รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องรับส่งงาน
TRANSFER BAR MACHINE

นภัทร กฤษณคุปต์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องรับส่งงาน
TRANSFER BAR MACHINE

นภัทร กฤษณคุปต์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน เครื่องรับส่งงาน
นักศึกษา นายนภัทร กฤษณคุปต์
ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศงาน นายสุชาติ คุณะไชยโชติ
สถานประกอบการ บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอทฤษฎี การออกแบบ การประกอบ และการทำงานของเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar) ของบริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด โดยหน่วยงานออโตเมชัน (Automation Department) ซึ่งหน้าที่ของเครื่องรับส่งงานนี้คือ เป็นตัวเคลื่อนย้ายงานในสายการผลิตจากกระบวนการหนึ่งไปสู่อีกกระบวนการหนึ่ง โดยมีเป้าหมายในการดำเนินโครงงานนี้ คือ ทดแทนเครื่องจักรเดิมจากความเสื่อมสภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นเมื่อติดตั้งเครื่องจักรรับส่งงานใหม่นี้เข้าสู่สายการผลิต ศึกษาการเคลื่อนที่ในการทำงานรูปแบบเดิมกับการทำงานด้วยหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot) ทำการเปรียบเทียบข้อจำกัด แล้วเลือกรูปแบบการทำงานในการออกแบบเครื่องจักรใหม่ หลังจากเลือกการทำงานของเครื่องจักรใหม่ซึ่งเลือกรูปแบบเดิมแล้วจึงทำการออกแบบ โดยโครงสร้างกลไกทางกลจะใช้หุ่นยนต์แกนเดี่ยว (Single Axis Robot) เป็นแกนเคลื่อนที่แทนโครงสร้างทางกลของเครื่องจักรเดิม เนื่องด้วยมีข้อจำกัดต่างๆ และใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ในการขับเคลื่อน เนื่องจากสามารถควบคุมระยะการเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ ทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าใหม่ เปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ล้าสมัยเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรใหม่แทนที่โปรแกรมเดิมที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงและแก้ไข ดังนั้นการดำเนินโครงงานนี้จะทำให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและช่วยป้องกันการชำรุดระหว่างที่กำลังดำเนินการผลิตอันเป็นเหตุให้เกิดความสูญเสียทางการผลิตได้

คำสำคัญ : เครื่องรับส่งงาน, หุ่นยนต์แกนเดี่ยว, ระยะเวลาการทำงาน, สายการผลิต, PLC, Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Transfer Bar Machine
Student	Mr.Napad Kidsanakub
Department	Instrumentation and Control Engineering
Advisor	Assistant Professor Dr.Noppadol Maneerat
Mentor	Mr. Suchart Kunachaichot
Company	Meyer Industries Limited (Thailand)

ABSTRACT

The thesis is to describe the theory, design, assembly and Transfer Bar process in Meyer Industries Ltd. of Automation department. Function of Transfer Bar machine is moving product in the production line from one process to another next process. The aiming targets of this thesis are to replacement old Transfer Bar from being obsolete and improve productivity after installation the new Transfer Bar in the production line, to study old mechanic and 5 axis robot working movement, compare limitation and choose to design new Transfer Bar machine. After choosing machine work finished then the machine movement is designed. Mechanical structure will use a Single Axis Robot to be a moving axis part instead of working movement of old Transfer Bar because of some limitation and using servo motor to drive a mechanical part from advantage of precision of control. Electrical circuit is designed and overhaul obsolete electrical part for prevention damage. Machine control program is written to replace old program which difficult to change and editing. The project will improve productivity and prevent machine breakdown that cause losing of production.

Keywords: Transfer Bar Machine, Single Axis Robot, Cycle Time, Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจเรื่องเครื่องรับส่งงาน ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญในสายการผลิต มีผลที่สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีเนื่องด้วยความเมตตาอนุเคราะห์ของ บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ที่เปิดโอกาสในการเรียนรู้ประสบการณ์ ความรู้และทักษะต่างๆ รวมถึงความไว้วางใจในการดำเนินโครงงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณพี่ๆ แผนกออโตเมชัน ที่ได้คอยให้คำแนะนำ สอนทักษะการทำงาน การสนับสนุนต่างๆ สำหรับการจัดทำโครงงาน ทางผู้จัดทำขอกราบและขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบความรู้และมอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา จนทำให้ได้รับประสบการณ์ดีๆ ที่มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคตมาตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์ และขอขอบพระคุณความช่วยเหลือดูแลจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์นิเทศศึกษา ที่ได้มอบโอกาสในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาและได้มาเยี่ยมชม บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด และยังมอบความช่วยเหลือและคำแนะนำอันเป็นคุณประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานนี้

ในลำดับสุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้การสนับสนุน คำปรึกษา และให้กำลังใจในทุกๆ ด้านมาตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน จนมีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอให้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานนี้ได้มอบไปแด่ผู้ที่มีพระคุณทุกท่าน

นภัทร กฤษณคุปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VII

สารบัญตาราง X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.2 หลักการเขียนแบบวงจรควบคุม 4

2.2.1 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า 4

2.2.2 รูปแบบวงจร 7

2.3 การคำนวณโหลด 9

2.3.1 การคำนวณขนาดสายไฟ 9

2.3.2 การคำนวณเลือกอุปกรณ์ตัดวงจร 11

2.3.2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) 11

2.3.2.2 เครื่องป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection) 12

2.4 เซนเซอร์ (Sensor) 13

2.4.1 รีดสวิตช์ (Reed Switch) 13

2.4.2 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensor) 13

2.5 ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System) 15

2.5.1 อุปกรณ์นิวเมติกส์ 16

2.5.1.1 กระบอกสูบลม (Air Cylinder) 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1.2 สายลม (Air Tube) 18
2.5.1.3 วาล์วระบายลมเร็ว (Quick Exhaust Valve) 19
2.5.1.4 ตัวกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Generator) 20
2.5.1.5 ตัวควบคุมความดันลม (Air Regulator) 21
2.5.1.6 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve) 21
2.6 PLC (Programmable Logic Controller) 23
2.6.1 ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ Computer 23
2.6.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC 24
2.6.3 การทำงานของ PLC 27
2.6.4 การติดตั้ง PLC 27
2.6.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC 28
2.6.6 หลักการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) และคำสั่งพื้นฐาน 30
2.6.7 การเลือกใช้ภาษา PLC 34
2.7 HMI Programming 34
2.7.1 คุณสมบัติของ HMI 35
2.8 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 35
2.8.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก 36
2.8.2 คุณลักษณะและการนำไปใช้งาน 37
2.8.3 การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 38
2.8.4 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 39
2.9 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) 40
2.9.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์ 40
2.9.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ 41
2.9.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 42
2.9.4 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 42

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 45

3.1 วางแผนการดำเนินงาน 45
3.2 การศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่องจักร 46
3.2.1 ศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักร 46
3.2.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องจักร 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3 ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot) 53
3.3 การออกแบบโครงสร้างทางกล 54
3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้า 55
3.5 การออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า 56
3.6 ประกอบโครงสร้างเครื่องจักร 57
3.7 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน 58
3.8 ออกแบบหน้าจอ Touch Screen (HMI) 59
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 60
4.1 ผลการดำเนินโครงงาน 60
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 61
เอกสารอ้างอิง 62
ประวัติผู้เขียน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แบบวงจรสายเดียว (One Line Diagram) 7
2.2 วงจรกำลัง (Power Circuit) 7
2.3 วงจรควบคุม (Control Circuit) 8
2.5 วงจรประกอบการติดตั้ง (Constructional Wiring Diagram) 9
2.6 ข้อมูลของสายไฟชนิด H05V-K และ H07V-K 10
2.7 ขนาดสายดินสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า 11
2.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็กสำหรับวงจรย่อย (Miniature Circuit Breaker).... 12
2.9 เครื่องป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection).... 12
2.10 การทำงานของรีดสวิตช์ (Reed Switch).... 13
2.11 การทำงานของ Photoelectronic Sensor 15
2.12 โครงสร้างภายในกระบอกสูบทางเดียว (Single-acting Cylinder).... 17
2.13 การสั่งงานกระบอกสูบทางเดียว (Single-acting Cylinder).... 17
2.14 โครงสร้างภายในกระบอกสูบสองทาง (Double-acting Cylinder).... 18
2.15 การสั่งงานของกระบอกสูบสองทาง (Double-acting Cylinder) 18
2.16 สายลมชนิดทนสะเก็ดไฟ.... 19
2.17 การทำงานจ่ายลมเข้ากระบอกสูบปกติ 19
2.18 การเร่งระบายลมออก.... 20
2.19 การทำงานของตัวกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Generator).... 20
2.20 ตัวควบคุมความดันลม (Air Regulator) 21
2.21 การทำงานของวาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว.... 22
2.22 การต่อวงจรแบบ Meter-in Circuit 22
2.23 การต่อวงจรแบบ Meter-out Circuit 23
2.24 โครงสร้างของ PLC.... 24
2.25 อุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้หน่วยอินพุตของ PLC 25
2.26 อุปกรณ์ภายนอกที่รับสัญญาณควบคุมจากหน่วยเอาต์พุตของ PLC.... 26
2.27 การทำงานของ PLC 27
2.28 Ladder Diagram Language.... 28
2.29 Sequential Flowchart Language.... 29
2.30 Function Block Diagram Language 29
2.32 Structure Text Language 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.33 การใช้คำสั่ง Load (LD), Load Not (LD NOT) 31
2.34 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT 31
2.35 การใช้คำสั่ง AND, AND NOT 31
2.36 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT 32
2.37 การใช้คำสั่ง OR, OR NOT 32
2.38 ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT 32
2.39 การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT 33
2.40 รูปแบบชุดคำสั่งจาก Ladder Diagram 33
2.41 รูปแบบชุดคำสั่ง OUTPUT NOT-OUT NOT 33
2.42 ตัวอย่าง HMI (Human Machine Interface) 34
2.43 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 36
2.44 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 36
2.45 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 37
2.46 คุณลักษณะของมอเตอร์ 3 เฟส 37
2.47 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และเดลตา 38
2.48 การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส 39
2.49 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) 40
2.50 โครงสร้างของ AC Servo Motor 41
2.51 โครงสร้างและการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 42
2.52 คอนโทรลเลอร์ (Controller) 43
2.53 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver) 43
2.54 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) 44
3.1 โครงสร้างของเครื่องรับส่งงาน 47
3.2 โครงสร้างกลไกในการยก (Y Axis) ซึ่งติดตั้งกับฐาน 47
3.3 โครงสร้างกลไกในการเลื่อน (X Axis) 48
3.4 โครงสร้างส่วนจับชิ้นงาน 48
3.5 โครงสร้างตำแหน่งการติดตั้งของสถานีกับเครื่องรับส่งงาน 49
3.6 สายการผลิตที่เครื่องรับส่งงานติดตั้ง 49
3.7 การติดตั้งเครื่องรับส่งงานบริเวณส่วนของการกลึงขอบและประทับตราสินค้า 50
3.8 ตัวอย่าง Flowchart 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.9 หุ่นยนต์ 5 แกนที่ได้ศึกษา 53
3.10 หุ่นยนต์ 5 แกนที่ได้ศึกษา 53
3.11 ตัวอย่างหุ่นยนต์แกนเดี่ยว 54
3.12 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า 55
3.13 ตัวอย่างการต่อระบบขับเคลื่อนเซอร์โวกับเซอร์โวมอเตอร์ 56
3.14 ตัวอย่างการออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า 57
3.15 การประกอบเครื่องจักรรับส่งชิ้นงานกับฐาน 57
3.16 การติดตั้งเครื่องจักรเข้ากับฐาน 58
3.17 ตัวอย่างการออกแบบโปรแกรมควบคุม 58
4.1 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานในแต่ละสถานี 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สัญลักษณ์หน้าสัมผัส 5
2.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้า..... 6
3.1 Transfer Bar Machine Timeline..... 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ถือเป็นบริษัทผลิตอุปกรณ์เครื่องครัวที่ใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลกโดยมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิด เช่น หม้อ, กระทะ, ตะหลิว และทัพพี อีกทั้งผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทยังแบ่งออกตามวัสดุที่ใช้ขึ้นรูป หรือตามกระบวนการผลิต ซึ่งบริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ได้ผลิตเครื่องครัวให้กับบริษัทอื่นหลากหลายบริษัทแก่ Farberware, Circulon, Anolon, Rachael Ray, Prestige, Raco, Essteele and Meyer ดังนั้นบริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ต้องผลิตอุปกรณ์เครื่องครัวเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน กระบวนการผลิตที่สำคัญคือ การขึ้นรูปกระทะ ซึ่งมีขั้นตอนหลายขั้นตอนด้วยกัน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การอัดขึ้นรูป การกลึงขอบ และการเจาะรู

การขึ้นรูปกระทะ จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรหลายชนิดในการทำงาน ทำให้ต้องมีการรับส่งงานที่ได้มาจากเครื่องจักรหนึ่งไปสู่อีกเครื่องจักรหนึ่ง มีหลายวิธีในการแก้ปัญหานี้ เช่น การปล่อยงานจากเครื่องจักรแรกลงระบบสายพานลำเลียง แล้วให้คนหยิบงานไปเข้าเครื่องจักรต่อไป เป็นต้น ซึ่งวิธีที่จะใช้แก้ปัญหาคือ การนำเครื่องจักรมาใช้ในการหยิบงาน และวางงานแทนมนุษย์ เนื่องจากมีความเร็ว ความแม่นยำ และเสียเวลาและงบประมาณในการฝึกอบรมน้อยกว่า

ดังนั้นจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น การสร้างเครื่องจักรรับส่งงาน หรือ Transfer Bar จะเป็นการลดการสิ้นเปลืองงบประมาณต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานโดยมนุษย์ และยังเพิ่มอัตราการผลิตพร้อมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อทดแทนเครื่องจักรที่ใช้งานเดิม ด้วยเครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2. ศึกษาการออกแบบทางกลของเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar)

3. ศึกษาการเขียนและออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อใช้ในเครื่องรับส่งงาน

4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC เพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ

5. ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ 5 แกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบวงจรไฟฟ้าและโปรแกรมควบคุมสำหรับเครื่องรับส่งงาน

2. สร้างเครื่องรับส่งงาน ได้ตามที่บริษัทต้องการ

3. เครื่องรับส่งงาน สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายขนาด

4. เครื่องรับส่งงาน สามารถทำงานโดยใช้เวลาน้อยลงจากเดิม

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน

1. วางแผนการในการดำเนินงาน

2. เก็บข้อมูลต่างๆ ระยะเวลาทำงาน รอบการทำงาน รวมทั้งลำดับการทำงานของเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar)

3. ศึกษาโครงสร้างทางกล (Mechanics) ของเครื่องรับส่งงาน

4. ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot) ในกรณีติดตั้งแทนระบบการส่งงานรูปแบบเดิม

5. ศึกษาการใช้งาน Software ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

6. ออกแบบโครงสร้างทางกลและเลือกอุปกรณ์ทางกล

7. ออกแบบวงจรไฟฟ้าและเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า

8. ประกอบและติดตั้งเครื่องจักร

9. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

10. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข

11. จัดทำสรุปโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ต่อตนเอง

การที่ได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษากับทางสถานประกอบการบริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ครั้งนี้นับได้ว่าเป็นประสบการณ์และโอกาสในการเรียนรู้ถึงการทำงานจริง ถือเป็นการเตรียมตัวสำหรับการทำงานในอนาคต ได้เรียนรู้ถึงการทำงานเป็นระบบ การวางแผน การเสริมสร้างทักษะในการทำงานต่างๆ ได้นำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้สำหรับการทำงาน เรียนรู้ข้อปฏิบัติต่างๆ สภาพสังคม และความกดดันที่เกิดขึ้นระหว่างทำงาน

2. ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

การที่สถานประกอบการได้รับนักศึกษาเข้ามาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษาโดยร่วมกับทางสถาบันฯ แสดงให้เห็นว่าทางสถานประกอบการมีวิสัยทัศน์ที่จะสร้างบุคลากรที่มีความสามารถต่อทางสถานประกอบการเอง และยังเป็นการพัฒนาความรู้ความสามารถของนักศึกษาที่ได้เข้ามาร่วมโครงการสหกิจศึกษา ทำให้ทางสถานประกอบการมีความร่วมมือกันกับทั้งตัวนักศึกษา และทางสถาบันฯ ทำให้เกิดการพัฒนาภายในองค์กรของสถานประกอบการในอนาคต

3. ประโยชน์ต่อสถานศึกษา

การที่สถานศึกษาได้เปิดโครงการสหกิจศึกษา ทำให้มีการร่วมมือระหว่างตัวนักศึกษา อาจารย์ในภาควิชา และสถานประกอบการ ทำให้เกิดการพัฒนาของทุกๆ ฝ่าย เป็นการตรวจสอบศักยภาพของสถานศึกษาผ่านตัวนักศึกษาที่ได้เข้าร่วมโครงการผ่านการประเมิน ว่าทางสถานประกอบการมีวิสัยทัศน์ ในการทำงานอย่างไร นักศึกษาในตอนนี้ตอบสนองความต้องการต่อสถานประกอบการหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบเครื่องจักรโดยทั่วไปมักจะออกแบบตามตัวอย่างที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรม แต่บางครั้งก็มีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงเมื่อต้องการพัฒนาเครื่องจักรให้ดีขึ้น เพื่อการรองรับประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และเพื่อเป็นการเพิ่มหรือรักษาระดับของผลประกอบการ โดยทฤษฎีการออกแบบงานเฉพาะอย่าง จะขึ้นอยู่กับลักษณะของอุตสาหกรรมและชนิดของเครื่องจักร

