รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องบรรจุสุญญากาศกึ่งอัตโนมัติ
Semi-Auto Gravity Filler

นายสิทธิภัค กิตติคุณาดุลย์

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องบรรจุสุญญากาศกึ่งอัตโนมัติ
Semi-Auto Gravity Filler

นายสิทธิภัค กิตติคุณาดุลย์

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงาน	เครื่องบรรจุสุญญากาศกึ่งอัตโนมัติ
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายสิทธิภัค กิตติคุณาดุลย์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายรุจนพงศ์ เทพมณฑา
สถานประกอบการ	บริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการออกแบบและผลิตเครื่องจักรสำหรับการบรรจุของเหลวแบบสุญญากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ ตั้งแต่การออกแบบวงจรไฟฟ้า การเดินสายไฟ จนไปถึงการทดสอบเครื่องจักร นอกจากนี้ภายในรายงานจะนำเสนอโปรแกรมต่างๆที่ใช้ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าและการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆที่ใช้ในการผลิตเครื่องจักร เช่น การใช้งาน AutoCAD, GX Works2, การเลือกใช้ Circuit Breaker, Control Relay และ Programmable Logic Controller เป็นต้น

คำสำคัญ: การออกแบบวงจรไฟฟ้า, AutoCAD, GX Works2

Project Title:	Semi-Auto Gravity Filler
Student Intern name:	Mr. Sittipak Kittikunadul
Faculty:	Engineering
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Advisor name:	Asst.Prof.Dr. Tattaya Pukkalanun
Mentor name:	Mr. Rutjanapong Thepmontha
Company:	Delmax Machinery co. ltd

ABSTRACT

This report presents how to design and build the Semi-Auto Gravity Filler Machine all the process in electrical section. First design the circuit, purchase parts for building machine, wiring all of electrical parts and test run machine. Moreover, there are many theories about how to use AutoCAD, GX Works2 and how to choose the electrical parts for example Circuit Breaker, Control Relay, Programmable Logic Controller, etc.

Keywords: Electrical Design, AutoCAD, Gx Works2

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานฉบับนี้ได้รับความร่วมมือจากบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด ผู้จัดทำขอขอบพระคุณบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด เป็นอย่างมากที่ให้โอกาศได้มีส่วนร่วมในการฝึกงานและสหกิจศึกษาซึ่งจะเป็นประสบการณ์ที่ดีอย่างมาก และสามารถนำไปต่อยอดทางการศึกษาและการทำงานได้อีกในอนาคต ต้องขอขอบพระคุณ นายรุจนพงศ์ เทพมณฑา รวมทั้งพี่ๆในแผนกวิศวกรไฟฟ้าแผนกออกแบบและแผนกช่างไฟฟ้าทุกท่านที่คอยสอนสิ่งต่างๆและให้ประสบการณ์ในการลงมือปฏิบัติงานจริง ซึ่งตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทัตยา ปุคคละนันทน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในโครงงานนี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำโครงงาน ทำรายงานและปัญหาต่างๆ รวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่มอบความรู้ทางทฤษฎีและปฏิบัติทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำสหกิจครั้งนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้จัดทำ
สิทธิภัค กิตติคุณาดุลย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 กระบวนการทำงานของเครื่อง Semi-Auto Gravity Filler 4

2.2 อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทำเครื่องจักร 5

2.2.1 Circuit Breaker : EATON PLS6-C6/3, 6A 3P 5

2.2.2 Magnetic Contactor : DILM9-10, 220V. 5

2.2.3 Overload Relays : ZB12-2.4 6

2.2.4 Power Line Filter : FN2020-10-06 7

2.2.5 Programmable Logic Controller : FX3G-24MT-ES-A 7

2.2.6 Switching Power Supply 11

2.2.7 Relay : MY2N 12

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.8 Timer Relay : H3CR-A8 13

2.2.9 Pilot Lamp : M22-L-R/LED230-R 14

2.2.10 Switch 14

2.2.11 Fan and Filter 16

2.2.12 Float Switch 16

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า 17

2.4 เครื่องมือที่ใช้ 19

2.4.1 สว่านและดอกสว่าน 19

2.4.2 ไขควง 20

2.4.3 คีม 21

2.4.4 หางปลา 22

2.4.5 ตลับเมตร 23

2.4.6 ประแจแอล 23

2.4.7 ประแจบล็อก 24

2.4.8 มัลติมิเตอร์ 24

2.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 25

2.5.1 Ladder Diagram 25

2.5.2 Function Block Diagram 25

2.5.3 Instruction List 26

2.5.4 Structure Text 26

2.5.5 Sequential Function 27

2.6 โปรแกรมที่ใช้ทดสอบเครื่องจักร 27

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.1 GX Works2 27

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำโครงงาน 29

3.1 การออกแบบทางไฟฟ้า 29

3.1.1 ศึกษาคุณสมบัติของเครื่องจักรตามที่ลูกค้าต้องการ 29

3.1.2 รับข้อมูลต่อจากแผนกเครื่องกล 29

3.1.3 ดำเนินการออกแบบวงจรไฟฟ้า 30

3.1.4 ดำเนินการออกแบบตู้ Control 34

3.1.5 ดำเนินการเขียนแบบไฟฟ้าทั้งหมด 36

3.1.6 ส่งแบบให้หัวหน้าวิศวกรพิจารณาและอนุมัติ 39

3.1.7 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ 39

3.2 การเดินสายไฟ 40

3.2.1 ขึ้นบอร์ด 40

3.2.2 ประกอบสวิตช์ 44

3.2.3 ประกอบบอร์ดเข้ากับตู้ Control 45

3.2.4 ติดตั้งตู้และกล่องต่างๆบนเครื่องจักร 46

3.2.5 การเดินสายที่เครื่องจักร หรือ Machine Wiring 47

3.2.6 ติดตั้ง Nameplate 48

3.3 การเขียนและติดตั้งโปรแกรม 49

3.3.1 เปิดการจ่ายไฟให้เครื่องจักร หรือ Electrical Power ON 49

3.3.2 เปิดการจ่ายลมให้กับเครื่องจักร หรือ Pneumatic Power ON 49

3.3.3 ตรวจสอบอินพุตและเอาท์พุต หรือ Check I/O 50

หน้า

3.3.4 เขียนและลงโปรแกรม 50

3.3.5 ทำการทดสอบและติดตั้งโปรแกรม 53

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 55

4.1 ผลการออกแบบในส่วนของ Electrical Design 55

4.2 ผลการออกแบบในส่วนของ Electrical Wiring 55

4.3 ผลการดำเนินงานในส่วนของ Test Run and Install Program 57

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 58

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 58

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข 58

5.2.1 ปัญหาที่พบ 58

5.2.2 แนวทางแก้ไข 58

5.3 ข้อเสนอแนะ 58

บรรณานุกรม 589

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Circuit Breaker 5

2.2 Magnetic Contactor 5

2.3 Overload Relays 6

2.4 Power Line Filter 7

2.5 Programmable Logic Controller 7

2.6 องค์ประกอบของ Programmable Logic Controller 7

2.7 PLC Input Extension (Mitsubishi) 8

2.8 Input 9

2.9 PLC Output Extension (Mitsubishi) 9

2.10 Output 10

2.11 Switching Power Supply 11

2.12 หลักการทำงานของ Switching Power Supply 11

2.13 Relay 12

2.14 ตัวอย่างการทำงานของ Relay 13

2.15 Timer Relay 13

2.16 Pilot Lamp 14

2.17 Selector Switch 14

2.18 Push Button Switch 15

2.19 Emergency Switch 15

2.20 Foot Switch 15

2.21 Fan and Filter 16

2.22 Float Switch 16

2.23 โปรแกรม AutoCAD 2010 17

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.24 ตัวอย่างการเขียนแบบตู้ Control ด้วยโปรแกรม AutoCAD 18
2.25 ตัวอย่างการเขียนวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม AutoCAD 18
2.26 เครื่องมือและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า 19
2.27 สว่านไร้สาย 19
2.28 ดอกสว่านขนาดต่างๆ 20
2.29 ไขควงปากแบน 20
2.30 ไขควงปากแบน 21
2.31 ไขควงเช็คไฟ 21
2.32 คีมย้ำหางปลา 22
2.33 คีมตัด 22
2.34 หางปลาขนาดต่างๆ 23
2.35 ตลับเมตร 23
2.36 ประแจแอล หรือ ประแจหกเหลี่ยม 24
2.37 ประแจบล็อก 24
2.38 มัลติมิเตอร์ 24
2.39 Ladder Diagram 25
2.40 Function Block Diagram 25
2.41 Instruction List 26
2.42 Structure Text 26
2.43 Sequential Function 27
2.44 โปรแกรม GX Works2 27
2.45 หน้าโปรแกรม GX Works2 28
2.46 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนลงในโปรแกรม GX Works2 28

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Diagram 30

3.2 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Control 31

3.3 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Input PLC Control 32

3.4 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Output PLC Control 34

3.5 ตัวอย่างการออกแบบตู้ Control 35

3.6 ตัวอย่างภาพ Isomatic ของตู้ Control 35

3.7 ภาพตัวอย่างการวาง Layout 36

3.8 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Circuit Breaker 37

3.9 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Magnetic Contactor 37

3.10 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Overload 37

3.11 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Motor 37

3.12 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Lamp 38

3.13 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Push Button Switch 38

3.14 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Valve 38

3.15 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Relay 39

3.16 ตัวอย่างการวางอุปกรณ์ 40

3.17 รางยึดอุปกรณ์ หรือ Din Rail 41

3.18 รางเดินสาย หรือ Wire Duct 41

3.19 ฝาปิดรางยึดอุปกรณ์ 41

3.20 บอร์ดของตู้ Control ที่อยู่ระหว่างการเดินสายไฟ 42

3.21 ตารางพิกัดการทนกระแสของสายไฟ 43

3.22 ตารางการกินกระแสของมอเตอร์แต่ละวัตต์ 43

3.23 รูปตอนเดินสายไฟเสร็จ 44

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.24 สวิตซ์ตอนเดินสายเสร็จเรียบร้อยแล้ว 45

3.25 บอร์ดเมื่อนำมาประกอบเข้ากับตู้ Control 46

3.26 เครื่องจักรเมื่อนำตู้ Control มาติดตั้งที่ตู้ 47

3.27 ตู้ Control เมื่อนำสายจากอุปกรณ์ต่างๆมาต่อเข้าตู้ 48

3.28 Nameplate เมื่อนำมาติดตั้งเรียบร้อยแล้ว 49

3.29 โปรแกรมตอนเปิดใช้งาน 51

3.30 เลือกรุ่นของ PLC ในโปรแกรม GX Works2 51

3.31 หน้าจอเมื่อเลือกรุ่นของ PLC เสร็จเรียบร้อยแล้ว 52

3.32 การเขียน Ladder Diagram ในโปรแกรม GX Works2 (1) 52

3.33 การเขียน Ladder Diagram ในโปรแกรม GX Works2 (2) 53

3.34 ลงโปรแกรมที่ PLC และทดสอบเครื่องจักร 53

3.35 ทดสอบการทำงานของเครื่องจักร 54

3.36 เครื่องจักรเมื่อรอการส่งไปให้ลูกค้า 54

4.1 แบบ Board ภายในตู้ Control ตาม Layout 56

4.2 แบบ Board ภายในตู้ Control เมื่อทำจริง 56

4.3 การ Test Run Program 57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด เป็นบริษัทที่รับออกแบบและผลิตเครื่องจักรอัตโนมัติในระบบบรรจุภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าไม่ว่าจะเป็นความต้องการที่จะลดเวลาในการทำงาน ลดจำนวนคนในการปฏิบัติงาน หรือจะด้วยเหตุผลใดก็ตาม ซึ่งทางบริษัท ขอนแก่นแดรี่ส์ จำกัด มีความสนใจและได้จัดจ้างให้ทางบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด เป็นผู้ออกแบบและผลิตเครื่องจักรเพื่อนำไปใช้ในบรรจุของเหลวลงในบรรจุภัณฑ์ขนาดต่างๆแบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการเกิดฟอง

การบรรจุสินค้าโดยใช้คนในทั้งกระบวนการผลิตทั้งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในเรื่องความแม่นยำ ความถูกต้อง ระยะเวลาในการบรรจุ การเกิดฟองของของเหลวที่ต่างกันไป เพื่อลดเวลาในการผลิต รักษาความสะอาด และความแน่นอนในปริมาณของสินค้า ดังนั้นทั้งหมดจึงเป็นที่มาของการทำโครงงานนี้ ซึ่งทางผู้จัดทำได้รับมอบหมายในส่วนของไฟฟ้าของเครื่องจักร ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบวงจรไฟฟ้า การเดินสายไฟ รวมถึงการใช้งาน PLC ในการควบคุมเครื่องจักร

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1. เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ลดเวลาและจำนวนผู้ปฏิบัติงาน
2. เพื่อศึกษาหลักการการออกแบบทางไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ
3. เพื่อฝึกฝนการใช้โปรแกรม AutoCAD ในการเขียนแบบไฟฟ้า
4. เพื่อลงมือปฏิบัติงานจริงในการเดินสายไฟ ประกอบตู้ Control
5. เพื่อลงมือปฏิบัติงานจริงในการเดินสายไฟของเครื่องจักรและทดลองใช้เครื่องมือต่างๆ
6. เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม GX Works2 เบื้องต้น
7. เพื่อให้เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริงทั้งขณะทดสอบเครื่องจักรและติดตั้งเครื่องจักรจริงที่โรงงานของลูกค้า

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1. ศึกษาการทำงานของเครื่องจักรตามที่ลูกค้าต้องการ
2. ออกแบบและเขียนแบบวงจรไฟฟ้า (Circuit Diagram)
3. ส่งแบบให้ลูกค้าตรวจและอนุมัติ
4. แก้ไขแบบตามคำแนะนำและความต้องการของลูกค้า
5. เลือกใช้ เปรียบเทียบ และสั่งซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องใช้ทั้งหมด
6. ออกแบบและเขียนแบบสั่งตู้ Control, ตู้ Operation และตู้อื่นๆทั้งหมดที่ต้องใช้
7. ออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ภายในของตู้ Control
8. ประกอบและเดินสายไฟในตู้ Control
9. เดินสายไฟจากอุปกรณ์อื่นที่อยู่นอกตู้ Control ไปยังข้างในตู้ Control
10. ทดสอบการทำงานของเครื่องจักรก่อนส่งให้ลูกค้า

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน

โครงงานนี้จะเป็นการออกแบบวงจรและการทำงานให้ตรงตามทำตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม AutoCAD และเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆตามความเหมาะสม ซึ่งเครื่องจักรที่ทำในโครงงานนี้จะควบคุมโดยใช้โปรแกรม GX Works2 ของ Mitsubishi ให้เป็นไปตามความต้องการ เริ่มจากการศึกษาการทำงานของเครื่องจักรและออกแบบวงจรไฟฟ้า, ตู้ Control, ภายในตู้ Control (Layout) และส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับทางไฟฟ้าทั้งหมด จากนั้นเขียนแบบทั้งหมดที่ได้ออกแบบไว้ส่งให้หัวหน้าวิศวกรไฟฟ้าเป็นผู้ตรวจสอบ หลังจากนั้นทำการแก้ไขตามคำแนะนำ และเมื่อผู้ตรวจสอบอนุมัติแบบไฟฟ้าว่าตรงกับความต้องการแล้วจึงจะเริ่มทำการสั่งซื้อและจัดเตรียมอุปกรณ์ทั้งหมดที่จะต้องใช้

หลังจากออกแบบ เขียนแบบและได้รับอุปกรณ์ทั้งหมดครบเรียบร้อย ก็ทำการประกอบตู้ วางอุปกรณ์ไฟฟ้าตามจุดที่ได้ออกแบบไว้และเดินสายไฟ (Wiring) ภายในตู้ Control ทั้งหมด เมื่อเดินสายไฟภายในตู้ทั้งหมดเรียบร้อยแล้วก็นำตู้ทั้งหมดไปติดตั้งที่เครื่องและเดินสายไฟภายนอกที่ยังเหลืออยู่ให้เรียบร้อย

เมื่อทำการเดินสายไฟทั้งหมดเรียบร้อยแล้วก็ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสายไฟ ตรวจสอบจนแน่ใจแล้วว่าไม่มีจุดไหนลัดวงจรก็ทำการต่อไฟเข้ากับตู้ Control จากนั้นก็สามารถเชื่อมต่อ Computer เพื่อติดต่อสื่อสารกับ PLC ภายในตู้และ Check I/O โดยการตรวจสอบว่าอินพุตหรือเอาท์พุตจาก PLC เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่

