สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แขนกลอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี

AUTOMATIC ROBOTIC ARM CONTROL BY PLC

T119378

สมชาย อุระดา
สุนทร พละศักดิ์
อมรเทพ วงศ์ทิลาศ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119378
วัน,เดือน,ปี - 7 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ROBOTIC ARM CONTROL BY PLC

Somchai Urada

Sunthon Palasak

Amorntep Wongtalad

THIS THESIS IS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ[illegible] ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แขนกลอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี

AUTOMATIC ROBOTIC ARM CONTROL BY PLC

ผู้จัดทำ นายสมชาย อุระดา 50011623

นายสุนทร พละศักดิ์ 50011724

นายอมรเทพ วงค์ตลาด 50011876

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สุเธียร เกียรติสุนทร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนกลอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี

โดย

นายสมชาย อุระดา 50011623

นายสุนทร พละศักดิ์ 50011724

นายอมรเทพ วงค์ตลาด 50011876

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ สุเธียร เกียรติสุนทร

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นนำเสนอการออกแบบแขนกลอัตโนมัติสำหรับงานหยิบจับและเคลื่อนย้ายชิ้นงานขนาดเล็ก โดยมีพีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานร่วมกับระบบนิวเมติกส์และใช้ภาษาแลดเดอร์เป็นตัวกำหนดขั้นตอนการทำงาน ในการเคลื่อนที่ของแขนกลจะใช้การชักเข้าชักออกของกระบอกสูบในการเคลื่อนที่ และระยะเคลื่อนที่ของกระบอกสูบได้ใช้สวิตช์แม่เหล็กและพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ ในการกำหนดระยะการเคลื่อนที่และตำแหน่งของชิ้นงาน หลักการทำงานของแขนกลนั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการจับชิ้นงานจากฐานวางชิ้นในระนาบ y โดยกระบอกสูบ A แล้วเลื่อนขึ้นและกระบอกสูบ B จะชักออกชิ้นงานไปในแนว x และเมื่อเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ต้องการวาง กระบอกสูบ A จะชักออกเพื่อวางชิ้นงานที่ตำแหน่งเป้าหมายแล้วจึงชักกลับในระยะการชักเข้าออกของกระบอกสูบจะใช้สวิตช์แม่เหล็กเป็นตัวตรวจสอบและกำหนดระยะและส่วนที่สองจะเป็นการดันชิ้นงานโดยกระบอกสูบ C เพื่อเลื่อนชิ้นงานไปเก็บไว้แล้วชักกลับเป็นการเสร็จสิ้นการทำงานในหนึ่งรอบ ในการทำงานทั้งระบบควบคุมด้วยพีแอลซี ซึ่งการโปรแกรมไม่ยุ่งยากและแก้ไขปรับปรุงได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ROBOTIC ARM CONTROL BY PLC

By

Mr. Somchai Urada

Mr. Sunthon Palasuk

Mr.Amorntep Wongtalad

Advisor

Assoc.prof.Suthian Kiatsunthorn

Academic Year 2010

ABSTRACT

This thesis is proposed a design of Automatic robotic arm control by PLC. PLC is a main controller cooperates with pneumatic system by used ladder diagram to keep sequence. Movement of the robotic arm is used to draw out the seizure of the cylinder in motion and term movement of the cylinder and use magnetic switch (reed switch) and proximity sensor in the range of motion and position of the work piece. Principle of the robot consists of two parts: the first part of the catch base piece placed in the plane y A, and then move up the cylinder and cylinder B to draw the work piece along the x and moving the location to place the cylinder A will draw out to place a piece of target location, and then drew back. Term seizure out of the cylinder is used as a magnetic switch and checks the distance and the second part will push the cylinder C to move the pieces to the store and then drew back to the faithful completion of the work cycle. Operating system controlled by PLC. This program is not complicated and easy to improve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ.สุเธียร เกียรติสุนทร ที่ให้ความกรุณาและคอยให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆที่ดีมาโดยตลอดในการจัดทำโครงงาน รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นและความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ที่คอยสอบถามและให้คำแนะนำที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ทำโครงงาน ตลอดจนอำนวยความสะดวกจนงานสำเร็จ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ

ขอขอบคุณ เพื่อนๆทั้งภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและแมคคาทรอนิกส์ ที่คอยให้กำลังใจและสอบถามความคืบหน้าอยู่เสมอ และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ขาดเหลือ จนงานสำเร็จ

และท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่รักและเคารพ ที่คอยสนับสนุนให้โอกาสในการศึกษามาโดยตลอด และคอยให้กำลังใจที่ดีเสมอมาจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาที่รักและเคารพยิ่ง ครูอาจารย์ที่เคารพ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

นายสมชาย อุระดา

นายสุนทร พละศักดิ์

นายอมรเทพ วงค์ตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	2
1.3 หลักการทำงานและขั้นตอนของระบบ	2
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบนิวเมติกส์	3
2.1.1 คุณสมบัติของนิวเมติกส์เมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอลิกส์	4
2.1.2 การเปรียบเทียบระบบนิวเมติกส์กับระบบการทำงานอื่นๆ	5
2.1.3 กฎเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์	6
2.1.4 ระบบนิวเมติกส์ในงานอุตสาหกรรม	9
2.1.4.1 ส่วนประกอบของระบบนิวเมติกส์	10
2.1.5 การควบคุมระบบนิวเมติกส์	11
2.1.5.1 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยลม	11
2.1.5.2 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า	12
2.1.5.3 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย PLC	13
2.1.5.4 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย Microcontroller	14
2.1.6 สัญลักษณ์ในระบบนิวเมติกส์	14
2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบของหุ่นยนต์	18
2.2.1 กระบอกสูบทำงานสองทาง (Double – acting cylinder)	18
2.2.2 วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้าหรือโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valves)	19
2.2.2.1 วาล์ว 3/2 ปกติปิด(3/2 way single solenoid valve)	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.2.2 วาล์ว 5/2 (5/2 way double solenoid valve, pilot controlled)	21
2.2.3 รีดสวิตซ์ (Reed switch) หรือสวิตซ์แม่เหล็ก (Magnetic switch)	22
2.2.4 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity sensor)	23
2.2.4.1 ประเภทของพร็อกซิมิตี้	24
2.2.5 อุปกรณ์จับยึดด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum generator)	25
2.3 พีแอลซี (PLC)	26
2.3.1 หลักการทำงานของ PLC	26
2.3.1.1 การควบคุมงานของ PLC	26
2.3.2 ความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ทั่วไปกับ PLC	27
2.3.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC	27
2.3.3.1 ตัวประมวลผล (CPU)	28
2.3.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)	28
2.3.3.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)	28
2.2.3.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	30
2.2.3.5 อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)	30
2.3.4 คุณสมบัติของ PLC รุ่น CPM1A ของ (OMRON)	31
2.3.5 การใช้โปรแกรม PLC	32
2.3.6 ความสามารถของ PLC	32
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างลักษณะการทำงานและสร้างชิ้นงาน	34
3.1 การออกแบบโครงสร้าง	34
3.2 การออกแบบลักษณะการทำงาน	37
ตารางอุปกรณ์	38
Timing diagram	39
Flow chart	40
3.3 ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้ากับโครงสร้าง	41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 การทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน โดยทดสอบที่ความดันลมต่างๆกัน	48
4.2 การทดสอบการทำงานแบบ Automatic ให้ทำงานในเวลา 1 นาที	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทำงานวิจัยและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนา	51
5.1 บทสรุป	51
5.2 ปัญหาที่พบในการทำงานวิจัย	51
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป	52
ภาคผนวก	53
การเขียนโปรแกรม (Ladder diagram)	54
การป้อนโปรแกรมในการควบคุม	64
เอกสารอ้างอิง	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ	5
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ	6
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน	8
ตารางที่ 2.3 หน่วยต่างๆในระบบนิวเมติกส์	9
ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์	15
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์	16
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์	17
ตารางที่ 3.1 ตารางอุปกรณ์	38
ตารางที่ 4.1 ทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน ที่ความดันลมต่างๆกัน	48
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน ที่ความดันลมต่างๆกัน	49
ตารางที่ 4.2 การทดสอบทำงานแบบ Automatic ในเวลา 1 นาที	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 การอ่านค่าระดับความดันต่างๆ	7
รูปที่ 2.2 แสดงระบบนิวเมติกส์	9
รูปที่ 2.3 แสดงอุปกรณ์ควบคุมระบบนิวเมติกส์	11
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรควบคุมนิวเมติกส์ด้วยลม	12
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรควบคุมนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า	13
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรควบคุมนิวเมติกส์ด้วย PLC	14
รูปที่ 2.7 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทาง	18
รูปที่ 2.8 กระบอกสูบทำงานสองทางที่ใช้ในโครงงาน	19
รูปที่ 2.9 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง	20
รูปที่ 2.10 วาล์ว 3/2 ที่ใช้ในโครงงาน	20
รูปที่ 2.11 แสดงวาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย	21
รูปที่ 2.12 วาล์ว 5/2 ที่ใช้ในโครงงาน	22
รูปที่ 2.13 โครงสร้างและการทำงานของรีดสวิตซ์	22
รูปที่ 2.14 รีดสวิตซ์ ที่ใช้ในโครงงาน	23
รูปที่ 2.15 แสดงพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์	25
รูปที่ 2.16 อุปกรณ์จับยึดด้วยระบบสุญญากาศ	25
รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างทั่วไปของ PLC	27
รูปที่ 2.18 แสดงอุปกรณ์อินพุต	29
รูปที่ 2.19 แสดงอุปกรณ์เอาต์พุต	29
รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของ PLC	30
รูปที่ 3.1 ฐานของหุ่นยนต์จับเคลื่อนย้ายชิ้นงาน	34
รูปที่ 3.2 โครงสร้างด้านบนของหุ่นยนต์จับเคลื่อนย้ายชิ้นงาน	35
รูปที่ 3.3 ตัวป้อนชิ้นงาน	35
รูปที่ 3.4 ฐานพักชิ้นงาน	36
รูปที่ 3.5 ส่วนการทำงานในการจับชิ้นงาน	36
รูปที่ 3.6 สัญลักษณ์กระบอกสูบและอินพุต เอาต์พุต	37
รูปที่ 3.7 Timing diagram	39
รูปที่ 3.8 Flow chart	40

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.9 รูปหุ่นยนต์โดยรวม	41
รูปที่ 3.10 รูปตำแหน่งของโซลินอยด์	42
รูปที่ 3.11 รูปตำแหน่งของสวิตส์แม่เหล็ก	42
รูปที่ 3.12 รูปตำแหน่งของพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์	43
รูปที่ 3.13 รูปตำแหน่งของ PLC	44
รูปที่ 3.14 รูปกล่องควบคุม	44
รูปที่ 3.15 รูปกระบอกสูบ	45
รูปที่ 3.16 รูปวาล์วควบคุมทิศทาง	45
รูปที่ 3.17 รูปเครื่องอัดลม	46
รูปที่ 3.18 รูปชุดควบคุมคุณภาพลมอัด	47
รูปที่ 5.1 รูปชุดควบคุมคุณภาพลมอัด	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราอย่างมากไม่ว่าจะเป็นเครื่องใช้ต่างๆ เช่น รถยนต์ โทรศัพท์ วิทยุ คอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์ ฯลฯ ซึ่งนับวันก็ยิ่งมีการพัฒนาอุปกรณ์เหล่านี้ให้สะดวกต่อการใช้งานของเราด้วยการเพิ่มฟังก์ชั่นต่างๆเข้าไป ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีการทำงานซับซ้อน มีสมองกลสามารถคิดตัดสินใจด้วยตัวเอง

ในงานอุตสาหกรรมนิยมใช้หุ่นยนต์แขนกลกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากหุ่นยนต์มีขอบเขตการทำงานมากกว่าที่มนุษย์จะสามารถทำได้ในหลายๆด้าน เช่นทำงานในบริเวณเสี่ยงกับวัตถุอันตราย สารเคมีหรือชิ้นงานขนาดเล็ก หรือบริเวณที่เสียงดังที่ต้องทำงานต่อเนื่องที่มีผลเสี่ยงต่อร่างกายมนุษย์ ในลักษณะงานที่ทำงานซ้ำๆกลับไปกลับมา เช่นการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน เป็นต้น เพื่อป้องกันการสูญเสียอวัยวะที่สำคัญ ช่วยเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพ คุณภาพ ความเที่ยงตรงและความแน่นอนของผลผลิต ซึ่งในปัจจุบันแขนกลที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมจะมีขนาดใหญ่ และมีราคาสูง มีหลากหลายรูปแบบตามลักษณะการทำงาน มีการใช้ตัวควบคุมตามความเหมาะสมกับลักษณะการทำงาน

ดังนั้นในปริญญานิพนธ์นี้จึงจัดทำหุ่นยนต์แขนกลสำหรับเคลื่อนย้ายชิ้นงานขนาดเล็ก เป็นการทำงานด้วยระบบลมอัดหรือระบบนิวเมติกส์ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากระบบนิวเมติกส์มีลักษณะโครงสร้างที่ง่าย มีความปลอดภัยในการทำงานสูง การทำงานมีอุณหภูมิต่ำ การบำรุงรักษาง่ายควบคุมง่าย อุปกรณ์ราคาถูกกว่าระบบอื่น ในการออกแบบหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติควบคุมระบบด้วยพีแอลซี ซึ่งช่วยให้เกิดความแม่นยำและรวดเร็วในการทำงาน เป็นตัวควบคุมที่ใช้งานได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ปรับแก้ได้ง่าย เหมาะสำหรับควบคุมงานในระบบนิวเมติกส์ โดยที่พีแอลซีจะทำการสั่งงานควบคุมเปิดปิดวาล์วลมที่ตำแหน่งต่างๆและทำงานสัมพันธ์ร่วมกับ พร็อกซิมิตี้ เซนเซอร์และสวิตซ์แม่เหล็ก สำหรับตรวจสอบตำแหน่งของกระบอกสูบเพื่อควบคุมกระบอกสูบแต่ละตัวให้การชักเข้าชักออกตามโปรแกรม ซึ่งกระบอกสูบแต่ละตัวจะทำงานตามลำดับขั้นตอนที่โปรแกรมด้วยพีแอลซี โดยมีการเคลื่อนที่เพียง 2 แกนนั้นคือ เคลื่อนที่ในแนวดิ่งขึ้นและลงเพื่อจับชิ้นงานยกขึ้น และเคลื่อนย้ายไปตามแนวระนาบเพื่อเลื่อนชิ้นงานไปวาง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ผลที่ได้จากการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อจับวางชิ้นงานในสายการผลิตเพื่อประหยัดเวลาและแรงงานของมนุษย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและการออกแบบแขนกลอัตโนมัติควบคุมด้วย พีแอลซี
2. เพื่อศึกษาออกแบบระบบนิวเมติกส์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้พีแอลซีควบคุมการเคลื่อนที่ตามต้องการ
3. เพื่อศึกษาออกแบบโครงสร้างแมคคานิกส์ให้เหมาะสมกับงาน
4. เนื่องจากระบบควบคุมด้วยพีแอลซี มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ผู้จัดทำจึงอยากเรียนรู้เกี่ยวกับงานที่ใช้ระบบพีแอลซีควบคุม เพื่อเป็นความรู้และประสบการณ์ในการทำงานต่อไป

1.3 หลักการทำงานและขั้นตอนของระบบ

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและการออกแบบแขนกลจับชิ้นงาน
2. เพื่อศึกษาและออกแบบระบบนิวเมติกส์และอุปกรณ์ต่างๆ กำหนดอินพุต เอาท์พุต ที่ควบคุมด้วยพีแอลซี
3. เขียนโปรแกรมพีแอลซีควบคุมการทำงานตามที่ออกแบบระบบ
4. ทดลองการทำงานจริง แก้ไขปรับปรุง และสรุปผล

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บท โดยมีรายระเอียดของแต่ละบทดังนี้

บทที่ 1 บทนำเป็นการกล่าวนำ วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์ หลักการทำงานและขั้นตอนของระบบ พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ในแต่ละบท