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบในบางครั้งจะมีลักษณะของแบบต่างๆ กันออกไปหลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าจะประสงค์ให้งานออกมาในรูปแบบใดที่ตรงตามลักษณะความต้องการของลูกค้า ซึ่งงานออกแบบบางชนิดผู้ออกแบบจะต้องค่อยๆ เปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับธรรมชาติของงานนั้น เช่น เมื่อจะทำการออกแบบแต่ละอย่างจะต้องคำนึงถึงลักษณะของงาน ทำการปรับปรุงโดยอาศัยหลักต่างๆ ที่มีความถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้การออกแบบมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงตามที่ได้ออกแบบไว้

2.2 หลักการเขียนแบบวงจรควบคุม

การเขียนแบบวงจรควบคุมต้องทราบรายละเอียด และมาตรฐานสัญลักษณ์ในการเขียนแบบเพื่อที่จะสามารถเขียนแบบที่บ่งบอกรายละเอียดทั้งหมดได้ และเข้าใจตรงกันทั้งผู้เขียนแบบและผู้อ่านแบบ

2.2.1 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

งานติดตั้งระบบไฟฟ้าหรืองานปฏิบัติการเดินสายไฟฟ้า ถ้าเขียนในรูปของอุปกรณ์ จริงจะทำให้เสียเวลามาก ดังนั้นต้องมีการเขียนแบบและอ่านแบบ การที่จะเขียนแบบและอ่านแบบได้นั้นจำเป็นต้องกำหนดสัญลักษณ์ขึ้นมาแทนอุปกรณ์จริง เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบและการเดินสายไฟฟ้าได้มีการกำหนดไว้หลายมาตรฐาน ได้แก่

- ANSI (American National Standard Institute)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- JIS (Japan Industrial Standard)
- DIN (Deutsches Institute fur Normung e.V.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

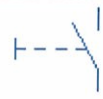
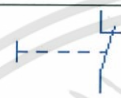
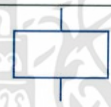
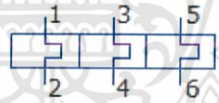
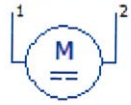
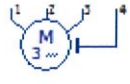
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC แสดงดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์หน้าสัมผัส

สัญลักษณ์	ความหมาย
	หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.)
	หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Open : N.C.)
	หน้าสัมผัส 2 ทิศทาง
	ทำงานร่วมแกนเดียวกัน
	สั่งงานด้วยมือ
	หน้าสัมผัสสั่งงานแบบกดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้า

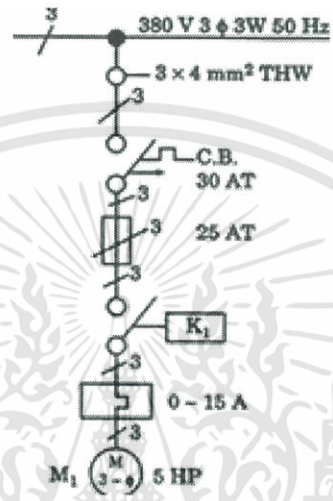
สัญลักษณ์	ความหมาย
	สั่งงานแบบหมุน
	สวิตช์ปุ่มกด – ปกติเปิด (N.O.)
	สวิตช์ปุ่มกด – ปกติปิด (N.C.)
	สั่งงานด้วยแรงดัน (Pressure)
	คอยล์ของคอนแทคเตอร์
	โอเวอร์โหลด
	อุปกรณ์ป้องกันเมื่อกระแสเกิน
	ฟิวส์ (Fuse)
	Power Supply
	หลอดไฟ
	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
	มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 รูปแบบวงจร

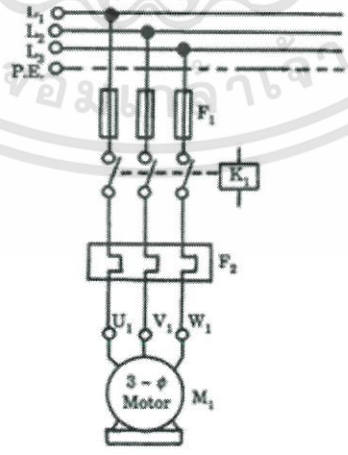
แบบวงจรที่ใช้ในงานควบคุมแบ่งออกเป็น 4 ชนิด

1. แบบวงจรสายเดียว (One Line Diagram) วงจรสายเดียวเป็นแบบวงจรที่แสดงวงจรชนิดหนึ่งที่เขียนด้วยเส้นสายเดียวเท่านั้นดังรูปที่ 2.1



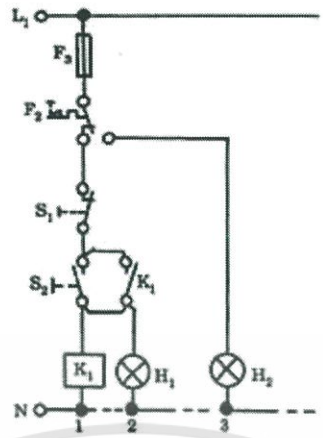
รูปที่ 2.1 แบบวงจรสายเดียว (One Line Diagram) [2]

2. แบบวงจรแสดงการทำงาน (Schematic Diagram) วงจรแสดงการทำงานจะแบ่งวงจรออกตามลักษณะของวงจรได้เป็น 2 แบบคือ วงจรกำลัง (Power Circuit) และวงจรควบคุม (Control Circuit) ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 วงจรกำลัง (Power Circuit) [2]

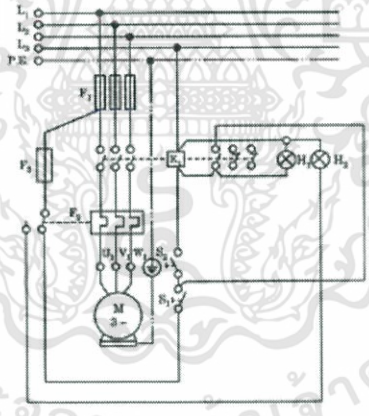
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 วงจรควบคุม (Control Circuit) [2]

วงจรรูปแบบนี้จะมีข้อดีต่อผู้อ่านแบบในเรื่องการศึกษาการทำงานของวงจรได้ง่าย และสามารถดำเนินงานติดตั้งวงจรได้สะดวก เพราะแยกวงจรกำลังกับวงจรควบคุมแล้ว

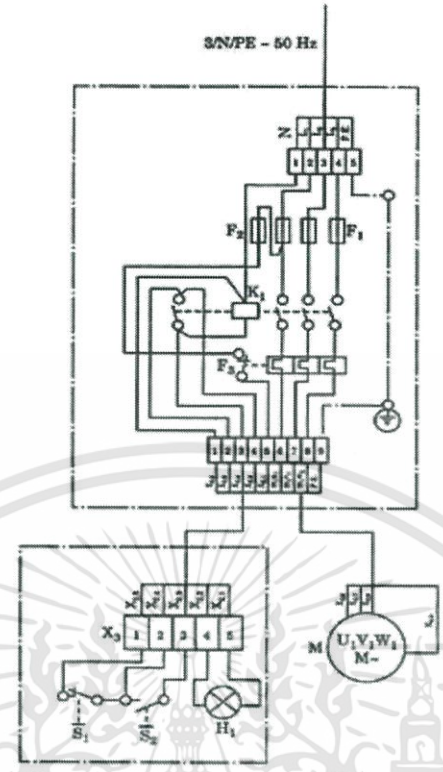
3. วงจรแสดงแบบงานจริง (Working Diagram) แบบชนิดนี้จะเขียนคล้ายลักษณะงานจริง คือ ส่วนประกอบของอุปกรณ์ใดๆ จะเขียนเป็นชิ้นเดียว และสายต่อจะต่อกันเพียงที่จุดเข้าสายเท่านั้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรแบบงานจริง (Working Diagram) [2]

4. วงจรประกอบการติดตั้ง (Constructional Wiring Diagram) จะเขียนแสดงรายละเอียดด้วยวงจรจากงานจริง และจะประกอบเข้าที่แผงต่อสาย โดยใช้วงจรสายเดียว สายที่ออกจากจุดต่อสายแต่ละอันจะมีโค้ดกำกับไว้ให้รู้ว่าสายนั้นจะต้องไปต่อเข้าที่จุดใดดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรประกอบการติดตั้ง (Constructional Wiring Diagram) [2]

2.3 การคำนวณโหลด

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้า จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตัดวงจรเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหายเมื่อเกิดภาวะกระแสเกินพิกัดอุปกรณ์ ดังนั้นการออกแบบวงจรจะต้องทราบกระแสสูงสุดของอุปกรณ์ที่ไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย เพื่อที่จะนำไปคำนวณเลือกอุปกรณ์ตัดวงจร รวมถึงการเลือกขนาดสายไฟด้วย

2.3.1 การคำนวณขนาดสายไฟ

1. การคำนวณขนาดสายไฟฟ้าในวงจร

สายไฟต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 125 เปอร์เซ็นต์ ของกระแสพิกัดโหลดเต็มที่ (Full Load) ของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ตัวอย่าง มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 380 แรงม้า 10 โวลต์ 17 แอมแปร์

วิธีทำ ขนาดสายมอเตอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 125 เปอร์เซ็นต์ ของกระแสพิกัดโหลดเต็มที่

ขนาดพิกัดกระแสของสายมอเตอร์ = 17 x 1.25 แอมแปร์

= 21.25 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นต้องเลือกขนาดสายไฟที่มีพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 22 แอมแปร์ โดยสายไฟที่ใช้ในตู้ควบคุมไฟฟ้าคือ สายชนิด H05V-K และ H07V-K เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.6 ทำให้ทราบว่าต้องเลือกใช้สายไฟที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของทองแดงเท่ากับ 2.5 ตารางมิลลิเมตร

Circuit Voltage does not exceed 300/500 Volts (Uo/U) For H05V-K
Circuit Voltage does not exceed 450/750 Volts (Uo/U) For H07V-K

Technical Data

Nominal Cross Sectional Area	Number of wire in conductor	Maximum diameter of wire in conductor	Nominal Insulation Thickness	Overall Diameter (Approx.)	Maximum Conductor Resistance at 20°C	Minimum Insulation Resistance at 70°C	Current Rating in Free Air	Cable Weight (Approx.)	Standard Packing
mm^2		mm	mm	mm	Ω/km	MΩ-km	A	kg/km	m
H05V-K									
0.5	16	0.21	0.6	2.2	39.0	0.013	11	9	100/C
0.75	24	0.21	0.6	2.4	26.0	0.011	14	12	100/C
1	32	0.21	0.6	2.6	19.5	0.010	16	15	100/C
H07V-K									
1.5	30	0.26	0.7	3.0	13.30	0.010	21	24	100/C
2.5	50	0.26	0.8	3.6	7.98	0.009	28	37	100/C
4	56	0.31	0.8	4.3	4.95	0.007	38	54	100/C
6	84	0.31	0.8	5.1	3.30	0.0060	48	75	100/C
10	80	0.41	1.0	6.7	1.91	0.0056	69	130	100/C
16	126	0.41	1.0	7.8	1.21	0.0046	92	185	100/C
25	196	0.41	1.2	9.9	0.780	0.0044	123	285	100/C
35	278	0.41	1.2	11.3	0.554	0.0038	154	400	100/C
50	396	0.41	1.4	13.2	0.386	0.0037	196	555	1,000/D
70	360	0.51	1.4	15.6	0.272	0.0032	247	785	1,000/D
95	476	0.51	1.6	17.9	0.206	0.0032	298	1,000	1,000/D
120	608	0.51	1.6	20.0	0.161	0.0029	350	1,300	1,000/D
150	756	0.51	1.8	22.0	0.129	0.0029	405	1,600	1,000/D
185	925	0.51	2.0	23.6	0.106	0.0029	461	1,900	1,000/D
240	1,221	0.51	2.2	27.8	0.0801	0.0028	554	2,500	1,000/D

Conductor Class : 5 Flexible
C : Packing in coil
D : Packing in drum

www.ssupercable.com

รูปที่ 2.6 ข้อมูลของสายไฟชนิด H05V-K และ H07V-K
[**ที่มา :** https://www.ssupercable.com/wp-content/uploads/2018/11/H05V_K_H07V_K.pdf]

2. สายดิน (Ground Conductor)

สายดินให้ใช้ตัวนำทองแดงหุ้มฉนวน ซึ่งขนาดของสายดินต้องเป็นดังรูปที่ 2.7 (อ้างอิงจาก มยผ. 4501-51 : มาตรฐานงานไฟฟ้าทั่วไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ตัดตอน (ไม่เกิน....แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดิน (ตัวนำทองแดง) (ตารางมิลลิเมตร)
16	1.5
20	2.5
40	4
70	6
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

รูปที่ 2.7 ขนาดสายดินสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า

2.3.2 การคำนวณเลือกอุปกรณ์ตัดวงจร

2.3.2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

คือ อุปกรณ์ที่ทำงานเปิดและปิดวงจรไฟฟ้า แบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบผกผัน (Inverse Time Circuit Breaker) ได้แก่ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ทั่วไป

- เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบปลดทันที (Instantaneous Circuit Breaker) แบบนี้เหมาะสำหรับวงจรมอเตอร์ โดยการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะเลือกขนาดกระแสพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์เท่ากับ 125 เปอร์เซ็นต์ ของกระแสพิกัดโหลด (Load) ในวงจร เซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐานของ NEC (มาตรฐานนานาชาติ) กำหนดพิกัดกระแสไว้ดังนี้ 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1,000, 1,200, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000, 4,000, 5,000 และ 6,000 แอมป์แปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดเล็กสำหรับวงจรย่อย (Miniature Circuit Breaker)
[**ที่มา :** https://new.abb.com/low-voltage/products/system-pro-m/miniature-circuit-breakers]

2.3.2.2 เครื่องป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection) เมื่อใช้งานมอเตอร์ทำงานเกินขนาด จะทำให้เกิดความร้อนสะสมเพิ่มสูงขึ้น แต่เครื่องป้องกันการลัดวงจรจะไม่สามารถป้องกันครอบคลุมในส่วนนี้ได้ เนื่องจากจะต้องเลือกใช้ค่าที่สูงกว่าให้เพียงพอต่อการเริ่มเดินมอเตอร์ ดังนั้นเพื่อป้องกันจากสภาวะโหลดเกิน จึงป้องกันโหลดเกินเป็นการเฉพาะเรียกว่า โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) หรือรีเลย์โหลดเกิน รีเลย์โหลดเกินจะต่ออนุกรมอยู่กับวงจรมอเตอร์สามารถปรับตั้งค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกระแสของมอเตอร์ โดยปกติแล้วการปรับตั้งขนาดกระแสโอเวอร์โหลดมีค่าเท่ากับ 125 เปอร์เซ็นต์ ของกระแสโหลดเต็มพิกัด (Full Load Current หรือ FLA) ของมอเตอร์ เช่น มอเตอร์มีกระแสโหลดเต็มพิกัดเท่ากับ 10 แอมป์ ดังนั้นค่าสูงสุดของการปรับตั้งโอเวอร์โหลดมีค่าเท่ากับ 10 x 1.25 = 12.5 แอมป์

รูปที่ 2.9 เครื่องป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection)
[**ที่มา :** https://kentstore.com/lrd05/]

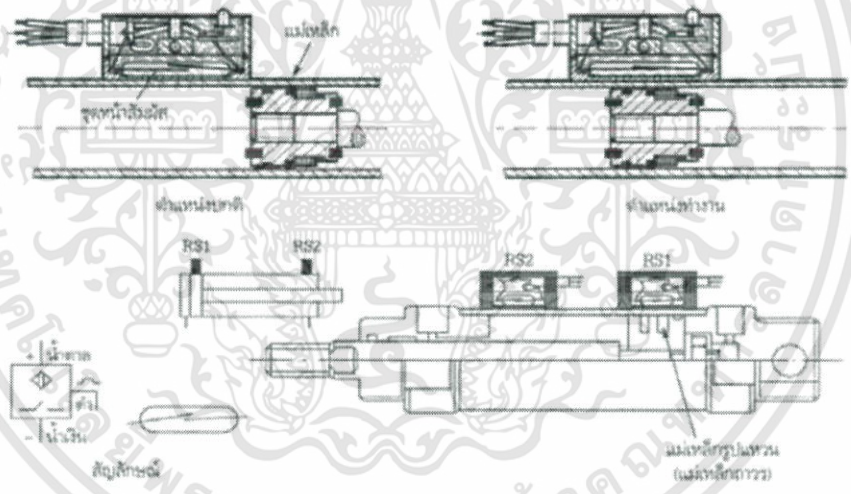
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เซนเซอร์ (Sensor)

ปัจจุบันเซนเซอร์ถูกนำมาใช้กับงานทางอุตสาหกรรมมากมาย โดยเซนเซอร์แบ่งออกเป็นหลายชนิด การเลือกใช้เซนเซอร์ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงาน สภาพแวดล้อม และต้นทุน เพื่อให้สามารถใช้งานเซนเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าเซนเซอร์ที่เหมาะสมกับโครงงานนี้คือ รีดสวิตช์ (Reed Switch) และโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensor)

2.4.1 รีดสวิตช์ (Reed Switch)

เป็นสวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวสั่งการทำงาน เหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีปัญหาด้านพื้นที่ในการติดตั้งลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) โดยใช้ติดตั้งร่วมกับกระบอกสูบชนิดพิเศษที่มีแม่เหล็กถาวรรูปวงแหวนติดตั้งอยู่ การทำงานเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ทำให้แม่เหล็กที่ติดตั้งภายในผ่านรีดสวิตช์ สนามแม่เหล็กที่ลูกสูบจะเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสทั้งสองต่อถึงกัน และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับรีดสวิตช์จะหมดอำนาจแม่เหล็กทำให้หน้าสัมผัสจะกลับสู่ตำแหน่งปกติดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การทำงานของรีดสวิตช์ (Reed Switch)

[**ที่มา :** http://eng.sut.ac.th/me/box/3_54/425311/09%20Pneumatic%20System7.pdf]

2.4.2 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensor)

โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์คือ เครื่องเซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุโดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัส โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีการตอบสนองตอบอย่างรวดเร็ว ระยะการตรวจจับไกล และที่สำคัญไม่ว่าวัตถุใดๆ โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ก็จะสามารถตรวจจับได้ เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับและไม่มีการสัมผัสกับตัววัตถุ แต่การใช้งานเซนเซอร์ประเภทนี้ จะไม่ค่อยเหมาะกับการติดตั้งในบริเวณที่มีฝุ่นหรือสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับและความแม่นยำในการตรวจจับลดลงเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์

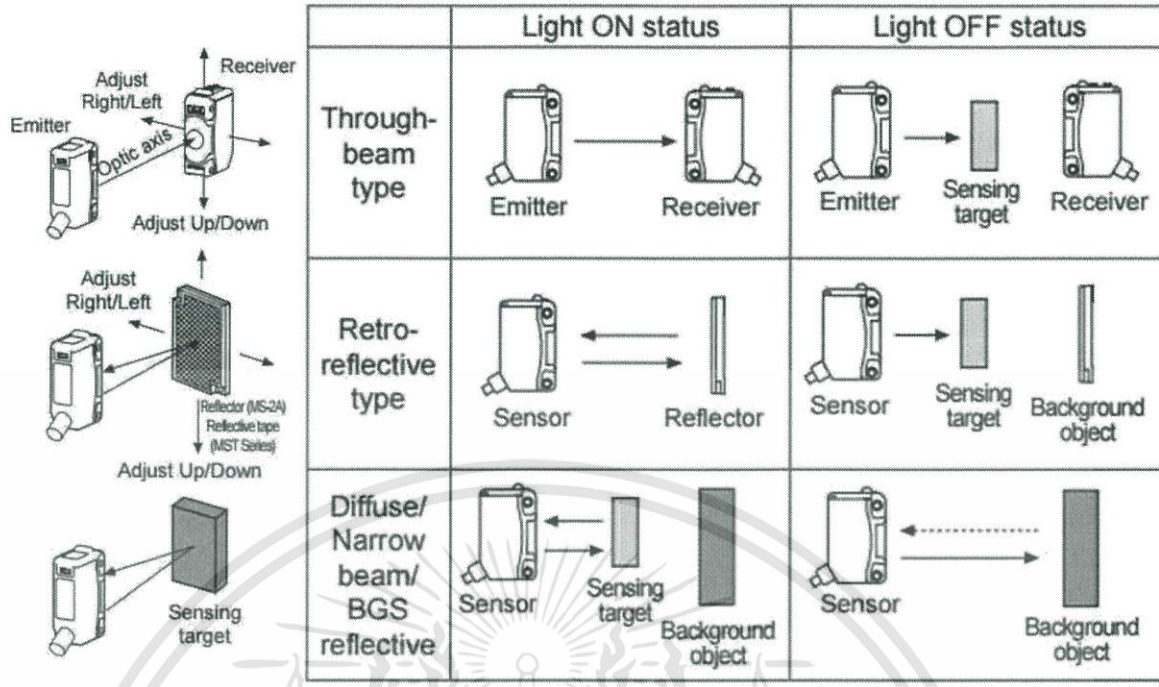
โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์จะอาศัยหลักการสะท้อนหรือการหักเหของแสง จากตัวส่ง ไปยังตัวรับ โดยภายในโครงสร้างของตัวโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ภาคส่งสัญญาณ (Emitter) และภาครับสัญญาณ (Receiver) ซึ่งภาคส่งสัญญาณแสงนั้น จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Light Emitting Diode หรือ LED โดย LED จะมีหน้าที่สร้างแสงที่เป็นพัลส์เพื่อส่งออกไปโดยแสงที่ส่งออกไปนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของ LED ว่าจะเป็นแบบ Visible Light หรือ Non Visible Light โดย Visible Light ก็จะเป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีขาว แสงสีน้ำเงิน โดยทั่วไปนั้นแสงสีแดงจะได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่ม Visible Light และในส่วนของ Non Visible Light ก็จะเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งได้แก่ แสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงชนิดที่มีใช้ในการผลิตตัวโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์มากที่สุด

เมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัว LED ของตัวส่งถูกส่งต่อไปยังตัวรับ โดยภายในประกอบด้วยตัว Photo Diode หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Photo Transistor ซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสงและเปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อถูกส่งไปยังวงจรฟิลเตอร์ความถี่ PLL หรือ (Phase Lock Loop) ต่อจากนั้นจะเป็นการกรองเฉพาะความถี่ ให้ตรงกับแสงที่ตัวส่งเป็นผู้ส่งมาเท่านั้น โดยจะตัดตัวความถี่อื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เมื่อมีวัตถุหรือชิ้นงานวิ่งผ่าน ก็จะทำให้ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณแสงได้ ซึ่งทำให้ภาควงจรตรวจจับสามารถรับรู้ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงแล้วจะส่งต่อไปยังภาคขับเอาต์พุต เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะเอาต์พุตต่อได้

โดยประเภทของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้คือ ประเภท Opposed Mode, Through Beam Photoelectric Sensor หรือโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์แบบตัวรับ-ตัวส่งอยู่แยกกัน การใช้งานจะวางให้อยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งเป็นโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และช่วงระยะในการตรวจจับมากที่สุด ในสภาวะการทำงานปกติตัวรับจะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่งได้ตลอดเวลา โดยเซนเซอร์แบบนี้จะทำหน้าตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซนเซอร์ ซึ่งวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซนเซอร์จะขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่งไปยังตัวรับ

เมื่อลำแสงไม่สามารถถึงตัวรับ จะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การทำงานของ Photoelectronic Sensor [4]

2.5 ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System)

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบหรือมอเตอร์ลม

ข้อดีของลมอัด

1. ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทุกๆ แห่ง เพราะมีอยู่ทั่วไป

2. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกลๆ ได้ง่ายและไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว

3. สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ

4. ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด

5. ลมอัดไม่มีความไวต่อการเปี่ยงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงมากๆ ก็ตาม

6. เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์มีโครงสร้างแบบง่ายๆ ทำให้มีราคาถูก ทนทานและซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย

7. ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย

8. สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบนิวเมติกส์สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดการเสียหาย

10. การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน

2. ลมอัดมีเสียงดังเมื่อระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง (Silencer)

3. ลมอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 kPa (6 Bars) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ 20,000 - 30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็ว และระยะที่ใช้งาน

2.5.1 อุปกรณ์นิวเมติกส์

โดยจะแบ่งแยกอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบนิวเมติกส์ออกเป็นกลุ่มๆ ตามหน้าที่ ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันการพัฒนา และเทคโนโลยีของอุปกรณ์นิวเมติกส์แต่ละชนิดจะมีมากกว่าในอดีต แต่หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงไม่เปลี่ยนไปจากเดิม

2.5.1.1 กระบอกสูบลม (Air Cylinder)

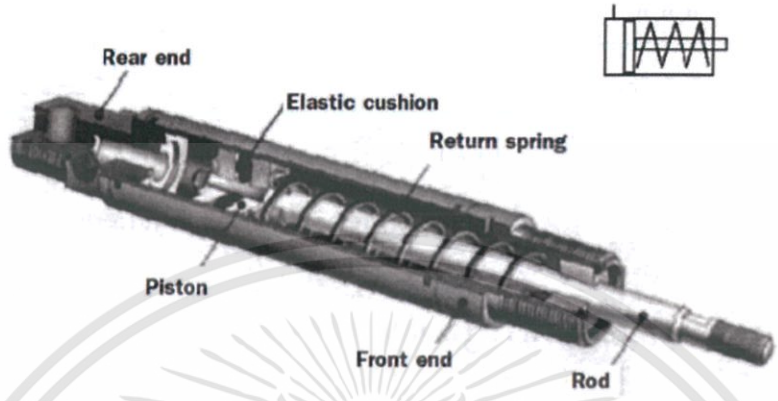
กระบอกลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยทำงานตามแนวเส้นตรง, ทำงานตามแนวเส้นรอบวง และทำงานแบบพิเศษ ซึ่งในสมัยก่อนที่ลูกสูบลมจะเข้ามามีบทบาทในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบลมมาใช้ในงานจนถึงปัจจุบันตัวกระบอกลมทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ภายในท่อ เจียรนัยเรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบ

ประเภทของกระบอกสูบลม (Air Cylinder)

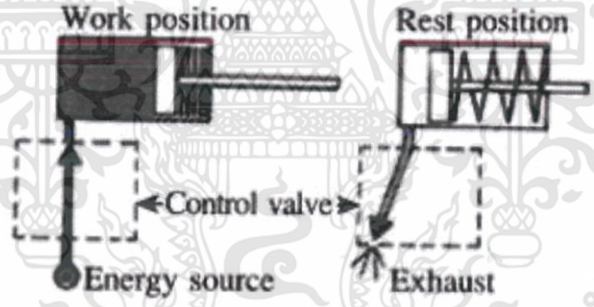
1. กระบอกสูบทางเดียว (Single-Acting Cylinder) อุปกรณ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงและมีก้านสูบที่เคลื่อนที่ไปมาตามแกนกลาง ที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่วและมีสปริงอยู่ระหว่างก้านสูบกับกระบอกสูบดังแสดงในรูปที่ 2.12 ระยะการเคลื่อนที่ของก้านสูบมีค่าคงที่ขึ้นกับความยาวของกระบอกสูบ การสั่งงานให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้เพียงทิศทางเดียว ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบในทิศทางต้านกับแรงกระทำของสปริง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และเมื่อหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายลมอัดให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งปกติด้วยแรงกระทำจากสปริงดังแสดงในรูปที่ 2.13



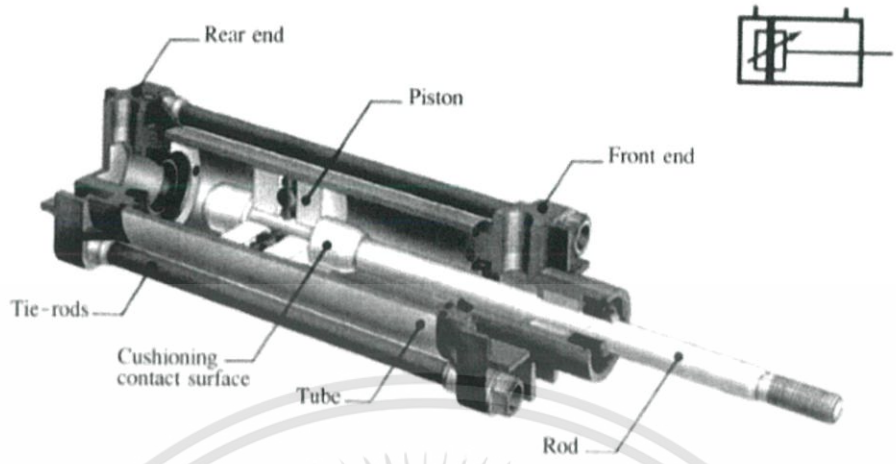
รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในกระบอกสูบทางเดียว (Single-acting Cylinder) [6]



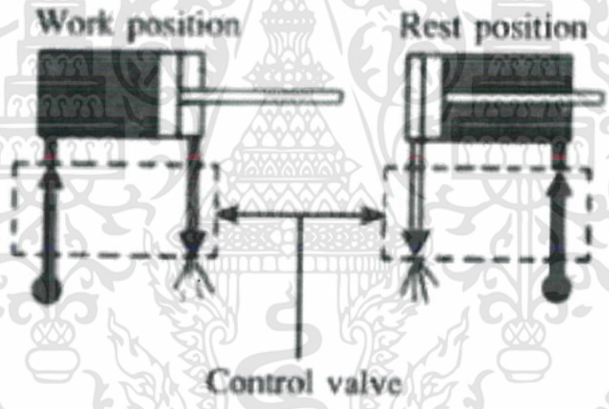
รูปที่ 2.13 การสั่งงานกระบอกสูบทางเดียว (Single-acting Cylinder) [6]

2. กระบอกสูบสองทาง (Double-acting Cylinder) กระบอกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานและรูปลักษณ์ภายนอกเช่นเดียวกับกระบอกสูบทางเดียว แตกต่างเฉพาะภายในดังรูปที่ 2.14 และสามารถสั่งงานได้ทั้งสองทิศทาง ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกที่ด้านหัวลูกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ด้านก้านสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอกสูบออกทางรูด้านลูกสูบ แสดงการทำงานดังรูปที่ 2.15 เมื่อไม่มีลมอัดจ่ายให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะหยุดค้างอยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในกระบอกสูบสองทาง (Double-acting Cylinder) [6]



รูปที่ 2.15 การสั่งงานของกระบอกสูบสองทาง (Double-acting Cylinder) [6]

2.5.1.2 สายลม (Air Tube)

ท่อลมระบบลมหรือระบบนิวเมติกส์ นิยมทำมาจากวัสดุจำพวกไนล่อนหรือโพลียูรีเทน (PU) วัตถุประสงค์คือ ใช้เชื่อมโยงระหว่างปั๊มลมไปต่อกับวาล์วและไปต่อกับกระบอกลม ท่ออ่อนประเภทนี้จะสะดวกกับการใช้งานที่มีการเคลื่อนไหวไปมา และสามารถถอดใส่ได้อย่างง่ายดาย และส่วนมากจะใช้ร่วมกันกับข้อต่อลมแบบสวมเร็วโดยเฉพาะ สายลมที่นิยมใช้จะมีขนาดเป็นมิลลิเมตร เช่น Outer x Internal Diameter (mm) 4 x 2.5, 6 x 4, 8 x 5, 10 x 6.5, 12 x 8, 16 x 13 และมีหน่วยเป็นนิ้ว (หุน) เช่น ขนาด 1 หุน 2 หุน 3 หุน 4 หุน เป็นต้น ท่ออ่อนจะมีสีต่างกันเช่น สีใส, สีดำ, สีขาว, สีฟ้า, สีเหลือง, สีส้ม และสีแดง โดยทั่วไปท่อลมที่มีสีแดงจะหมายถึง ท่อที่มีความดันสูง เป็นต้น นอกจากนี้บางงานทำให้เกิดปัญหาสายลมอ่อนเกิดการรั่วเมื่อสะเก็ดไฟกระเด็นใส่ จึงมีสายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

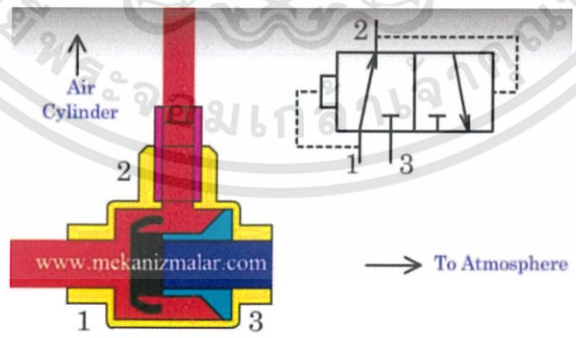
ทนสะเก็ดไฟ (Anti-Spark Polyamide) ซึ่งมีสายฉนวนทนความร้อน (PVC) และมีสายลมวัสดุไนล่อนอยู่ภายในฉนวนดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 สายลมชนิดทนสะเก็ดไฟ

[**ที่มา :** http://spanish.pneumaticcontrol-valve.com/sale-1837737-flame-resistance-double-deck-pneumatic-air-hose-anti-spark-air-tube-for-welding-machine.html]

2.5.1.3 วาล์วระบายลมเร็ว (Quick Exhaust Valve)

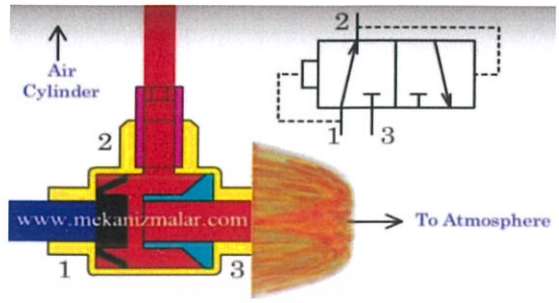
ทำหน้าที่ระบายลมที่ออกจากกระบอกสูบให้ออกสู่บรรยากาศโดยรวดเร็ว ทำให้การเคลื่อนที่ของก้านสูบเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าปกติ โดยโครงสร้างของวาล์วประเภทนี้จะเป็นแบบปอปเปต เมื่อลมระบายทิ้งที่ออกจากกระบอกสูบจะมาเข้าทางรูลม 2 จะไปดันให้แผ่นปอปเปตเปิด ทำให้รูลม 2 ต่อเข้ากับรูลม 3 ซึ่งจะช่วยทำให้ลมระบายทิ้งได้เร็ว แต่ถ้าต้องให้สัญญาณลมไปบังคับให้ก้านสูบทำงาน ลมอัดจะเข้าทางรูลม 1 ต่อเข้ากับรูลม 2 ก็จะทำให้ก้านสูบทำงานปกติแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18 ตามลำดับ



รูปที่ 2.17 การทำงานจ่ายลมเข้ากระบอกสูบปกติ

[**ที่มา :** https://www.youtube.com/watch?v=ZB_QGM1sOwo]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

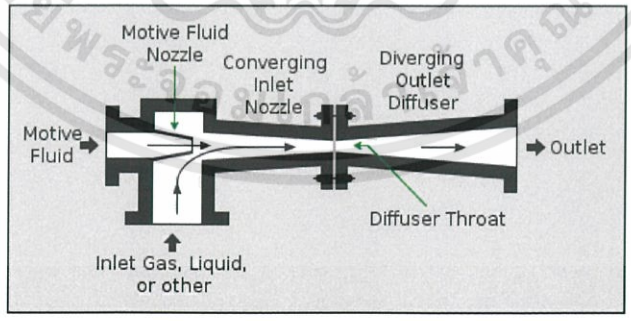


รูปที่ 2.18 การเร่งระบายลมออก

[**ที่มา :** https://www.youtube.com/watch?v=ZB_QGM1sOwo]

2.5.1.4 ตัวกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Generator)