เมื่ออุปกรณ์ทุกอย่างพร้อมแล้วก็จะทำการดาวน์โหลดโปรแกรมที่เขียนไว้ลงไปที่ PLC จากนั้นทำการทดสอบเครื่องจักรว่าเป็นไปตามเงื่อนไข ความต้องการหรือไม่ ติดขัดขาดเหลือตรงไหนก็ปรับแก้ในโปรแกรมจนสมบูรณ์ตามที่ลูกค้าต้องการ หลังจากที่เครื่องจักรทำงานได้ตามเงื่อนไขแล้วก็รอการจัดส่งไปยังบริษัท ขอนแก่นแดรี่ส์ จำกัด เพื่อทำการติดตั้ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. บริษัท ขอนแก่นแดรี่ส์ จำกัด ได้รับเครื่องจักรตามความต้องการ
2. บริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด ได้รับผลประโยชน์ทางด้านธุรกิจ
3. ลูกค้าประหยัดเวลาและจำนวนผู้ปฏิบัติงาน
4. ทำให้ผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นมีปริมาณการบรรจุได้ตรงตามความต้องการทุกชิ้นและลดความสกปรกที่เกิดจากการบรรจุผิดพลาด
5. ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์และความรู้ในด้านการออกแบบไฟฟ้า การเขียนแบบไฟฟ้า การเดินสายไฟ การใช้เครื่องมือและการใช้โปรแกรมต่างๆ

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ก่อนที่จะทำการออกแบบไฟฟ้า เดินสายไฟ และทดสอบเครื่องจักรจนเครื่องจักรเสร็จสมบูรณ์สามารถทำงานได้ตามความต้องการของลูกค้านั้นจำเป็นจะต้องมีความรู้และข้อมูลในเรื่องต่างๆเพื่อง่ายต่อความเข้าใจและนำมาใช้ประกอบกับการปฏิบัติงานจริง การฝึกงานในโครงการสหกิจศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการทำงานของเครื่อง Semi-Auto Gravity Filler

2.2 อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทำเครื่องจักร

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า

2.4 เครื่องมือที่ใช้

2.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.6 โปรแกรมที่ใช้ทดสอบเครื่องจักร

2.1 กระบวนการทำงานของเครื่อง Semi-Auto Gravity Filler

เครื่อง Semi-Auto Gravity Filler เป็นเครื่องบรรจุสุญญากาศกึ่งอัตโนมัติซึ่งเป็นเครื่องที่มีไว้สำหรับบรรจุของเหลวลงในบรรจุภัณฑ์โดยมีการตั้งเวลาการบรรจุและป้องกันการบรรจุเกินเพื่อไม่ให้เกิดเปื้อนบริเวณด้านนอกของบรรจุภัณฑ์

โดยมีเงื่อนไขในการใช้อุปกรณ์คือ ต้องมีตัว Timer ไว้สำหรับการตั้งเวลาในการบรรจุให้เหมาะสมกับขนาดของบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันการเสียเวลาและการบรรจุต่ำกว่ามาตรฐาน และต้องมีการให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้หากตัว Overload ของตัว Vacuum เกิดทำงานหรือตัวจ่ายลมไม่ทำงาน

และเนื่องจากลูกค้ามีปั้มเพื่อส่ง Product สู่ถังบรรจุอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มปั้มบรรจุ แต่ต้องทิ้งสายไว้เพื่อไว้ส่งสัญญาณไปเพื่อสั่งปั้มของลูกค้าเอาไว้ด้วย

2.2 อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทำเครื่องจักร

อุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆที่ใช้ในการทำเครื่องจักร

2.2.1 Circuit Breaker : EATON PLS6-C6/3, 6A 3P

รูปที่ 2.1 Circuit Breaker

Circuit Breaker คืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งมีหน้าที่ไว้สำหรับเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้งานจำเป็นต้องใช้มือในการเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้าโดยการสับสวิตซ์ที่ตัว Circuit Breaker

หลักการของ Circuit Breaker นั้นจะทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระแสไฟฟ้าในวงจรเกินพิกัด (Overload) หรือป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit) โดยเมื่อ Circuit Breaker นั้นตัดการจ่ายไฟจะเรียกว่าอยู่ในสภาวะ Trip

2.2.2 Magnetic Contactor

รูปที่ 2.2 Magnetic Contactor

Magnetic Contactor เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิดหน้าสัมผัสเมื่อจ่ายไฟให้ ซึ่งหลักการทำงานของตัว Magnetic Contactor นั้นจะทำหน้าที่คล้ายตัว Relay เพียงแต่ Magnetic Contactor จะมีขนาดใหญ่กว่าและสามารถใช้กับไฟฟ้าที่มีกำลังสูง

ซึ่งหน้าสัมผัสของตัว Magnetic Contactor นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั่นก็คือ

- หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) ซึ่งหน้าสัมผัสหลักนั้นมีไว้สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสไปสู่โหลดที่ใช้แรงดัน 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักนี้จะเป็นชนิด ปกติเปิด (NO หรือ Normally Open) อักษรกำกับด้านแหล่งจ่ายคือ L1,L2,L3 ส่วนโหลดจะเป็น T1,T2,T3
- หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) ซึ่งหน้าสัมผัสช่วยจะสามารถทนกระแสได้ต่ำกว่าหน้าสัมผัสหลัก ซึ่งทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร จะมีทั้งชนิดปกติเปิดและปกติปิดแล้วแต่รุ่น อักษรกำกับหน้าสัมผัสของปกติเปิด คือ 13 NO และ 14 NO

2.2.3 Overload Relays

รูปที่ 2.3 Overload Relays

Overload Relays เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับป้องกันอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเมื่อเกิดกระแสไหลเกินพิกัด ซึ่งภายในของ Overload จะประกอบไปด้วยขดลวดความร้อนซึ่งจะพันอยู่รอบๆแผ่นไบเมทัลที่ทำจากโลหะ 2 ชนิดติดกันและจะโก่งตัวเมื่อมีความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งขดลวดความร้อนเป็นทางผ่านของกระแสจากแหล่งจ่ายไปยังโหลด และเมื่อกระแสไหลเข้าโหลดมีค่าสูงขึ้นก็จะทำให้ขดลวดเกิดความร้อนสูงขึ้นจึงเป็นผลทำให้แผ่นไบเมทัลโก่งตัวจนดันด้านหน้าสัมผัสจากปกติปิดเป็นปกติเปิด ทำให้หน้าสัมผัสหลักปลดโหลดออกจากแหล่งจ่ายไฟเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

2.2.4 Power Line Filter : FN2020-10-06

รูปที่ 2.4 Power Line Filter

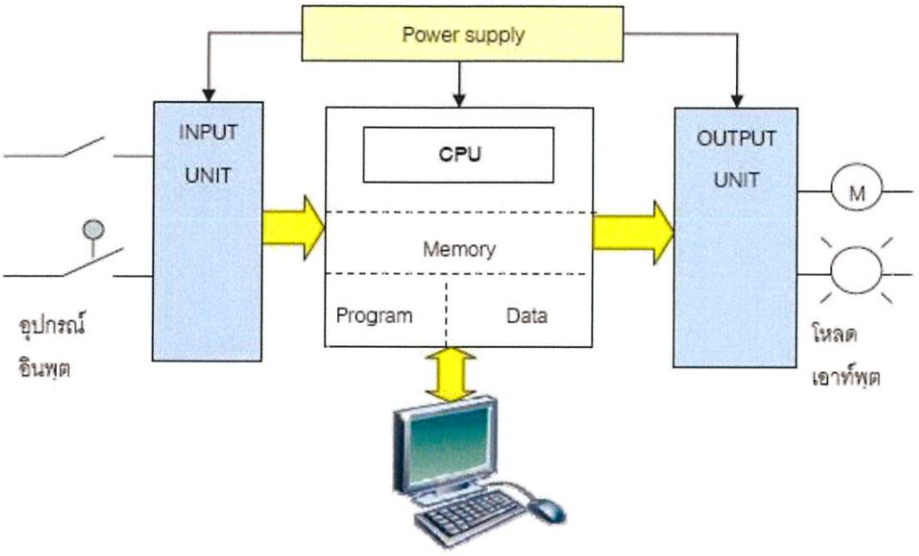
Power Line Filter เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เป็นตัวกรองสัญญาณ เพื่อใช้สำหรับลดทอนสัญญาณรบกวนจาก มอเตอร์, สปินเดิ้ล, Dimmer, Inverter, เครื่องตัด Plasma หรือแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนอื่นๆ ที่รบกวนอุปกรณ์ควบคุม เช่น คอมพิวเตอร์หรือPLC (Programmable Logic Controller)

2.2.5 Programmable Logic Controller

รูปที่ 2.5 Programmable Logic Controller

PLC หรือ Programmable Logic Controller เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่สำหรับการควบคุมเครื่องจักร ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงานตามความต้องการได้และง่ายสำหรับการปรับเปลี่ยนแก้ไข

ซึ่ง PLC นั้นจะมีองค์ประกอบอยู่ 5 ส่วน คือ

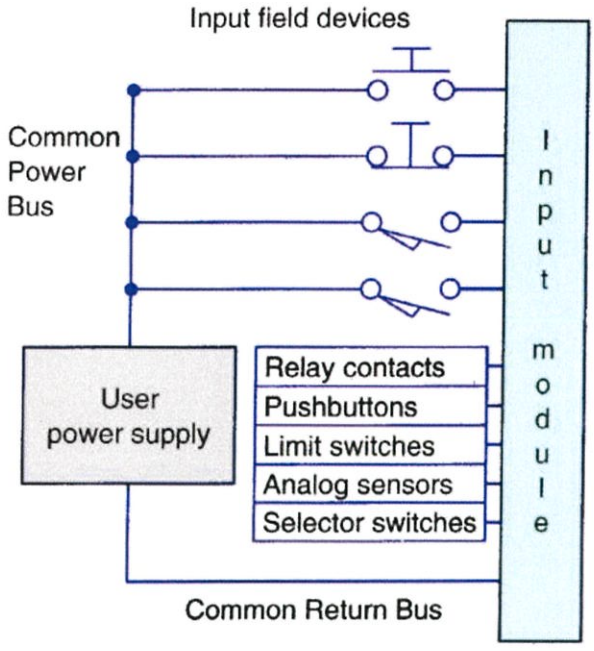


รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของ Programmable Logic Controller

2.2.5.1 อินพุต (Input)

ในส่วนของอินพุตนั้น มีไว้สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกกับส่วนประมวลผล (CPU) เพื่อที่จะใช้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกส่งเข้าไปภายใน PLC เพื่อประมวลผล เช่น Push Buttom Switch, Limit Switch, Proximity Sensor, Photo Sensor เป็นต้น

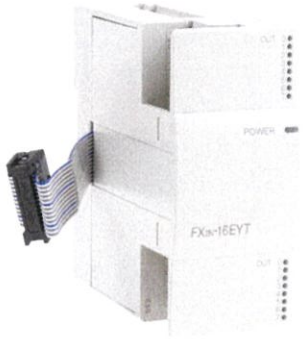
รูปที่ 2.7 PLC Input Extension (Mitsubishi)



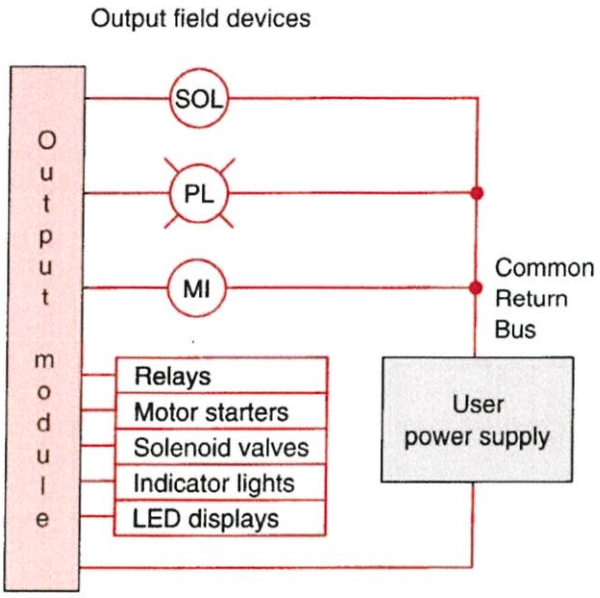
รูปที่ 2.8 Input

2.2.5.2 เอาท์พุต (Output)

ในส่วนของเอาท์พุตนั้น มีไว้สำหรับรับข้อมูลจากส่วนประมวลผล (CPU) เพื่อส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ภายนอกตามเงื่อนไขโปรแกรมที่เขียนไว้ เช่น Relay, Lamp, Solenoid Valve, Motor เป็นต้น



รูปที่ 2.9 PLC Output Extension (Mitsubishi)



รูปที่ 2.10 Output

2.2.5.3 ส่วนประมวลผล (CPU)

ส่วนประมวลผล (CPU) ของ PLC มีหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งต่างๆเปรียบเสมือนสมองของ PLC ซึ่งภายในนั้นจะประกอบไปด้วยวงจรลอจิกต่างๆที่สามารถออกแบบได้โดยใช้ Ladder Diagram

ซึ่งส่วนประมวลผลนั้นจะรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่างๆมาจากส่วนอินพุตเข้ามา หลังจากนั้นก็จะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำแล้วจึงจะสามารถส่งต้อข้อมูลไปยังส่วนของเอาท์พุต

2.2.5.4 ส่วนความจำ (Memory)

ส่วนความจำ (Memory) นั้นจะมีหน้าที่สำหรับการเก็บรักษาโปรแกรม ข้อมูลและคำสั่งของ PLC ที่ใช้สำหรับการทำงานโดยส่วนของความจำ PLC นั้นจะประกอบไปด้วยหน่วยความจำ 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำถาวร (Read Only Memory : ROM)
- หน่วยความจำชั่วคราว (Random Access Memory : RAM)

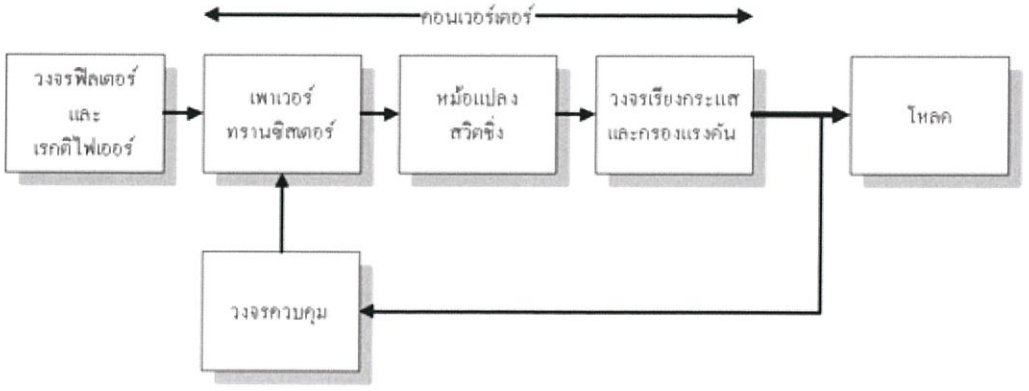
2.2.5.5 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) นั้นจะมีหน้าที่สำหรับจ่ายและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ภายในสำหรับ PLC เช่น ICหรือวงจรต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถจ่ายพลังเลี้ยงวงจรที่นำมาต่อกับ PLC ในส่วนของอินพุตและเอาท์พุตได้อีกด้วย

2.2.6 Switching Power Supply

รูปที่ 2.11 Switching Power Supply

Switching Power Supply คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงหรือเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำได้ โดยภายในนั้นจะมีหม้อแปลงขนาดเล็กที่มีน้ำหนักน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น ซึ่ง Switching Power Supply นั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง ส่วนคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์ต่ำ และวงจรควบคุมซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของ Switching Power Supply

2.2.7 Relay : MY2N

รูปที่ 2.13 Relay

Relay คืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแม่เหล็ก ที่ใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยจะป้อนกระแสให้กับขดลวดซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสคล้ายสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ปิดหรือเปิด ซึ่งจะใช้สำหรับการควบคุมวงจรต่างๆ

Relay ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

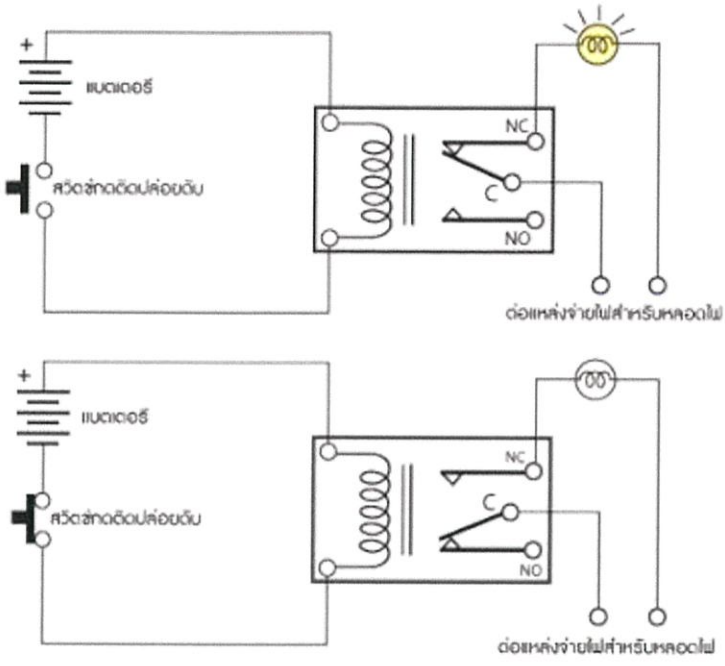
- ขดลวด (Coil) ซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะซึ่งจะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน