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นและโครงสร้างของระบบนิวเมติกส์รายละเอียดการควบคุม รวมถึงการใช้งานพีแอลซี

บทที่ 3 การปฏิบัติงาน การออกแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ และการออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซีโดยรวมทั้งหมด

บทที่ 4 การทดสอบงานจริง โดยการตรวจสอบเวลาการทำงานครบ 1 รอบ และทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานแบบต่อเนื่อง

บทที่ 5 สรุปผลการทำงานและข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบนิวเมติกส์

นับเป็นเวลานานแล้วที่มนุษย์รู้จักการนำเอาลมอัดมาใช้งานให้เป็นประโยชน์โดยที่ใช้แรงดันนี้มาดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ในกระบอกสูบได้ผลออกมาจะได้กำลังงานจากลูกสูบมากขึ้น หลักการนี้ได้มาจากการนำเอาความคิดจากการใช้ไม้ซาง สำหรับเป่าลูกดอกเพื่อการล่าสัตว์ การต่อสู้ป้องกันตัว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนานำเอาลมอัดมาใช้งานอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากเช่น เครื่องจักรในการประกอบในงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรในการบรรจุหีบห่อ เครื่องจักรในการขนย้ายวัสดุ เครื่องพิมพ์ และเครื่องมือเครื่องจักรอื่นๆอีกมากมาย

เหตุผลที่มีการนำลมอัดมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมที่เป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นการประหยัดแรงงานโครงสร้างของอุปกรณ์บังคับทิศทางลมอัดแบบง่ายๆ มีความปลอดภัยในการทำงานสูงเพราะมีอุณหภูมิต่ำ เครื่องจักรที่ใช้พลังงานลมอัดยังง่ายต่อการดัดแปลง เช่นสามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในการบังคับจากระยะไกลๆได้ เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทันสมัย ในปัจจุบันระบบลมอัดที่ได้พัฒนามาใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงได้ผลเป็นอย่างมาก ส่วนมากจะเรียกระบบลมอัดนี้ว่า นิวเมติกส์

สาเหตุสำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวเมติกส์มาใช้ในงานอุตสาหกรรมเนื่องมาจาก

1. ระบบนิวเมติกส์ที่ใช้งานทั่วไปไม่มีการระเบิดหรือลุกไหม้เป็นเปลวไฟจึงประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการป้องกันความปลอดภัย
2. ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ระบบนิวเมติกส์ให้ความเร็วในการทำงานสูง 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาทีแต่ถ้าต้องการความเร็วสูงมากกว่านี้จะต้องใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษ ซึ่งมีความเร็วถึง 10 เมตรต่อวินาที
3. ระบบนิวเมติกส์เมื่อใช้งานแล้วระบายทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศเลยไม่ต้องเดินท่อทางนำกลับมาใช้อีกทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
4. ระบบนิวเมติกส์สามารถนำลมอัดที่อัดตัวแล้วไว้ในถังและนำไปใช้งานได้เลย
5. อุปกรณ์ใชงานในระบบนิวเมติกส์มีความปลอดภัยหากใช้งานเกินกำลัง
6. ระบบนิวเมติกส์สามารถปรับความเร็วในการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วและสามารถทำให้รอบในการทำงานสูงถึง 800 รอบต่อนาที
7. สามารถปรับความดันลมอัดให้มีค่ามากน้อยได้ตามต้องการ โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน
8. ความสะอาดของระบบนิวเมติกส์ดีมากเพราะมีชุดปรับปรุงคุณภาพลมก่อนนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ระยะชักของก้านสูบสามารถปรับแต่งระยะชักให้สั้นหรือยาวได้ตามความต้องการ

10. สามารถทำงานได้ที่ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิ

จะเห็นได้ว่าระบบนิวเมติกส์มีข้อดีอยู่หลายประการแต่ในขณะเดียวกันระบบนิวเมติกส์ก็มีข้อเสียอยู่ดังนี้

1. ในโรงงานอุตสาหกรรมบางครั้งมีการเพิ่มอุปกรณ์นิวเมติกส์เข้ามาในวงจรโดยไม่คำนึงถึงความสามารถของเครื่องอัดลมซึ่งอาจจะทำให้เครื่องจักรทำงานคลาดเคลื่อนได้และในบางครั้งถ้ากระบอกสูบอยู่ห่างจากอุปกรณ์ควบคุมเกินกว่า 5 เมตรจะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานของกระบอกสูบ

2. ลมที่ได้จากการอัดตัวในในระบบนิวเมติกส์จะมีความชื้นปนอยู่และเมื่อความดันลดลงจะทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นได้

3. การทำงานของระบบนิวเมติกส์มักจะมีเสียงดังเพราะจะต้องมีการระบายลมทิ้งเนื่องจากลมที่ทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศ จึงจำเป็นต้องมีที่เก็บเสียง

4. ความดันของลมอัดในระบบนิวเมติกส์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงความดันก็จะสูง ถ้าอุณหภูมิต่ำความดันก็จะต่ำลงด้วย

5. ถ้าต้องการแรงในการใช้งานมากเส้นผ่าศูนย์กลางในกระบอกสูบจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตขึ้นเพื่อที่จะให้แรงได้ตามความต้องการ ซึ่งกระบอกสูบในระบบนิวเมติกส์จะมีขีดจำกัดอยู่

2.1.1 คุณสมบัติของนิวเมติกส์เมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอลิกส์

เนื่องจากระบบนิวเมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์มีความสัมพันธ์ซึ่งเป็นลักษณะของพลังงานของไหลเหมือนกันเมื่อนำเอาระบบนิวเมติกส์เปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกส์จะมีข้อแตกต่างกันดังนี้

1. ความดันใช้งานของลมอัดในระบบนิวเมติกส์มีค่าอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 บาร์ แต่ถ้าต้องการความดันใช้งานสูงกว่านี้ก็ได้แต่ไม่เกิน 10 บาร์ซึ่งน้อยกว่าความดันใช้งานของระบบไฮดรอลิกส์มาก จึงเหมาะสมกับการใช้งานเบาๆเท่านั้น

2. ลมอัดมีการยุบตัวมากกว่าน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ดังนั้นเมื่อมีการหยุดค้างตำแหน่งในระหว่างระยะชักจึงไม่ดีเท่าที่ควร

3. ความต้านทานการไหลของลมอัดในท่อทางส่งมีค่าน้อยกว่าความต้านทานการไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์จึงสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

4. ระบบนิวเมติกส์มีความสะอาดมากกว่าระบบไฮดรอลิกส์มากเพราะระบบไฮดรอลิกส์มีการรั่วไหลของน้ำมันเกิดขึ้นและอาจเกิดอันตรายจากการติดไฟของน้ำมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมมักจะใช้ลมอัดใช้งานประเภทอื่นอยู่แล้วดังนั้นจึงเป็นการสะดวกที่จะนำเอาระบบนิวเมติกส์มาใช้ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเดินท่อทางส่งลมอัดมีราคาถูกกว่าถ้าต้องการจะนำเอาระบบไฮดรอลิกส์มาใช้ในโรงงาน จะต้องหาปั๊มไฮดรอลิกส์มาใช้งานและค่าใช้จ่ายในการเดินท่อทางส่งน้ำมันไฮดรอลิกส์มีราคาสูงมาก

6. ระบบนิวเมติกส์สามารถใช้งานในขณะที่อุณหภูมิของลมอัดสูงได้ถึง160˚Cโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน และอุปกรณ์ทำงาน ส่วนในระบบไฮดรอลิกส์น้ำมันที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจะมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 70˚C

2.1.2 การเปรียบเทียบระบบนิวเมติกส์กับระบบการทำงานอื่นๆ

เนื่องจากในงานอุตสาหกรรมการบังคับการทำงานด้วยระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบอิเลคทรอนิก ระบบไฮโดรลิกและระบบนิวเมติกส์ซึ่งแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ

รายละเอียดของระบบ	บังคับการทำงานด้วยระบบ			
	กลไก	ไฟฟ้า/ อิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอลิกส์	นิวเมติกส์
โครงสร้าง	ค่อนข้าง ซับซ้อน	ค่อนข้าง ซับซ้อน	ค่อนข้าง ซับซ้อน	ง่าย
ความสามารถ	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีแต่ต้องระวัง
เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	ง่าย	ยาก	ยาก	ง่าย
เคลื่อนที่แบบหมุน	ง่าย	ง่าย	ยาก	ง่าย
กำลังขับ	น้อย-มาก	น้อย-มาก	กลาง-มากกว่า	น้อย-มาก
การปรับกำลังขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องใช้ เทคโนโลยี	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
ความเร็วคงที่	ดีมาก	ดี	ดี	ไม่คงที่ ความดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ

รายละเอียดของระบบ	บังคับการทำงานด้วยระบบ			
	กลไก	ไฟฟ้า / อิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอลิกส์	นิวเมติกส์
การรับภาระเกินกำหนด	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
การเลือกรูปแบบการติดตั้ง	น้อย	กลาง	มาก	มากกว่า
การใช้อุปกรณ์ช่วยทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้า	ค่อนข้างจะเป็นไปได้	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
การส่งสัญญาณ	ยาก	ง่ายกว่า	ค่อยข้างยาก	ง่าย
การป้องกันการติดไฟ	ดี	ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย	ดี	ดีมาก
ความรู้สึกไวต่อความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ระบายออก
ความรู้สึกไวต่ออุณหภูมิ	น้อย	มาก	กลาง	น้อย
การคำนวนความเร็ว	สูง	สูงมาก	กลาง	กลาง
การคำนวนการบังคับ	อะนาลอก	ดิจิตอล	อะนาลอก	ดิจิตอล
ข้อเสียเมื่อเกิดการสั่น	ปกติ	มีผลเสีย	ปกติ	ปกติ

2.1.3 กฎเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์

ในระบบนิวเมติกส์ ที่กล่าวถึงนี้จะมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของนิวเมติกส์ จึง ได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎปริมาตรและกฎความดันของบอยล์ (Boyle's Law)

ความดัน ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูง และสภาพภูมิอากาศ แต่ปกติ ทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิด เช่น เกจวัดความดัน บารอมิเตอร์ หรือมานอมิเตอร์

หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์ / ตารางเซนติเมตร (kp/cm^2) หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค (at)

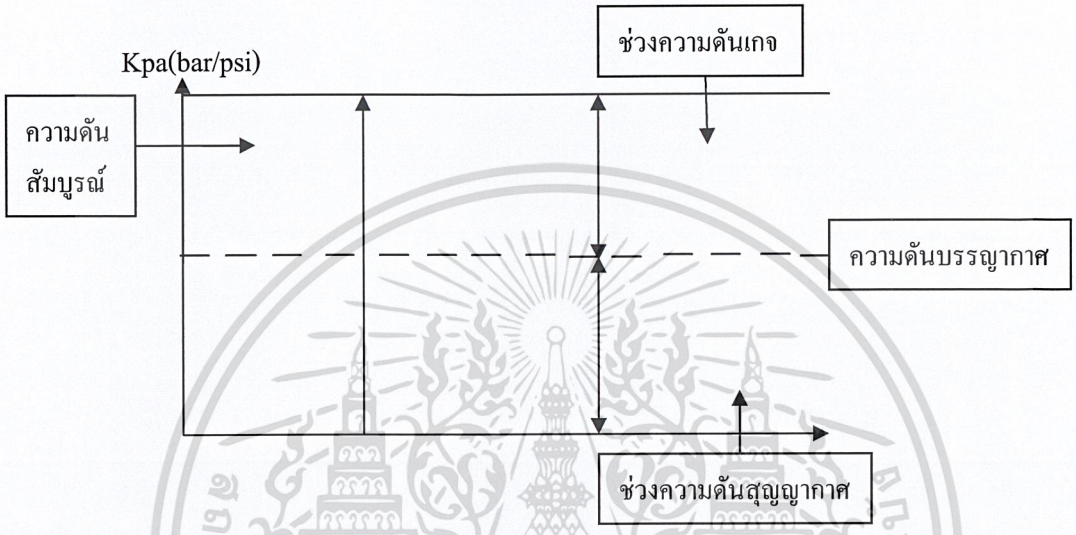
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$1\ at = 1\ kp/cm^2 = 10\ m$ ความสูงของน้ำ

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

1 Pa (ปาสคาล) = 1 N/m^2 = 10^5 bar

เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องที่ไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 at ไปจนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (vacuum) และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไปเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure)



รูปที่ 2.1 การอ่านค่าระดับความดันต่างๆ

ในกรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นบวก

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจ

และถ้ากรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นลบ

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ - ความดันเกจ

โดยที่ความดันสมบูรณ์ คือความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สุญญากาศสัมบูรณ์ ใช้ตัวย่อ P_{abs}

ความดันบรรยากาศ คือค่าความดันที่บรรยากาศ ใช้ตัวย่อ P_{atm} มีค่า

1.013 บาร์ (ระบบ SI)

1.033 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (ระบบเมติกส์)

14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ระบบอังกฤษ)

ความดันเกจ คือค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ ใช้ตัวย่อ P_g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน

Pa	bar	Kgf/cm^2	atm	$Mm : H_2O$	Mm : Hg
1	1.000×10^{-5}	1.020×10^{-5}	9.869×10^{-6}	1.020×10^{-1}	7.501×13^{-3}
1.000×10^{5}	1	1.020×10^{0}	9.869×10^{-1}	1.020×10^{4}	7.501×10^{2}
9.807×10^{4}	9.807×10^{-4}	1	9.678×10	1.000×10^{4}	7.356×10^{2}
1.013×10^{5}	1.013×10^{0}	1.033×10^{0}	1	1.033×10^{4}	7.600×10^{2}
9.808×10^{0}	9.807×10^{5}	1.000×10^{4}	9.678×10^{-5}	1	7.356×10^{-2}
1.332×10^{2}	1.332×10^{5}	1.360×10^{3}	1.316×10^{3}	1.360×10	1

หมายเหตุ หน่วยวัดจะมีค่าเป็น แรงต่อพื้นที่ เสมอ

ความชื้น คือจำนวนปริมาณของน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ จะสามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้น ๆ ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและค่าความชื้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ค่าความชื้นที่วัดได้}}{\text{ค่าความชื้นสัมบูรณ์}}$$

โดยที่ ค่าความชื้นที่วัดได้ คือการกลายเป็นไอของน้ำในปริมาตรและอุณหภูมิขณะนั้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าความชื้นสัมบูรณ์ คือจำนวนสูงสุดของการกลายเป็นไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่าง ๆ หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปคือ ในระบบ SI อุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin; K)

$$K = {}^{\circ}C + 273$$

แรง จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

แรง $\propto$ (มวลสาร) × (ความเร็ว)

แรง = (ค่าคงที่) × (มวลสาร) × (ความเร็ว)

ในระบบ SI ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1

แรง = (มวลสาร) × (ความเร็ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ SI หน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน ใช้ตัวย่อ N

$1\ N = kg*m/sec^2$

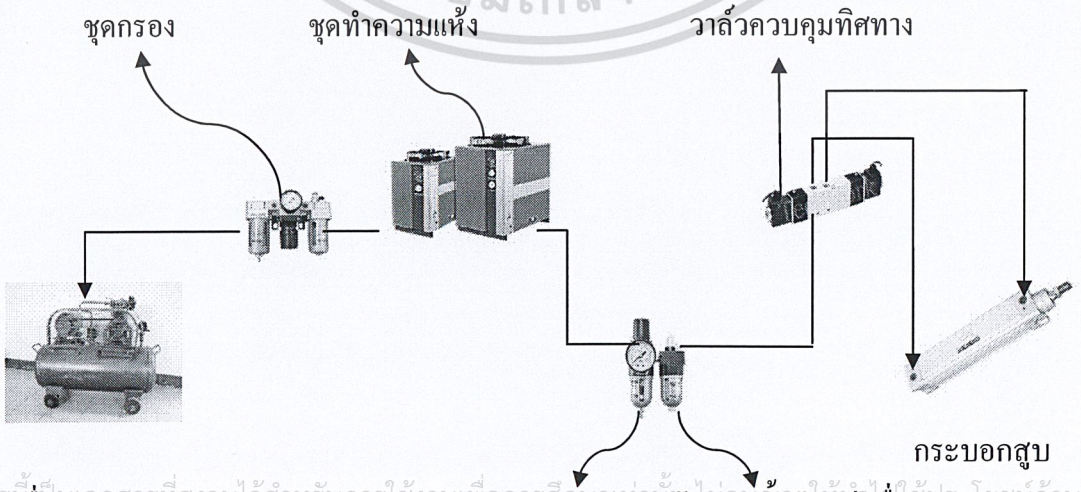
ในการคำนวณทางเทคนิคใช้ค่าประมาณ 1 kp = 10 N