เครื่องกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Ejector, Vacuum Generator) อาศัยหลักการที่ทำให้เกิดสุญญากาศตรงบริเวณคอคอดที่เป็นเสมือนท่อ 3 แยก ที่อยู่ภายในตัวกำเนิดความดันสุญญากาศ โดยเมื่อถึงช่วงที่ลมเข้ามาทางรูที่ 1 (Motive Fluid) จะทำให้ลมไหลเข้ามาเร็วในคอขวดของตัวกำเนิดความดันสุญญากาศ เนื่องจากการลดลงของพื้นที่หน้าตัดที่ลมไหลผ่าน เช่น พื้นที่หน้าตัดที่ลมไหลผ่านลดลง 900 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมจะมากขึ้น 900 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน พื้นที่ลดลง 9 เท่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น 9 เท่า ทำให้ลมไหลออกอย่างรวดเร็วไปสู่รูออกที่ 2 (Outlet) ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่อยู่ตรงข้ามกับทางเข้าที่ 1 บริเวณทาง 3 แพร่ง ที่อยู่ภายในก็จะเกิดสุญญากาศดูดอากาศจากทางเข้าที่ 3 (Inlet) โดยท่อทางเข้าที่ 3 จะไปต่อกับลูกยางดูดจับชิ้นงาน ฯลฯ ในงานจับและวางแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การทำงานของตัวกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Generator)

[**ที่มา :** https://www.pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/412-vacuum-equipment_อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ.html]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.5 ตัวควบคุมความดันลม (Air Regulator)

ตัวปรับแรงดันลม/ตัวควบคุมความดันลม (Air Regulator, Regulator) คือ ตัวปรับให้แรงดันด้านขาออกของตัวปรับแรงดันลมเป็นไปตามความต้องการใช้งานอย่างคงที่ ซึ่งโดยปกติมักปรับอยู่ที่ประมาณ 3-5 Bars แสดงลักษณะดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 ตัวควบคุมความดันลม (Air Regulator)
[**ที่มา :** https://www.pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/406-pneumatic-component.html]

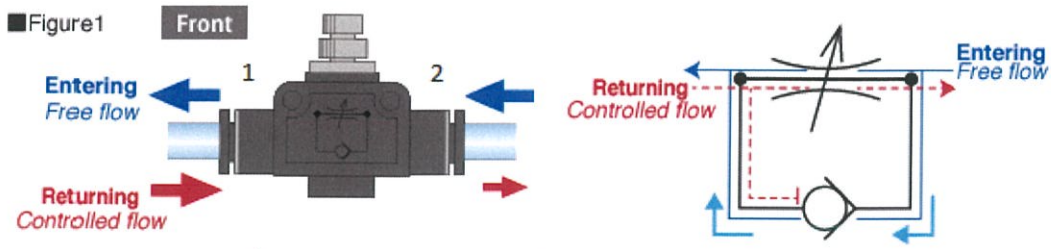
2.5.1.6 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)

วาล์วควบคุมอัตราการไหล จะใช้ควบคุมความเร็วของลูกสูบโดยการปรับเปลี่ยนขนาดของช่องทางของวาล์วที่ให้ลมไหลผ่าน เพื่อควบคุมอัตราการไหลของลมให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับระบบ

วาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว (One Way Flow Control Valve)

เป็นวาล์วที่มีวาล์วกันกลับอยู่ภายใน ซึ่งวาล์วกันกลับนั้นจะใช้เป็นตัวกั้นลม เพื่อให้ก้านสูบค่อยๆ เคลื่อนที่ออกช้าๆ แต่กลับด้วยความเร็วปกติ โดยหลักการทำงานของวาล์วปรับอัตราการไหลแบบมีวาล์วกันกลับ เมื่อมีลมไหลเข้ามาจากทางเข้าที่ 1 ไปทางเข้าที่ 2 ลมจะไหลผ่านวาล์วปรับอัตราการไหล แต่เมื่อลมไหลจากทางเข้าที่ 2 ไปทางเข้าที่ 1 ลมจะดันวาล์วกันกลับให้เปิดออก ดังนั้นลมจะไหลผ่านวาล์วกันกลับหรือเช็ควาล์วได้ ทำให้ลมไหลได้เป็นจำนวนมากแสดงดังรูปที่ 2.21

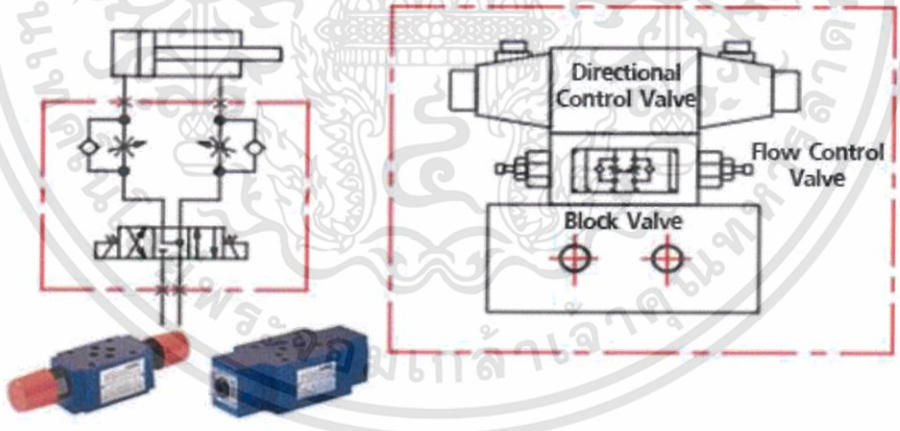
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การทำงานของวาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว
[**ที่มา :** https://en.pisco.co.jp/faq/cat/77/]

การติดตั้งวาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียวแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1. Meter-in Circuit เป็นการควบคุมปริมาณลมก่อนเข้าตัวทำงาน โดยปกติแล้วจะใช้กับงาน Resistive Force (มีแรงต้านการเคลื่อนที่ของตัวทำงานตลอดเวลา) แต่ถ้าหาก Load มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ การติดตั้งลักษณะนี้จะไม่สามารถป้องกันการเคลื่อนที่แบบ Over Running Load (โหลดพยายามเคลื่อนที่เองด้วยน้ำหนัก เช่น การติดตั้งกระบอกในแนวดิ่ง) และส่วนใหญ่ Meter – in Circuit นั่นจะใช้กับ Cylinder มากกว่า Motor เนื่องจาก Meter – in Circuit นั้นจะไม่มีการชดเชยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของตัวทำงาน เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงแสดงการต่อวงจรดังรูปที่ 2.22

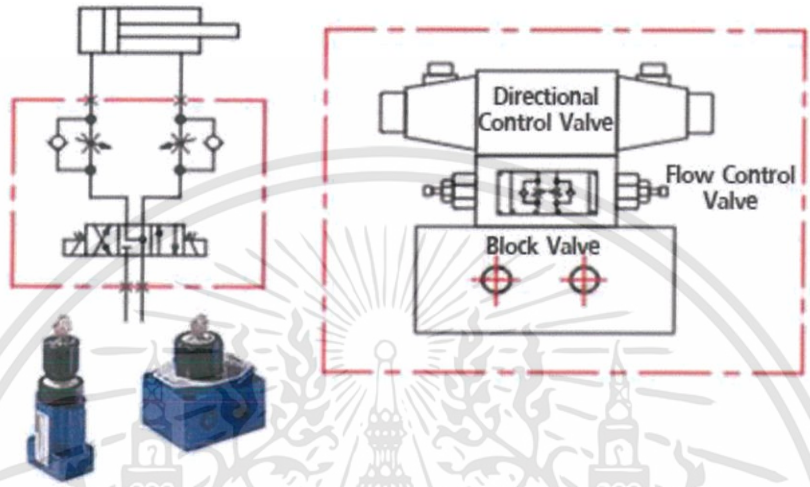


รูปที่ 2.22 การต่อวงจรแบบ Meter-in Circuit
[**ที่มา :** https://www.pneumax.co.th/article-flow-control]

2. Meter-out Circuit เป็นการควบคุมปริมาณลมในทิศทางที่ลมออกจากตัวทำงาน เพื่อสร้าง Back Pressure ต้านการเคลื่อนที่ของตัวทำงานแต่สิ่งที่ควรระวังคือ Flow Control จะได้รับความดันสูงตามสัดส่วนของพื้นที่แตกต่าง หากด้านท้ายกระบอกมีความดัน 100 Bars และอัตราส่วนพื้นที่เท่ากับ 1 : 2 ดังนั้นด้านปลายแกนจะมีความดันสูงถึง 200 Bars เป็นต้น รวมถึงยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้ได้กับงานที่เป็น Overrunning Load ได้ ลมที่ไหลผ่าน Flow Control Valve ก็จะน้อยลงตามพื้นที่แตกต่างเช่นกัน และความดันด้านปลายแกนจะสูงสุดเมื่อ Load ต่ำสุดหรือความดันด้านปลายแกนจะต่ำสุดเมื่อมี Load สูงสุดแสดงการต่อวงจรดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การต่อวงจรแบบ Meter-out Circuit
[**ที่มา** : https://www.pneumax.co.th/article-flow-control]

2.6 PLC (Programmable Logic Controller)

Programmable Logic Controller เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

2.6.1 ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ Computer

1. PLC ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ

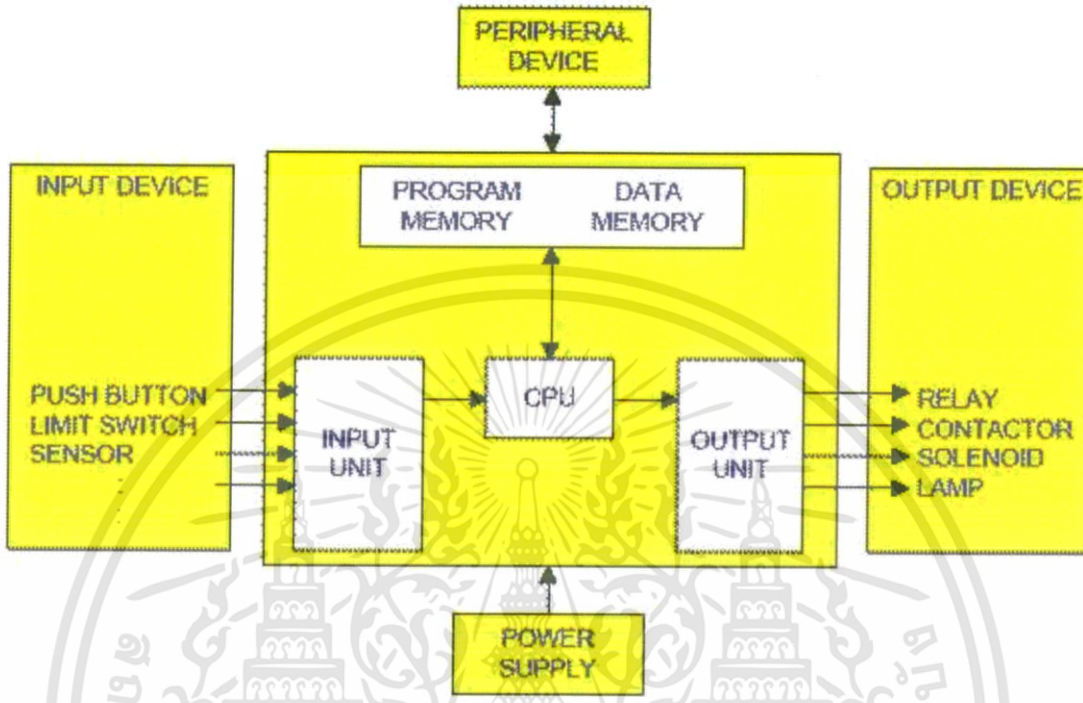
2. การโปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงติดตั้ง จนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

3. PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การใช้งานสะดวกมากกว่าคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC แสดงดังรูปที่ 2.24 ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 2.24 โครงสร้างของ PLC [7]

1. ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

2. หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่ชนิดคำสั่งนั้นๆ ซึ่งใน PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองอยู่ชนิดคือ ROM และ RAM

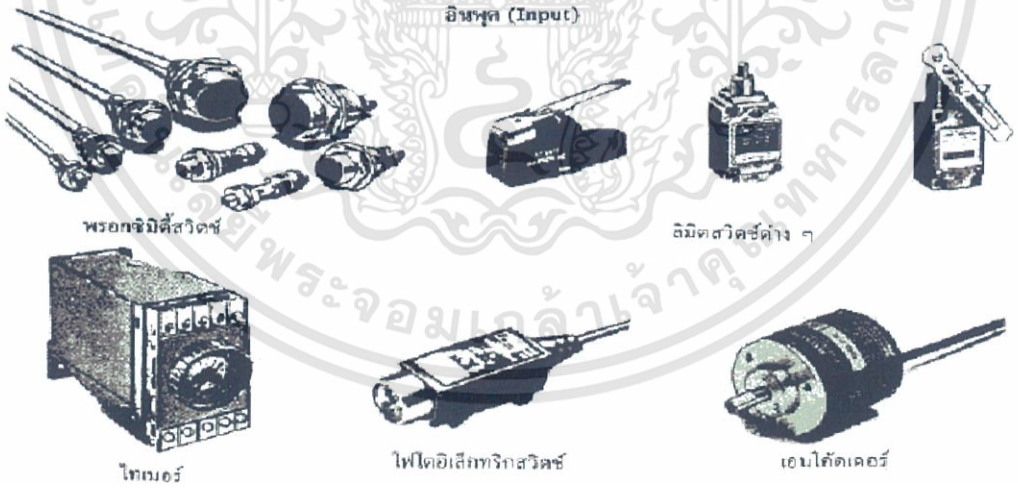
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

- ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3. หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

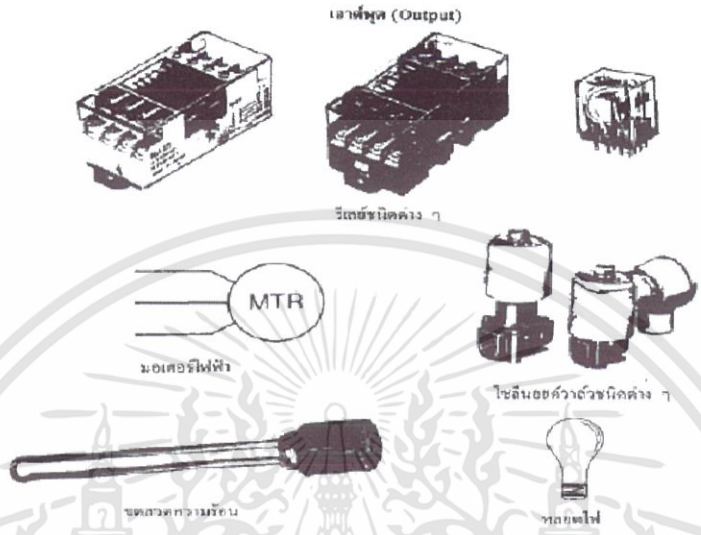
หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้ PLC ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 อุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้หน่วยอินพุตของ PLC [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ภายนอกที่ PLC ส่งข้อมูลไปควบคุมดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 อุปกรณ์ภายนอกที่รับสัญญาณควบคุมจากหน่วยเอาต์พุตของ PLC [7]

4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต

5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

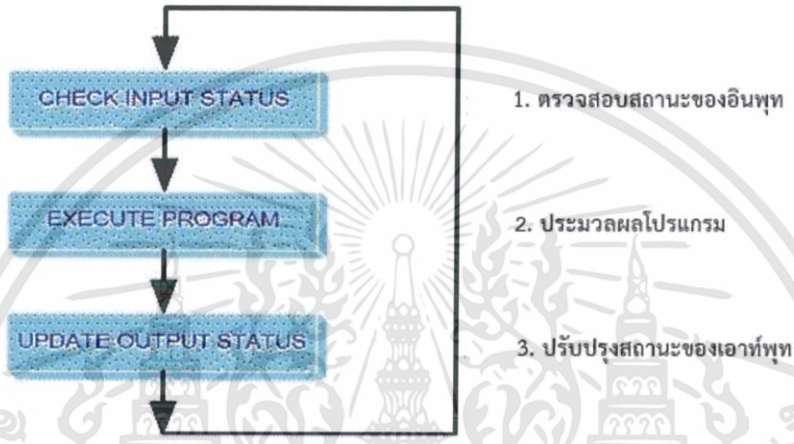
เป็นส่วนที่ต่อเข้ากับ PLC เพื่อเพิ่มฟังก์ชันการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น

- PROGRAMMING CONSOLE
- EPROM WRITER
- PRINTER
- GRAPHIC PROGRAMMING
- CRT MONITOR
- HANDHELD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การทำงานของ PLC

PLC จะมีหลักการทำงานคือ หน่วยอินพุตจะคอยเช็คสถานะของอุปกรณ์ จากนั้นจะส่งสัญญาณให้หน่วยประมวลผล เพื่อทำการประมวลผลโปรแกรม เมื่อประมวลผลโปรแกรมเสร็จจะส่งสัญญาณควบคุมออกไปทางหน่วยเอาต์พุต เพื่อสั่งงานให้อุปกรณ์ภายนอกทำงาน แสดง Flowchart การทำงานดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การทำงานของ PLC [7]

2.6.4 การติดตั้ง PLC

1. ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

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

2. สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

- มีแสงแดดส่องโดยตรง
- มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส
- มีฝุ่น หรือไอเกลือ
- มีความชื้นมาก
- มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนหรือไวไฟ

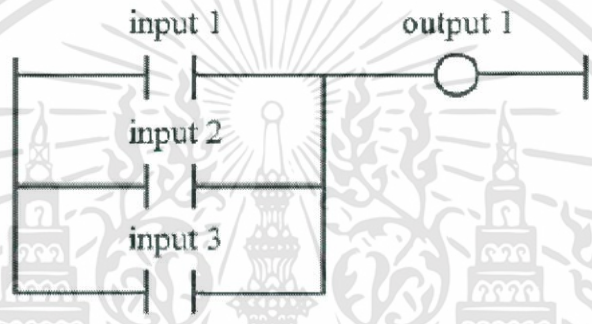
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC

การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการนั้นตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบคือ

1. Ladder Diagram Language

โดยภาษาแลดเดอร์นั้น ขั้นต้นจะเลียนแบบวงจรชีเคว้นของรีเลย์ ทำให้ไดอะแกรมของแลดเดอร์เขียนตามไดอะแกรมของวงจรรีเลย์ไปด้วย และทางด้านฮาร์ดแวร์ก็ออกแบบให้มีความทนทานต่อสัญญานรบกวนต่างๆ และเป็นโมดูลที่สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้นดังรูปที่ 2.28

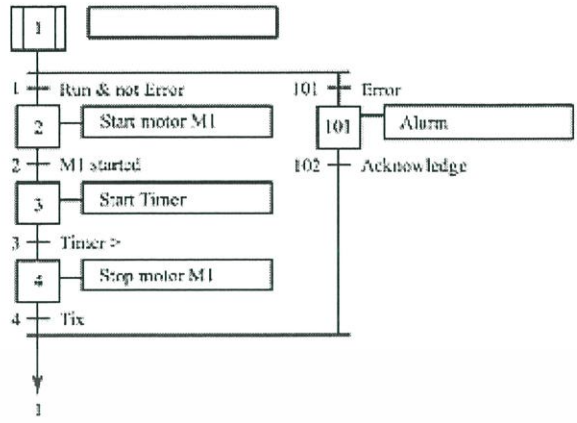


รูปที่ 2.28 Ladder Diagram Language [8]

2. Sequential Flowchart Language

Sequential Flowchart จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับหรือชีเควนซ์ ส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (การปฏิบัติติการย่อย) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่งย่อย) นอกจากนี้ยังสามารถยังกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Liner, Alternative และ Parallel Step Sequence เป็นต้น ดังรูปที่ 2.29

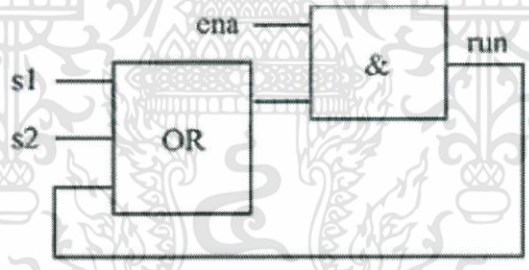
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 Sequential Flowchart Language [8]

3. Function Block Diagram Language

Function Block Diagram เป็นภาษาที่ฟังก์ชันการทำงานในรูปแบบของกราฟฟิคเช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 Function Block Diagram Language [8]

4. Instruction List Language (Statement List Language)

Instruction List จะเป็นภาษาที่เขียนในรูปของข้อความ มีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสแซมบลี (Assembly) ภาษาเครื่อง (Machine Code) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operate) ในภาษาปัจจุบัน LD, FBD และ IL เป็นภาษาที่บริษัทผู้ผลิต PLC/PC ในปัจจุบันกำหนดให้ใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งในแต่ละบริษัทจะมีการพัฒนารูปแบบของฟังก์ชัน และฟังก์ชันบล็อกมีความแตกต่างกันดังรูปที่ 2.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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 2.31 Instruction List Language [8]

5. Structure Text Language

Structure Text จะเป็นภาษาพื้นฐานจากภาษา Pascal ประกอบด้วยนิพจน์และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น IF.... THEN.... ELSE และคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น ดังรูปที่ 2.32

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

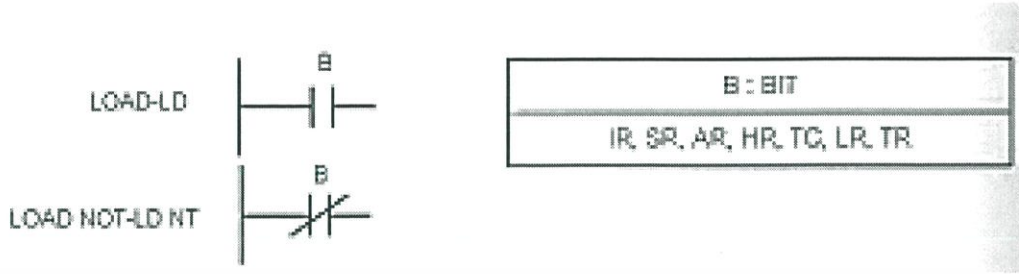
รูปที่ 2.32 Structure Text Language [8]

2.6.6 หลักการเขียนแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) และคำสั่งพื้นฐาน

แลดเดอร์ไดอะแกรม จัดเป็นสัญลักษณ์ที่สามารถดูตามโครงสร้างแล้วเข้าใจการทำงาน แต่เวลาที่ PLC ทำงานจะอาศัยชุดคำสั่ง (Instruction) ทำงานโดยวิธีการเขียนลงในหน่วยความจำ ข้อมูลในหน่วยความจำนั้นจะจัดเก็บเป็นรหัส (Code) ไม่สามารถจัดเก็บในลักษณะของแลดเดอร์ไดอะแกรมได้โดยตรง

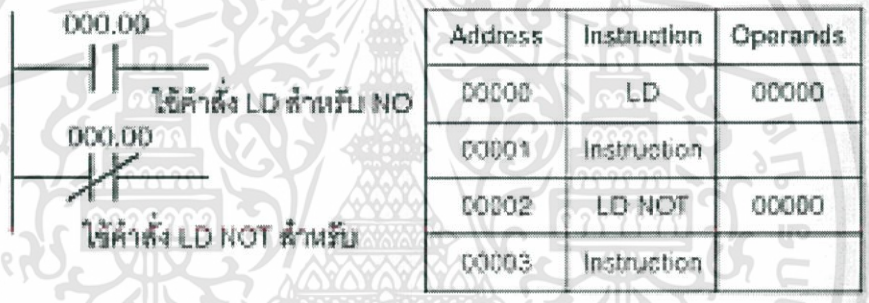
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.33 การใช้คำสั่ง Load (LD), Load Not (LD NOT) [8]

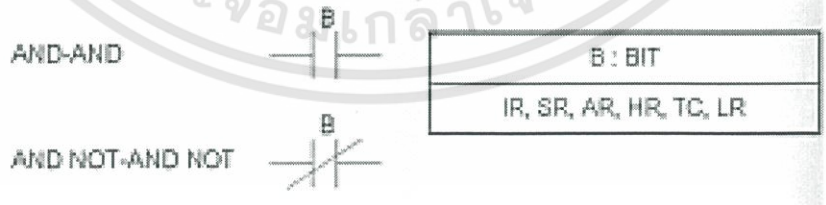
- ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT



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

รูปที่ 2.34 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง LD และ LD NOT [8]

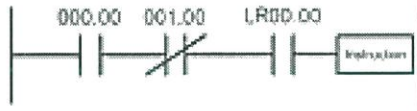
- การใช้คำสั่ง AND, AND NOT



รูปที่ 2.35 การใช้คำสั่ง AND, AND NOT [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

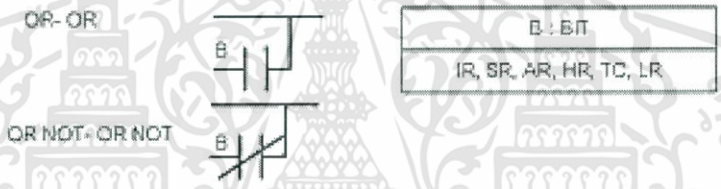
- ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT



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

รูปที่ 2.36 ชุดคำสั่งและการเขียน Ladder Diagram คำสั่ง AND, AND NOT [8]

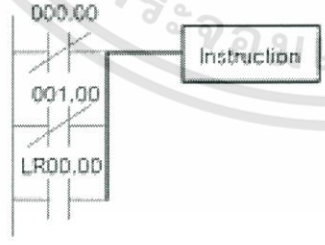
- การใช้คำสั่ง OR, OR NOT



B : BIT
IR, SR, AR, HR, TC, LR

รูปที่ 2.37 การใช้คำสั่ง OR, OR NOT [8]

- ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT



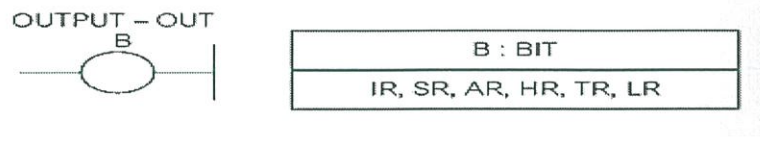
Address	Instruction	Operands
00000	LD NOT	00000
00001	OR NOT	00100
00002	OR	LR 00000
00003	Instruction	

รูปที่ 2.38 ชุดคำสั่งและการเขียน คำสั่ง OR, OR NOT [8]

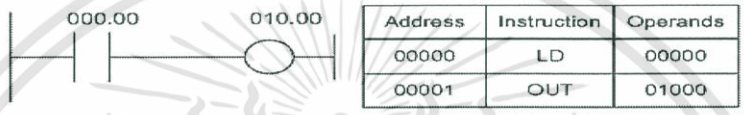
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT

เป็นคำสั่งที่สั่งขับให้ OUTPUT ภายนอกทำงานหรือไม่ทำงานตามคำสั่ง

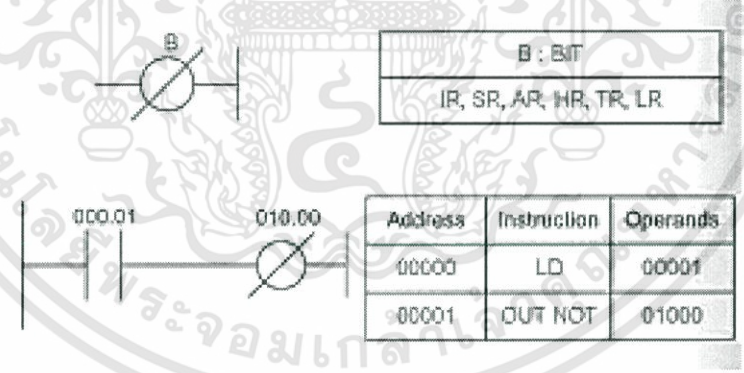


รูปที่ 2.39 การใช้คำสั่ง OUT, OUT NOT [8]



รูปที่ 2.40 รูปแบบชุดคำสั่งจาก Ladder Diagram [8]

- OUTPUT NOT-OUT NOT การทำงานของคำสั่งเหล่านี้จะตรงข้ามกับ OUT



รูปที่ 2.41 รูปแบบชุดคำสั่ง OUTPUT NOT-OUT NOT [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

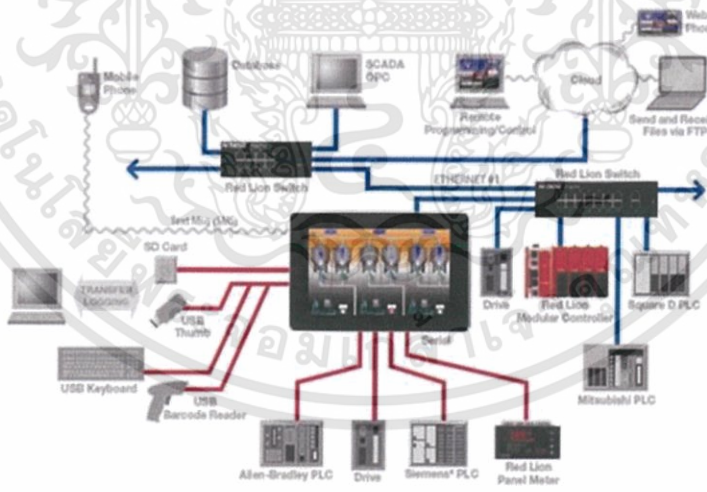
2.6.7 การเลือกใช้ภาษา PLC

ภาษา PLC ทุกภาษามีข้อดีและขีดจำกัดแตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้ภาษาขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- ความถนัดของผู้ใช้
- ลักษณะของภาษาที่จะใช้ให้เหมาะสมกับงาน
- ลักษณะและขนาดของ PLC
- ลักษณะของงานที่จะทำการควบคุม

2.7 HMI Programming

HMI คือ การใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า HMI (Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล HMI เกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าไปควบคุมระบบที่ PLC เป็นตัวควบคุมอยู่ โดย HMI นั้น จะเป็นการนำข้อมูลจาก PLC ส่งผ่านโครงข่ายของการสื่อสารแบบต่างๆ และทำการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เข้าด้วยกันและสามารถสั่งการได้โดยผู้เชี่ยวชาญทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้นดังรูปที่ 2.42



รูปที่ 2.42 ตัวอย่าง HMI (Human Machine Interface)

[**ที่มา :** http://www.energyscopethai.com/hmi-programming/]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 คุณสมบัติของ HMI

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภทจะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นตัวควบคุมและจะต้องใช้งานร่วมกันกับ HMI โดยใช้ HMI เป็นตัวสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ Module PLC หรือจอแสดงผลต่างๆ โดยให้ PLC สั่งงานไปที่เครื่องจักรอีกที เพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องจักรต่างๆ ในสายการผลิต โดย HMI มีเชื่อมต่อกับ PLC ทาง Digital Communication Ports ได้หลายช่องทาง เช่น RS485, RS232, MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET และยังสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ต USB ได้โดยตรง

1. การสื่อสาร (Communicate) สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะแบบดิจิตอล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบ และสามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์ PLC, Meter, Controller และอีกมากมายตามการใช้งานประเภทต่างๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุมหรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ตัวอื่นๆ ที่เชื่อมต่ออยู่อย่างง่ายดายผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต, Lan หรือ Wireless

2. การเก็บค่า (Collect) สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่างๆ ในรูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data Logger) ผ่านทาง Web Browser ได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูล แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างานไลน์ผลิต

2.8 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

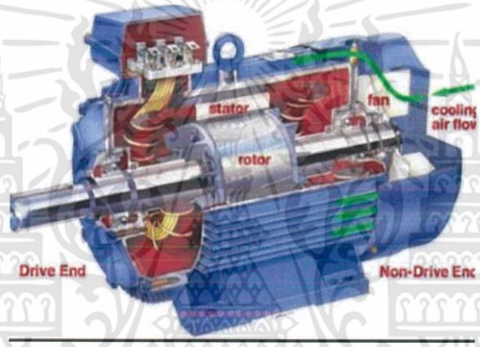
มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) และโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีส่วนประกอบที่เหมือนกัน ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) แต่จะแตกต่างกันเฉพาะส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor) เท่านั้น

โดยมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสหรือ 3-Phase Induction Motor เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้งานกันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ชนิดที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก มีข้อดีคือ ไม่มีแปรงถ่านทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การบำรุงรักษาต่ำ การเริ่มเดินทำได้ไม่ยาก ความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ สร้างง่าย ทนทาน ราคาถูก และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสียคือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก ปัจจุบันมีการพัฒนาชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์และเป็นที่ใช้กันแพร่หลาย

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่ที่โรเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำ (Induction) จึงนิยมเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) ดังรูปที่ 2.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.43 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [10]

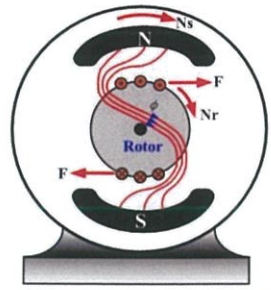


รูปที่ 2.44 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [10]

2.8.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก

เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่สเตเตอร์ด้วยความเร็วซิงโครนัส (N_S) สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเคลื่อนที่ตัดขดลวดที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำบนโรเตอร์ แต่ตัวนำบนโรเตอร์นี้ได้ถูกลัดวงจรไว้ จึงมีกระแสไฟฟ้าไหลที่ตัวนำนี้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เกิดขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้นที่โรเตอร์เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ โดยผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์ และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้และมีทิศทางตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.45

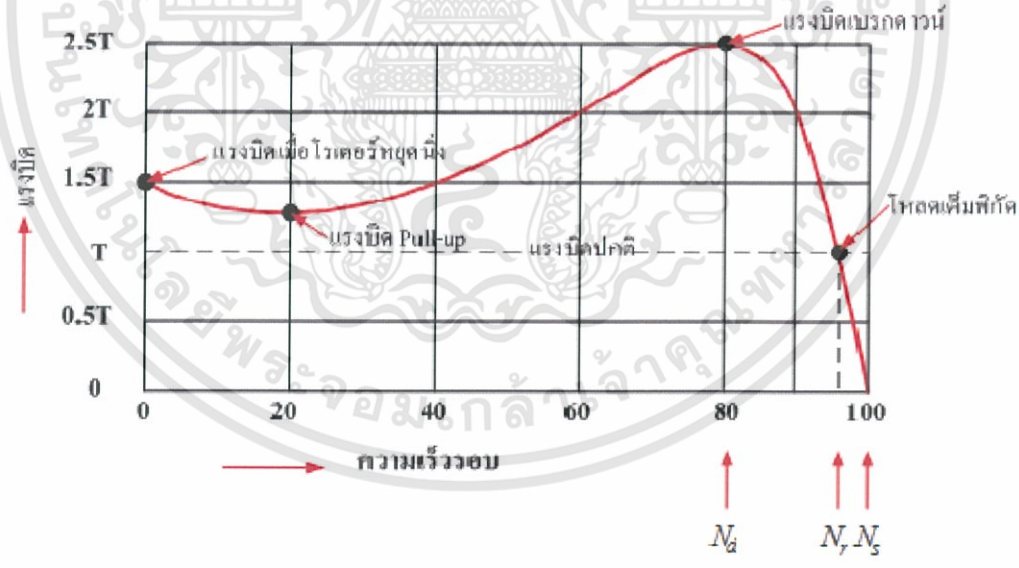
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.45 ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส [10]

2.8.2 คุณลักษณะและการนำไปใช้งาน

ดังรูปที่ 2.45 เมื่อทำการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ และแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสภาวะที่ขับโหลดเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.46 จะพบว่าแรงบิดในสภาวะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสภาวะที่โรเตอร์หยุดนิ่งเท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด



รูปที่ 2.46 คุณลักษณะของมอเตอร์ 3 เฟส [10]

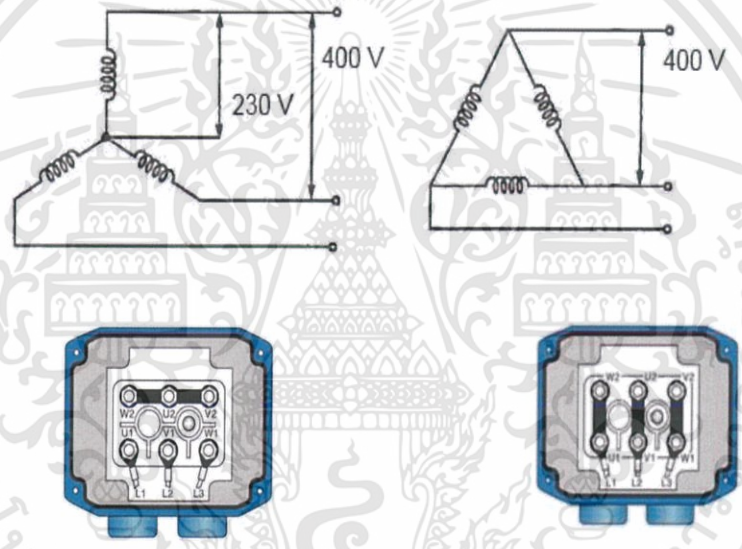
ที่โหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลง จนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลดในสภาวะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่าแรงบิดเบรกดาวน์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เพราะว่ามอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลวัตต์ ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วซิงโครนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1000 กิโลวัตต์ ความเร็วที่แรงบิดเบรกดาวน์จะมีค่าประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วซิงโครนัส

2.8.3 การต่อใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

โดยที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีขดลวดพันอยู่ 3 ชุดคือ เฟส A, B และ C สามารถนำมาต่อใช้งานได้ 2 แบบคือ การต่อใช้งานแบบสตาร์และแบบเดลตา การจะต่อมอเตอร์ให้ใช้งานแบบใดจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่แผ่นป้ายของมอเตอร์และระบบไฟฟ้าของประเทศนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.47

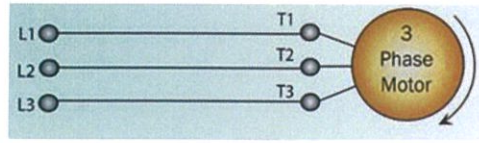


(ก) การต่อขดลวดแบบสตาร์ (ข) การต่อขดลวดแบบเดลตา

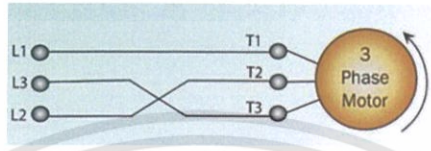
รูปที่ 2.47 การต่อมอเตอร์ใช้งานแบบสตาร์และเดลตา [10]

การกลับทางหมุนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบพันขดลวด มีวิธีการกลับทางหมุนที่เหมือนกันคือ สลับสายจ่ายไฟเข้ามอเตอร์คู่ใดคู่หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.49 เป็นการสลับสายจ่ายไฟเข้ามอเตอร์ขั้ว L2 กับ L3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การต่อใช้งานหมุนตามเข็มนาฬิกา



(ข) การต่อใช้งานหมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.48 การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส [10]

2.8.4 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อพิจารณาจากสมการของความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะได้ดังสมการที่ (2.1)

$$N_S = \frac{120f}{P} \text{ (Rpm)} \qquad (2.1)$$

จะเห็นได้ว่ามีตัวแปรอยู่ 2 ตัว ที่ทำให้ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กหมุน หรือความเร็วซิงโครนัสเปลี่ยนแปลงได้คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) และความถี่ (f) ของแหล่งจ่ายที่ป้อนให้กับมอเตอร์

สำหรับจำนวนขั้วแม่เหล็กจะเป็นปฏิภาคผกผันกับความเร็วซิงโครนัสคือ เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กมากความเร็วซิงโครนัสจะน้อย แต่เมื่อจำนวนขั้วแม่เหล็กน้อยความเร็วซิงโครนัสจะมาก การปรับความเร็วรอบด้วยวิธีนี้มี 2 แบบคือ แบบคอนซีเควนโพล และแบบใช้ขดลวดหลายชุด การเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นๆ ไม่เรียบสม่ำเสมอ

ส่วนความถี่จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเร็วซิงโครนัส เมื่อความถี่มีค่ามากความเร็วซิงโครนัสก็จะมีค่ามากตาม และในทางตรงกันข้ามหากค่าความถี่ลดลงความเร็วซิงโครนัสก็จะมีค่าจะลดลงด้วย การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยการใช้วิธีนี้ จำเป็นที่จะต้องมีการใช้อินเวอร์เตอร์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ สามารถปรับความถี่หรืออัตราส่วน $\frac{V}{f}$ ได้ตามต้องการ ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอและเพิ่ม-ลดแรงบิดได้อีกด้วย ซึ่งอินเวอร์เตอร์ ที่ได้รับความนิยมให้ใช้งานในปัจจุบันอย่างแพร่หลายจะเป็นอินเวอร์เตอร์ในรูปแบบ PWM (Pulse Width Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ ในรูปที่ 2.49 เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่การหมุน (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูง

รูปที่ 2.49 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)
[ที่มา : http://chanaphinp.blogspot.com/]

2.9.1 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

โดยทั่วไปเซอร์โวมอเตอร์จะมีทั้งชนิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ โดยในเครื่องจักรรุ่นเก่าๆ จะพบว่าเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะมีการใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่าเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากช่วงที่ผ่านมาการควบคุมกระแสกระแสสูงๆ นั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถของเซอร์โวมอเตอร์ ให้ตัดต่อกระแสสูงและใช้งานที่ความถี่ได้สูงขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ระบบควบคุมทางเอซีและระบบเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของเซอร์โวมอเตอร์ได้ดังนี้

1. มอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์เหมือนกับมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

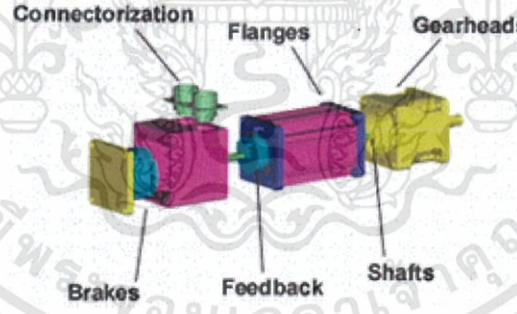
2. เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน

เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสตรง (โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร) เซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โว อะซิงโครนัสเซอร์โว (การนำอินดัคชันมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์) และสเตปปิ้งเซอร์โวมอเตอร์

2.9.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ข้อจำกัดของระบบควบคุมเซอร์โวก็คือ การใช้งานจะต้องเป็นแบบปิด (Closed Loop) เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบเปิด (Open Loop) ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุม จะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว

การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับ หรือเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติ เซอร์โวมอเตอร์และเอนโค้ดเดอร์จึงถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพคเกจ (Package) ซึ่งมีเอนโค้ดเดอร์ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ดังรูปที่ 2.50



รูปที่ 2.50 โครงสร้างของ AC Servo Motor
[**ที่มา :** http://chanaphinp.blogspot.com/]

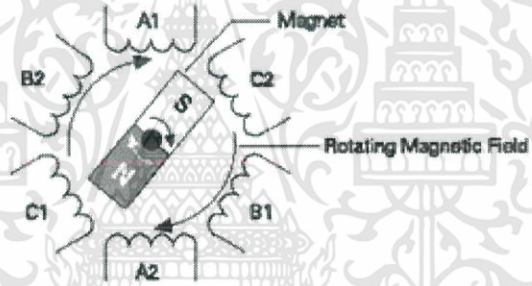
Gearheads	= เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด
Shafts	= เพลาของมอเตอร์
Flanges	= หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์
Feedback	= อุปกรณ์ป้อนกลับ หรือเอนโค้ดเดอร์
Connectorization	= ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์และขั้วต่อสายสำหรับเอนโค้ดเดอร์
Breaks	= ชุดเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่วไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น หรือจุดที่นิวทรอลจะรวมกันอยู่ด้านใน ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร ไม่มีขดลวดพัน ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน

2.9.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือ เมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตามดังรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.51 โครงสร้างและการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
[**ที่มา** : http://chanaphinp.blogspot.com/]

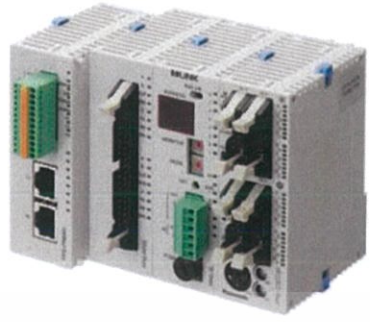
2.9.4 องค์ประกอบในการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานโดยเซอร์โวมอเตอร์เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังนี้

1. คอนโทรลเลอร์ (Controller)

หลักการทำงานและหน้าที่ของคอนโทรลเลอร์คือ มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร และระยะทางใกล้ หรือไกลแค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้คอนโทรลเลอร์ จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัวเซอร์ไวมอเตอร์ โดยตัวอย่างอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์นั้นแสดงในรูปที่ 2.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.52 คอนโทรลเลอร์ (Controller)
[**ที่มา :** http://chanaphinp.blogspot.com/]

2. เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)

หน้าที่ของเซอร์โวไดรฟ์เวอร์ คือ จะรับสัญญาณมาจากคอนโทรลเลอร์ และสั่งการให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ตามที่คอนโทรลเลอร์สั่งการมา แต่ทำไมคอนโทรลเลอร์ไม่สั่งการควบคุมไปที่เซอร์โวมอเตอร์โดยตรง เนื่องจากเซอร์โวไดรฟ์เวอร์จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัวเซอร์โวมอเตอร์ ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็ว, แรงบิด และ ตำแหน่งควบคุมตัวเซอร์โวไดรฟ์เวอร์จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้เซอร์โวมอเตอร์ก็จะต้องมีเซอร์โวไดรฟ์เวอร์เสมอ โดยตัวอย่างอุปกรณ์เซอร์โวไดรฟ์เวอร์แสดงในรูปที่ 2.53

รูปที่ 2.53 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver)
[**ที่มา :** http://chanaphinp.blogspot.com/]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

หน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์คือ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัวเซอร์โวไดรฟ์เวอร์ พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัวเซอร์โวไดรฟ์เวอร์ ว่าตอนนี้เซอร์โวมอเตอร์คลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร และระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไรแล้ว ด้วยสัญญาณของตัวเอนโค้ดเดอร์ที่อยู่ภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ ทำให้การเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง ตัวอย่างอุปกรณ์เซอร์โวมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.54

รูปที่ 2.54 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)
[ที่มา : http://chanaphinp.blogspot.com/]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar Machine) ได้เริ่มดำเนินการทำโครงงานตั้งแต่ศึกษาระบบการทำงาน ข้อจำกัดต่างๆ การออกแบบโครงสร้างทางกล การออกแบบวงจรไฟฟ้า การออกแบบวงจรนิวเมติกส์ รวมถึงประกอบเครื่องจักรและเขียนโปรแกรมลำดับการทำงานของเครื่องจักรที่ได้ดำเนินงาน หลังจากได้เขียนโปรแกรมสั่งงานเครื่องจักรแล้วจะเริ่มทำการทดสอบเครื่องจักรเพื่อเตรียมการนำไปติดตั้งไว้ในสายการผลิตต่อไป

3.1 วางแผนการดำเนินงาน

การดำเนินการจัดทำโครงงานต้องมีการวางแผนการดำเนินงานให้เป็นขั้นตอน และจัดสรรเวลาของแต่ละกระบวนการเพื่อให้สามารถดำเนินงานได้เป็นระบบ ตรงต่อเวลา โดยแผนงานที่ได้วางไว้เป็นช่วงเวลาดำเนินโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ในระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 แสดงแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Transfer Bar Machine Timeline

NO	DESCRIPTION	AUGUST				SEPTEMBER						OCTOBER					NOVEMBER			
		WEEK2	WEEK3	WEEK4	WEEK5	WEEK1	WEEK2	WEEK3	WEEK4	WEEK5	WEEK6	WEEK1	WEEK2	WEEK3	WEEK4	WEEK5	WEEK1	WEEK2	WEEK3	WEEK4
1	Planning																			
2	Data Collection																			
	Part & Sequence																			
	Cycle time																			
	ETC.																			
3	Mechanical																			
	Draw 3D for planning																			
	Design mechanic																			
	Checking and Order																			
	Assemble																			
4	Electrical																			
	Design electric circuit																			
	Checking and Order																			
	Assemble																			
5	PLC Programming & Touch screen																			
	Writing a Program																			
	Design Touch screen UI																			
	Checking I\O																			
6	Installation																			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรนั้นต้องทราบว่าเครื่องจักรที่กำลังจะออกแบบนั้นมีการทำงานอย่างไร ใช้เวลาในการทำงานเท่าไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักรที่กำลังจะออกแบบต่อไป หลักการนี้ยังรวมถึงการออกแบบวงจรไฟฟ้า และการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานอีกด้วย

3.2.1 ศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักร

การดำเนินการในโครงงานเครื่องรับส่งงานนี้ เป็นการดำเนินการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องจักรมาทดแทนของที่มีอยู่เดิม จึงต้องทำการศึกษาโครงสร้างเครื่องจักร หลักการทำงาน เพื่อทำให้ทราบว่าอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ในการทำงานอย่างไร มีข้อจำกัดหรือจุดที่สามารถต่อยอดได้อย่างไรบ้าง ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบทั้งโครงสร้างทางกล วงจรไฟฟ้า และโปรแกรมควบคุม

สำหรับการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุม จึงได้แบ่งโครงสร้างหรือส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. กลไกในการยก หรือแกน Y (Y Axis Part) คือ ส่วนที่ทำงานในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวเครื่องรับส่งชิ้นงานในการเคลื่อนที่ลงไปจับงาน และยกขึ้นเพื่อเคลื่อนย้ายต่อไป โดยกลไกในการยกนี้จะติดตั้งกับฐานของเครื่องจักรรับส่งชิ้นงาน และกลไกในการยกนี้ยังเป็นส่วนที่ติดตั้งกลไกในการเลื่อนอีกด้วย

2. กลไกในการเลื่อน หรือแกน X (X Axis Part) คือ ส่วนที่ทำงานในการเคลื่อนที่จากจุดทำงานหนึ่งไปสู่อีกจุดทำงานหนึ่ง หรือก็คือทำการย้ายตำแหน่งงานจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่ง กลไกในการเลื่อนนี้จะถูกติดตั้งกับกลไกการยก

3. ส่วนหยิบงาน (Suction) คือ ส่วนที่ทำการจับชิ้นงาน ทำงานโดยใช้ยางดูดสุญญากาศที่ต่อร่วมกับระบบนิวเมติกส์ทำการดูดยึดชิ้นงาน สำหรับจับชิ้นงาน ส่วนนี้จะติดตั้งกับกลไกในการเลื่อน

4. สถานี (Station) คือ เครื่องจักรต่างๆ ที่ทำหน้าที่ในการขึ้นรูปงาน เช่น เครื่องกลึงขอบงาน เครื่องปั๊มชิ้นงาน เป็นต้น เครื่องจักรเหล่านี้จะติดตั้งด้วยระยะจากจุดศูนย์กลางโมลด์ของแต่ละเครื่องเป็นค่าเท่ากันตลอดเป็นแนวไปตามตัวเครื่องจักรรับส่งชิ้นงาน

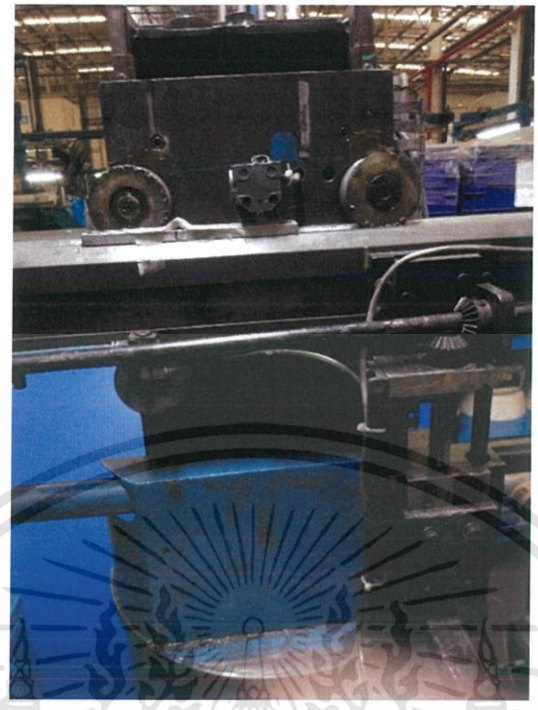
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพรวมโครงสร้างส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5

รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องรับส่งงาน

รูปที่ 3.2 โครงสร้างกลไกในการยก (Y Axis) ซึ่งติดตั้งกับฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