- หน้าสัมผัส (Contact) จะทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ ซึ่งจะจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

- C (Common) คือ จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

- NC (Normal Close) คือ ถ้ายังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำ หน้าสัมผัสก็จะติดกัน ทำให้มีการจ่ายไฟอยู่ตลอดเวลา

- NO (Normal Open) คือ ถ้ายังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำ หน้าสัมผัสก็จะไม่ติดกัน ทำให้ไม่มีการจ่ายไฟเกิดขึ้น



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการทำงานของ Relay

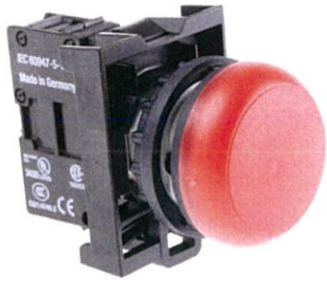
2.2.8 Timer Relay : H3CR-A8

รูปที่ 2.15 Timer Relay

Timer Relay เป็น Relay ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับตั้งเวลา ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทำงานโดยอาศัยหลักการทำงานหน่วงเวลาด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะตั้งเวลาได้โดยการปรับที่สวิตช์หมุนด้านหน้าของ Relay และมีสวิตช์สำหรับการเลือกย่านการทำงาน

หลักการทำงานคือ เมื่อมีการจ่ายไฟก็จะมีไฟติด เมื่อถึงเวลาที่กำหนด หน้าสัมผัสที่ปิดก็จะเปิดและหน้าสัมผัสที่เปิดก็จะปิด เมื่อหยุดการจ่ายไฟ ก็จะกลับสู่สภาพเดิม

2.2.9 Pilot Lamp : M22-L-R/LED230-R



รูปที่ 2.16 Pilot Lamp

Pilot Lamp คือไฟแสดงสถานะซึ่งจะมีให้เลือกหลายแบบตามพิกัดแรงดันและพิกัดกระแสที่จะใช้

2.2.10 Switch

สวิตซ์เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่เป็นหน่วยอินพุต ซึ่งจะทำหน้าที่ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อที่จะควบคุมการจ่ายแรงดันเข้าสู่วงจรหรือตัดการจ่ายแรงดันเข้าสู่วงจร สวิตซ์มีให้เลือกใช้หลายแบบ เช่น Selector Switch, Push Button Switch เป็นต้น

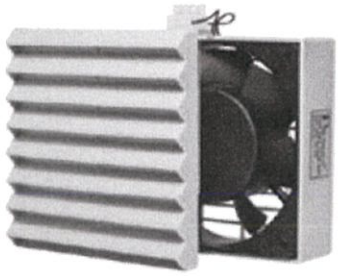
รูปที่ 2.17 Selector Switch

รูปที่ 2.18 Push Button Switch

รูปที่ 2.19 Emergency Switch

รูปที่ 2.20 Foot Switch

2.2.11 Fan and Filter

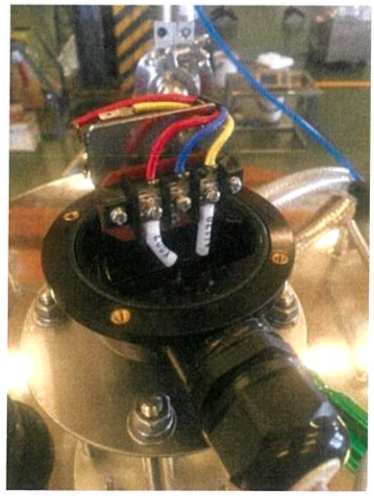


รูปที่ 2.21 Fan and Filter

Fan คือ พัดลมระบายอากาศซึ่งทำหน้าที่ในการระบายความร้อนออกจากตู้ Control โดยต้องติดตั้งไว้บริเวณด้านบนของตู้เพราะความร้อนจะลอยตัวจากด้านล่างสู่ด้านบนของตู้

Filter คือ แผ่นกรองฝุ่นซึ่งจะทำหน้ากรองฝุ่นไม่ให้เข้าไปในตู้ Control ติดตั้งไว้เพื่อเป็นช่องทางเดินอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายใน

2.2.12 Float Switch

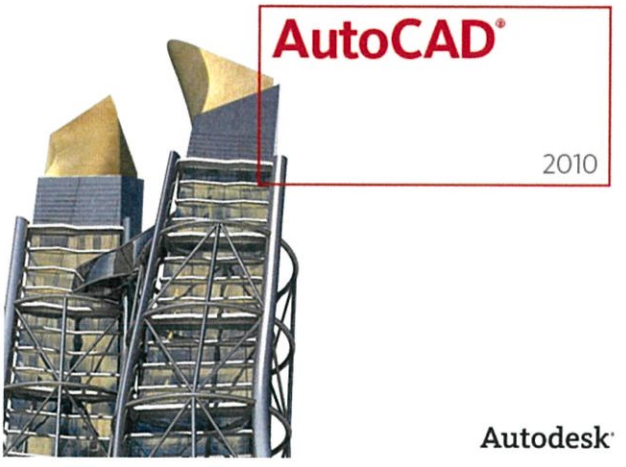


รูปที่ 2.22 Float Switch

เป็นสวิตซ์ลูกลอยซึ่งวิธีการทำงานคล้าย Relay ซึ่งจะมี COMMON, NO และ NC วิธีการทำงาน คือเมื่อน้ำถึงที่ Float Switch หน้า Contact ก็จะทำงานที่ปิดก็จะเปิด และ หน้าที่เปิดก็จะปิด

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า

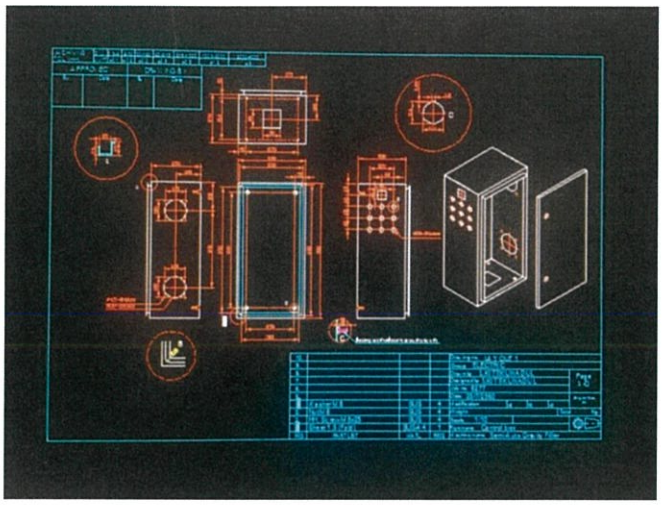
AutoCAD



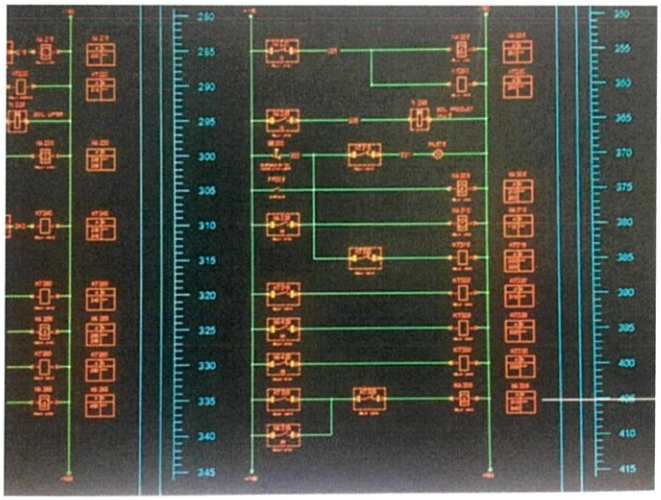
รูปที่ 2.23 โปรแกรม AutoCAD 2010

โปรแกรม AutoCAD เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ในการเขียนแบบได้ทุกประเภท และภายในมีเครื่องมือที่ไว้ใช้เขียนแบบหลากหลายชนิด โปรแกรม AutoCAD นั้นสามารถเขียนแบบตู้ Control และยังสามารถเขียนแบบวงจรไฟฟ้าได้อีกด้วย

แต่ภายในโปรแกรม AutoCAD นั้นจะไม่มีภาพหรือสัญลักษณ์สำเร็จให้เลือกใช้ ผู้ใช้จะต้องวาดหรือเขียนขึ้นมาเองโดยใช้เครื่องมือภายในโปรแกรมวาดขึ้นมา อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถวาดภาพแบบ Isometric ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการเขียนแบบตู้ Control ด้วยโปรแกรม AutoCAD



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการเขียนวงจรไฟฟ้าด้วยโปรแกรม AutoCAD

2.4 เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการ Wiring มีดังนี้

รูปที่ 2.26 เครื่องมือและอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

2.4.1 สว่านและดอกสว่าน

สว่านเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานเจาะโดยจะต้องเลือกใช้ชนิดของสว่านให้เหมาะกับงานที่จะใช้ โดยจะมีทั้งสว่านไฟฟ้าและสว่านไร้สาย

ก่อนที่จะเจาะเราต้องรู้ถึงขนาดรูที่ต้องการจะเจาะและต้องเลือกขนาดของดอกสว่านให้เหมาะสมกับขนาดที่ต้องการ

รูปที่ 2.27 สว่านไร้สาย

รูปที่ 2.28 ดอกสว่านขนาดต่างๆ

2.4.2 ไขควง

ไขควงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการขันหรือคลายสกรูออก ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ

- ไขควงปากแบน
- ไขควงปากแฉก
- ไขควงเช็คไฟ

รูปที่ 2.29 ไขควงปากแบน

รูปที่ 2.30 ไขควงปากแฉก

รูปที่ 2.31 ไขควงเช็คไฟ

2.4.3 คีม

คีม เป็นเครื่องมือที่มีไว้ใช้สำหรับ คีบ ตัด ย้ำ งอ สิ่งต่างๆตามการใช้งาน

2.4.3.1 คีมย้ำหางปลา

คีมย้ำหางปลา เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้ใช้สำหรับย้ำหางปลาให้ติดกับสายไฟ ซึ่งคีมย้ำหางปลาบางรุ่นจะสามารถตัดสกรูได้อีกด้วย

รูปที่ 2.32 คีมย้ำหางปลา

2.4.3.2 คีมตัด

คีมตัดมีไว้สำหรับการใช้ตัดสายไฟที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก

รูปที่ 2.33 คีมตัด

2.4.4 หางปลา

หางปลา เป็นอุปกรณ์ที่มีไว้ใช้สำหรับเชื่อมต่อสายไฟกับเทอร์มินอลต่างๆ โดยการต่อหางปลากับสายไฟทำได้โดยการนำสายไฟมาปลอกแล้วนำหางปลาส่วนที่เป็นโลหะมาสัมผัสกับสายไฟแล้วใช้คีมย้ำหางปลามาย้ำที่ตัวหางปลาให้แน่น

รูปที่ 2.34 หางปลาขนาดต่างๆ

2.4.5 ตลับเมตร

ตลับเมตร เป็นเครื่องมือที่มีไว้สำหรับวัดขนาดความยาวต่างๆ

รูปที่ 2.35 ตลับเมตร

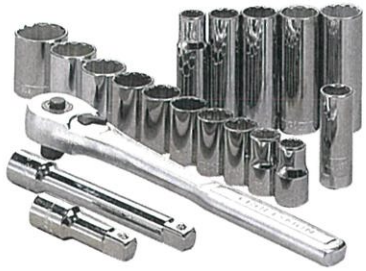
2.4.6 ประแจแอล

ประแจแอล หรือ ประแจหกเหลี่ยม มีไว้ใช้สำหรับขันหรือคลายสกรูที่หัวมีลักษณะกลมแต่ร่องเป็นรูปหกเหลี่ยม

รูปที่ 2.36 ประแจแอล หรือ ประแจหกเหลี่ยม

2.4.7 ประแจบล็อก

ประแจบล็อกมีไว้สำหรับขันหรือคลายน๊อตซึ่งต้องเลือกตามขนาดความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน



รูปที่ 2.37 ประแจบล็อก

2.4.8 มัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆ โดยมัลติมิเตอร์สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าความต้านทาน หรือเช็คว่าสายไฟขาดหรือไม่ เป็นต้น

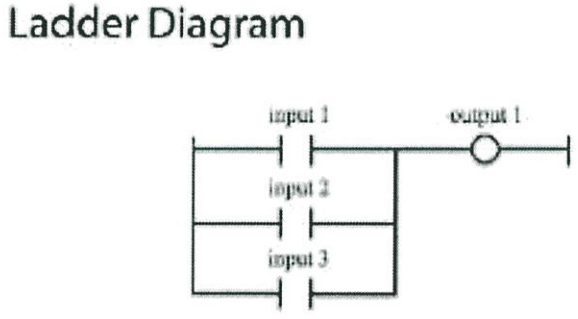
รูปที่ 2.38 มัลติมิเตอร์

2.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะใช้ในการควบคุม PLC นั้นแบ่งออกได้เป็น 5 แบบ ตามมาตรฐาน IEC1131-3 ซึ่งมีดังนี้

2.5.1 Ladder Diagram

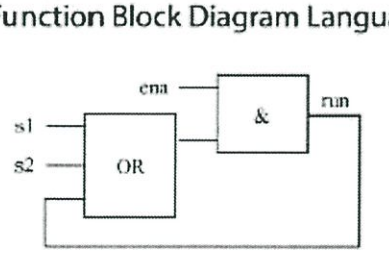
Ladder Diagram จะมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบ Relay และวงจรไฟฟ้า ซึ่ง Ladder Diagram นั้นจะประกอบไปด้วย ราง (Rail) ที่อยู่ทางด้านซ้ายและขวาของ Diagram เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อที่จะเป็นทางผ่านของกระแสและคอยล์เป็น Output



รูปที่ 2.39 Ladder Diagram

2.5.2 Function Block Diagram

Function Block Diagram เป็นภาษาที่ฟังก์ชั่นการทำงานในรูปแบบของกราฟฟิคซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย และมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม



รูปที่ 2.40 Function Block Diagram

2.5.3 Instruction List

Instruction List เป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปแบบของข้อความซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสแซมบี้และภาษาเครื่อง

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

รูปที่ 2.41 Instruction List

2.5.4 Structure Text

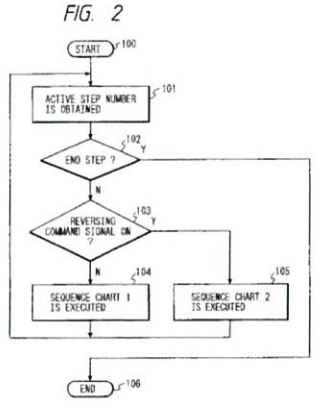
Structure Text จะเป็นภาษาที่อยู่ในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น If, Else, Then, For, While เป็นต้น

```
11  END_IF
12
13  IF (IN1=0 AND AUTO=0) OR (AUTO AND IN2=0) THEN
14      SET2:=1;
15  END_IF
16  IF EMGCY OR (OUT2 AND SET2 AND START) OR (SET2 AND OUT2=0) THEN
17      SET2:=0;
18  END_IF
19
20  Timer01(PT:=Value01*1000, IN:=SET1);
21  Timer02(PT:=Value02*1000, IN:=SET2);
22  Rise02(CLK:=Timer01.Q);
23  Rise03(CLK:=Timer02.Q);
24
25  IF Rise02.Q THEN
26      SET3:=1;
27  END_IF
28  IF Rise03.Q OR EMGCY THEN
29      SET3:=0;
30  END_IF
31
32  OUT1:=EMGCY=0 AND AUTO=0 AND OUT2=0 AND MANUEL;
33  OUT2:=EMGCY=0 AND OUT1=0 AND SET3;
```

รูปที่ 2.42 Structure Text

2.5.5 Sequential Function

Sequential Function เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานที่เป็นลำดับ ซึ่งจะประกอบไปด้วย Step และ Transition นอกจากนี้ Sequential Function ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานให้เป็นแบบอื่นได้อีกด้วย เช่น Alternative หรือ Linear เป็นต้น