ตารางที่ 2.3 หน่วยต่างๆในระบบนิวเมติกส์

หน่วย	สัญลักษณ์	หน่วยทางเทคนิค	หน่าวยทาง SI
แรง	F	kp	$1\ N = 1kg*m/s^2$
พื้นที่	A	m^2	m^2
ปริมาตร	V	m^3	m^3
อัตราการไหล	Q	m^3/s	m^3/s
ความดัน	P	kp/cm^2	Pa (Pascal) $1\ Pa = 1\ N = 10^5$ bar

2.1.4 ระบบนิวเมติกส์ในงานอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันระบบนิวเมติกส์ถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ซึ่งหลักการของระบบนิวเมติกส์ คือ การนำอากาศมาอัดให้มีความดันสูงด้วยเครื่องอัดอากาศ (Compressor) แล้วนำลมอัดที่ได้มาเก็บไว้ที่ถังเก็บลมอัด (Reservoir) โดยลมอัดที่ได้จะมีความดันลมอัดที่สูงและมีละอองน้ำ ตลอดจนสิ่งสกปรกปนเปื้อนมากับลมอัด จึงต้องผ่านชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service unit) และนำลมอัดที่สะอาดไปใช้ในระบบนิวเมติกส์ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงระบบนิวเมติกส์

2.1.4.1 ส่วนประกอบของระบบนิวเมติกส์ มีดังนี้

1. ต้นกำลัง คือ มอเตอร์หรือเครื่องยนต์

2. เครื่องอัดอากาศ (Compressor) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแรงดัน (ลมอัด) ที่มีความดันสูง

3. เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat exchange) ทำหน้าที่ระบายความร้อนลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศ ที่ถูกอัดให้มีความดันสูงจะทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นตามไปด้วย

4. เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main air filter) ทำหน้าที่กรองลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศมีความชื้นและ ฝุ่นละออง

5. ถังเก็บลมอัด ทำหน้าที่เก็บกักลมที่ทำการอัด และจ่ายลมออกด้วยความดันสม่ำเสมอ

6. เครื่องทำอากาศแห้ง (Air dryer) ทำหน้าที่กำจัดความชื้นออกจากลมอัด ป้องกันการเกิดหยดน้ำกลั่นตัวในระบบซึ่งจะทำความเสียหายให้อุปกรณ์อื่นได้

7. อุปกรณ์กรองลม (Air filter) ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด

8. ชุดควบคุมและปรับคุณภาพลมอัด (Service unit) ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ทำงานหรือเครื่องจักร เพื่อกรองความชื้น ปรับความดันของลมอัด และผสมน้ำมันหล่อลื่นก่อนใช้งาน ประกอบด้วย

8.1 อุปกรณ์กรองลม (Air filter) ทำหน้าที่กรองลมให้สะอาดและดักความชื้น

8.2 อุปกรณ์ควบคุมความดันลมอัด (Pressure regulating value) ทำหน้าที่รักษาความดันใช้งานให้อยู่คงที่ ถึงแม้ความดันต้นทางจะเปลี่ยนแปลง

8.3 อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Oil lubricator) ทำหน้าที่ผสมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัด เพื่อป้องกันการเสียดสีของ อุปกรณ์ทำงานที่มีการเคลื่อนที่ในระบบ

9. อุปกรณ์ควบคุมทิศทางลมอัด ได้แก่ วาล์วชนิดต่างๆ ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางการทำงานของระบบ ประกอบด้วย

9.1 วาล์วควบคุมทิศทาง ทำหน้าที่ควบคุมลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก

9.2 วาล์วปรับความเร็ว ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้มีปริมาณมากน้อยตามต้องการ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ช้า หรือ เร็ว ได้แก่ วาล์วปรับอัตราการไหลและวาล์วคายไอเสีย

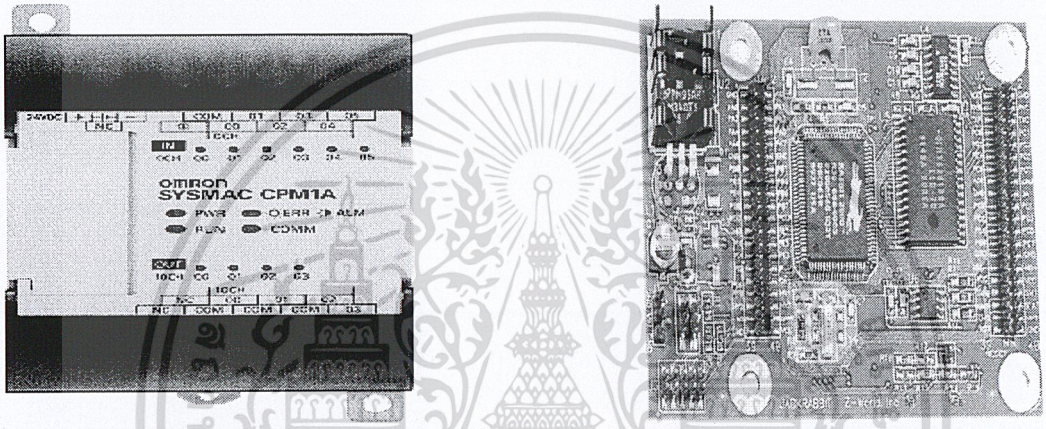
10. อุปกรณ์ทำงาน (Working element) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแรงดัน (ลมอัด) เป็นพลังงานกล ได้แก่ กระบอกสูบ มอเตอร์ลม

11. อุปกรณ์เก็บเสียงหรือตัวเก็บเสียง (Air silencer) ทำหน้าที่กรองเสียงลมหรือเก็บเสียงลมอัดที่ออกจากรูระบายลมทิ้งไม่มีเสียงดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การควบคุมระบบนิวเมติกส์

ปัจจุบันระบบนิวเมติกส์ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้ทันกับเทคโนโลยีที่ทันสมัย จึงมีชุดควบคุมระบบนิวเมติกส์เพื่อให้ทำงานถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยแบ่งวงจรควบคุมออกเป็น 2 ชนิด คือ วงจรกำลัง (Circuit power) และวงจรควบคุม (Circuit control) โดยวงจรกำลังจะอาศัยลมอัดเป็นตัวกลางในการส่งกำลังเพื่อควบคุมวงจรการทำงาน ส่วนวงจรควบคุมจะใช้ตัวควบคุมได้หลายอย่าง เช่น ระบบไฟฟ้า PLC และ Microcontroller เป็นต้น



PLC Microcontroller

รูปที่ 2.3 แสดงอุปกรณ์ควบคุมระบบนิวเมติกส์

การควบคุมระบบนิวเมติกส์สามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

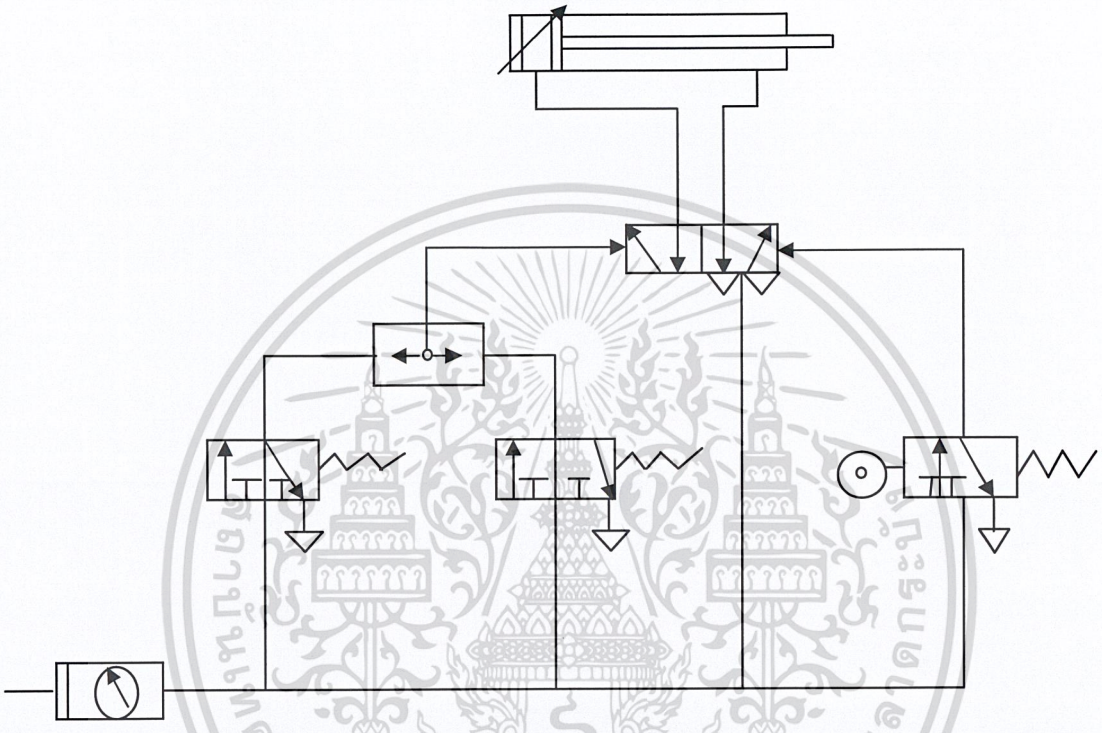
- การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยลม
- การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า
- การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยโปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC)
- การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

2.1.5.1 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยลม

ระบบนิวเมติกส์ทุกระบบจะต้องใช้ลมอัดเป็นตัวกลางในการส่งกำลัง การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยลมระบบนี้ก็เช่นกัน การทำงานจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายลม อุปการณ์ให้สัญญาณ อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว และอุปกรณ์ทำงาน แต่การทำงานในระบบนิวเมติกส์เมื่อใช้กระบอกสูบ 2 กระบอกสูบขึ้นไปการทำงานของลมอาจจะเกิดสัญญาณลมต้านจากการออกแบบการทำงาน การควบคุมระบบนิวเมติกส์ที่เกิดสัญญาณลมต้านสามารถแก้ไขได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้วาล์วลูกกลิ้งทางเดียว (Roller trip)
- ใช้วาล์วให้ลมผ่านชั่วขณะ (One short valve)
- ใช้วิธีแบ่งกลุ่มลมแบบคาสเคท (Cascade control)
- ใช้วิธีแบ่งกลุ่มลมแบบชิฟรีจิสเตอร์ (Shift register control)



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรควบคุมนิวเมติกส์ด้วยลม

2.1.5.2 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า

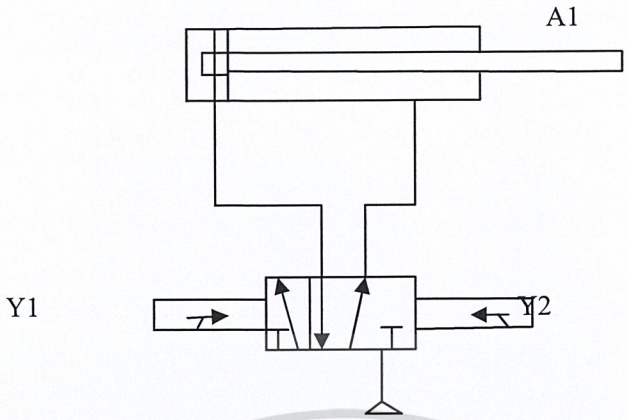
การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้าจะแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ชนิด คือ

- วงจรกำลัง (Circuit power) เป็นวงจรการควบคุมของระบบนิวเมติกส์ ประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายลม (Power Source) ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service unit) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ลูกสูบ (Cylinder) เป็นต้น

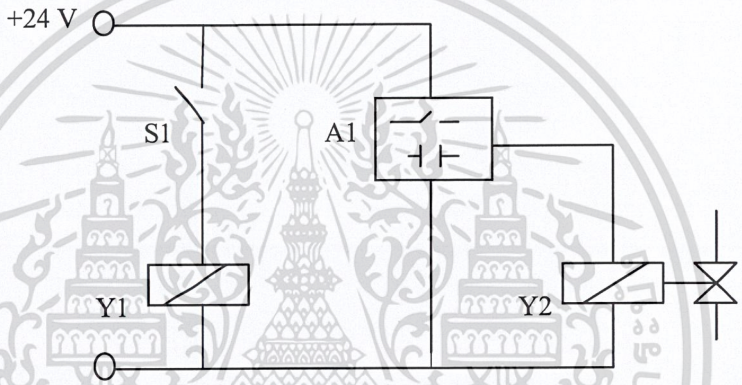
- วงจรควบคุม (Circuit control) เป็นวงจรควบคุมการทำงานของระบบนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า ประกอบไปด้วย สวิตซ์ปุ่มกด (Pushbutton switch) รีเลย์ (Relay) ตัวตั้งเวลา (Timer) ตัวนับเวลา (Counter) เซนเซอร์ (Sensor) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกำลัง



วงจรควบคุม



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรควบคุมนิวเมติกส์ด้วยไฟฟ้า

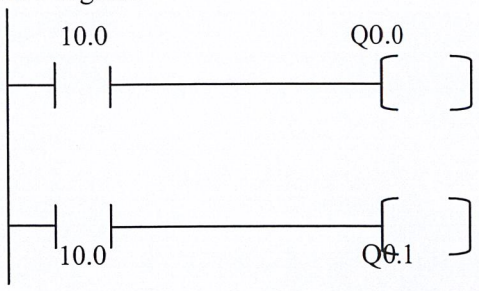
2.1.5.3 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย PLC

การใช้ PLC ควบคุมเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความสะดวกมากในปัจจุบัน เพราะในตัวของ PLC นั้น จะมีอินพุตและเอาท์พุตพอร์ตตลอดจนอุปกรณ์ควบคุมภายใน เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา และตัวนับเวลา จะเป็นอุปกรณ์ซึ่งอยู่ในซอฟต์แวร์ (Software) ทำให้การเลือกใช้หรือแก้ไขสะดวกรวดเร็ว และลดค่าใช้จ่ายลงอีกด้วย ปัจจุบันภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC สามารถแบ่งออกเป็น 3 ภาษา ดังนี้

- ภาษาบูลีน (STL : Instruction List Boolean Logic Element)
- ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagram)
- ภาษาบล็อค (Function Chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ladder Diagram



Absol. Op	Symbol.Op	Comment
10.0	Start	-
10.1	A1	Limit Sw.
Q0.0	Y1	Output 1
Q0.1	Y2	Output 2

รูปที่ 2.6 แสดงวงจรควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย PLC

2.1.5.4 การควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย Microcontroller

