผู้เขียน(ต่อ)

ชื่อ – นามสกุล นายเก่งกล้า กลุ่มเกลี้ยง  
วัน เดือน ปีเกิด 7 พฤศจิกายน 2539  
ที่อยู่ 71/51 หมู่บ้าน life city home2 หมู่5 ต.เสม็ด อ.เมืองชลบุรี  
จ.ชลบุรี 20000

Email kengkla0117@gmail.com

โทรศัพท์ 092-284-5371

### ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2555-2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี
- พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### ประสบการณ์ทำงาน

- นักศึกษาฝึกงาน แผนก Engineering Whellhead Platform (EWP) บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก Engineering & Service บริษัท อินดัสเตรียล โพรวิชั่น จำกัด