รูปที่ 2.43 Sequential Function

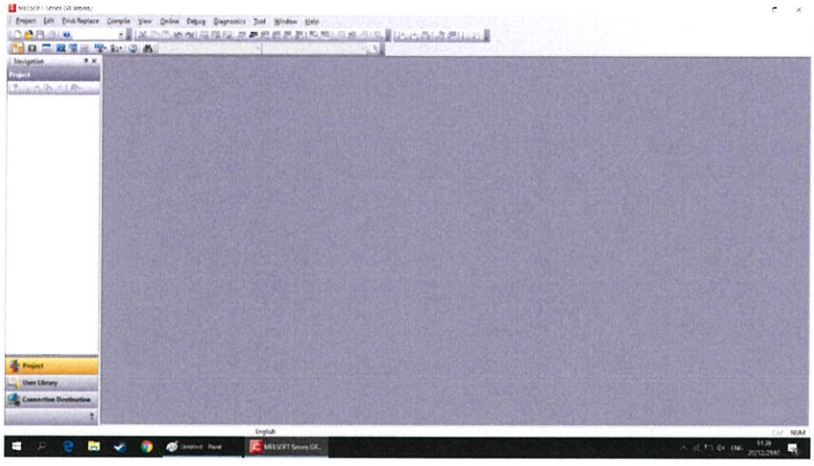
2.6 โปรแกรมที่ใช้ทดสอบเครื่องจักร

โปรแกรมที่จะใช้ทดสอบเครื่องจักรนั้นเป็นโปรแกรมเดียวกับที่จะใช้ควบคุมเครื่องจักร ซึ่งการจะเลือกว่าจะใช้โปรแกรมอะไรนั้นขึ้นอยู่กับว่าเลือกใช้ PLC รุ่นอะไร จึงจะสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้ถูกต้อง

2.6.1 GX Works2

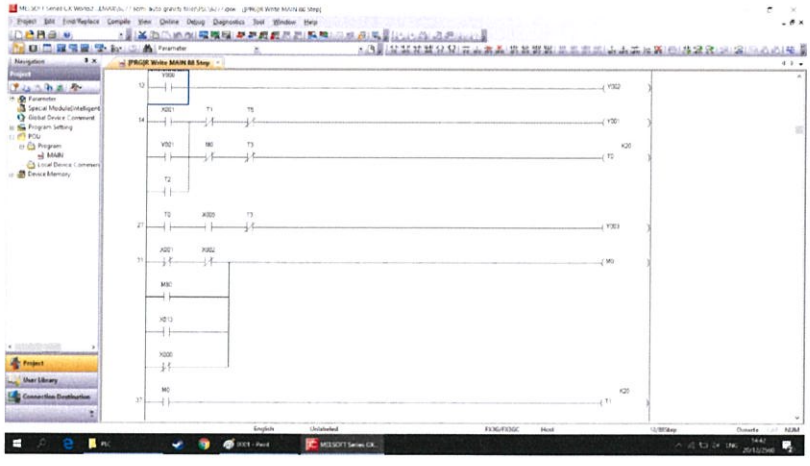
รูปที่ 2.44 โปรแกรม GX Works2

โปรแกรม GX Works2 เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่ใช้สำหรับ PLC MELSEC ซึ่งโปรแกรม GX Works2 เป็นซอฟต์แวร์ที่นำความสามารถของ GX Simulator, GX Developer และ GX Explorer มารวมกันให้อยู่ในตัวเดียว ซึ่งเมื่อติดตั้งโปรแกรม GX Works2 แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ตัวอื่นๆ และสำหรับ PLC ที่ใช้ GX Developer เขียนไปแล้ว ก็ยังสามารถใช้โปรแกรม GX Works2 ในการเข้าไปแก้ไขได้อีกด้วย



รูปที่ 2.45 หน้าโปรแกรม GX Works2

โปรแกรม GX Works2 นั้นจะใช้ Ladder Diagram ในการเขียนโปรแกรมสำหรับ PLC ของยี่ห้อ Mitsubishi โดยเฉพาะ ซึ่งโปรแกรม GX Works2 นั้น จะใช้ร่วมกับ PLC ของยี่ห้ออื่นไม่ได้



รูปที่ 2.46 ตัวอย่าง Ladder Diagram ที่เขียนลงในโปรแกรม GX Works2

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ทางบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด ที่รับออกแบบและผลิตเครื่องจักรในระบบบรรจุภัณฑ์ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และในโครงงานนี้เป็นการออกแบบและผลิตเครื่องจักรให้กับบริษัท ขอนแก่นแดรี่ส์ จำกัด ซึ่งได้รับมอบหมายให้ออกแบบและประกอบในส่วนของไฟฟ้าซึ่งมี นายรุจนพงศ์ เทพมณฑา เป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงงานในครั้งนี้

ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมายจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญดังนี้

1. การออกแบบทางไฟฟ้า
2. การเดินสายไฟ
3. การเขียนและติดตั้งโปรแกรม

3.1 การออกแบบทางไฟฟ้า

3.1.1 ศึกษาคุณสมบัติของเครื่องจักรตามที่ลูกค้าต้องการ

ในการจะเริ่มผลิตเครื่องจักรแต่ละเครื่อง จะต้องทราบความต้องการของลูกค้าเบื้องต้นและนำข้อมูลมาประชุมกันในแต่ละฝ่าย ทั้งฝ่าย Electrical Engineer และ Mechanical Engineer เพื่อที่จะรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักรที่ลูกค้าต้องการ

และในแผนกไฟฟ้าหัวหน้าทีมก็จะนำข้อมูลมากระจายให้ผู้รับผิดชอบต่อในแต่ละงานว่า โครงงานนี้เป็นเครื่องจักรชนิดใด ทำงานอย่างไร มีเงื่อนไขในการทำงานอย่างไร มีระบบเซฟตี้อย่างไร และมีอะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง

3.1.2 รับข้อมูลต่อจากแผนกเครื่องกล

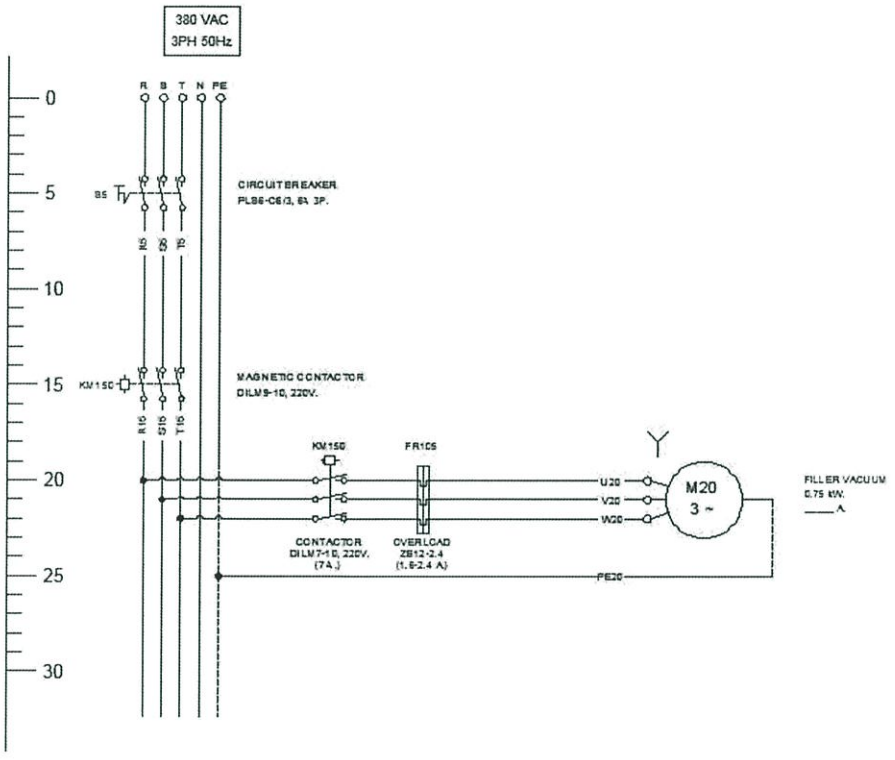
แผนกเครื่องกลจะออกแบบเครื่องจักรและส่งข้อมูลมาว่าตู้ Control นั้นจะต้องมีขนาดเท่าไหร่ จะต้องวางตรงจุดไหนของเครื่องจักร จะต้องมีรูปทรงแบบใด มอเตอร์ที่เครื่องจักรใช้มีกี่ตัว กำลังเท่าไหร่ อยู่ส่วนไหนของเครื่องจักร ต้องใช้เซนเซอร์กี่ตัวชนิดใดบ้าง ข้อมูล Pneumatic Diagram และต้องใช้วาล์วกี่ตัว เป็นต้น

3.1.3 ดำเนินการออกแบบวงจรไฟฟ้า

หลังจากได้รับข้อมูลที่จำเป็นมาทั้งหมดแล้ว ก็เริ่มนำข้อมูลมาพิจารณาว่าจะออกแบบวงจรไฟฟ้าอย่างไรให้ได้ตรงตามมาตรฐานและถูกต้อง

3.1.3.1 วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Diagram

วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Diagram หรือ วงจรไฟฟ้ากำลัง นั้นเป็นส่วนที่จ่ายไฟไปยังมอเตอร์โดยที่จะผ่านอุปกรณ์ควบคุมต่างๆโดยจะจ่ายไฟในระบบ 3 เฟส 380 V AC 50 Hz



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Diagram

สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับวงจร Power Diagram นั้นก็คือ Circuit Breaker การที่เราจะเลือกขนาดของ Circuit Breaker นั้น ต้องดูจากจำนวนกระแสของทั้งวงจรที่ใช้ก่อนจึงจะเลือกขนาดของ Circuit Breaker ได้ ซึ่งเครื่อง Semi-Auto Gravity Filler นั้นใช้กระแสสูงสุดประมาณ 2 แอมแปร์ ต้องนำจำนวนแอมแปร์ที่ใช้มาคูณ 1.25 เพื่อให้ได้ขนาด Circuit Breaker ให้ได้ตรงมาตรฐานความปลอดภัย

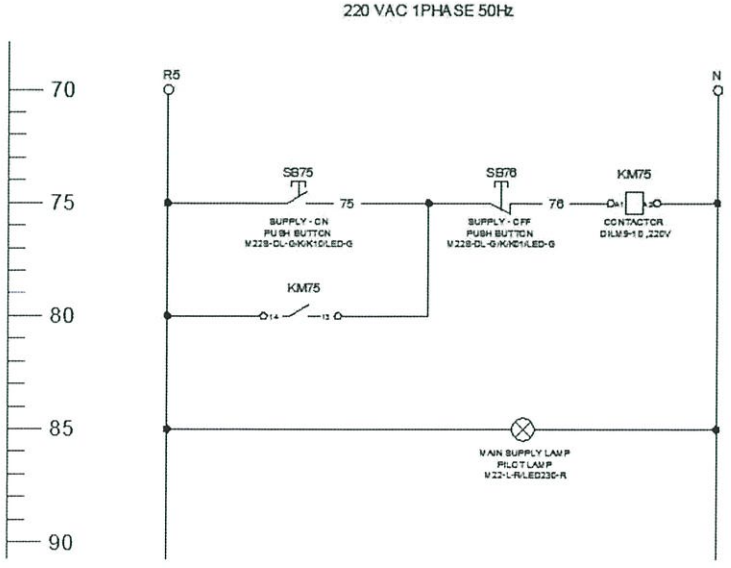
ซึ่งคำนวณออกมาเราต้องใช้ Circuit Breaker ที่มีย่านมากกว่า 2.5 แอมแปร์ จึงเลือกใช้ Circuit Breaker รุ่น PLS6-C6/3 , 6A 3P

การเลือกใช้ Main Magnetic ต้องเลือกใช้ Main Magmatic ที่มีย่านมากกว่า Circuit Breaker เพราะถ้าหากเราเลือกใช้ Main Magnetic ที่มีย่านแอมแปร์น้อยกว่า Circuit Breaker เมื่อจำนวนกระแสที่ไหลผ่านมีจำนวนแอมแปร์มากกว่าย่านแอมแปร์ของ Main Magnetic ก็จะทำให้ Main Magnetic นั้นเสียหายหรืออาจเกิดเหตุที่ร้ายแรงกว่าได้ จึงต้องเลือก Main Magnetic ที่มีย่านแอมแปร์มากกว่า Circuit Breaker มาใช้งาน

ส่วนมอเตอร์ Filler Vacuum นั้น ไม่มี Inverter หรือ Speed Controller ที่ไว้ใช้สำหรับเพื่อปรับความเร็วของมอเตอร์นั้น จึงต้องต่อผ่าน Motor Control ซึ่งนั่นก็คือ Magnetic Contactor ซึ่งต้องนำมาต่อกับ Overload Relay โดยที่การเลือกสเปคของ Magnetic Contactor นั้น ต้องคำนวณจากกระแสของมอเตอร์ว่า มอเตอร์ใช้กระแสเท่าไหร่แล้วนำมาคูณด้วย 1.25 ซึ่งมอเตอร์ใช้กระแสอยู่ที่ 2 แอมแปร์ เมื่อคำนวณออกมาแล้วจึงได้เท่ากับ 2.5 แอมแปร์ แล้วนำมาเลือกขนาดของ Magnetic Contactor ส่วนตัว Overload Relay นั้น ต้องเลือกย่านจากขนาดของกระแสมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์ใช้กระแส 2 แอมแปร์ จึงเลือกใช้ Overload Relay ที่มีย่านอยู่ที่ 1.6-2.4 แอมแปร์

3.1.3.2 วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Control

ในส่วนของ Power Control นั้นจะใช้ไฟ 220 VAC 1 เฟส ซึ่งวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Control นั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในส่วนของไฟฟ้ากำลังอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งอุปกรณ์ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยหน้าสัมผัส รีเลย์ ปุ่มกด หรือคอยล์ต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Power Control

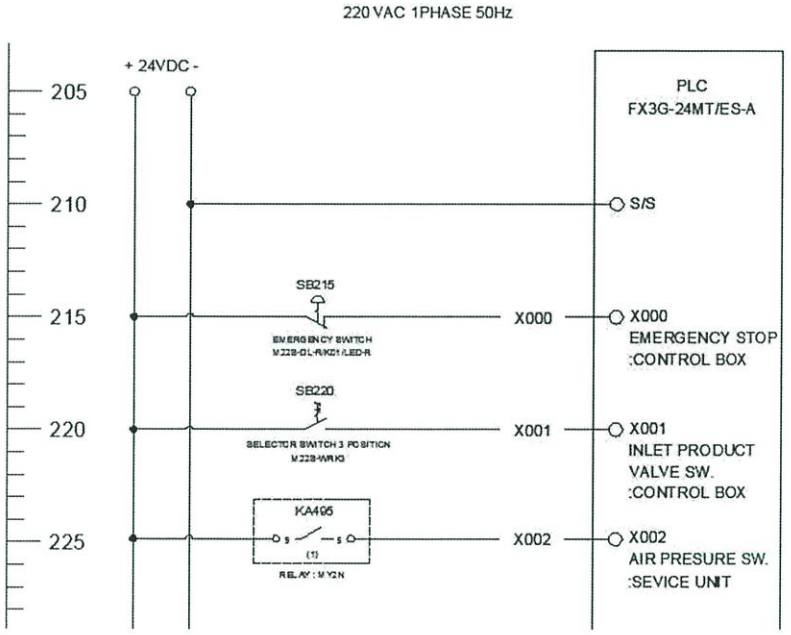
เริ่มจากออกแบบวงจรการต่อสวิตซ์เพื่อเปิดหรือปิด Main Magnetic โดยใช้สวิตซ์ NO ในการเปิดใช้งาน Main Magnetic และใช้ช่วง Contact ของ Main Magnetic ในการช่วยให้ Main Magnetic ทำงานอยู่ตลอดและใช้สวิตซ์ NC มาคั่น เพื่อใช้เป็นสวิตซ์ในการปิดการใช้งานเครื่อง

ต่อจากนั้นก็ออกแบบวงจรที่ใช้ควบคุม มอเตอร์ต่างๆ โดยผ่านฟิวส์และใช้ Relay ปุ่มกด หรือคอยล์ต่างๆ ในการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่องจักร

ส่วนการต่อ PLC นั้น จะต้องผ่าน Noise Filter ก่อนเพื่อใช้ในการช่วยลดสัญญาณรบกวนและใช้ไฟ DC เป็น Common สำหรับ I/O ของ PLC โดยมี Switching Power Supply ในการจ่ายไฟ DC

3.1.3.3 วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Input PLC Control

ในส่วนของ Input PLC Control นั้นจะบอกอินพุตที่ใช้งานในเครื่องจักรว่า อินพุตในแต่ละช่องนั้นต่อกับอะไร โดยมีตั้งแต่ X000 – X007 และ X010-X015 สำหรับ PLC รุ่น FX3G-24MT/ES-A



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Input PLC Control

วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Input PLC Control นั้นจะมีวงจรทั้งแบบ PNP และ NPN ขึ้นอยู่กับ PLC ในแต่ละรุ่น ซึ่ง PLC ของ Mitsubishi บางรุ่นนั้นจะเป็นแบบ NPN แต่สำหรับรุ่น FX3G-24MT/ES-A นั้นจะเป็นแบบ PNP ดังนั้นเราจึงต้องออกแบบวงจรให้จ่ายไฟบวกให้กับอุปกรณ์ ส่วนอีกด้านหนึ่งให้ต่อกับอินพุตที่ตัว PLC