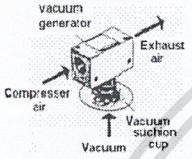
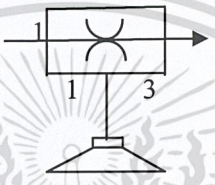
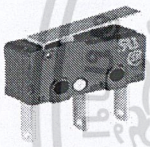
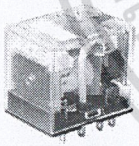
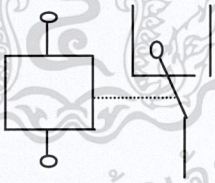
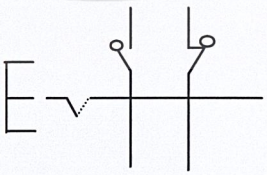
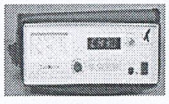
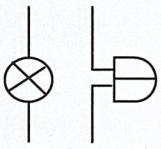
การใช้ Microcontroller ควบคุมระบบนิวเมติกส์ในปัจจุบันยังไม่นิยมมากนัก (แต่นิยมใช้ควบคุมเครื่องจักร และระบบการผลิตในอุตสาหกรรม) เพราะจะต้องศึกษาหลายอย่าง และรู้เรื่องหลายอย่างเกี่ยวกับขบวนการอย่างแท้จริง เช่นสถาปัตยกรรม Microcontroller ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหน่วยความจำอินพุตเอาท์พุต โปรแกรม วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่ง Microcontroller จะมีอุปกรณ์ภายใน เช่น Timer และ Counter และสามารถขยาย Output ได้ Microcontroller ในปัจจุบันมีหลายค่าย เช่น Intel, Philips, Siemens เป็นต้น ปัจจุบันภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Microcontroller มีอยู่หลายภาษา เช่น ภาษาเบสิก ภาษาแอสแซมบลี และภาษาซี

2.1.6 สัญลักษณ์ในระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์มีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นจึงมีการกำหนดสัญลักษณ์ขึ้นตามมาตรฐาน DIN (24300) เพื่อให้ง่ายและสะดวกแก่ผู้ใช้ตลอดจนแก้ไขหรือดัดแปลงวงจรนิวเมติกส์ โดยกำหนดสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

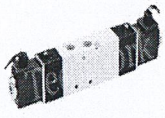
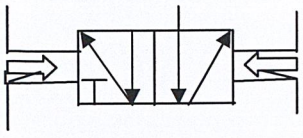
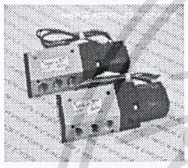
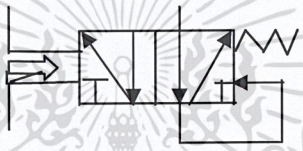
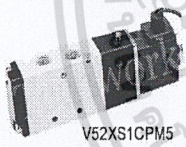
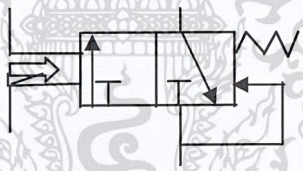
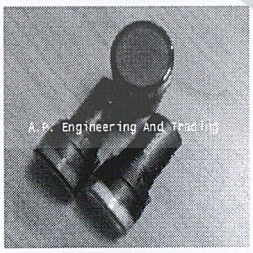
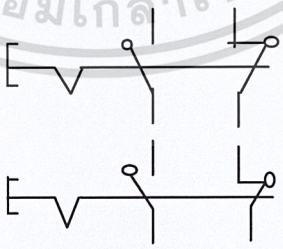
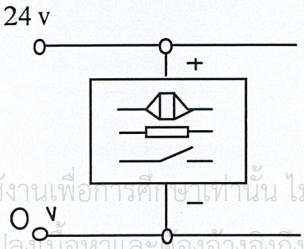
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์	สัญลักษณ์	ความหมาย
		เกจวัดแรงดันลม (presssure gauge)
		อุปกรณ์สูญญากาศ (Vacuum nozzle suction cup)
		ลิมิตส์ สวิตซ์ (Limit switch)
		รีเลย์ (Relay)
		สวิตซ์ฉุกเฉิน (Differential pressuer witch)
		ชุดแสดงสัญญาณไฟฟ้า (Indica tor unitdistributor electrical)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

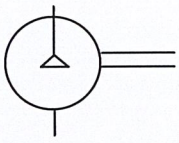
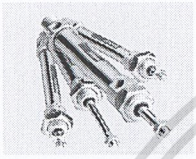
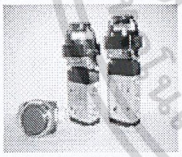
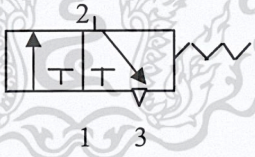
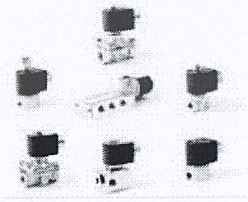
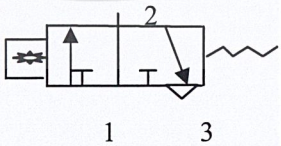
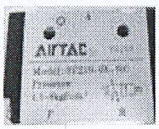
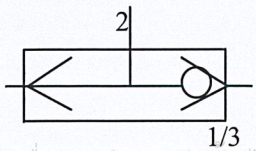
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์	สัญญาลักษณ์	ความหมาย
		โซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (5/2 way double solenoid valve)
		โซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (5/2 way single solenoid valve)
 V52XS1CPM5 V52XS1CP18		โซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริงปกติปิด (5/2 way single solenoid valve normally closed)
		สวิตซ์แบบปุ่มกด (Pushbutton switch)
		อินดักทีฟเซ็นเซอร์ (Inductive proximity switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์และอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์	สัญลักษณ์	ความหมาย
		เครื่องอัดอากาศ (Compressor)
		กระบอกสูบสองทางแบบกันกระแทกปรับได้สองทาง (Double acting cylinder adjustenle cushioning in both direction)
		กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder)
		วาล์ว 3/2 แบบปุ่มกดปกติปิด (3/2 way valve with pushbutton actuation ,normally closed)
		นิวเมติกส์รีดวาล์ว (Pneumatic reed valve)
		วาล์วลมเดี่ยว (Shuttle valve, OR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

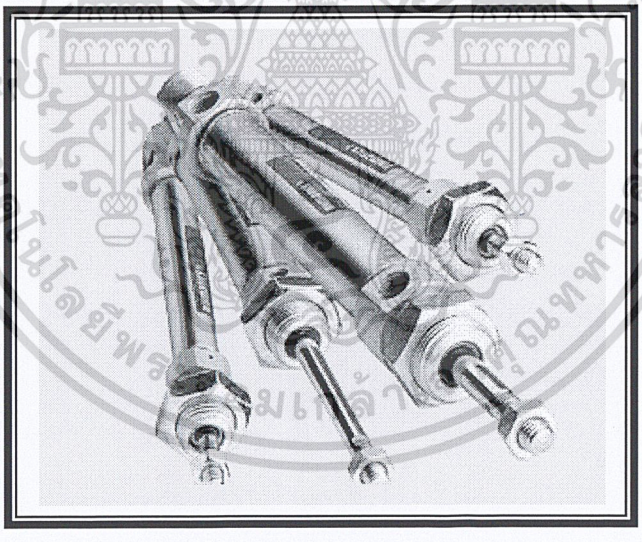
119378

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบของหุ่นยนต์

2.2.1 กระบอกสูบทำงานสองทาง (Double – Acting Cylinder)

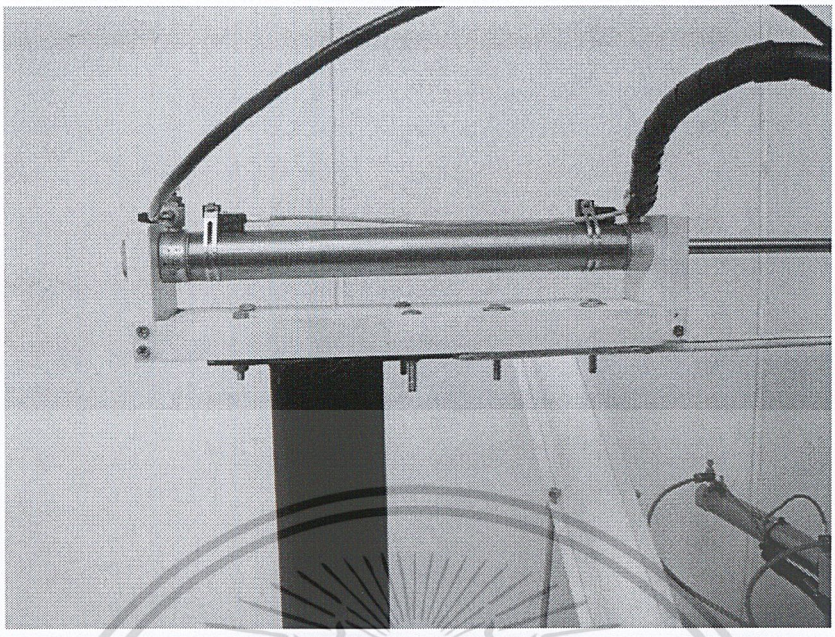
ทำงานโดยใช้ลมเข้าด้านลูกสูบและลมออกด้านก้านสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับเมื่อลมเข้าด้านก้านสูบและออกด้านลูกสูบ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง กระบอกสูบทำงานสองทิศทางมีหลายชนิด เช่น กระบอกสูบชนิดไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบชนิดมีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบชนิดมีก้านสูบ 2 ข้าง กระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง และกระบอกสูบชนิดลูกสูบเคลื่อนที่ ก้านสูบอยู่กับที่ เป็นต้น กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้ดังรูปลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทาง

เป็นกระบอกสูบลมที่มี ราคาถูก เหมาะกับงานที่ใช้ ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนเร็ว จะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้



รูปที่ 2.7 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กระบอกสูบทำงานสองทางที่ใช้ในโครงงาน

2.2.2 วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า หรือโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

2.2.2.1 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (3/2 way single solenoid valve)

หลักการทำงาน

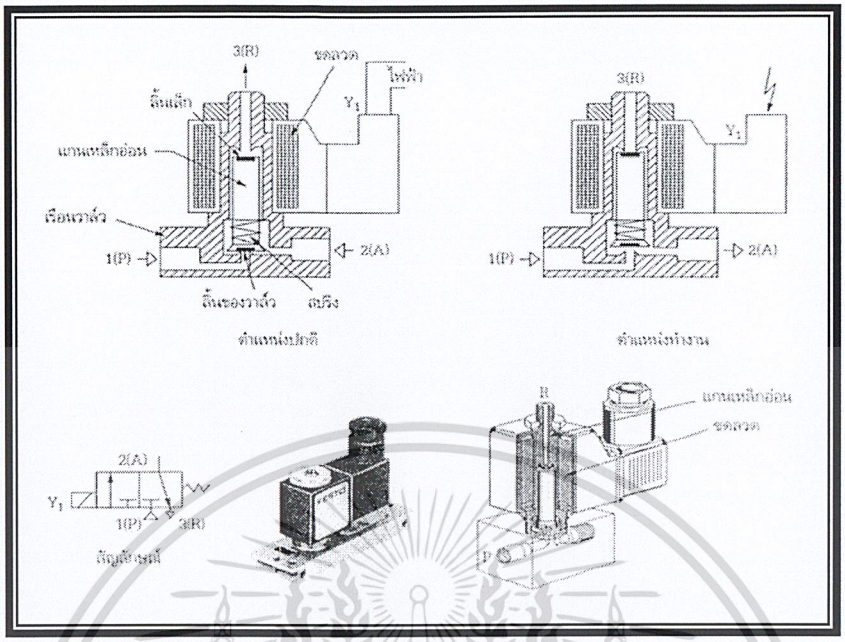
ตำแหน่งปกติ

ยังไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันให้ลิ้นของวาล์วปิด ทำให้ลมไม่สามารถผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้ แต่ลมจาก 2(A) จะผ่านไป 3(R) ได้

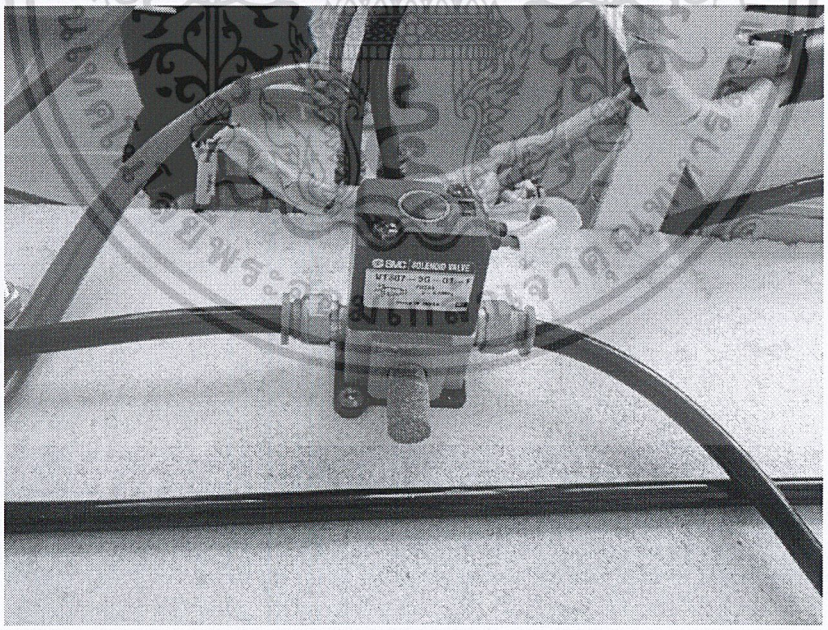
ตำแหน่งทำงาน

จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดแกนเหล็ก ทำให้ลิ้นของวาล์วเลื่อน และมีลมไหลผ่านจาก 1(P) ไป 2(A) ได้ เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าออก ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 หมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงจะดันลิ้นของวาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งปกติ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง



รูปที่ 2.10 วาล์ว 3/2 ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย (วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน) (5/2 way double solenoid valve, pilot controlled)

หลักการทำงาน

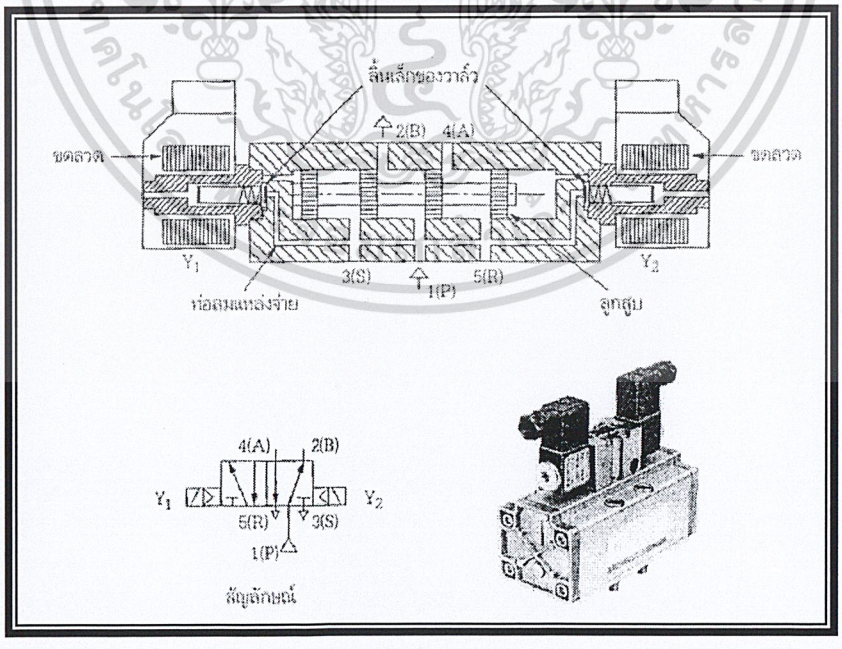
ตำแหน่งปกติ

ยังไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า Y1 จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก วาล์วจะอยู่ในตำแหน่งครั้งสุดท้าย