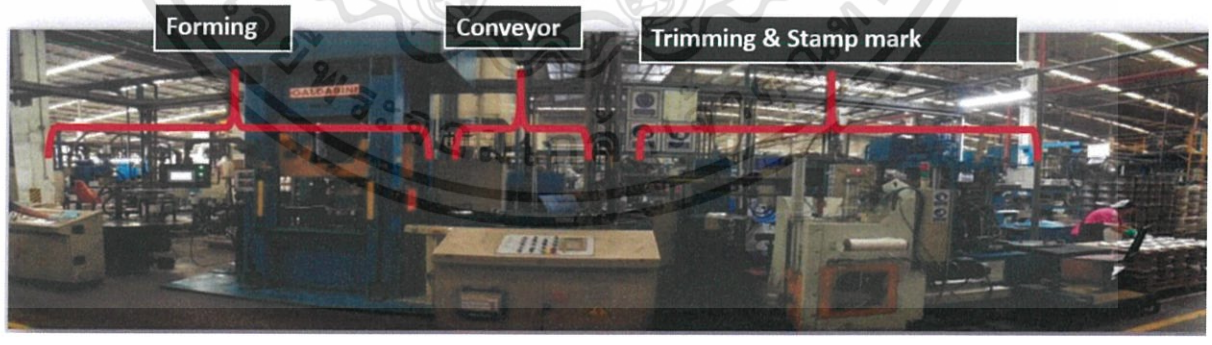
รูปที่ 3.3 โครงสร้างกลไกในการเลื่อน (X Axis)

รูปที่ 3.4 โครงสร้างส่วนจับชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 โครงสร้างตำแหน่งการติดตั้งของสถานีกับเครื่องรับส่งงาน

การศึกษาเครื่องจักรรับส่งงาน จำเป็นต้องศึกษาเครื่องจักรต่างๆ ที่ทำงานในสายการผลิตเดียวกับตัวเครื่องรับส่งงานเองด้วย โดยใน 1 สายการผลิตแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สายการผลิตที่เครื่องรับส่งงานติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน 1 สายการผลิต จะมีเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar) ติดตั้งอยู่ 2 เครื่อง เครื่องที่ 1 ติดตั้งบริเวณส่วนการขึ้นรูป (Forming) เครื่องที่ 2 ติดตั้งบริเวณส่วนของการกลึงขอบและประทับตราสินค้า (Trimming and Stamp Mark) ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของสายการผลิตนี้ โดยจะทำการยกตัวอย่างการทำงานบริเวณส่วนกลึงขอบและประทับตราดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การติดตั้งเครื่องรับส่งงานบริเวณส่วนของการกลึงขอบและประทับตราสินค้า

ในส่วนการกลึงขอบและประทับตราสินค้านี้ ตัวเครื่องจักรรับส่งงานมีการทำงานร่วมกับ 5 สถานี คือ

1. สถานีลำเลียงงาน (Conveyor)
2. สถานีตั้งศูนย์งาน (Centering)
3. สถานีกลึงขอบงาน (Trimming)
4. สถานีประทับตราสินค้า (Stamp Mark)
5. สถานีรับงาน (Out)

ในส่วนการกลึงขอบและประทับตราสินค้านี้ พบว่าในการทำงานของเครื่องรับส่งงาน จะทำการหยิบงานพร้อมกัน โดยใน 5 สถานีนี้ เครื่องรับส่งงานจะหยิบพร้อมกัน 4 สถานี แล้วเคลื่อนที่ไปวางในตำแหน่งของสถานีถัดไปจากสถานีเดิมที่ได้หยิบงาน นั่นทำให้เกิดข้อจำกัดอย่างหนึ่งของเครื่องรับส่งงานคือ หากสถานีใดยังมีเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่ ตัวเครื่องรับส่งงานจะไม่สามารถทำงานโดยการหยิบงานได้เลย โดยในบริเวณส่วนของการกลึงขอบและประทับตราสินค้านี้ ปัจจุบันไม่ได้ใช้งานในส่วนของสถานีประทับตราสินค้า ใช้งานแค่สถานีกลึงขอบงาน ซึ่งได้กลายเป็นคอขวด (Bottle Neck) ของระบบการผลิตในสายการผลิตนี้ ดังนั้นหากจะคำนวณระยะเวลาที่สายการผลิตนี้จะส่งมอบงานออกมา 1 ครั้ง จะใช้เวลาเท่ากับระยะเวลาการทำงานของคอขวดรวมกับระยะเวลาการทำงานของเครื่องรับส่งงานนั่นเอง

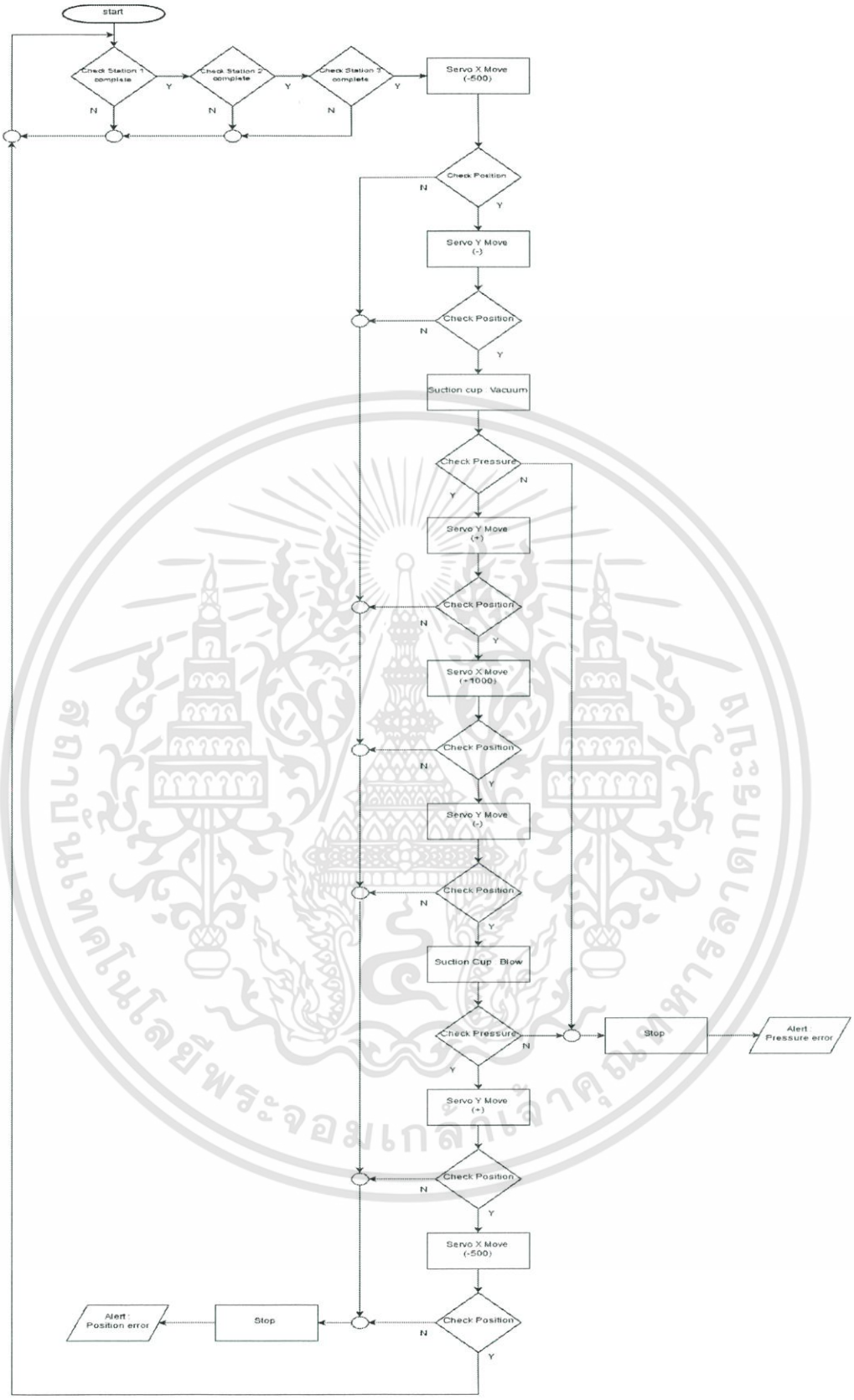
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโครงงานนี้ให้การสนใจไปที่เครื่องรับส่งงาน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาคอขวด จึงไม่ใช่เป้าหมายหลักของโครงงานนี้ ทำให้การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตในการดำเนินโครงงานนี้คือการออกแบบให้เครื่องรับส่งงานมีความเร็วในการทำงานที่น้อยลงกว่าเครื่องรับส่งงานเดิม

3.2.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องจักร

จากการศึกษาการทำงานของเครื่องรับส่งชิ้นงาน ทำให้ทราบถึงลำดับการทำงานของเครื่องจักรเพื่อนำไปออกแบบ และสามารถเขียน Flowchart ได้ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

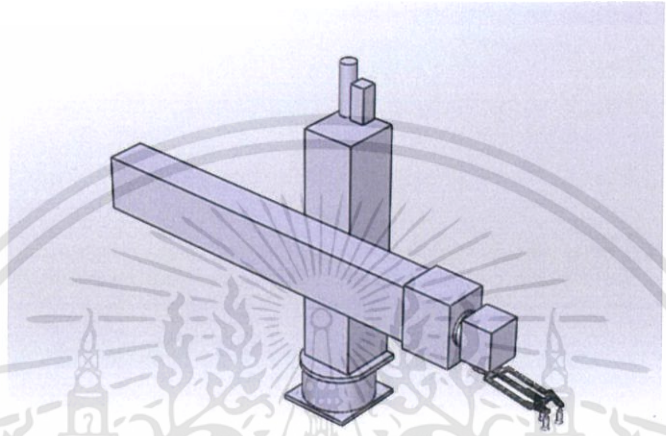


รูปที่ 3.8 ตัวอย่าง Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot)

จากการศึกษาโครงสร้างทางกลของเครื่องรับส่งงานเดิมนั้น ได้พบว่ารุ่นของงานที่สามารถทำงานได้ด้วยเครื่องจักรรับส่งงานนั้นมีจำกัด อันเนื่องมาจากปัจจัยทางโครงสร้างเดิม จึงได้ลองพิจารณาถึงการนำหุ่นยนต์เข้ามาติดตั้งเพื่อแก้ไขปัญหานี้ หุ่นยนต์ที่ได้นำมาศึกษาเป็นหุ่นยนต์ชนิด 5 แกน (5 Axis Robot) แสดงดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 หุ่นยนต์ 5 แกนที่ได้ศึกษา

รูปที่ 3.10 หุ่นยนต์ 5 แกนที่ได้ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโครงสร้างทางกล

โครงงานนี้เป็นการออกแบบเครื่องรับส่งชิ้นงานใหม่ โดยจะยึดหลักการทำงานให้เหมือนกับเครื่องที่มีอยู่แต่เดิม หลังจากที่ได้ศึกษาและพบข้อจำกัดต่างๆ ของเครื่องจักรเดิมแล้ว จึงทำการออกแบบชิ้นส่วน โครงสร้าง อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการสร้างเครื่องจักรรับส่งงานใหม่

นอกจากจะออกแบบเครื่องจักรใหม่เพื่อนำมาทดแทนเครื่องจักรเดิมแล้วนั้น จะต้องทำการเพิ่มประสิทธิ์ภาพต่างๆ หรือขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรให้มากกว่าเดิม เพิ่มการรับรับงาน เพิ่มความเร็วในการทำงาน เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งการเพิ่มขีดความสามารถเหล่านี้จะนำไปสู่เป้าหมายหลักนั่นคือ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตนั่นเอง

จากกลไกในการยก และกลไกในการเลื่อนของเครื่องจักรรับส่งงานดั้งเดิม จะพบว่ามีโครงสร้างทางกลที่ยากต่อการปรับปรุงหรือแก้ไข หลังจากได้ศึกษาถึงข้อได้เปรียบและขีดจำกัดต่างๆ พบว่าการใช้ระบบการเคลื่อนที่รูปแบบเดิม ซึ่งจะเคลื่อนที่เพียง 2 มิตินั้นจะใช้เวลาน้อยกว่าการนำหุ่นยนต์ 5 แกน ที่ได้ศึกษามาใช้งาน อีกทั้งยังประหยัดเนื้อที่ในสายการผลิตได้มากกว่า แต่อาจมีข้อจำกัดเรื่องรุ่นงานที่สามารถทำได้น้อยกว่าการติดตั้งหุ่นยนต์ เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงข้อจำกัดต่างๆ แล้ว จึงได้เปลี่ยนมาใช้เป็นหุ่นยนต์แกนเดี่ยวอย่างในรูปที่ 3.11 ในการเคลื่อนที่ของแต่ละกลไกแทนโครงสร้างทางกลเดิม ซึ่งการเปลี่ยนมาใช้หุ่นยนต์แกนเดี่ยวนี้จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ การทำงาน และความเร็วได้ดีกว่าเดิม รวมถึงยังสามารถที่จะควบคุมการทำงานผ่าน Operation Box ได้อีกด้วย

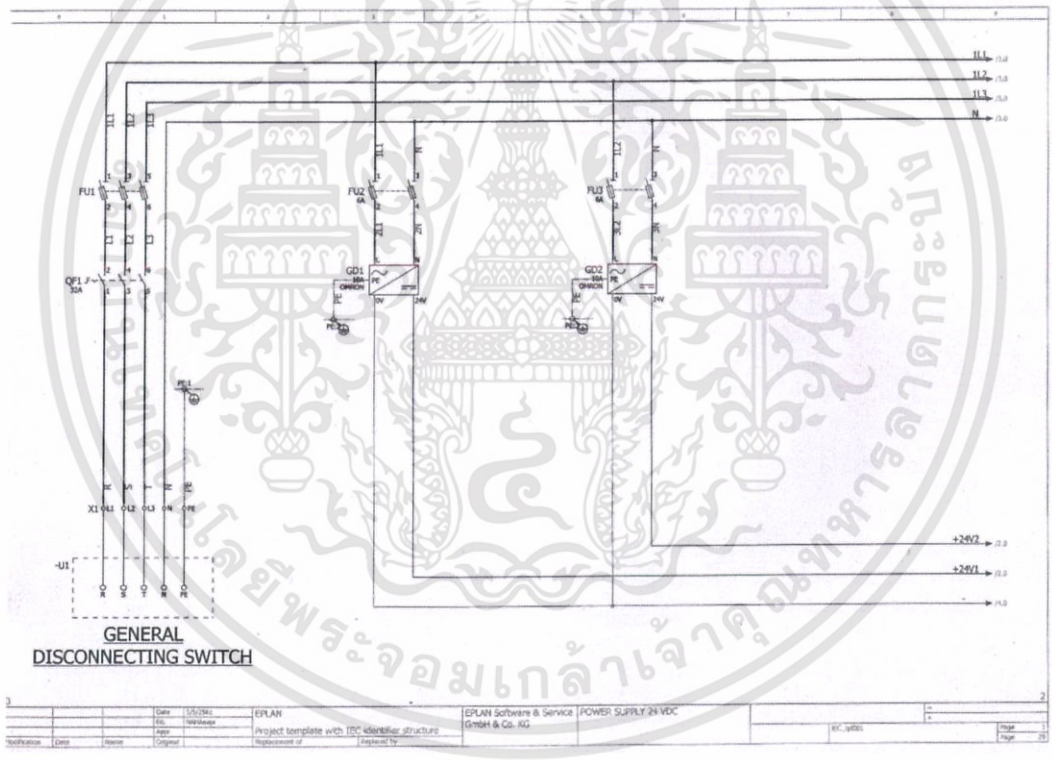
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหุ่นยนต์แกนเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้า

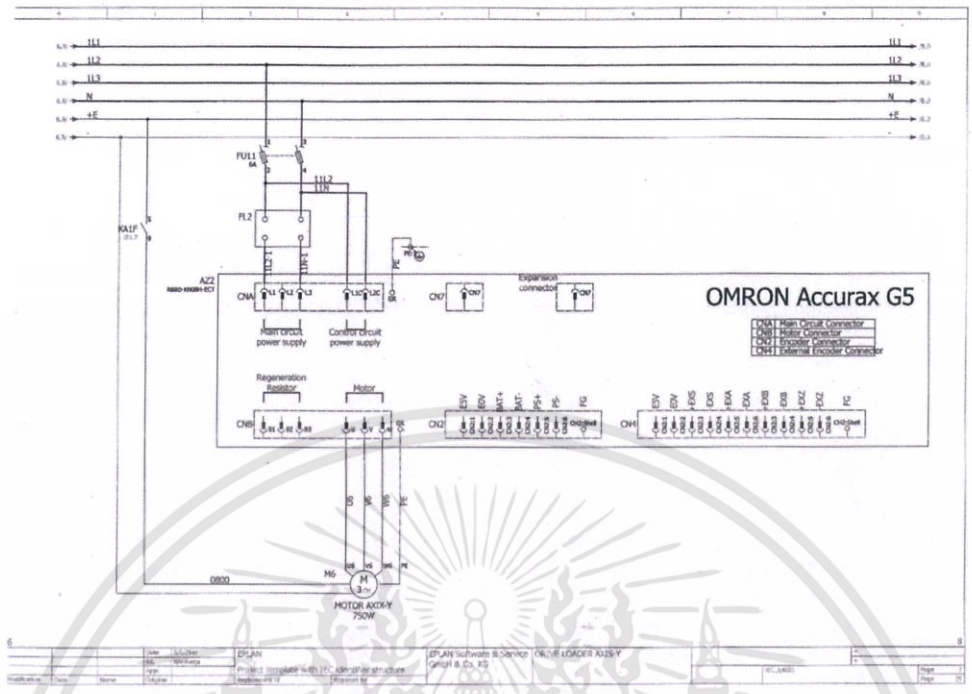
หลังจากได้รูปแบบการทำงานของกลไกโครงสร้างทางกลแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการออกแบบวงจรไฟฟ้า โดยวิเคราะห์จากกลไกทางกลที่ได้ออกแบบไว้ว่าจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใดบ้าง เพื่อให้เครื่องจักรที่ออกแบบนั้นทำงานได้ตามต้องการ การออกแบบวงจรไฟฟ้าจะใช้ Software สำหรับการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่มีชื่อว่า “Eplan” โดยตัวอย่างวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบเป็นดังรูปที่ 3.12

จากกลไกของเครื่องจักรที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งกลไกการยกหรือ แกน Y และกลไกการเลื่อนหรือแกน X จะใช้หุ่นยนต์แกนเดี่ยวเป็นกลไกในการทำงาน ซึ่งจะถูกประกอบร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์ที่มีความแม่นยำในการทำงาน โดยการต่อวงจรไฟฟ้าของเซอร์โวมอเตอร์กับระบบขับเคลื่อนเซอร์โวเป็นดังรู้ที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