โดยในส่วนของ Input PLC Control นั้นเราจะสามารถตรวจสอบได้ว่าอุปกรณ์ต่างๆที่ต่อเข้ากับส่วนของอินพุตนั้น พร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ ณ เวลานั้นๆ เช่น

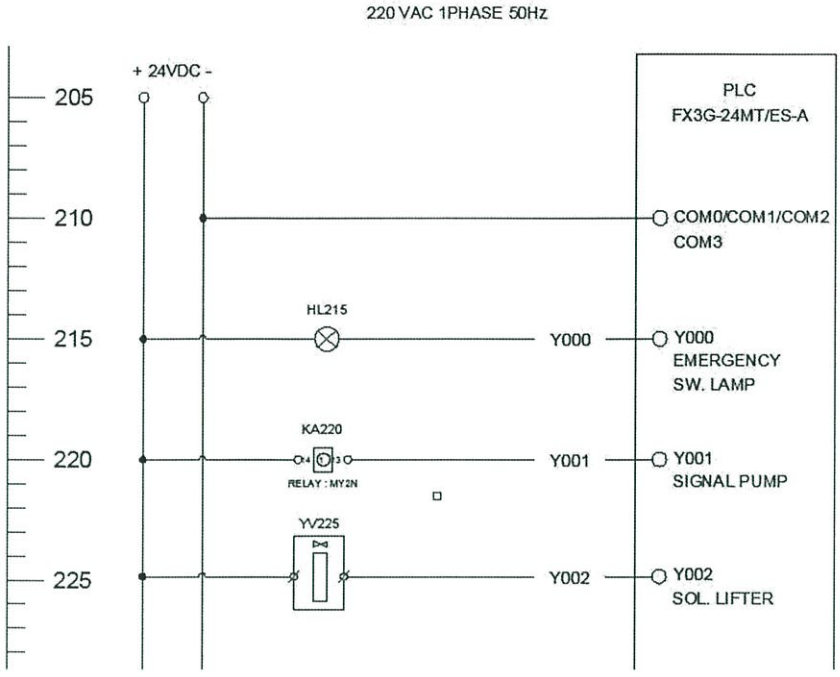
- เมื่อมีการจ่ายลมให้กับเครื่องจักรแล้วตัว Air Pressure นั้นจะส่งสัญญาณไปให้กับ Relay ตัวหนึ่งที่จะส่งสัญญาณไปให้กับ PLC ซึ่งเราตั้งชื่อไว้ว่า AIR PRESURE SW. ซึ่งถ้า Relay ตัวนี้อยู่ในสถานะ ON แสดงว่ามีลมพร้อมใช้งาน แต่ถ้าหากเป็น OFF แสดงว่ายังไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งนอกจากจะตรวจสอบดูสัญญาณ ON/OFF ได้ที่ Relay แล้ว ยังสามารถดูได้ที่ตัว PLC ได้อีกด้วย ขึ้นอยู่กับว่าส่งสัญญาณไปที่ Input ช่องไหน

- เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับเครื่องจักรแล้วที่ Overload Relay ไม่มีการเกิดทริป แสดงว่ากระแสไฟไม่เกินพอกัด และเครื่องจักรสามารถทำงานได้ปกติ แต่ถ้ามีการเกิดทริปแสดงว่ากระแสไฟเกินพิกัดและเครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ที่สัญญาณขาอินพุตที่ PLC ได้

- ปุ่ม EMERGENCY STOP จะเป็นหน้าสัมผัสปกติปิด เมื่อไหร่ที่กดปุ่มหน้าสัมผัสก็จะเปิดและหยุดการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่เขียนลงใน PLC

3.1.3.4 วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Output PLC Control

ในส่วนของ Output PLC Control นั้นจะเป็นส่วนที่จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ต่างๆให้เริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ โดยจะมีช่องส่งสัญญาณตั้งแต่ Y000-Y007 สำหรับ PLC ของ Mitsubishi รุ่น FX3G-24MT/ES-A



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าในส่วนของ Output PLC Control

3.1.3.5 วงจรไฟฟ้าใสส่วนของ Output Control

วงจรไฟฟ้าในส่วนของ Output Control นั้นจะเป็นในส่วนของการต่อวงจร LED ภายในสวิตซ์แต่ละตัวหรืออะไรที่จะเติมเข้ามารวมถึงการต่อ Pressure Switch ให้ส่งสัญญาณไปยัง Relay เพื่อและใช้หน้า Contact เพื่อจ่ายสัญญาณไฟไปยัง PLC

3.1.4 ดำเนินการออกแบบตู้ Control

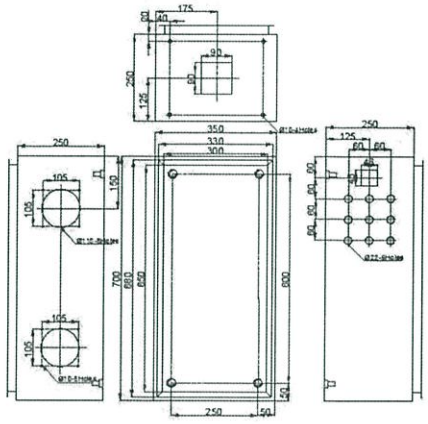
หลังจากที่ออกแบบวงจรไฟฟ้าเสร็จเรียบร้อยทั้งหมดแล้ว ทำให้รู้ว่าภายในตู้ Control นั้นต้องใส่อะไรลงไปบ้าง ต้องใช้สวิตซ์กี่ตัว รวมถึงกะขนาดของ Layout ได้ ซึ่งการออกแบบตู้ Control นั้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ

3.1.4.1 แผงวงจรภายในตู้ หรือ Board Layout

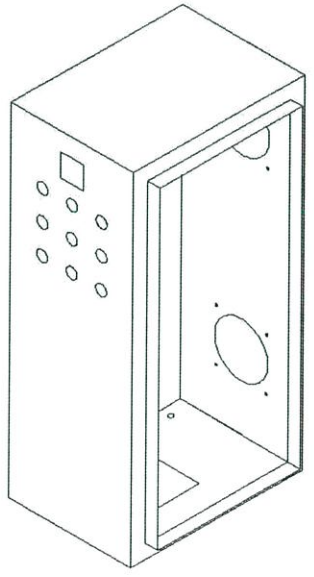
หลังจากที่ออกแบบวงจรไฟฟ้าเสร็จแล้ว ก็จะทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะวางในตู้มีอะไรบ้าง แล้วจึงนำมาออกแบบแผงวงจรว่าอุปกรณ์ตัวไหนควรวางไว้ส่วนไหน เพื่อให้ง่ายแก่การเดินสาย ของ Plast Wood ต้องมีขนาดเท่าไหร่ ควรใช้ Wire Duct ขนาดเท่าไหร่ ต้องใช้ Din Rail ยาวเท่าไหร่

3.1.4.2 การออกแบบตู้ Control

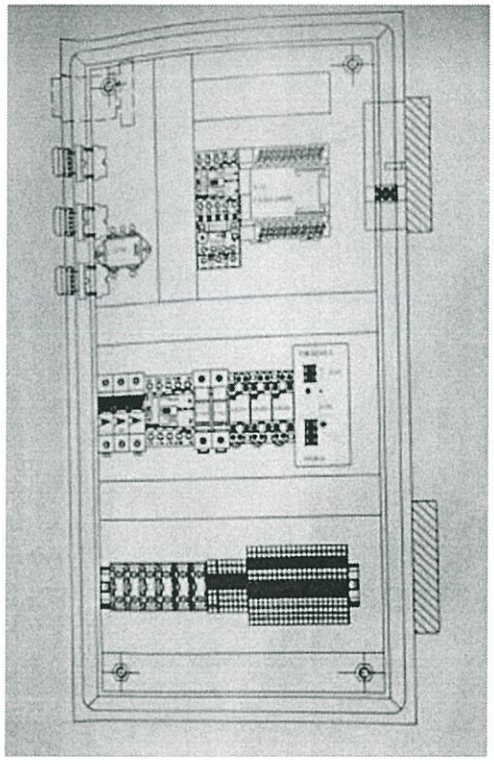
หลังจากออกแบบ Layout เสร็จก็จะได้ขนาดของ Plast Wood ที่ใช้ ทำให้รู้ถึงขนาดตู้ว่าต้องออกแบบตู้ขนาดเท่าไหร่ เพื่อที่จะสามารถใส่ Plast Wood ได้พอดี และขนาดตู้ที่ออกแบบต้องไม่ใหญ่ไปกว่าที่ทางแผนก Mechanical Engineer ออกแบบไว้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการออกแบบตู้ Control



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างภาพ Isometric ของตู้ Control



รูปที่ 3.7 ภาพตัวอย่างการวาง Layout

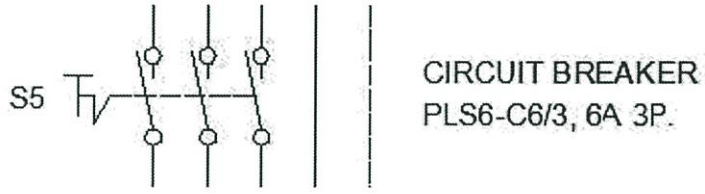
3.1.5 ดำเนินการเขียนแบบไฟฟ้าทั้งหมด

โดยปกติแล้วจะออกแบบวงจรไฟพร้อมๆกับเขียนแบบ แต่ในส่วนนี้จะอธิบายในแต่ละส่วนดังนี้

3.1.5.1 แบบวงจรไฟฟ้า

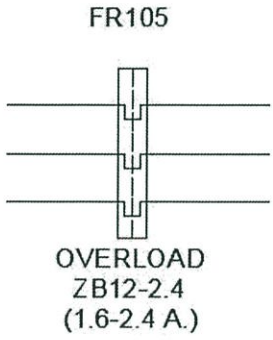
แบบวงจรไฟฟ้า จะประกอบไปด้วยข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต่อการดำเนินงานดังนี้

- หน้าปก จะบอกข้อมูลว่าเป็นเครื่องจักรอะไร เลข Job อะไร และลูกค้าคือบริษัทอะไร
- หน้าตารางการดำเนินงาน จะบอกชื่อวิศวะผู้ดูแลโครงงาน และดำเนินงานไปถึงไหน และชื่อผู้ปฏิบัติงาน
- หน้าแบบตู้ จะเป็นรูปตัวอย่างแบบตู้ที่สั่งทำและตัวอย่างการวาง Layout
- หน้าวงจรไฟฟ้า จะอธิบายถึงวงจรไฟฟ้าและจะใช้สัญญาลักษณ์ในการอธิบายถึงอุปกรณ์ต่างๆในแต่ละส่วน

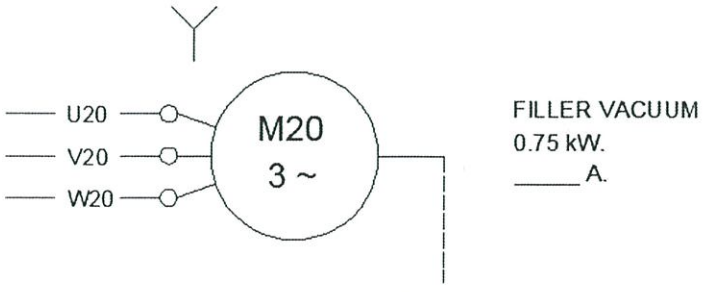


รูปที่ 3.8 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Circuit Breaker

รูปที่ 3.9 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Magnetic Contactor

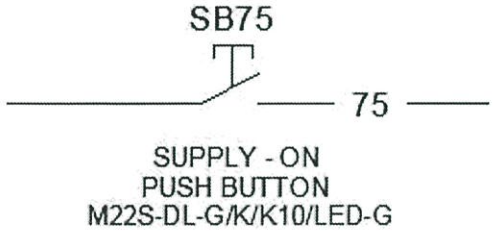


รูปที่ 3.10 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Overload

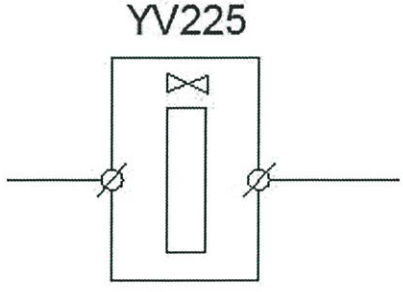


รูปที่ 3.11 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Motor

รูปที่ 3.12 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Lamp



รูปที่ 3.13 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Push Button Switch



รูปที่ 3.14 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Valve

รูปที่ 3.15 สัญญาลักษณ์ในการเขียนแบบของ Relay

3.1.5.2 แบบตู้ Control

แบบตู้ Control นั้นจะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบ ซึ่งแบบของตู้ Control นั้นจะประกอบไปด้วย

- แบบสำหรับสั่งตู้ซึ่งจะบอกขนาด ระยะการเชื่อมสกรู เจาะรู บานพับ เป็นต้น
- แบบสำหรับใส่ Plast Wood

3.1.5.3 แบบตู้ Operation

แบบตู้ Operation นั้นจะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบ สำหรับโครงงานงานนี้ตู้ Operation นั้นจะใช้เป็นตู้เดียวกับตู้ Control

โดยที่แบบที่เขียนนั้นจะต้องบอกระยะ ขนาด การเจาะรูให้ชัดเจน

3.1.6 ส่งแบบให้หัวหน้าวิศวกรพิจารณาและอนุมัติ

เมื่อทำการตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะส่งงานให้หัวหน้าวิศวกรไฟฟ้าเป็นผู้ตรวจสอบว่าเป็นไปตามที่ต้องการ และถูกต้องหรือไม่ มีข้อเพิ่มเติมหรือส่วนใดที่ต้องแก้ไขบ้าง หากไม่มีข้อเพิ่มเติมหรือส่วนใดที่ต้องแก้ไข หัวหน้าวิศวกรไฟฟ้าก็จะเซ็นอนุมัติแบบและดำเนินการต่อไป

3.1.7 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้

หลังจากการที่ได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว จึงต้องทำการจัดการเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

3.1.7.1 จัดทำใบสั่งซื้ออุปกรณ์

คือการจัดทำเอกสารที่ใช้สำหรับการสั่งซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการทำในโปรแกรม Microsoft Office Excel จากนั้นทางฝ่าย Store ก็จะนำรายการมาตรวจสอบว่าอุปกรณ์ใดบ้างที่มีแล้วไม่ต้องสั่งซ้อเพิ่ม

3.1.7.2 รอรับอุปกรณ์ที่สั่งซ้อและตรวจสอบความถูกต้อง

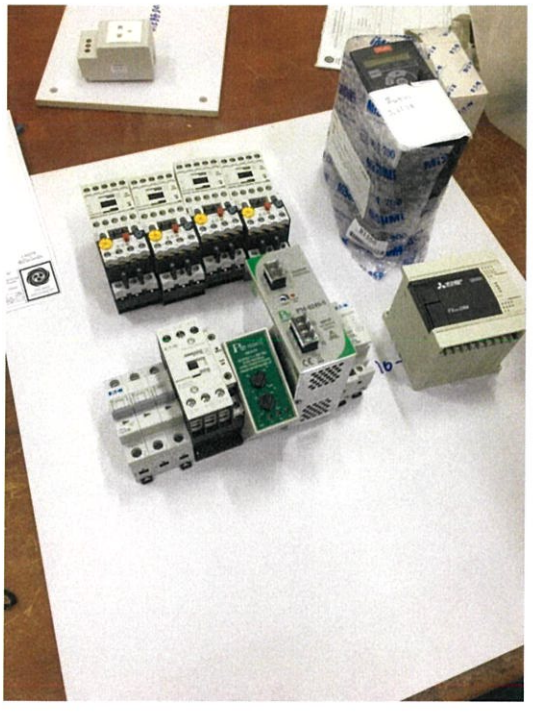
เมื่อสั่งอุปกรณ์ทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็รอรับและตรวจสอบความถูกต้องเมื่ออุปกรณ์มาถึงแล้ว เช่น เมื่อได้อุปกรณ์ไฟฟ้ามาก็ตรวจสอบว่ารุ่นหรือยี่ห้อนั้นถูกไหม ถ้าเป็นไปตามที่ออกแบบก็รับอุปกรณ์ไปได้เลย แต่ถ้าไม่ถูกต้องตามแบบก็ส่งกลับเพื่อทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ทันที

และเมื่ออุปกรณ์ที่สั่งซ้อครบถ้วนและถูกต้องแล้ว จึงนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาเพื่อเตรียมสำหรับการ Wiring ต่อไป