ตำแหน่งทำงาน

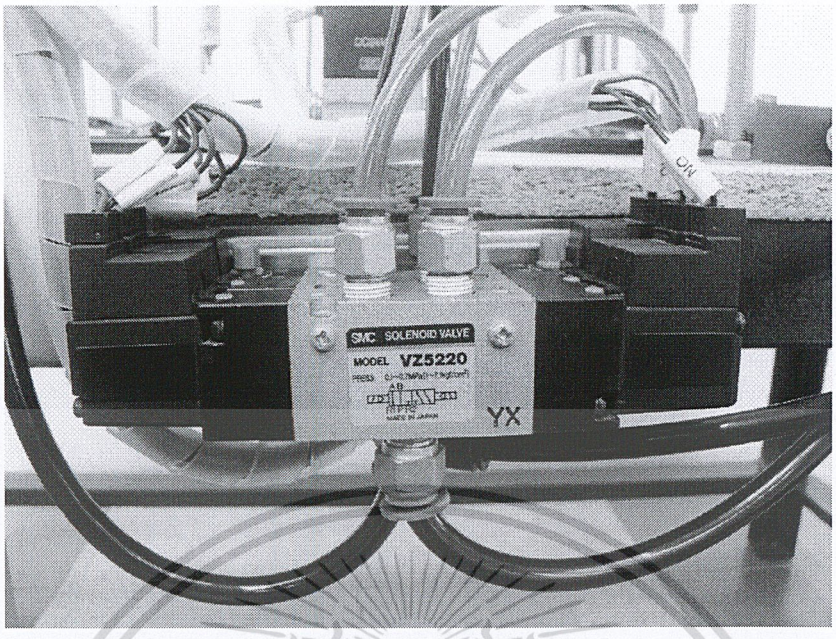
1. จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวด Y1 ทำให้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดแกนเหล็ก ลิ้นลูกสูบของวาล์วเลื่อน ทำให้ลมจาก 1(P) ไหลผ่านช่องเล็ก ๆเข้าไปดันลิ้นลูกสูบของวาล์วเลื่อนลมจะไหลออกจาก 1(P) ไป 4(A) จากท่อ 2(B) ไป 3(S) ท่อ 5(R) ปิด ตัดกระแสไฟด้าน Y1 วาล์วยังคงค้างอยู่

2. จ่ายกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวด Y2 ทำให้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดแกนเหล็ก ลิ้นลูกสูบของวาล์วเลื่อน ทำให้ลมจาก 1(P) ไหลผ่านช่องเล็ก ๆเข้าไปดันลิ้นลูกสูบของวาล์วเลื่อนลมจะไหลออกจาก 1(P) ไป 2(B) จากท่อ 4(A) ไป 5(R) ท่อ 3(S) ปิด ตัดกระแสไฟด้าน Y2 วาล์วยังคงค้างอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงวาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

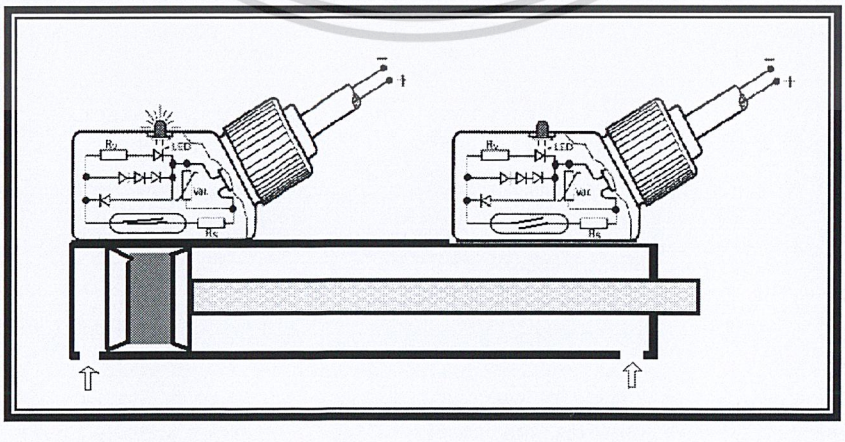


รูปที่ 2.12 วาล์ว 5/2 ที่ใช้ในโครงงาน

2.2.3 รีดสวิตซ์ (Reed switch) หรือสวิตซ์แม่เหล็ก (Magnetic switch)

รีดสวิตซ์เป็นสวิตซ์ที่ทำงาน โดยไม่ต้องสัมผัส แต่อาศัยอำนาจแม่เหล็กเป็นตัวสั่งการทำงาน เหมาะสำหรับใช้ในงานที่มีการตัดต่อของสวิตซ์ตลอดเวลาหรือเป็นประจำ และงานที่มีปัญหาพื้นที่ในการติดตั้งลิมิตสวิตซ์

ส่วนประกอบ มีปุ่มหน้าสัมผัสซึ่งทำงานด้วยอำนาจแม่เหล็ก และจะต้องติดตั้งร่วมกับกระบอกสูบพิเศษที่มีแม่เหล็กถาวรรูปวงแหวนติดตั้งไว้ที่ลูกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 โครงสร้างและการทำงานของรีดสวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

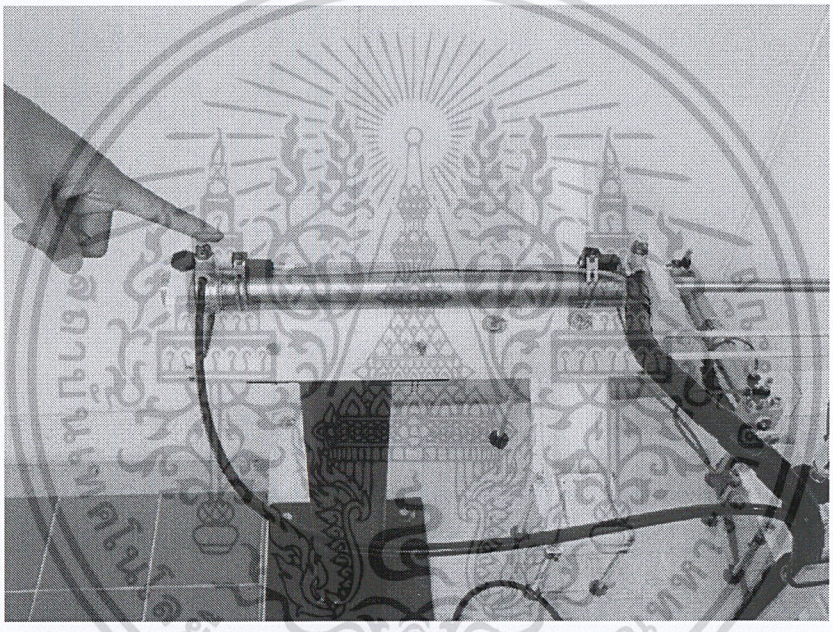
หลักการทำงาน

ตำแหน่งปกติ

เมื่อยังไม่มีอำนาจแม่เหล็กจากลูกสูบ ณ บริเวณที่ติดตั้งรีดสวิตซ์ ปุ่มหน้าสัมผัสทั้งสองจะไม่ต่อถึงกัน

ตำแหน่งทำงาน

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ ทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่ภายในเคลื่อนที่ผ่านรีดสวิตซ์ สนามแม่เหล็กที่ลูกสูบจะเหนี่ยวนำให้ปุ่มหน้าสัมผัสทั้งสองต่อถึงกัน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับ รีดสวิตซ์หมดอำนาจแม่เหล็ก ปุ่มหน้าสัมผัสจะกลับสู่ตำแหน่งปกติ



รูปที่ 2.14 รีดสวิตซ์ ที่ใช้ในโครงงาน

2.2.4 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity sensor)

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) คือ เซนเซอร์กลุ่มที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

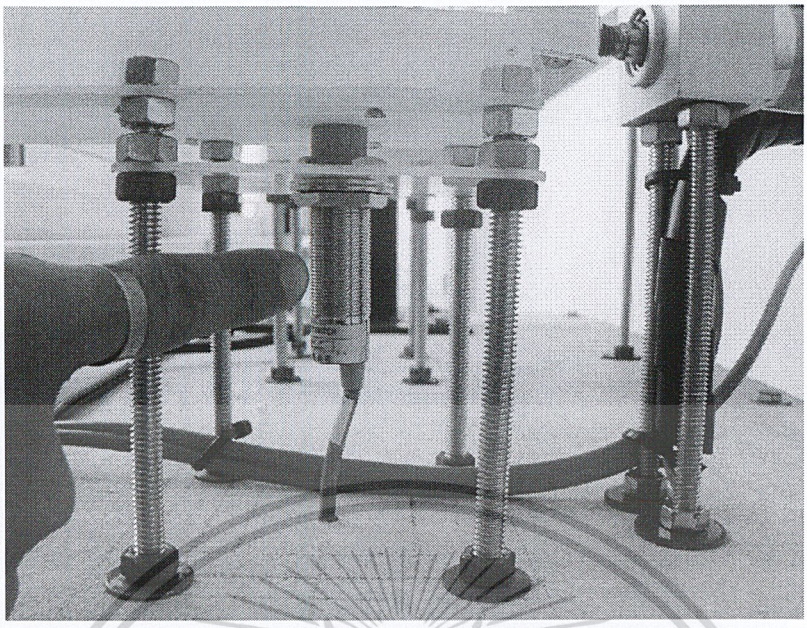
2.2.4.1 ประเภทของพร็อกซิมิตี้

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity sensor) แบ่งได้หลายประเภท ดังนี้ เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า “อินดั๊กทีฟเซนเซอร์”

1. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive sensor) ข้อเด่นของเซนเซอร์ชนิดนี้ คือ ทนทานและสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (Wide temperature ranges) สามารถทำงานในสภาวะที่มีการรบกวนทางแสง (Optical) และเสียง (Acoustic) ซึ่งเทียบเท่ากับชนิดเก็บประจุ

2. เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive sensor) เซนเซอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับแบบเหนี่ยวนำ การเปลี่ยนแปลงของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ เซนเซอร์ชนิดนี้สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ไม่ได้เป็นโลหะได้ นิยมใช้ตรวจจับชิ้นงานที่มีระยะห่างจากตัวเซนเซอร์ค่อนข้างมาก นอกจากมีคุณลักษณะเด่นในเรื่องของระยะการตรวจจับที่ไกลแล้ว เซนเซอร์แบบนี้ยังมีข้อดีอยู่อีกหลายประการด้วยกัน คือสามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภท ความเร็วในการตรวจจับสูง มีรุ่นที่สามารถแยกความแตกต่างสีได้ เนื่องจากในงานบางลักษณะไม่สามารถใช้เซนเซอร์ประเภทต่างๆที่ได้กล่าวมาขั้นต้นได้ เช่นการตรวจจับของเหลวในภาชนะบรรจุ ตรวจจับระดับความลึกของแหล่งน้ำ ตรวจจับพื้นผิวถนนสำหรับยานพาหนะบางชนิด เป็นต้น คลื่นเสียงที่นำมาทำเซนเซอร์ประเภทนี้จะอยู่ในช่วงความถี่ 20KHz - 1GHz ซึ่งเรียกว่า Ultrasonic ซึ่งหูของมนุษย์ไม่สามารถจะได้ยิน คือแม็กเนติกส์เซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัส ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้ว จะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO)สวิตซ์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเห็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (Ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็กๆที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย เพื่อทำให้การตัดต่อการส่งกระแสไฟฟ้าได้เร็วยิ่งขึ้น แม็กเนติกส์เซนเซอร์ประเภทนี้ จะอาศัยการตัดต่อหรือให้สัญญาณโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน หากมีคนถามว่าแล้วเซนเซอร์ประเภทนี้แตกต่างจากรีดสวิตซ์อย่างไร คำตอบคือเหมือนกันในส่วนที่อาศัยสนามแม่เหล็กในการทำงาน แต่ต่างกันในเรื่องความไวและอายุการใช้งาน แม็กเนติกส์เซนเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์การตัดต่อสัญญาณจะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ทางกลทำให้มีความไวในการทำงานที่สูงกว่ารีดสวิตซ์ นอกจากนั้นยังส่งผลให้อายุการใช้งานยาวนานกว่าอีกด้วย อีกจุดหนึ่งที่น่าสนใจในเรื่องความแตกต่างของเซนเซอร์ทั้งสองชนิดก็คือ แม็กเนติกส์เซนเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากจะใช้กับไฟกระแสตรงและต้องต่อสัญญาณไฟให้ถูกต้องตามที่กำหนด ส่วนรีดสวิตซ์หากไม่มีหลอดไฟแสดงสัญญาณ(LED) สามารถใช้ได้ทั้งไฟตรงและไฟกระแสสลับ และยังสามารถสลับขั้วการต่อได้

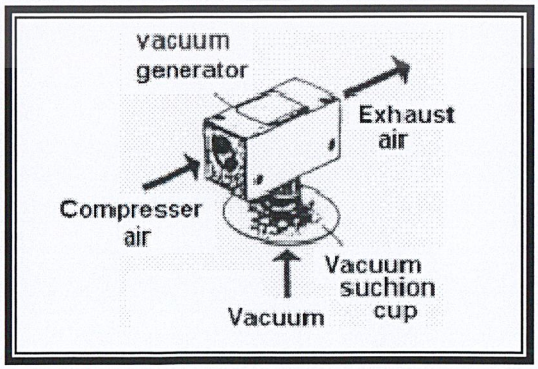
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงอินดักทีฟเซ็นเซอร์

2.2.5 อุปกรณ์จับยึดด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum generator)

อุปกรณ์ดูดจับชิ้นงานที่มีผิวเรียบ โดยการใช้ถ้วยยางกดลงบนพื้นผิวแล้วสร้างสภาพสุญญากาศภายในถ้วยยางด้วย Vacuum generator ที่มีลักษณะคล้ายท่อสามทางที่ปลายด้านล่างยึดติดกับถ้วยยาง เมื่อมีลมอัดผ่านช่องทางลมด้านบนจะเกิดแรงดูดอากาศภายในถ้วยยางออกทำให้เกิดสภาพสุญญากาศภายในถ้วยยาง ข้อจำกัดในการใช้งานคือ ผิวของชิ้นงานที่ต้องการดูดจับต้องเป็นผิวเรียบ ซึ่งผิวเรียบที่สามารถดูดจับได้นั้นนอกจากเป็นระนาบแล้ว ยังสามารถดูดจับทรงกลมได้โดยการเลือกลักษณะถ้วยยางที่เหมาะสม



รูปที่ 2.16 อุปกรณ์จับยึดด้วยระบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 พีแอลซี (PLC)

PLC คือ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมอัติโนมัติสามารถโปรแกรมได้ PLC ถูกสร้างและพัฒนาแทนวงจรรีเลย์มีการพัฒนาให้ PLC มีการประมวลผลที่เร็วมากขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของ Microprocessor มีราคาถูก สามารถใช้งานอย่างเอนกประสงค์และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

2.3.1 หลักการทำงานของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid state) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic functions) การออกแบบการทำงานของ PLC คล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ทั่วไปจากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-state digital logic elements เพื่อให้ทำงานและติดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมการใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูงแต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้วการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้นนอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตทซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิมการกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและสะดวกกว่าเมื่อต้องขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.3.1.1 การควบคุมงานของ PLC แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะงาน คือ

1. งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence control) เช่นการทำงานของระบบรีเลย์การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติหรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆเป็นต้น

2. งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated control) เช่นการทำงานด้านคณิตศาสตร์บวกลบคูณหาร การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมความดัน การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์หรือสเตปเปอร์มอเตอร์

3. การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory control) เช่นงานสัญญาณเตือนงานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ท RS-232 งานควบคุมอัติโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม LAN (Local Area Network) WAN (Wide Area Network) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ทั่วไปกับ PLC

PLC เป็นคอมพิวเตอร์เฉพาะประเภทหนึ่งจึงมีโครงสร้างเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไปแต่มีข้อแตกต่างกันดังนี้คือ

1. PLC ถูกออกแบบให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมเช่นความร้อนความหนาวระบบไฟฟ้ารบกวนการสั่นสะเทือนการกระแทก