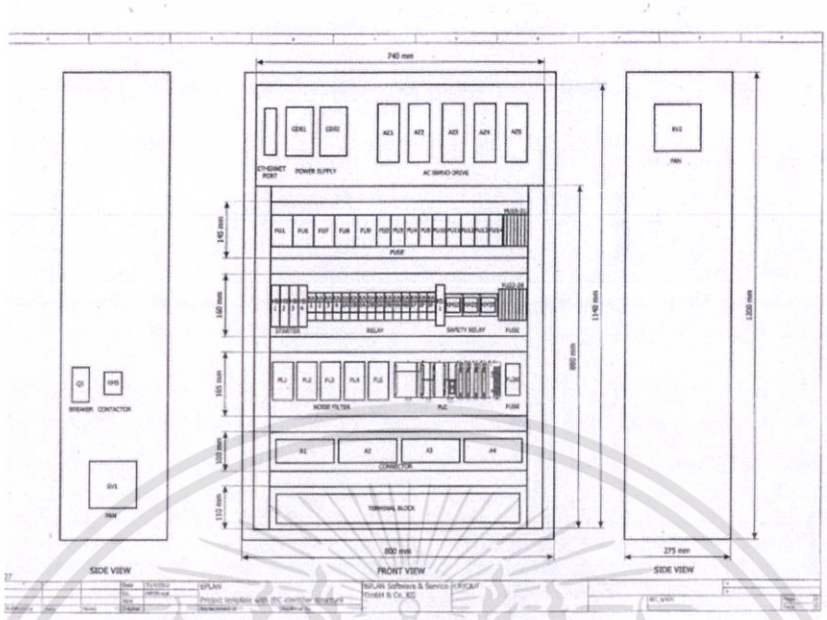


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการต่อระบบขับเคลื่อนเซอร์โวกับเซอร์โวมอเตอร์

3.5 การออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า

เมื่อได้ออกแบบวงจรไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ต่อมาคือ การออกแบบการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ในตู้ควบคุมไฟฟ้า อุปกรณ์จะต้องมีระยะห่างจากรางไฟ (Wire Duct) โดยรอบไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร เพื่อให้มีความสะดวกในการเข้าสายอุปกรณ์ สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิสูงควรจัดวางไว้ใกล้กับพัดลมระบายความร้อน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นชนิดเดียวกันควรจัดวางให้เป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าสายตามแบบและง่ายต่อการตรวจสอบและซ่อมบำรุง เทอร์มินอลสำหรับเข้าสายของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกนั้นจะต้องถูกจัดวางอยู่ด้านล่างสุดของตู้ควบคุมไฟฟ้า เพื่อความเป็นระเบียบและสะดวกต่อการเข้าสายไฟฟ้า แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



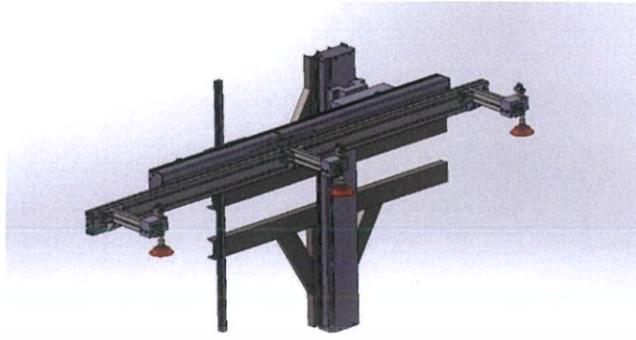
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า

3.6 ประกอบโครงสร้างเครื่องจักร

สำหรับการติดตั้งเครื่องจักร จะทำการประกอบตัวหุ่นยนต์แกนเดี่ยวเข้ากับฐานที่ถูกออกแบบขึ้นใหม่ จากนั้นทำการติดตั้งบาร์สำหรับติดตั้งจุดหยิบงานดังรูปที่ 3.15 และ 3.16

รูปที่ 3.15 การประกอบเครื่องจักรรับส่งชิ้นงานกับฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

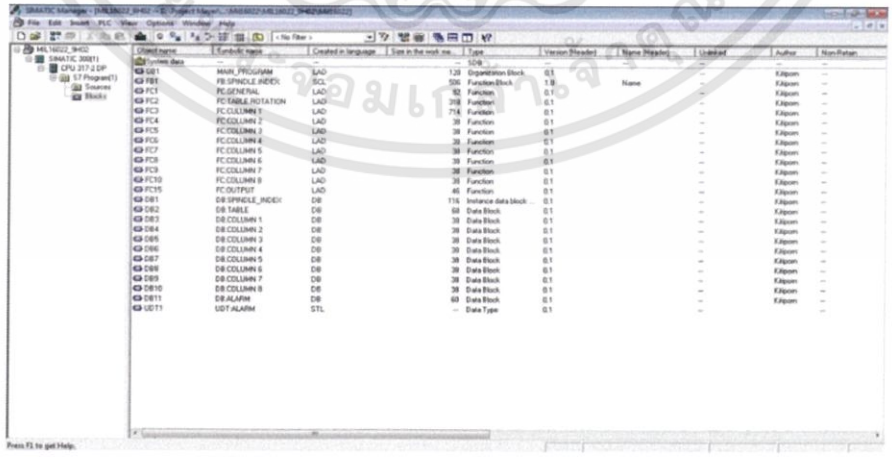


รูปที่ 3.16 การติดตั้งเครื่องจักรเข้ากับฐาน

3.7 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

หลังจากที่รู้ถึงลำดับการทำงานของเครื่องจักรดังรูปที่ 3.8 แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้มาเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อทำการควบคุมการทำงาน โดยการออกแบบโปรแกรมนี้จะเป็นการออกแบบโปรแกรมที่ควบคุมด้วย PLC โดยได้ใช้การเขียนแบบ Ladder Diagram เพื่อให้มีความง่ายต่อการออกแบบ, ตรวจสอบ และแก้ไขโปรแกรมในภายหลัง ซึ่งการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบ Ladder Diagram นี้เหมาะกับการทำงานแบบเป็นลำดับขั้นตอน

สำหรับการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน เนื่องจากตัวเครื่องจักรเดิม โปรแกรมที่ถูกเขียนลงไปใน PLC นั้นนอกจากจะควบคุมการทำงานของเครื่องรับส่งงานแล้ว ยังมีส่วนการทำงานของเครื่องจักรอื่นในสายการผลิตรวมอยู่ด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบ Input และ Output ที่ต่อเข้ากับ PLC เดิม ว่าต่อเข้ากับเครื่องจักรใด และมีหน้าที่อะไรบ้าง จากนั้นทำการออกแบบโปรแกรมขึ้นมาใหม่ ให้มีความสอดคล้องกับ Input และ Output เดิม



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างการออกแบบโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ออกแบบหน้าจอ Touch Screen (HMI)

สำหรับการควบคุมเครื่องจักรรับส่งงานสำหรับการสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรนั้นถูกเรียกว่า HMI การใช้ HMI ไม่ต้องการสายไฟเพื่อต่อเข้ากับปุ่มต่างๆ ในการสั่งงานเครื่องจักรโดยตรง เนื่องมาจากตัว HMI นี้จะทำหน้าที่สื่อสารกับโปรแกรม PLC ได้ ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงาน Address ใน PLC ผ่านการกดสั่งงานที่หน้าจอได้โดยตรง

สำหรับ Software ในการเขียน HMI ที่ใช้เชื่อมต่อกับ PLC จะต้องทำการเลือกใช้ Software ให้มีความเหมาะสมกับ Hardware ที่จะนำมาใช้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของการสื่อสารกันในแต่ละรุ่น โครงงานนี้ได้เลือกใช้ Software NB Designer คู่กับจอ NB7W

การเขียนโปรแกรมการควบคุม Touch Screen จะต้องกำหนดการสื่อสารว่าจะสื่อสารกันผ่านช่องทางใด และจะทำการสื่อสารกับ PLC รุ่นใด หลักจากนั้นจะทำการออกแบบการแสดงผลของหน้าจอ ซึ่งต้องออกแบบให้ออกมาให้มีความเหมาะสม และสะดวกต่อผู้ใช้งาน

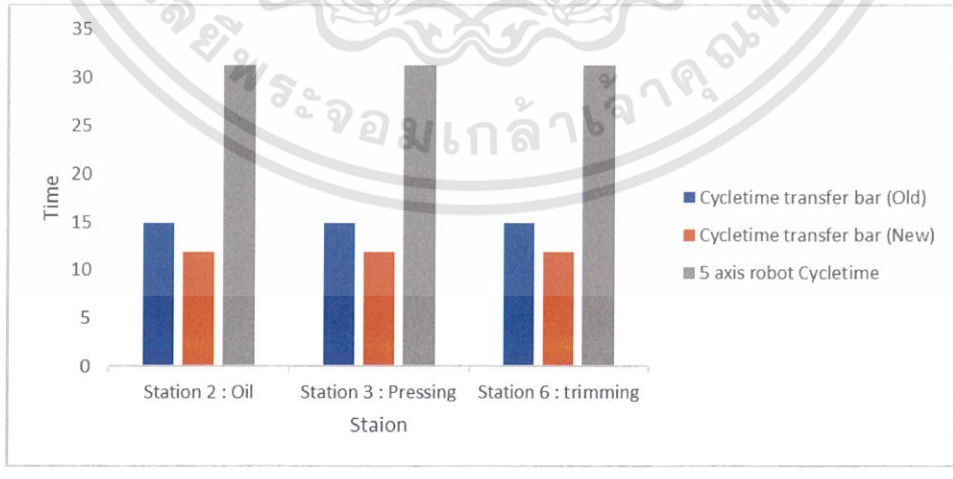
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ผลการดำเนินโครงงาน

สำหรับผลการดำเนินงานจะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือ หลังจากการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องรับส่งงาน ซึ่งได้มีวิธีการที่เลือกไว้ 2 วิธีคือ การออกแบบกลไกการรับส่งงานในรูปแบบเดิม กับการนำหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot) เข้ามาติดตั้ง พบว่าการออกแบบกลไกการรับส่งงานในรูปแบบเดิมจะมีข้อได้เปรียบมากกว่าการติดตั้งหุ่นยนต์ อันเนื่องมาจากการคำนวณระยะเวลาการทำงานที่จะเกิดขึ้นเมื่อติดตั้งเสร็จ พบว่าการใช้กลไกการรับส่งงานในรูปแบบเดิม โดยใช้หุ่นยนต์แกนเดี่ยว (Single Axis Robot) มาใช้ในการเคลื่อนที่นั้นจะใช้เวลาในการทำงาน 1 รอบการทำงานน้อยกว่าการติดตั้งหุ่นยนต์ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของงานที่เกิดจากกลไกการรับส่งงานรูปแบบเดิมนั้นเกิดขึ้นเพียง 2 มิติ คือ การยกขึ้น และเคลื่อนที่จากสถานีหนึ่งไปสู่อีกสถานีหนึ่งเป็นแนวเส้นตรง ต่างจากการเคลื่อนที่ของงานอันเนื่องมาจากการติดตั้งหุ่นยนต์ 5 แกน ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่เป็น 3 มิติ อีกทั้งการใช้หุ่นยนต์นี้ยังมีขีดจำกัดเรื่องจำนวนงานที่สามารถหยิบในการเคลื่อนที่ 1 ครั้ง ต่างจากกลไกรูปแบบเดิมที่สามารถหยิบงานได้พร้อมๆ กัน จึงทำให้ได้เลือกใช้รูปแบบกลไกการรับส่งงานเป็นรูปแบบเดิม ดังกราฟในรูปที่ 4.1 ที่แสดงถึงระยะเวลาของการทำงาน 1 รอบในแต่ละกลไกการทำงาน เทียบกับระยะเวลาการทำงาน 1 รอบของเครื่องรับส่งงานเดิม



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานในแต่ละสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบเครื่องรับส่งงานใหม่นั้นได้คำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร นอกจากจะมีระยะเวลาการทำงานที่น้อยลงแล้ว ด้วยการใช้หุ่นยนต์แกนเดี่ยว (Single Axis Robot) ทำให้สายการผลิตสามารถรองรับงานที่มีขนาดต่างจากเดิมได้มากขึ้น เนื่องจากระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องรับส่งงานนั้นขึ้นอยู่กับระยะการทำงานของหุ่นยนต์แกนเดี่ยว (Single Axis Robot) ทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่าเครื่องจักรเดิม อาจจะไม่สามารถรองรับงานที่มีความสูง ต้องการพื้นที่ในการเคลื่อนย้ายงานมากๆ ได้เท่ากับการติดตั้งหุ่นยนต์ 5 แกน (5 Axis Robot) แต่หากพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่น เช่น พื้นที่ของสายการผลิตที่เครื่องรับส่งงานได้ติดตั้ง หรือขนาดของเครื่องจักรในแต่ละสถานี แรงอัดขึ้นรูปสูงสุดที่เครื่องอัดขึ้นรูปไฮดรอลิกในสายการผลิตสามารถดำเนินงานได้แล้วนั้นก็ถือว่ามีความเหมาะสมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบเครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar) ซึ่งมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีในสายการผลิต โดยเป็นการออกแบบเครื่องรับส่งงานเพื่อมาทดแทนเครื่องรับส่งงานเดิม และยังต้องเพิ่มขีดความสามารถจากเดิมให้สูงขึ้นด้วย เป้าหมายในการเพิ่มขีดความสามารถนี้คือ ต้องทำให้เครื่องรับส่งงานมีเวลาในการทำงานที่น้อยลงจากเครื่องเดิม รวมถึงสามารถรองรับงานได้หลายหลายรุ่น

จากการทำโครงงานเรื่อง เครื่องรับส่งงาน (Transfer Bar) การออกแบบได้รับการอนุมัติ ทำให้สามารถสั่งซื้ออุปกรณ์ทั้งในส่วนของโครงสร้าง อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อการประกอบเครื่องจักรแล้วติดตั้งในสายการผลิตเพื่อทดสอบการทำงานต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนของการออกแบบเครื่องจักร จำเป็นต้องมีการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ออกแบบทางไฟฟ้า และผู้ออกแบบทางเครื่องกล เนื่องจากจะต้องมีการสื่อสารงานให้เข้าใจเพื่อให้งานมีความสอดคล้องกัน ป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

2. ในการออกแบบทางกล จำเป็นต้องมีการคำนวณภาระที่จะเกิดขึ้น จึงต้องมีการเลือกอุปกรณ์ที่สามารถรองรับภาระและคำนวณให้มีค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมกับงาน

3. ในการทำงานในองค์กรจำเป็นต้องทำงานร่วมกับผู้อื่น อาจมีการต้องทำงานกับผู้อื่น ซึ่งไม่ใช่งานของตัวเอง การวางแผน และการจัดสรรเวลาจึงเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานในองค์กรต่างๆ

4. สำหรับการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ นั้นจะมีวันเวลาที่แตกต่างกันออกไป จำเป็นต้องวางแผนในการสั่งซื้ออุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกัน เพื่อที่จะประหยัดเวลาในการดำเนินงานและป้องการการสูญเสียอันไม่พึงประสงค์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น

5. ก่อนการทำงานโครงงานจำเป็นต้องศึกษาถึงสิ่งต่างๆ ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ รวมไปถึงรายละเอียดปลีกย่อยทีมีผลต่อการออกแบบ เพื่อสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวางแผนในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและตรงต่อเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **หลักการเขียนแบบวงจรควบคุม** (Online). Available: http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation06.pdf

[2] **สัญลักษณ์และวงจรในการควบคุม** (Online). Available: http://www.thaigoodview.com/library/contest1/tech04/54/sara012.html

[3] **มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction motor)** (Online). Available: http://motor.lpc.rmutl.ac.th/module8/motor.html

[4] **โฟโต้อิเล็กทริค เซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensor)** (Online). Available: https://mall.factomart.com/what-is-photoelectric-sensor/

[5] **อุปกรณ์นิวเมติกส์** (Online). Available: http://นิวเมติกส์.com/บทความนิวเมติกส์/256-pneumatic-component-อุปกรณ์นิวเมติกส์.html

[6] **อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวเมติกส์** (Online). Available: http://www.mtcontrol.com/mtcontrol/UserFiles/File/automation/Automation02.pdf

[7] **PLC (Programmable Logic Controller)** (Online). Available: http://www.star-circuit.com/article/PLC.html

[8] **ภาษาที่ใช้ในการเขียน PLC** (Online). Available: https://sites.google.com/site/nattawutjanmanee/home/phasa-thi-chi-ni-kar-kheiyn-porkaerm-plc

[9] **HMI Programming** (Online). Available: http://www.softwaretoolbox.com/instrumentationopc/Support/Documentation/Build_an_HMI/build_an_hmi.html

[10] **มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Induction motor)** (Online). Available: https://sites.google.com/site/nattadech5510122526011/home/mxtexr-fifa-khux-xari/hlak-kar-thangan-khxng-mxtexr/mxtexr-chnid-tang/mxtexr-fifakrasae-slab-ac-alternating-current-motor-hrux-xe-si-mxtexr/mxtexr-fifakrasae-slab-3fes

[12] **Profibus Technology** (Online). Available: http://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย นภัทร กฤษณคุปต์
วัน เดือน ปีเกิด	16 กันยายน พุทธศักราช 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	66/16 ซ.เพชรเกษม108 แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160
เบอร์โทรศัพท์	097-1428415
E-mail	Napad639@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	
พุทธศักราช 2547-2552	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จาก โรงเรียนวีรสุนทร
พุทธศักราช 2553-2555	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
พุทธศักราช 2556-2558	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลายจาก โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
พุทธศักราช 2559-2562	ศึกษาระดับอุดมศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	
พุทธศักราช 2560	ฝึกงานและเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไมย์เออร์ อินดัสตรีส์ จำกัด ในแผนก Automation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้