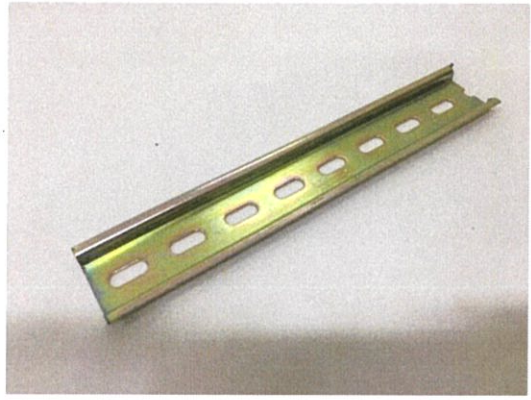
3.2 การเดินสายไฟ

3.2.1 ขึ้นบอร์ด

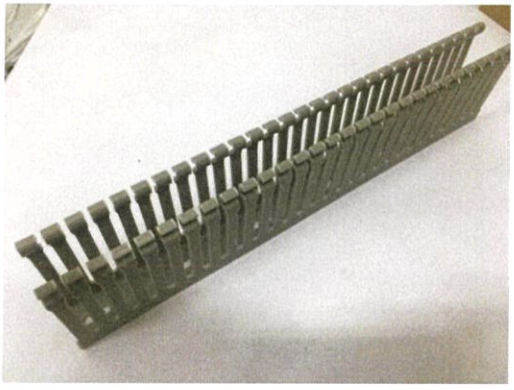
หลังจากที่ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องเริ่มจากการขึ้นบอร์ดก่อน ซึ่งก่อนอื่นต้องเริ่มจากการวางอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้จริงตามแบบไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้ก่อนหน้านี้ โดยเริ่มจากวัดระยะต่างๆตามแบบและวางอุปกรณ์ตามแบบที่วางไว้ และเริ่มวัดความยาวของ Wire Duct ตามแบบที่เขียนไว้เพื่อที่จะได้นำไปตัดแล้วนำไปติดตั้งได้ขนาดตามแบบ และวัดความยาวของอุปกรณ์ต่างๆเพื่อที่จะนำขนาดความยาวไปตัด Din Rail หรือรางยึดอุปกรณ์ และยึดอุปกรณ์ที่ Plast Wood



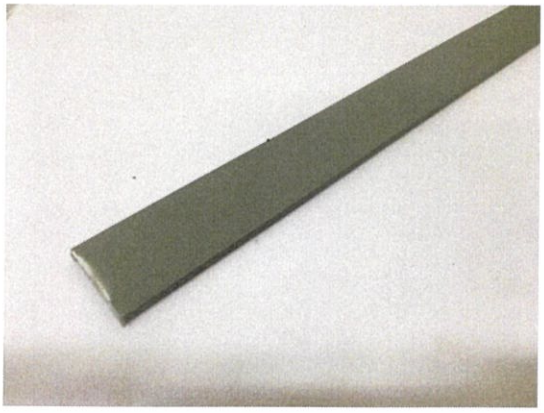
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการวางอุปกรณ์



รูปที่ 3.17 รางยึดอุปกรณ์ หรือ Din Rail

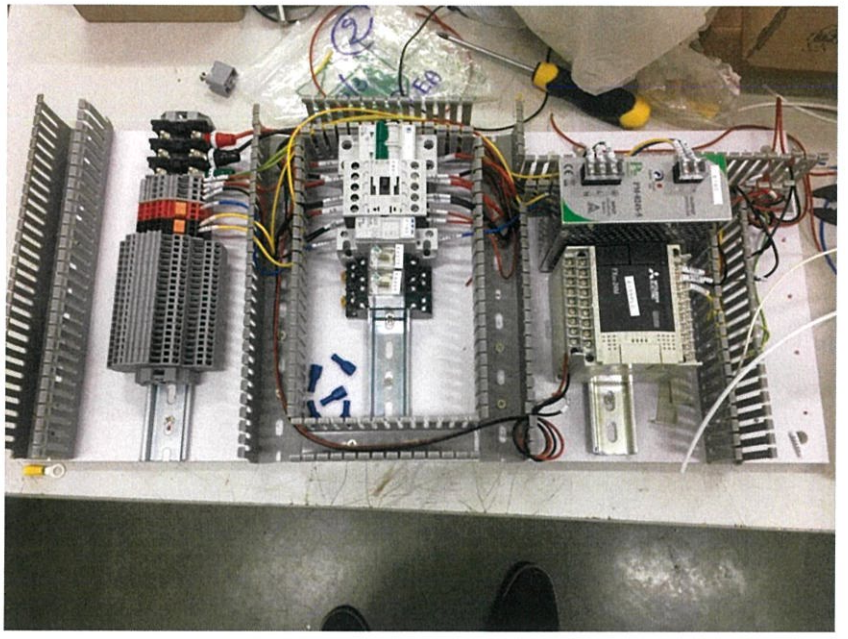


รูปที่ 3.18 รางเดินสาย หรือ Wire Duct



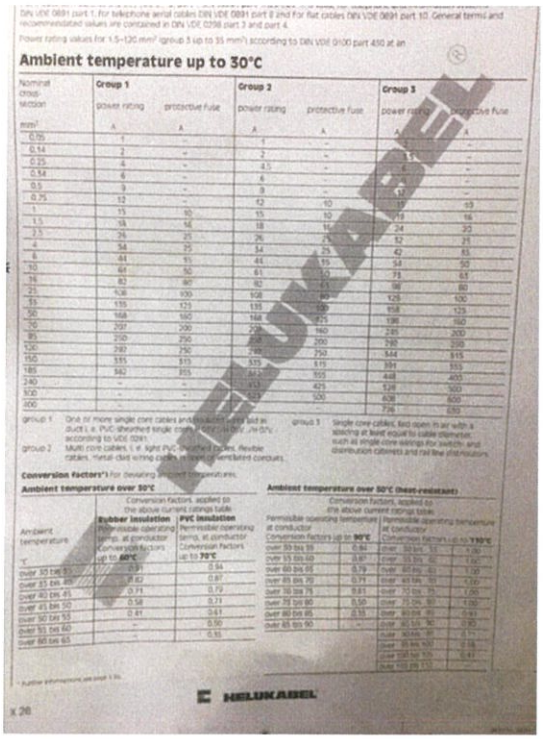
รูปที่ 3.19 ฝาปิดรางยึดอุปกรณ์

หลังจากยึดอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการติดสติ๊กเกอร์มาร์คเพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ เพื่อที่จะได้ง่ายต่อการไล่ดูจากวงจรว่าอุปกรณ์ชนิดนี้อยู่ตรงส่วนใดของวงจรและเริ่มทำการเดินสายไฟของอุปกรณ์โดยสายทุกเส้นต้องใส่มาร์ค



รูปที่ 3.20 บอร์ดของตู้ Control ที่อยู่ระหว่างการเดินสายไฟ

การเดินสายไฟนั้นส่วนที่สำคัญมากอีกอย่างหนึ่งคือการเลือกขนาดและสีของสายไฟให้ถูกต้อง โดยเฉพาะสายไฟ Main ซึ่งมีกระแสที่สูง จึงต้องเลือกสายไฟที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูง แต่ถ้าเลือกสายไฟที่มีขนาดใหญ่เกินไป ก็จะเสียต้นทุนจนเกินความจำเป็น เพราะฉะนั้นจะต้องเลือกสายที่มีขนาดที่พอดี



Ambient temperature up to 30°C

Nominal cross-section	Group 1 power rating	Group 1 protective fuse	Group 2 power rating	Group 2 protective fuse	Group 3 power rating	Group 3 protective fuse
mm²	A	A	A	A	A	A
0.08	1	–	1	–		
0.14	2	–	2	–		
0.25	4	–	4.5	–		
0.34	6	–	6	–		
0.5	9	–	9	–		
0.75	12	–	12	10	10	10
1	15	10	15	10	13	10
1.5	18	16	18	16	24	20
2.5	26	25	26	25	32	25
4	34	35	34	35	42	35
6	44	35	44	35	54	50
10	61	50	61	50	73	63
16	82	80	82	80	98	80
25	108	100	108	80	129	100
35	135	125	135	100	158	125
50	168	160	168	160	198	160
70	207	200	207	160	245	200
95	250	250	250	200	292	250
120	292	250	292	250	344	315
150	335	315	335	315	391	355
185	382	355	382	355	448	400
240	–	–	453	425	528	500
300	–	–	523	500	608	630
400	–	–	–	–	726	630

group 1 One or more single core cables and/or multi-core cables laid as duct (i. e. PVC-sheathed single core cables NYM, NYIF, NYY according to VDE 0281).

group 2 Multi core cables, i. e. light PVC-sheathed flexible cables, flexible rubber, metal-clad wiring cables, and non-sheathed conduits.

group 3 Single core cables, laid open in air with a spacing at least equal to cable diameter, such as single core wirings for switch- and distribution cabinets and rail line distributors.

Conversion factors* for deviating ambient temperatures.

Ambient temperature over 30°C

Ambient temperature °C	Conversion factors, applied to the above current ratings table: Rubber insulation Permissible operating temp. at conductor Conversion factors up to 60°C	PVC insulation Permissible operating temp. at conductor Conversion factors up to 70°C
over 30 bis 35	0.91	0.94
over 35 bis 40	0.82	0.87
over 40 bis 45	0.71	0.79
over 45 bis 50	0.58	0.71
over 50 bis 55	0.41	0.61
over 55 bis 60	–	0.50
over 60 bis 65	–	0.35

Ambient temperature over 30°C (heat-resistant)

Conversion factors, applied to the above current ratings table:

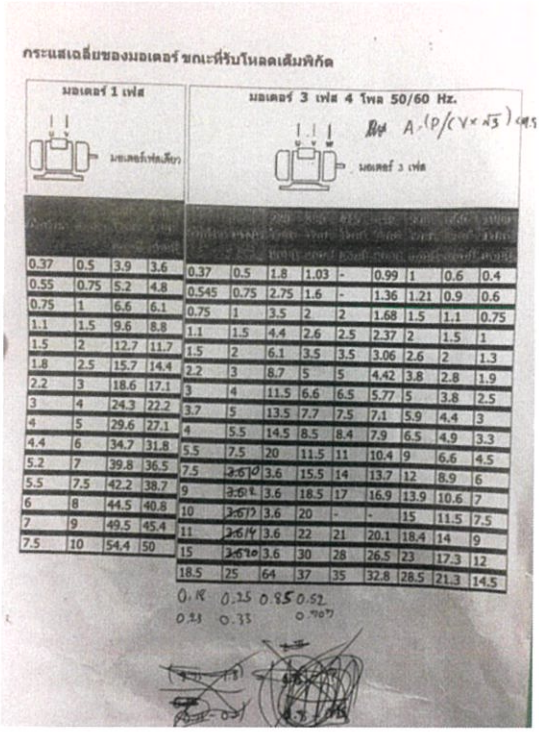
Permissible operating temperature at conductor Conversion factors up to 90°C	Permissible operating temperature at conductor Conversion factors up to 110°C
over 30 bis 35 0.96	over 30 bis 35 1.00
over 35 bis 40 0.87	over 35 bis 40 1.00
over 40 bis 45 0.79	over 40 bis 45 1.00
over 45 bis 50 0.71	over 45 bis 50 1.00
over 50 bis 55 0.61	over 50 bis 55 1.00
over 55 bis 60 0.50	over 55 bis 60 1.00
over 60 bis 65 0.35	over 60 bis 65 0.91
over 65 bis 70 –	over 65 bis 70 0.82
	over 70 bis 75 0.71
	over 75 bis 80 0.58
	over 80 bis 85 0.41
	over 85 bis 90 –
	over 90 bis 95 –
	over 95 bis 100 –
	over 100 bis 105 –
	over 105 bis 110 –

* Further information see page 1 bis.

HELUKABEL

x 28

รูปที่ 3.21 ตารางพิกัดการทนกระแสของสายไฟ



กระแสเฉลี่ยของมอเตอร์ ขณะที่รับโหลดเต็มพิกัด

มอเตอร์ 1 เฟส

มอเตอร์เฟสเดียว

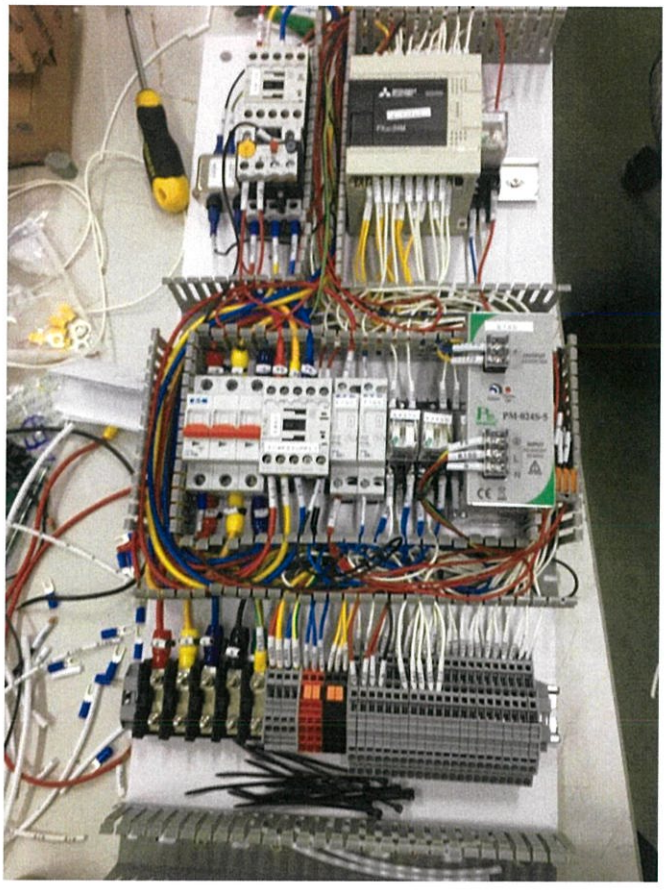
0.37	0.5	3.9	3.6
0.55	0.75	5.2	4.8
0.75	1	6.6	6.1
1.1	1.5	9.6	8.8
1.5	2	12.7	11.7
1.8	2.5	15.7	14.4
2.2	3	18.6	17.1
3	4	24.3	22.2
4	5	29.6	27.1
4.4	6	34.7	31.8
5.2	7	39.8	36.5
5.5	7.5	42.2	38.7
6	8	44.5	40.8
7	9	49.5	45.4
7.5	10	54.4	50

มอเตอร์ 3 เฟส 4 โพล 50/60 Hz.

มอเตอร์ 3 เฟส

0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.545	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	3.6	3.6	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	3.6	3.6	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	3.6	3.6	20	-	-	15	11.5	7.5
11	3.6	3.6	22	21	20.1	18.4	14	9
15	3.6	3.6	30	28	26.5	23	17.3	12
18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5

รูปที่ 3.22 ตารางการกินกระแสของมอเตอร์แต่ละวัตต์

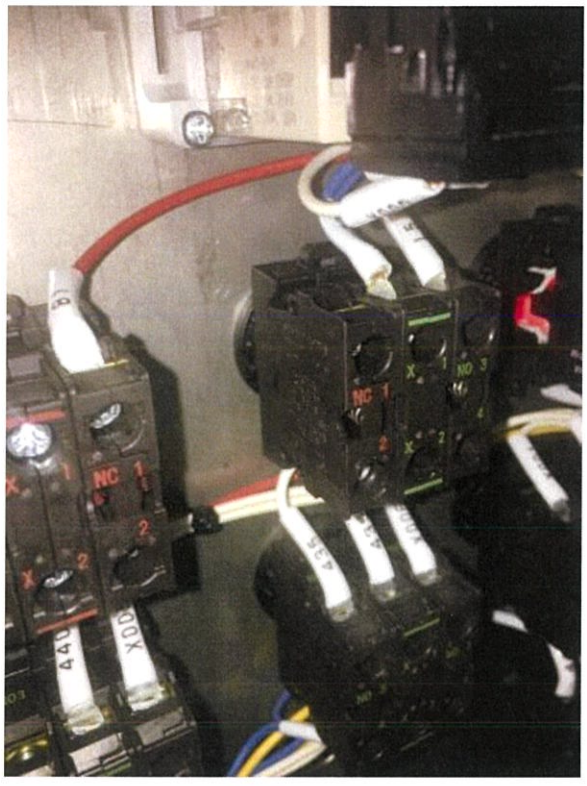


รูปที่ 3.23 รูปตอนเดินสายไฟเสร็จ

3.2.2 ประกอบสวิตซ์

เมื่อเดินสายภายส่วนของบนบอร์ดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็มาในส่วนของการประกอบสวิตซ์ ซึ่งจะนำเอาอุปกรณ์ไปใส่ในรูที่เจาะในตำแหน่งต่างๆ ตามแบบที่เขียนไว้ ส่วนรูที่ไม่ได้ใช้งานก็เอาปลั๊กอุดมาใส่ไว้

จากนั้นก็ดำเนินการโดยการนำสายไฟมาเดินสายตามแบบที่กำหนดไว้โดยดูที่วงจรไฟฟ้า และสายทุกเส้นนั้นต้องใส่มาร์คไว้ทุกเส้นเช่นเดียวกับบนบอร์ด แล้วเมื่อเดินสายเรียบร้อยแล้วก็นำเคเบิ้ลไทร์มาเก็บสายให้เรียบร้อย