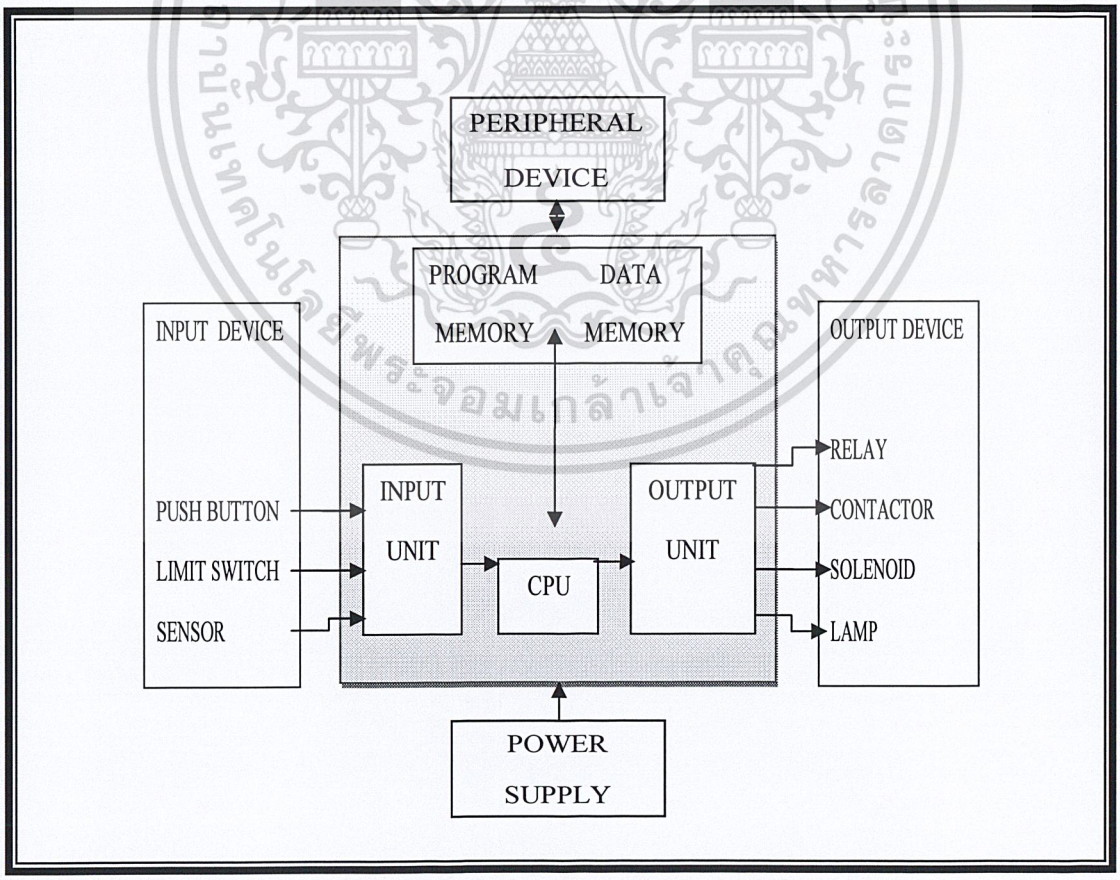
2. การใช้โปรแกรมของ PLC จะไม่ยุ่งยากเหมือนของคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC จะมีระบบตรวจสอบตัวเองทำให้ใช้งานได้ง่ายและบำรุงรักษาง่าย

3. PLC ทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้เพียงโปรแกรมเดียวทำให้ไม่ยุ่งยากส่วนคอมพิวเตอร์จะทำงานที่โปรแกรมหลายๆโปรแกรมพร้อมกันจึงมีความยุ่งยากกว่า

4. PLC ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตทุกชนิดทั้งแบบอนาล็อกและแบบลอจิก

2.3.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างทั่วไปของ PLC

2.3.3.1 ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆจากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำหลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

2.3.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงานโดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิตก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิด คือ ROM และRAM

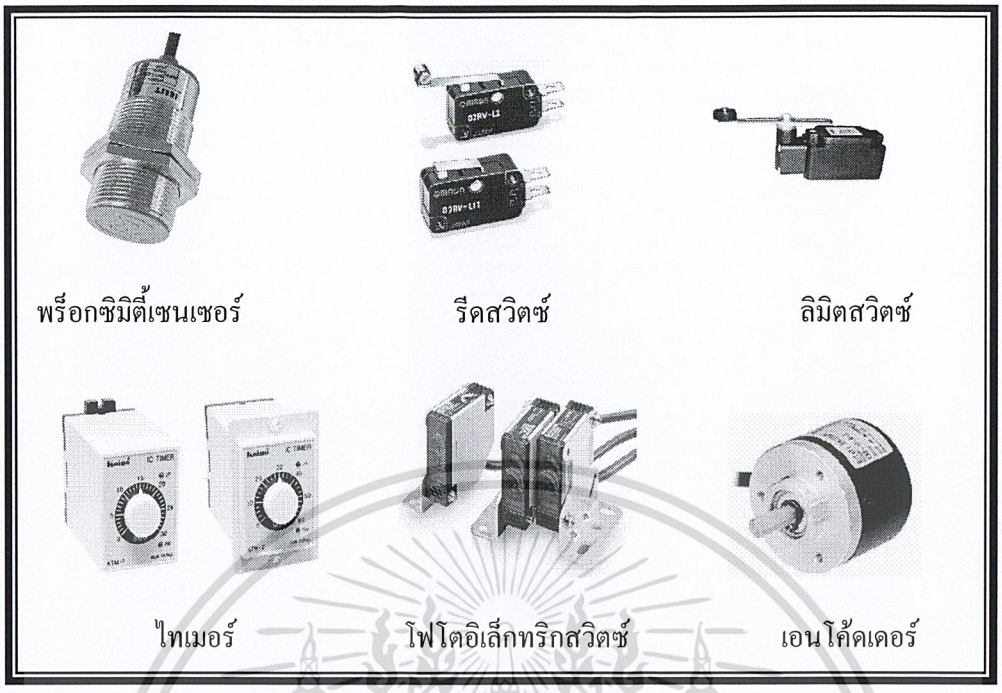
1. RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

2. ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรมเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรมสามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรองแต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

2.3.3.3 หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงอุปกรณ์อินพุต

หน่วยเอาต์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 แสดงอุปกรณ์เอาต์พุต

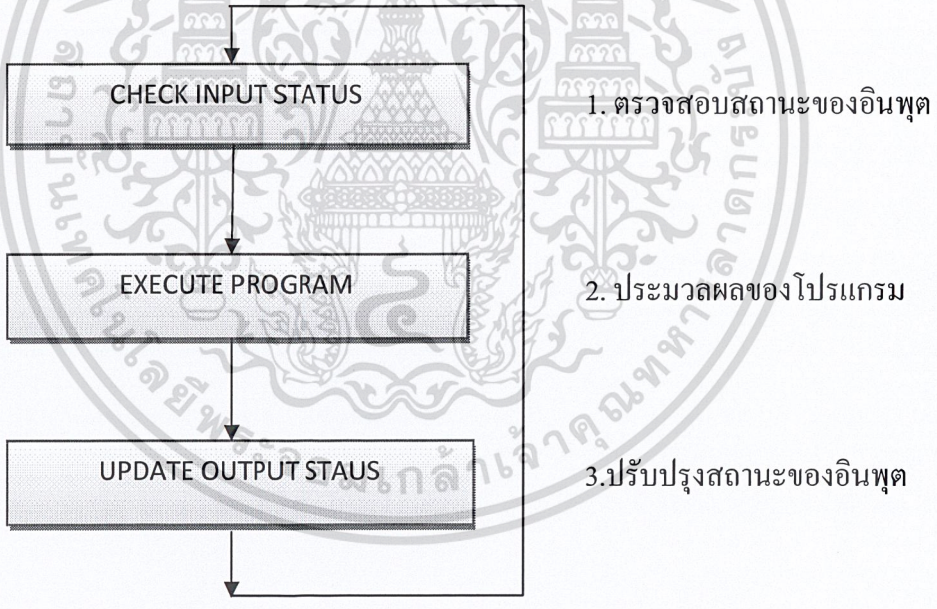
2.2.3.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/ เอาต์พุต

2.2.3.5 อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

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

แผนผังการทำงานของ PLC



รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 คุณสมบัติของ PLC รุ่น CPM1A ของ (OMRON)

1. CPM1A มีภาคอินพุต/เอาต์พุต (I/O) ให้เลือกสี่ขนาด 10, 20, 30 และ 40 จุด และสามารถขยายได้ถึง 100 จุด

2. หน่วยขยายอินพุต/เอาต์พุต (Expention I/O Units) สามารถใช้งานได้ 3 แบบคือ

- อินพุตขนาด 8 จุด (Points) รุ่น CPM1A-8ED
- เอาต์พุตขนาด 8 จุด (Points) รุ่น CPM1A-8ER
- อินพุตและเอาต์พุตรวมกัน 20 จุดแบ่งเป็นอินพุตขนาด 12 จุด และเอาต์พุตขนาด 8จุด

3. ภาคอินพุตสามารถปรับเวลาในการตอบสนองอินพุตได้ (1,2,4,8,16,32,64 หรือ 124 ms)

4. มี Analog Volume Setting 2 ชุด ปรับค่าได้ 0-200(BCD)

5. จำนวนคำสั่งซีเควนซ์ 14 คำสั่ง คำสั่งพิเศษ 139 คำสั่ง

6. ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ 100-240 VACพร้อมทั้งมีไฟดีซี 24VDC

7. มีหน่วยความจำในการโปรแกรม (Program Memory) เท่ากับสองกิโลเวิร์ด หรือ 4กิโลไบต์

8. มีความเร็วในการประมวนผล (Extention Time) 0.72ถึง 16.2 μs ต่อคำสั่ง

9. มีรีเลย์ภายใน (Internal Relay) มากกว่า 600 ตัว

10. มีรีเลย์ภายในซึ่งเก็บสภาวะได้ในกรณีไฟดับ (Holding Relay) จำนวน 320 ตัว

11. มีตัวหน่วยเวลา(Timer) และตัวนับ (Counter) รวมกันเท่ากับ 128 ตัว

12. สามารถตั้งค่า Timer ได้ 000.0-999.9 วินาที และ 000.0-99.9 วินาที และตั้งค่าCounterได้ 0000-9999

13. มีหน่วยความจำสามารถเก็บ Data Memory เท่ากับ 1024 Word

14. มีอินพุตสามารถรับสัญญาณแบบขัดจังหวะได้ (Interrupt) จำนวน 4จุดด้วยความเร็ว 0.3 ms

15. มีตัวนับความเร็วสูง (High Speed Counter) 1 จุด สามารถรับสัญญาณแบบ two-phase ด้วยความถี่ประมาณ 2.5 kHz หรือ 1 phase ด้วยความถี่ประมาณ 5 kHz

16. ใช้ระบบ flash memory และ Capacitor Blackup ในการเก็บสำรอง (backup) โปรแกรมและหน่วยความจำต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การใช้โปรแกรม PLC

การเขียนโปรแกรม PLC ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักจะนิยมเขียนด้วยภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagrams) และ PLC บางตัวไม่สามารถเขียนภาษาแลดเดอร์ลงในตัว PLC ได้โดยตรงต้องเปลี่ยนภาษาแลดเดอร์เป็นคำสั่งบูลีนก่อนจึงจะทำงานได้โดยการเขียนโปรแกรม PLC มีลำดับขั้นตอนการคิดดังนี้

1. ศึกษางานจริง
2. กำหนดลำดับการทำงาน
3. ร่างแบบควบคุม
4. กำหนด Input, Output (หมายเลขอุปกรณ์)
5. เขียนภาษา Ladder Diagram
6. เขียนคำสั่งบูลีนโดยสร้างตารางคำสั่งบูลีน
7. ป้อนโปรแกรมให้ PLC
8. ทดสอบโปรแกรมภายใน PLC
9. แก้ไขถ้าเขียนโปรแกรมผิด

2.3.6 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

1. งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence control) ตัวอย่างเช่น
   1.1 การทำงานของระบบรีเลย์
   1.2 การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์
   1.3 การทำงานของ P.C.B. Card
   1.4 การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรกลต่างๆ
2. งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated control) ตัวอย่างเช่น
   2.1 การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
   2.2 การควบคุมแบบอนาล็อก เช่น การควบคุมอุณหภูมิและ การควบคุมความดัน
   2.3 การควบคุม P.I.D. (Proportional-Integral-Derivation)
   2.4 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo-motor control)
   2.5 การควบคุม Stepper-motor
   2.6 Information handling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory control) ตัวอย่างเช่น

3.1 งานสัญญาณเตือนและ Process monitoring

3.2 Fault diagnostic and monitoring

3.3 งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)

3.4 Printer/ASCII Interfacing

3.5 งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6 LAN (local Area Network)

3.7 WAN (Wide Area Network)

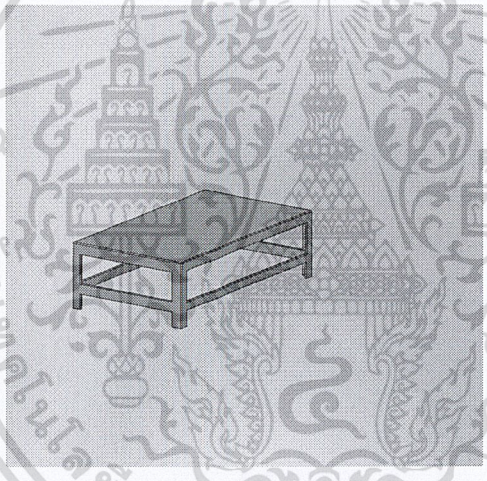
3.8 FA. , FMS., CIM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโครงสร้างลักษณะการทำงานและสร้างชิ้นงาน

3.1 การออกแบบโครงสร้าง

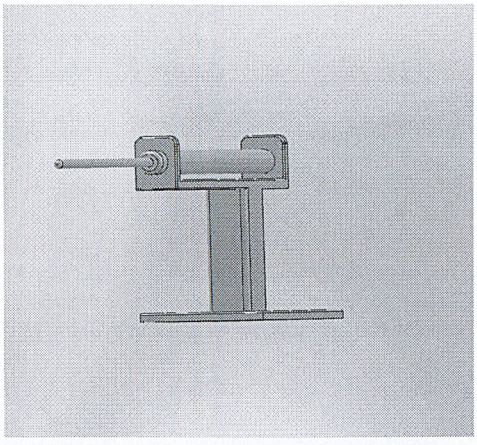
ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างโดยรวมทั้งหมดของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติจับเคลื่อนย้ายชิ้นงานขนาดเล็ก ซึ่งทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์ จึงจำเป็นที่ต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงเพื่อที่จะรองรับน้ำหนักของกระบอกสูบและอุปกรณ์นิวเมติกส์อื่นๆได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้วัสดุที่มีโครงสร้างแข็ง เช่นเหล็ก อลูมิเนียม สแตนเลส อะคริลิก เป็นต้น ในการทำโครงสร้าง อีกทั้งหากต้องการนำหุ่นยนต์ไปทำงาน ณ บริเวณที่ต้องการก็สามารถย้ายเปลี่ยนแปลงได้ ฉะนั้นจึงออกแบบฐานหุ่นยนต์ให้มีลักษณะคล้ายโต๊ะเพื่อสะดวกต่อการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ



รูปที่ 3.1 ฐานของหุ่นยนต์จับเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

โดยลักษณะการทำงานที่เราต้องการนั้นคือใช้หยิบจับเคลื่อนย้ายชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไปวาง ณ ตำแหน่งที่ต้องการซึ่งนำไปใช้ในงานสายการผลิต เพื่อประหยัดเวลาและแรงงาน ดังนั้นจึงออกแบบให้หุ่นยนต์จับชิ้นงานยกขึ้นแล้วเคลื่อนที่ไปวางให้ตรงตำแหน่งเคลื่อนที่โดยกระบอกสูบเลื่อนไปมาได้ตามการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



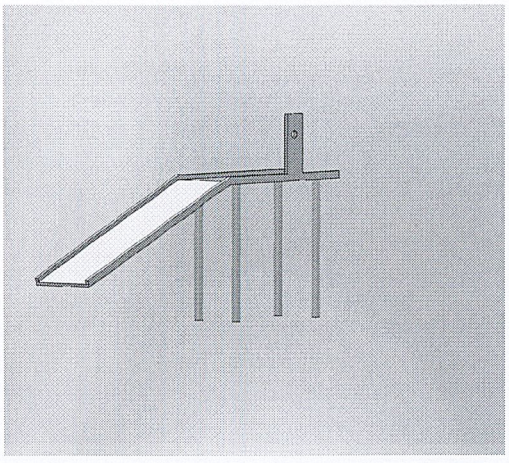
รูปที่ 3.2 โครงสร้างด้านบนของหุ่นยนต์จับเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

ส่วนของการป้อนชิ้นงานเพื่อให้หุ่นยนต์จับเคลื่อนย้าย ในการออกแบบตัวจับชิ้นงานได้ออกแบบให้หุ่นยนต์จับชิ้นงานขนาด กว้าง 5 ซม. ยาว 7ซม. สูง 3ซม. จะเห็นว่าชิ้นงานมีขนาดไม่ใหญ่มากจึงออกแบบตัวป้อนชิ้นงานเป็นลักษณะของกล่องป้อนชิ้นงานโดยรับชิ้นงานจากด้านบนลงมาตามทางลาดลงมาอยู่ ณ ตำแหน่งฐานวางชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ตัวป้อนชิ้นงาน

และยังมีส่วนของฐานการรับชิ้นงานสำหรับการวางชิ้นงานเพื่อที่จะดันชิ้นงานไปเก็บ เป็นการออกแบบเพื่อให้กระบอกสูบดันชิ้นงานลงสู่ทางลาดที่ออกแบบไว้ เพื่อที่ชิ้นงานจะไม่ต้องซ้อนทับกัน ออกแบบออกมาได้ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ฐานพักชิ้นงาน

เมื่อประกอบตัวป้อนชิ้นงานอุปกรณ์นิวเมติกส์และอุปกรณ์อื่นๆ โดยโครงสร้างด้านบนจะเป็นการติดตั้งกระบอกสูบ 2 ตัวโดยกระบอกสูบตัวแรกทำหน้าที่ชักขึ้นลงให้ตัวจับเลื่อนลงไปจับชิ้นงานที่ฐานป้อนแล้วยกชิ้นงานขึ้นส่วนกระบอกสูบอีกตัวจะทำหน้าที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการวางชิ้นงาน การออกแบบตัวจับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.5

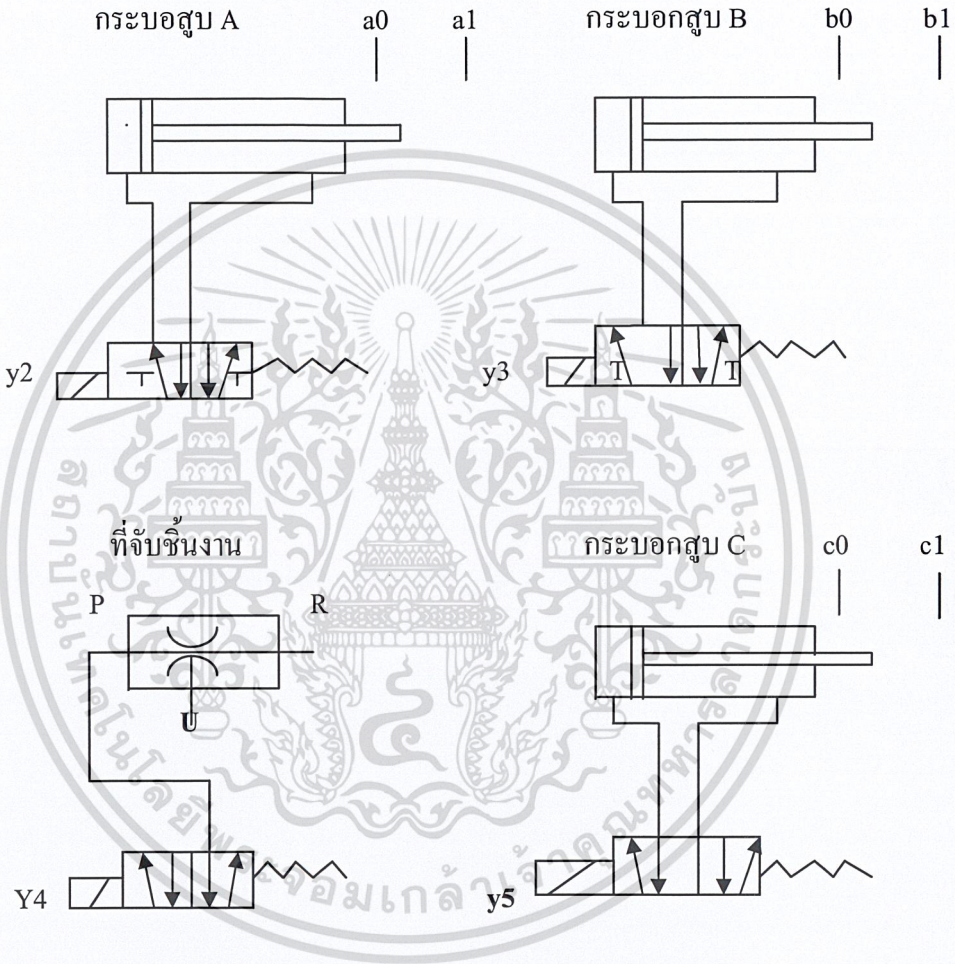
รูปที่ 3.5 ส่วนการทำงานในการจับชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบลักษณะการทำงาน

โดยการออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมหุ่นยนต์จับชิ้นงาน เป็นการควบคุมระบบนิวเมติกส์ด้วย PLC โดยกำหนดตำแหน่งกระบอกสูบดังนี้

ในการทำงานควบคุมกระบอกสูบชักเข้าออกด้วย สวิตซ์แม่เหล็ก พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์เป็นอินพุต และมีเอาต์พุตเป็นคอยล์สับเปลี่ยนการทำงานของวาล์วลมซึ่งกำหนกสัญลักษณ์ ดังนี้



รูปที่ 3.6 สัญลักษณ์กระบอกสูบและอินพุต เอาต์พุต

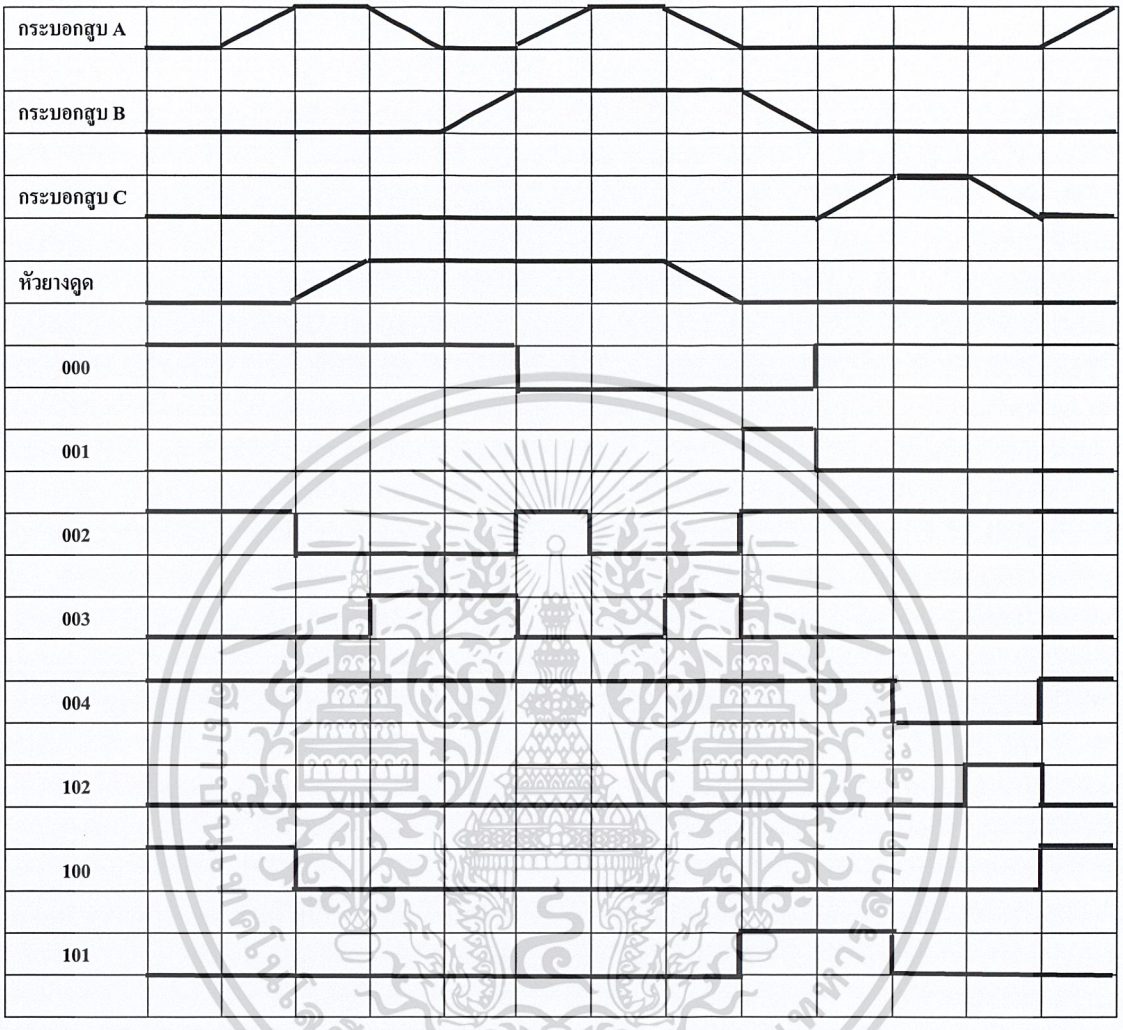
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางอุปกรณ์

อุปกรณ์	จำนวน
1. กระบอกสูบ	3 ตัว
2. เครื่องปั๊มลม	1 เครื่อง
3. ชุดปรับความดันลม	1 ชุด
4. วาล์วลม 5/2	3 ตัว
5. วาล์วลม 3/2	1 ตัว
6. PLC	1 ตัว
7. สวิตซ์ ปิดเปิด	5 ตัว
8. รีดสวิตซ์	6 ตัว
9. พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์	2 ตัว
10. อุปกรณ์สร้างสูญญากาศ	1 ตัว
11. หัวยางดูด	1 ตัว
12. เพาเวอร์ซัพพลาย	1 ตัว
13. ฟิวส์	1 ตัว
14. ถังพักลม	1 ตัว
15. สายไฟ 2 มม.	1 ขด
16. สายลมขนาด 3,4,8 mm.อย่างละ	2 เมตร
17. เหล็กฉาก	1 เส้น
18. เหล็กสี่เหลี่ยมกลวง 100×100×2.0 mm.	1 เมตร
19. เหล็กเส้น 5 mm.	1 เมตร
20. อะคริลิก	1 แผ่น
21. ไม้อัด 100×50×1.5 cm.	1 แผ่น
22. อลูมิเนียมกลวง 100×30×1.5 mm.	1 เมตร
23. น็อตยึด	1 กล่อง
24. เหล็กสตัดเกลียว 1m.	3 เส้น
25. น็อตตัวเมีย	100 ตัว
26. แหวนรองน็อต	100 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timing diagram



รูปที่ 3.7 Timing diagram

000 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักออกของกระบอกสูบ B

001 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักเข้าของกระบอกสูบ B

002 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักออกของกระบอกสูบ A

003 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักเข้าของกระบอกสูบ A

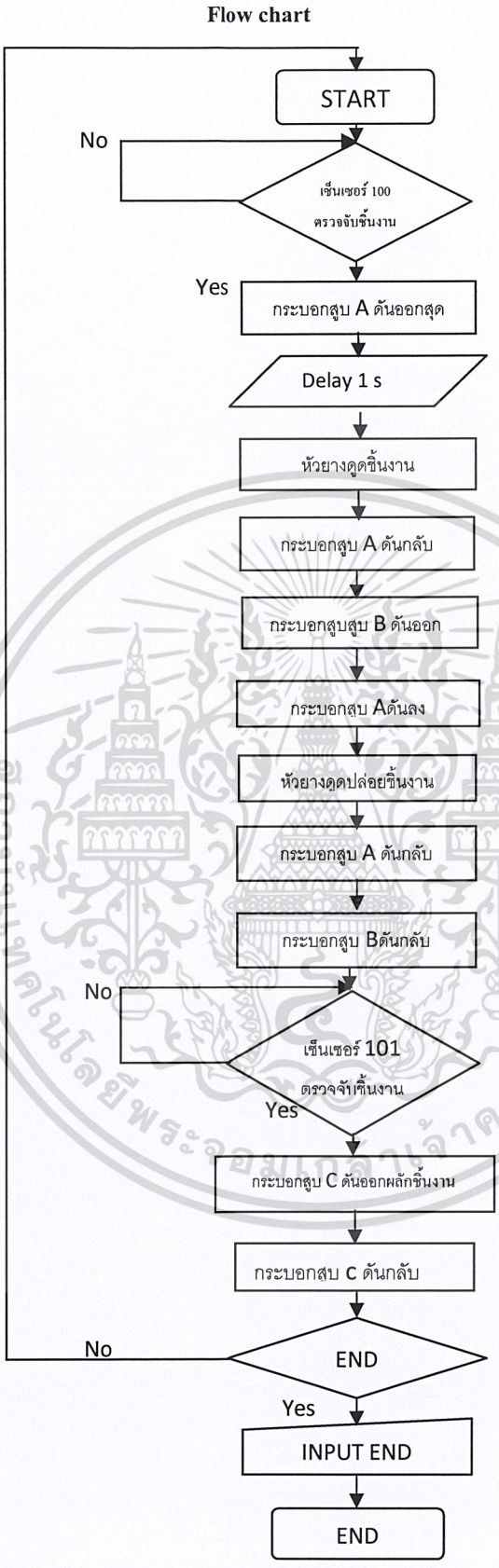
004 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักออกของกระบอกสูบ C