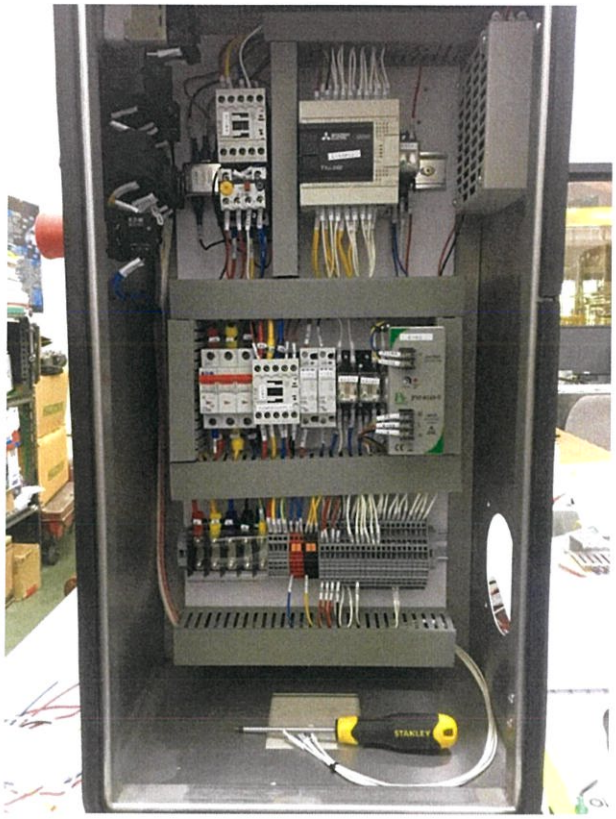


รูปที่ 3.24 สวิตช์ตอนเดินสายเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2.3 ประกอบบอร์ดเข้ากับตู้ Control

เมื่อต่อสายบนบอร์ดและสวิตช์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ให้นำบอร์ดไปประกอบเข้ากับตู้ Control โดยนำบอร์ดไปใส่กับสกรูที่เชื่อมกับตู้และใส่แหวนรอง แหวนสปริง และน็อตตามลำดับเพื่อยึดบอร์ดกับตู้ Control ให้เรียบร้อย

จากนั้นก็นำสายที่ต่อกับสวิตช์มาต่อลงที่ Terminal ที่บอร์ด และก็นำไส้ไก่กับเคเบิ้ลไทร์มาเก็บสายให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.25 บอร์ดเมื่อนำมาประกอบเข้ากับตู้ Control

3.2.4 ติดตั้งตู้และกล่องต่างๆบนเครื่องจักร

หลักจากที่ดำเนินการประกอบตู้และทางฝ่ายประกอบทำการประกอบเครื่องจักรเสร็จเรียบแล้ว ก็นำตู้ Control และกล่องอื่นๆที่ใช้งานและอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งเพิ่มเติมไปติดกับตัวเครื่องให้เรียบร้อย

รูปที่ 3.26 เครื่องจักรเมื่อนำตู้ Control มาติดตั้งที่ตู้

3.2.5 การเดินสายที่เครื่องจักร หรือ Machine Wiring

หลังจากที่เดินสายและนำตู้ไปติดตั้งที่เครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการเดินสายไฟที่เครื่องจักร โดยการนำอุปกรณ์ต่างๆที่ยังไม่ต่อสาย กับอุปกรณ์ที่อยู่ที่ตัวเครื่องจักรมาทำการต่อสายเข้ากับตู้ Control นั่นเอง

อุปกรณ์ต่างๆที่อยู่นอกตัวเครื่องส่วนใหญ่จะนำมาต่อลงที่ Junction Box ก่อนแล้วจึงนำสาย Multi Core มาต่อที่ Junction Box แล้วจึงนำไปต่อยังตู้ Control ส่วนสายที่มีไว้สำหรับต่อเข้า Terminal ที่ต่อกับ Circuit Breaker นั้นให้ใช้สาย CV และก็ประกอบเข้ากับปลั๊กให้เรียบร้อย เพื่อให้พร้อมสำหรับการใช้งาน

รูปที่ 3.27 ตู้ Control เมื่อนำสายจากอุปกรณ์ต่างๆมาต่อเข้าตู้

3.2.6 ติดตั้ง Nameplate

Nameplate คือป้ายที่มีไว้สำหรับบอกหน้าที่การทำงานของปุ่ม ซึ่งปุ่มทุกปุ่มนั้นจะต้องติด Nameplate ไว้ทุกตู้ Nameplate นั้นจะมีหลายรูปแบบและสีสันที่จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งาน

รูปที่ 3.28 Nameplate เมื่อนำมาติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

3.3 การเขียนและติดตั้งโปรแกรม

ก่อนที่จะเริ่มทดสอบเครื่องจักร สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือต้องติดตั้งโปรแกรมสำหรับการดาวน์โหลดให้กับ PLC ซึ่งเมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วจึงจะทำการลงโปรแกรมและทดสอบการทำงานของเครื่องและนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบ

3.3.1 เปิดการจ่ายไฟให้เครื่องจักร หรือ Electrical Power ON

ซึ่งก่อนจะทำการจ่ายไฟให้กับเครื่องจักรนั้นจะต้องทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ปิดสวิตซ์บนเครื่องจักรและตู้ Control ทุกตัว
- ต่อไฟให้กับเครื่องจักรโดยที่แบบกำหนดไว้คือ 3 เฟส 380 โวลต์
- ตรวจสอบสายไฟ Power ว่าไปยังอุปกรณ์ต่างๆถูกต้องหรือไม่
- วัดการ Short Circuit ของทั้งหมดว่ามีจุดใดลัดวงจรหรือไม่และแก้ไขให้เรียบร้อย
- เมื่อแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงสามารถเปิดการจ่ายไฟให้กับเครื่องจักรได้

3.3.2 เปิดการจ่ายลมให้กับเครื่องจักร หรือ Pneumatic Power ON

ซึ่งก่อนจะทำการจ่ายลมให้กับเครื่องจักรนั้นจะต้องทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

- สำรวจและประเมินปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเมื่อจ่ายลมให้กับเครื่อง
- ปรับ Speed Controller ให้ต่ำที่สุด
- ปรับแรงดันของ Regulation ให้ต่ำที่สุด

- ค่อยๆปรับแรงดัน Regulation ขึ้นไปเรื่อยๆจนเท่ากับ Spec ที่กำหนดไว้และคอบสังเกตเครื่องจักร

- ทำการสั่งโซลินอยด์วาล์วโดยการปรับมือ โดยการปรับ Speed Controller จนได้คามเร็วที่ต้องการ

- ตรวจสอบโซลินอยด์วาล์วว่าสอดคล้องกับส่วน Output ของ PLC หรือไม่

3.3.3 ตรวจสอบอินพุตและเอาท์พุต หรือ Check I/O

ก่อนที่จะทำการติดตั้งโปรแกรมให้กับ PLC จำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบอินพุตเอาท์พุตก่อน ว่าอินพุตเข้าถูกแอดเดรสและเอาท์พุตออกถูกแอดเดรสหรือไม่ หรือทำการสั่งเอาท์พุตและอุปกรณ์ที่สั่งทำงานหรือไม่

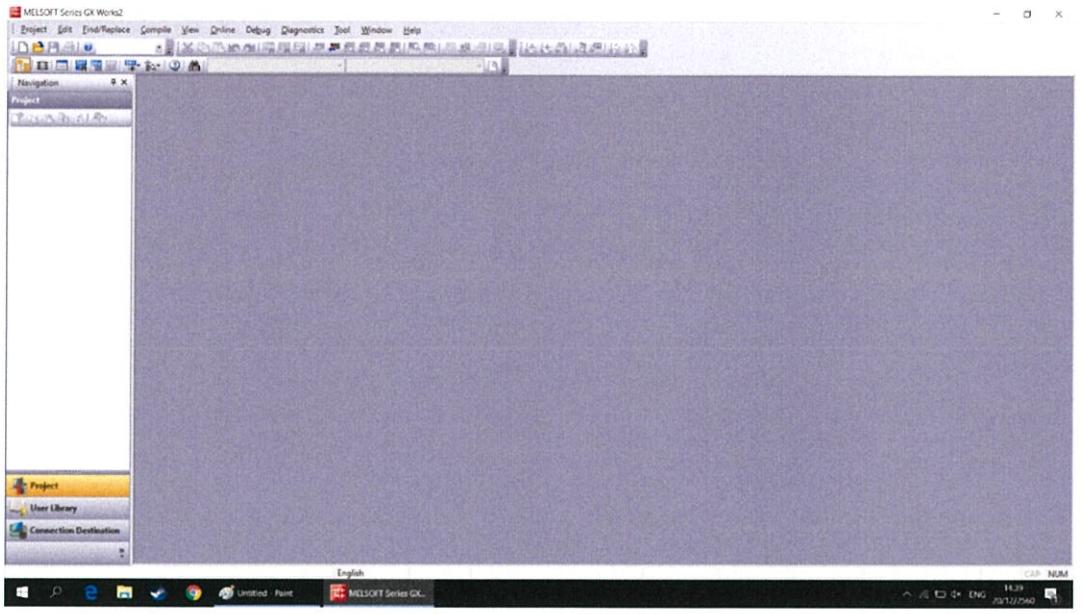
โดยการที่จะตรวจสอบอินพุตนั้น จะต้องกดปุ่มหรือให้อุปกรณ์ที่ต่อกับอินพุตแอดเดรสนั้นๆให้ทำงานแล้วดูที่ PLC ว่าอินพุตแอดเดรสนั้น ON หรือ OFF ถ้าหากเป็น ON แสดงว่าทำงานได้ตามปกติแต่ถ้าหากเป็น OFF หรือไป ON ที่แอดเดรสอื่น ก็ต้องตรวจสอบและแก้ไขให้สมบูรณ์

ส่วนวิธีที่จะเช็คเอาท์พุตนั้นให้สั่ง Force จากโปรแกรมของ PLC ดูว่าอุปกรณ์นั้นๆทำงานหรือไม่ เช่น สั่งให้มอเตอร์ทำงาน มอเตอร์นั้นก็ต้องทำงานจริงๆเป็นต้น การสั่ง Force ผ่านโปรแกรมของ PLC นั้นเป็นการสั่งให้แอดเดรสนั้นๆอยู่ในสภาวะ ON โดยไม่สนใจเงื่อนไขใดๆทั้งสิ้น

ซึ่งการตรวจสอบอินพุตและเอาท์พุตนั้น ในขั้นตอนนี้อินพุตและเอาท์พุตทุกตัวจะต้องทำงานได้จริงๆเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องและเมื่อมีข้อผิดพลาดจะต้องรีบได้รับการแก้ไขในทันที

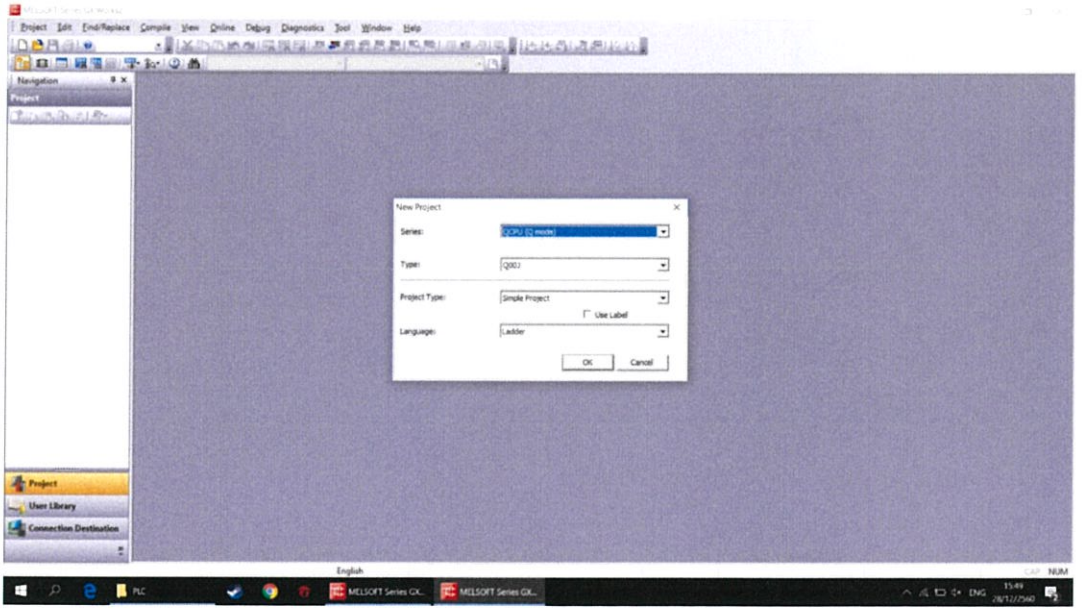
3.3.4 เขียนและลงโปรแกรม

เมื่อทำการเช็คอินพุตและเอาท์พุตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการเขียนและลงโปรแกรมทำให้กับ PLC โดยโปรแกรมนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้เครื่องจักรทำตามเงื่อนไขที่กำหนด

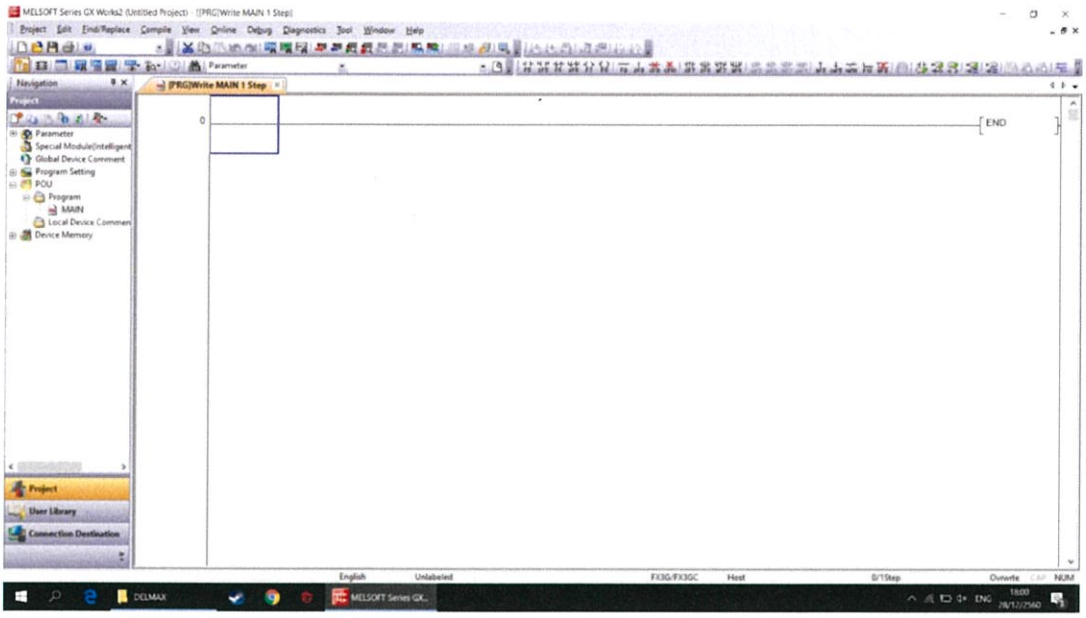


รูปที่ 3.29 โปรแกรมตอนเปิดใช้งาน

ก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรม GX Works2 จะต้องทำการเลือกรุ่นของ PLC ให้ตรงกับ Hardware PLC ที่เราเลือกใช้ก่อน เพื่อที่จะให้โปรแกรมนั้นเชื่อมต่อกับ PLC ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์แบบ

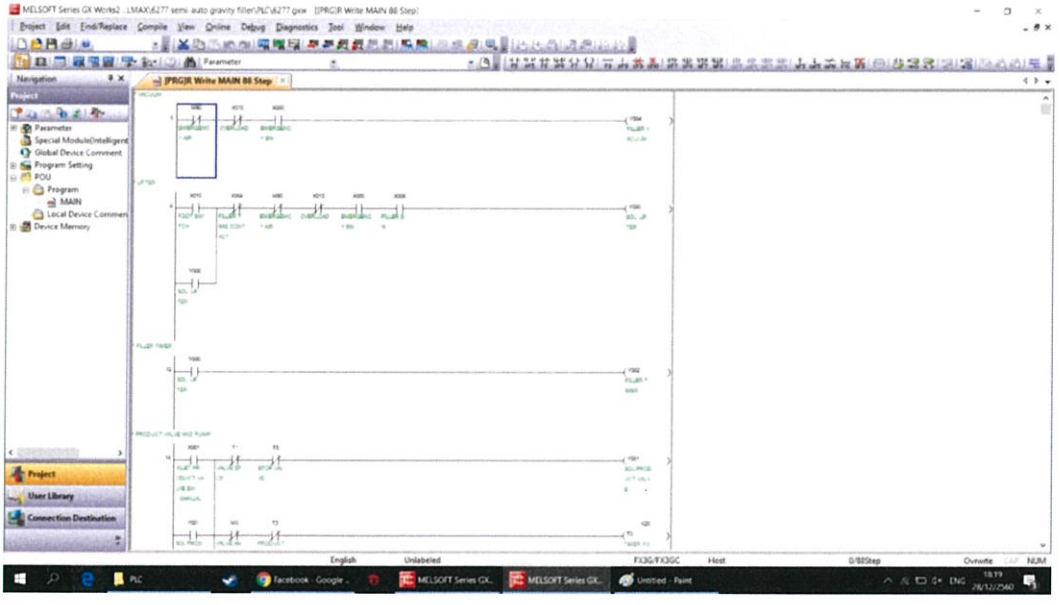


รูปที่ 3.30 เลือกรุ่นของ PLC ในโปรแกรม GX Works2

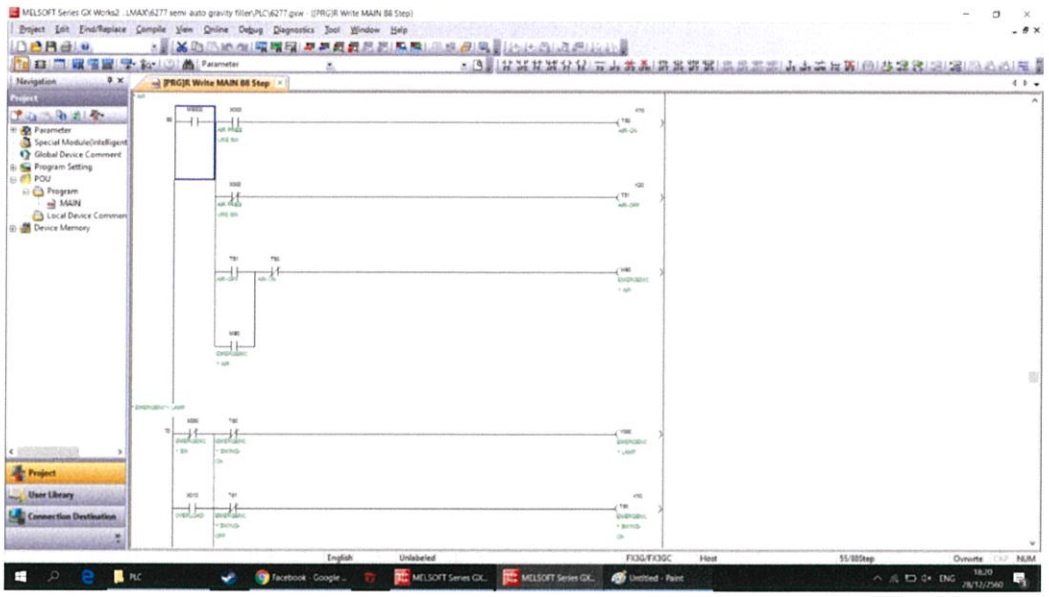


รูปที่ 3.31 หน้าจอเมื่อเลือกรุ่นของ PLC เสร็จเรียบร้อยแล้ว

ต่อมาจะเป็นส่วนของการเขียนโปรแกรมโดยที่โปรแกรม GX Works2 นั้นจะใช้การเขียนโปรแกรมแบบ Ladder Diagram ซึ่งการเขียน Ladder Diagram นั้นจะต้องเขียนให้เข้าใจง่ายโดยต้องแยกหมวดหมู่และทำการใส่ Comment ให้เรียบร้อย เพื่อที่จะให้คนที่มาดูโปรแกรมต่อนั้นเข้าใจหลักการทำงานง่ายๆ



รูปที่ 3.32 การเขียน Ladder Diagram ในโปรแกรม GX Works2 (1)



รูปที่ 3.33 การเขียน Ladder Diagram ในโปรแกรม GX Works2 (2)

3.3.5 ทำการทดสอบและติดตั้งโปรแกรม

หลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการลงโปรแกรมให้กับ PLC แล้วทำการทดสอบการทำงานของเครื่องจักร โดยการกดสวิตช์ต่างๆว่าเครื่องทำงานตามเงื่อนไขที่ต้องการหรือไม่ และถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขก็ให้รีบแก้ไขโปรแกรมให้เป็นไปตามที่ต้องการ

รูปที่ 3.34 ลงโปรแกรมที่ PLC และทดสอบเครื่องจักร

รูปที่ 3.35 ทดสอบการทำงานของเครื่องจักร

เมื่อทำการลงโปรแกรมเสร็จเรียบให้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรดูว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ทำงานตามที่ต้องการก็ให้รีบปรับปรุงและแก้ไขให้เป็นไปตามที่ต้องการ แต่ถ้าเครื่องจักรทำงานได้ตามที่ต้องการแล้ว ให้ทำการเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อยแล้วรอลูกค้าเข้ามาทดสอบการทำงานของเครื่องและปรับปรุงตามที่ลูกค้าต้องการ

รูปที่ 3.36 เครื่องจักรเมื่อรอการส่งไปให้ลูกค้า

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการออกแบบในส่วนของ Electrical Design

ซึ่งในส่วนของการออกแบบทางไฟฟ้านั้น ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกในการผลิตหรือสร้างเครื่องจักรในส่วนของไฟฟ้า หากในส่วนนี้ไม่สำเร็จนั้นส่วนอื่นๆก็จะไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้ เมื่อออกแบบทางไฟฟ้าเสร็จแล้วจะต้องให้ทางหัวหน้าวิศวกรไฟฟ้าตรวจทานความถูกก่อนที่จะนำแบบในส่วนนี้ไปใช้งาน

การออกแบบในส่วนของไฟฟ้าจะออกเป็น 5 ส่วนคือ Power Diagram, Power Control, Input PLC, Output PLC และ Output Control

ในส่วนของ Power Diagram นั้นจะใช้ไฟ 380 VAC 3PH 50Hz ซึ่งจะจ่ายไฟไปยังส่วนต่างๆเช่น มอเตอร์

ในส่วนของ Power Control จะเป็นหน้าที่ใช้สำหรับวงจรควบคุมการทำงานขั้นพื้นฐานต่างๆของเครื่อง เช่น วงจรสำหรับเปิดปิดเครื่อง

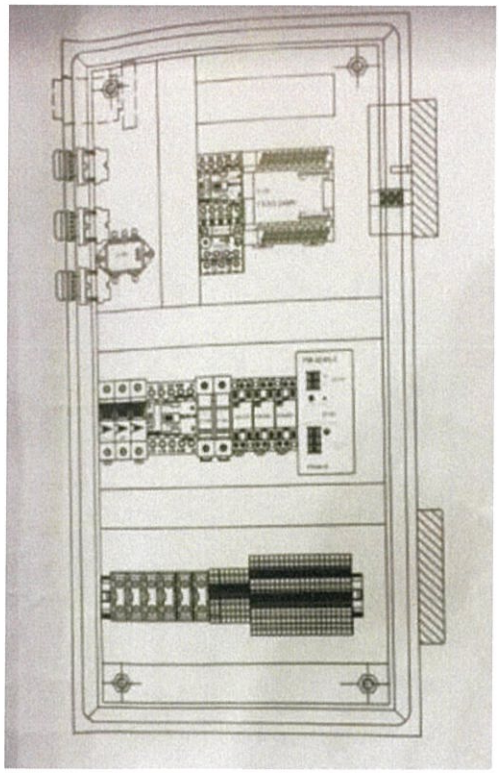
ในส่วนของ Input PLC ในส่วนนี้จะมีการใช้ไฟ 24 VDC เพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆก่อนที่จะผ่านไปยัง PLC ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ เช่น Timer Relay, Emergency Switch, Push Button Switch, Selector Switch, Foot Switch, Relay, Float Switch และ Overload Relay

ในส่วนของ Output PLC ในส่วนนี้จะมีการใช้ไฟ 24 VDC เช่นเดียวกับ Input Control ซึ่งจะเป็นส่วนที่บอกว่า PLC นั้นมีการส่งสัญญาณไปที่ Valve, Timer Relay, Relay และ Emergency Lamp

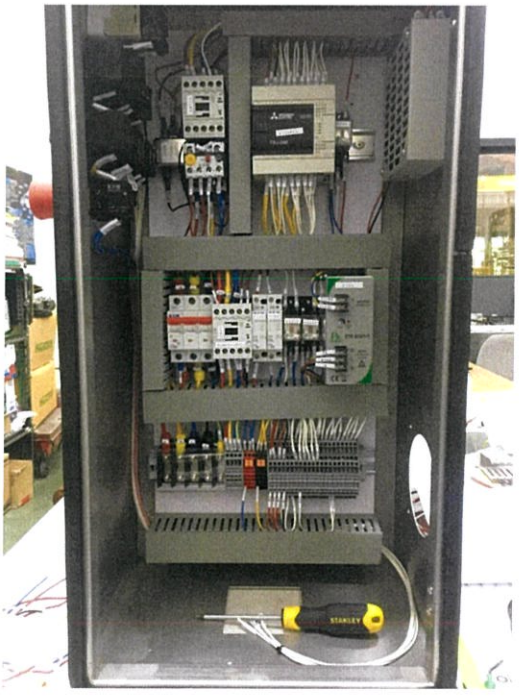
และในส่วนของ Output Control จะเป็นหน้าที่แสดงการจ่ายไฟไปยัง Pressure Gage Switch และ Lamp ของสวิตซ์ต่างๆ

4.2 ผลการออกแบบในส่วนของ Electrical Wiring

ในการเดินสายไฟนั้นจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของการเดินสาย ซึ่งในบางครั้งการออกแบบจริงในโปรแกรม AutoCAD กับการวาง Layout เมื่อทำจริงอาจมีข้อผิดพลาดเรื่องระยะการวางซึ่งต้องมีการขยับย้ายอุปกรณ์เพื่อให้สามารถวางอุปกรณ์ได้ครบตามที่ออกแบบไว้และทุกครั้งที่เดินสายเสร็จต้องมีการตรวจเช็คว่ามีการ Short Circuit หรือไม่อีกด้วย



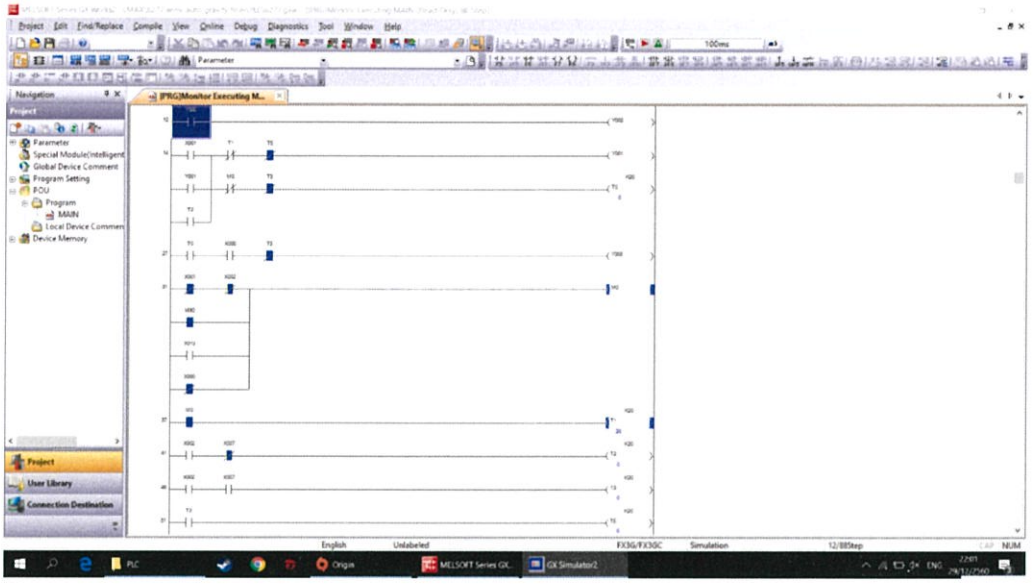
รูปที่ 4.1 แบบ Board ภายในตู้ Control ตาม Layout



รูปที่ 4.2 แบบ Board ภายในตู้ Control เมื่อทำจริง

4.3 ผลการดำเนินงานในส่วนของ Test Run and Install Program

ในส่วนของ Test Run and Install หรือการติดตั้งและทดสอบโปรแกรมนั้น เป็นการตรวจสอบว่าเครื่องจักรนั้นสามารถทำงานได้จริงๆตามที่ออกแบบหรือไม่ โดยมีหัวหน้าวิศวกรเป็นผู้ตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 4.3 การ Test Run Program

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

เนื่องจากบริษัท เดลแมกซ์แมชินเนอรี่ จำกัด เป็นบริษัทที่รับออกแบบและผลิตเครื่องจักรอัตโนมัติในระบบบรรจุภัณฑ์เพื่อสนองความต้องการของลูกค้า โครงงานนี้จึงเป็นโครงงานที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของบริษัท ขอนแก่นแดรี่ (ประเทศไทย) จำกัด โดยโครงงานนี้จะเป็นเครื่อง Semi -Auto Gravity Filler

จากผลการดำเนินงานการออกแบบและผลิตเครื่อง Semi-Auto Gravity Filler ในส่วนของไฟฟ้าตั้งแต่การออกแบบทางไฟฟ้า การเดินสาย และการทดสอบเครื่องนั้นสำเร็จเรียบร้อยโดยที่เครื่องจักรสามารถใช้งานได้จริงตามเงื่อนไขที่ต้องการและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. การทำงานในส่วนของการวาง Layout ต้องเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีอุปกรณ์บางตัวเพิ่มเข้ามา
2. อุปกรณ์บางชิ้นในส่วนของ Pneumatic สั่งอุปกรณ์มาผิดทำให้วาล์วไม่ทำงาน

5.2.2 แนวทางแก้ไข

1. ต้องมีการย้ายอุปกรณ์บางตัวไปยังอีกจุดหนึ่งโดยที่ต้องแจ้งกับหัวหน้างานก่อนย้ายอุปกรณ์
2. จากการตรวจสอบพบว่าอุปกรณ์ที่สั่งมาผิดในส่วนของ Pneumatic นั้นสามารถใช้งานแทนได้จึงแก้ไขวงจรลมเล็กน้อยเพื่อให้สามารถใช้งานได้โดยไม่มีข้อผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากช่างไฟฟ้ามีจำนวนน้อยจึงต้องไปช่วยงานอื่นอยู่หลายครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำโครงงาน

2. ควรมีการสื่อสารกันภายในแผนกให้มีความเข้าใจในทิศเดียวกัน

บรรณานุกรม

[1] Carlos Gonzalez. 2558. **What is a Programmable Logic Controller?**. เข้าถึงได้จาก: http://machinedesign.com/engineering-essentials/engineering-essentials-whatprogrammable-logic-controller (วันที่ค้นข้อมูล: 6 ธ.ค. 2560)

[2] **Relay คืออะไร?**. เข้าถึงได้จาก: http://bedroomlearning.blogspot.com/2016/10/relay.html (วันที่ค้นข้อมูล: 6 ธ.ค. 2560)

[3] **รีเลย์ตั้งเวลา**. เข้าถึงได้จาก: http://www.praguynakorn.com/tips/17/%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8C%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%B2_(timer_relays) (วันที่ค้นข้อมูล 6 ธ.ค. 2560)

[4] **หางปลา คืออะไร**. เข้าถึงได้จาก: http://www.torwitchukorn.com/articles/42213623/%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html (วันที่ค้นข้อมูล 7 ธ.ค. 2560)

[5] บริษัท ออโตเซนเทรทด์ จำกัด. 2560. **ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมมาตรฐาน IEC1131-3**. เข้าถึงได้จาก: http://autocentrated .com/index.php/79-2013-05-13-08-21-38/2013-05-27-07-22-55/93-iec1131-3 (วันที่ค้นข้อมูล 9 ธ.ค. 2560)

[6] **ไพลอตแลมป์ (Pilot Lamp)**. เข้าถึงได้จาก: http://www.bfgroupth.com/15320943/ไพลอตแลมป์-pilot-lamp (วันที่ค้นข้อมูล 10 ธ.ค. 2558)

[7] Chaiveewan Yungkhamman. 2555. **หลอดไฟแสดงสถานะหน้าตู้ควบคุม**. เข้าถึงได้จาก: http://chaiveewan-resume.blogspot.com/2012/07/status-lamps.html (วันที่ค้นข้อมูล 10 ธ.ค. 2558)

[8] พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย. อโณ โชติมณี. (ม.ป.ป.). **สวิตชิ่งเพาว์เวอร์ซัพพลายเบื้องต้น**. เข้าถึงได้จาก: https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/ (วันที่ค้นข้อมูล: 11 ธ.ค. 2558)

[9] 2553. **โอเวอร์โหลดรีเลย์คืออะไร**. เข้าถึงได้จาก: http://fonengineering.com/products-tipselectric-industry/51-over-load-relay.html (วันที่ค้นข้อมูล: 14 ธ.ค. 2558)