102 คือ เซนเซอร์ตรวจจับการชักเข้าของกระบอกสูบ C

100 คือ เซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงานเข้ามา

101 คือ เซนเซอร์ตรวจชิ้นงาน เมื่องานมาถึงเป้าหมาย

เอกสารนี้มีการสงวนลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

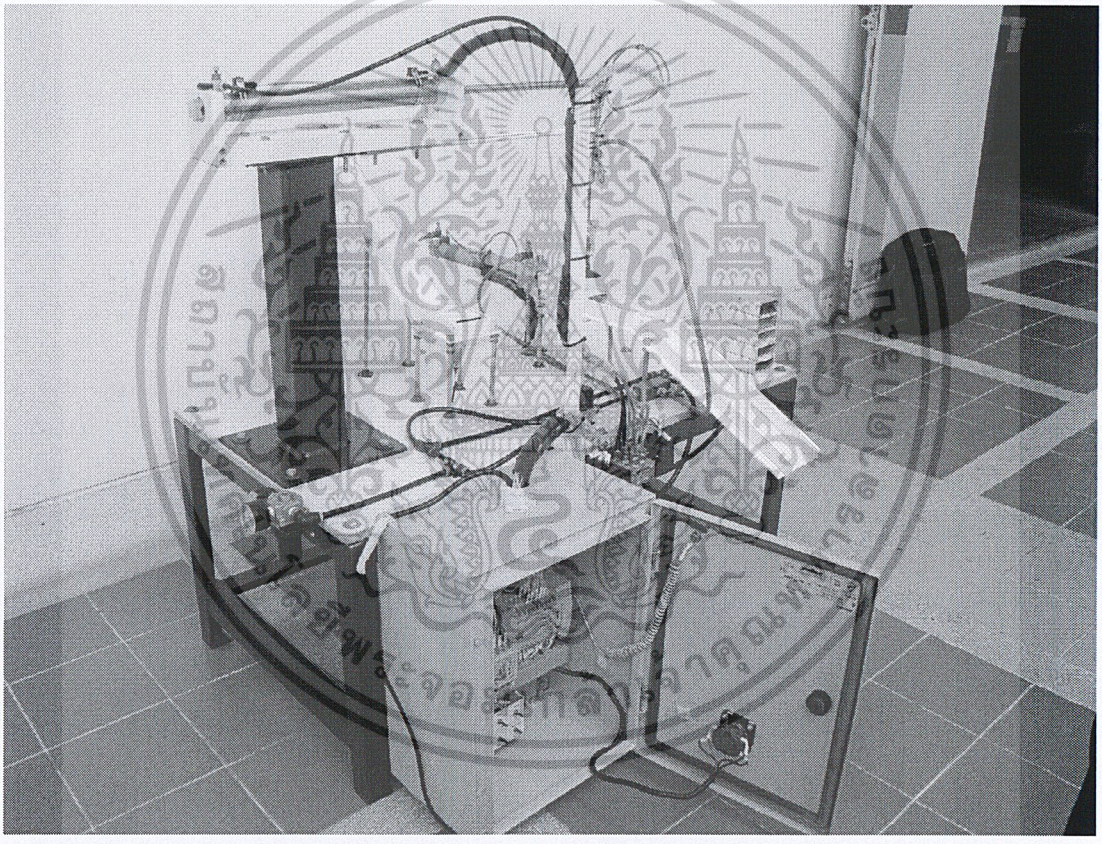


รูปที่ 3.8 Flow chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

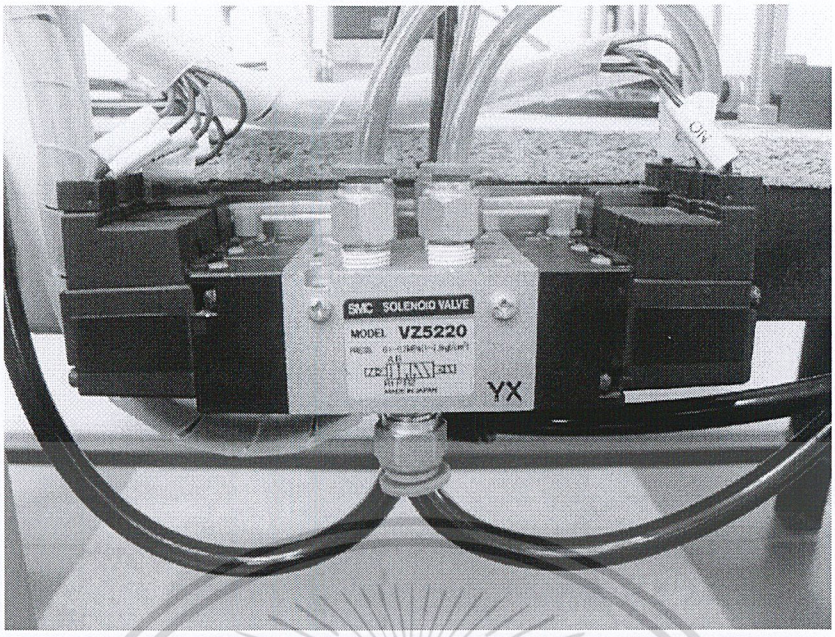
3.3 ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้ากับโครงสร้าง

ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์ตามที่ออกแบบไว้ โดยมีการต่อสายลมจากกระบอกสูบไปวาล์วต่างๆ ต่อสายไฟฟ้าติดตั้งกล่องควบคุม ติดตั้ง PLC ในตู้คอนโทรลเพื่อความสะดวกในการตรวจเช็คและเป็นระเบียบและติดตั้งสวิตซ์ เซนเซอร์ รีดสวิตซ์ เป็นอุปกรณ์อินพุต เพื่อควบคุมและตรวจสอบระยะการชักของกระบอกสูบและตัวจับชิ้นงาน และมีเอาต์พุตเป็นโซลินอยด์วาล์วควบคุมการสับเปลี่ยนการทำงานการชักเข้าออกของกระบอกสูบและตัวจับชิ้นงานให้ทำงานตามที่ออกแบบไว้



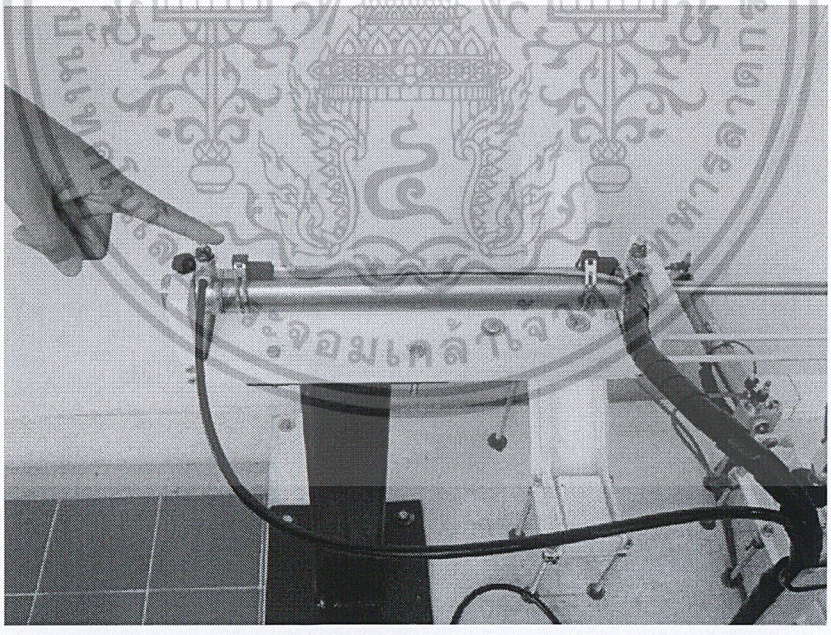
รูปที่ 3.9 รูปหุ่นยนต์โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 รูปตำแหน่งของโซลินอยด์

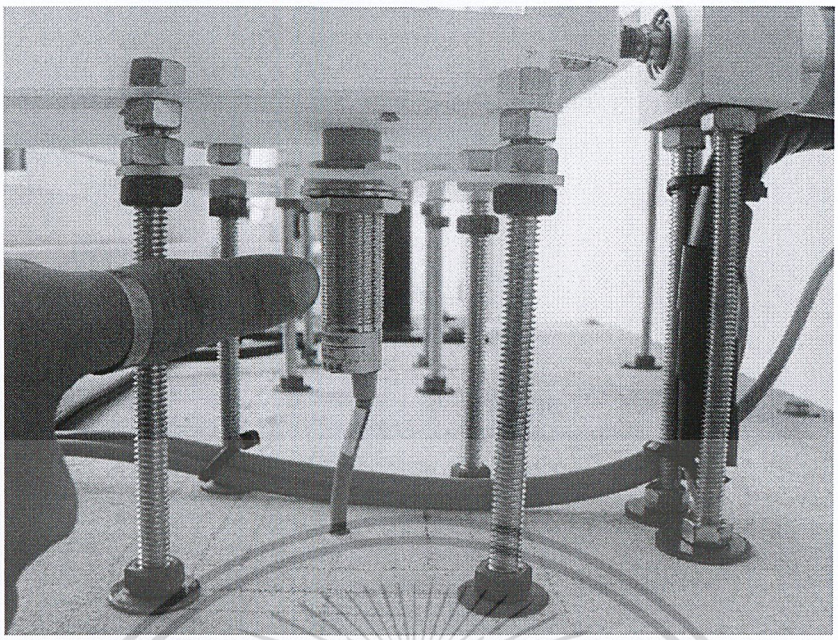
โซลินอยด์ใช้สำหรับเป็นวาล์วจ่ายลมให้กระบอกสูบ A , B , C และ จุกดูดชิ้นงาน ติดตั้งบริเวณด้านข้างของฐานหุ่นยนต์



รูปที่ 3.11 รูปตำแหน่งของสวิตส์แม่เหล็ก

สวิตส์แม่เหล็กใช้ตรวจสอบระยะการชักของกระบอกสูบ A , B , และ C ติดตั้งบริเวณส่วนต้นและส่วนปลายของกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

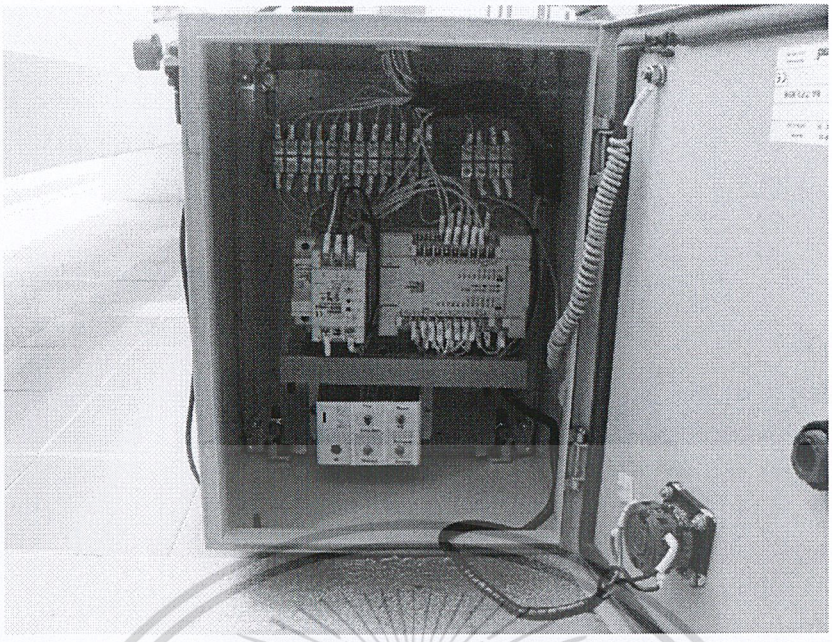


รูปที่ 3.12 รูปตำแหน่งของพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ใช้ตรวจจับชิ้นงาน ติดตั้งสองตำแหน่งคือ

- บริเวณด้านล่างของรางชิ้นงานเพื่อตรวจสอบว่ามีชิ้นงานหรือไม่ ก่อนที่จะป้อนชิ้นงานถ้าไม่มีชิ้นงานหุ่นยนต์ของเราก็จะได้ไม่ต้องทำงาน
- บริเวณด้านล่างชิ้นงานที่สอง ติดตั้งเพื่อตรวจสอบว่างานมาถึงหรือยัง ถ้ายังกระบอกสูบ C ก็จะไม่ต้องทำงาน ถ้ามีชิ้นงานมากระบอกสูบ C ถึงจะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



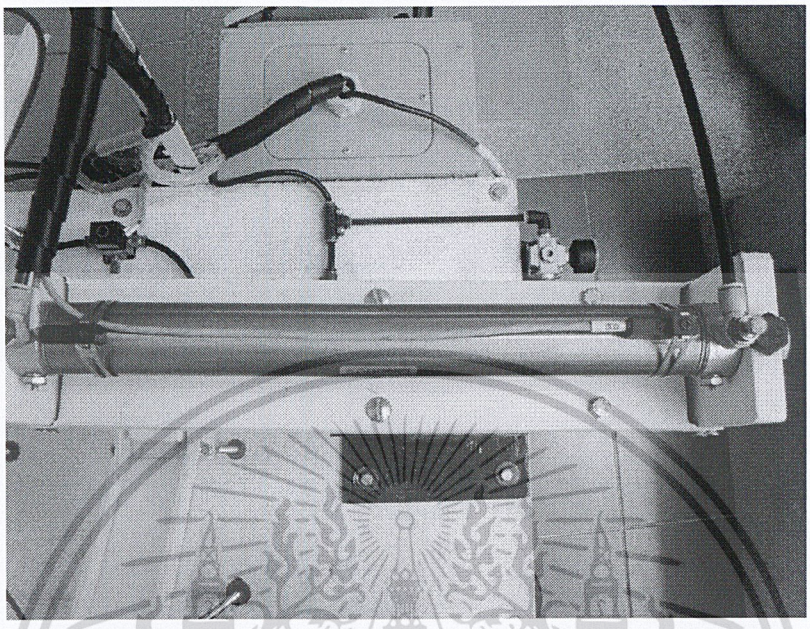
รูปที่ 3.13 รูปตำแหน่งของ PLC

ติดตั้ง PLC ในบริเวนของกล่องคอนโทรล เพื่อสะดวกในการแก้ไขและต่อสายไฟอินพุต และเอาต์พุต

รูปที่ 3.14 รูปกล่องควบคุม

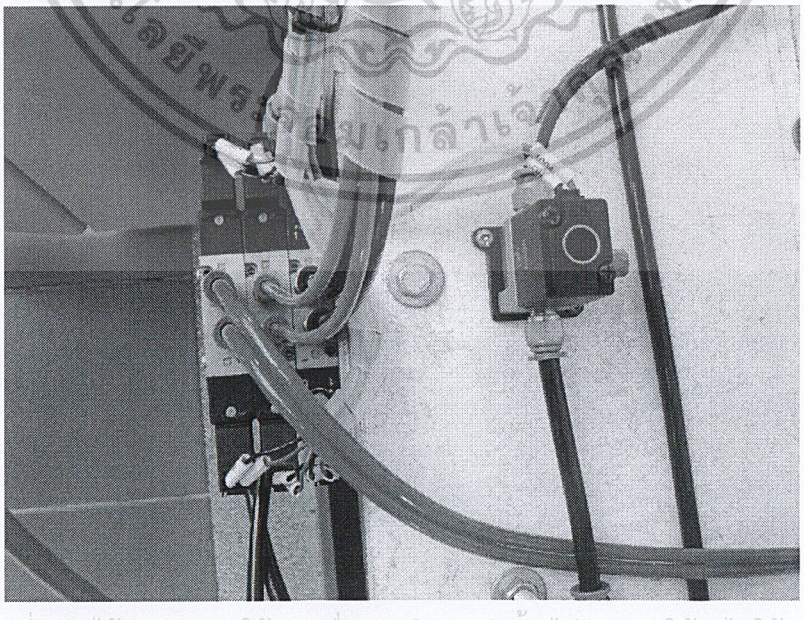
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกล่องควบคุมจะติดบริเวณด้านข้างของโครงสร้างฐานของหุ่นยนต์ซึ่งประกอบไปด้วย สวิตซ์เปิดปิดการทำงาน สวิตซ์เลือกการทำงานแบบ Auto หรือ Manual



รูปที่ 3.15 รูปกระบอกสูบ (Pneumatic cylinder)

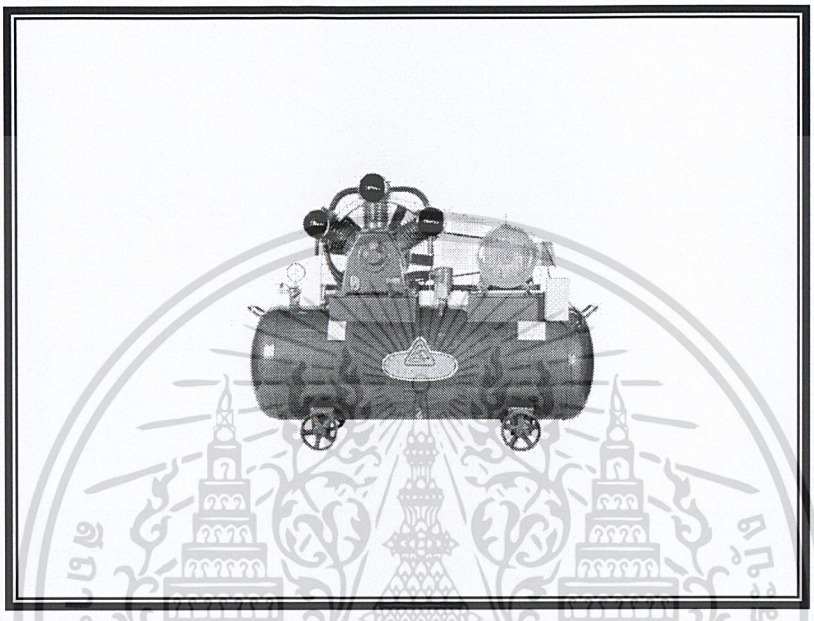
กระบอกสูบ (Pneumatic cylinder) โดยการทำงานเป็นเส้นตรงในระนาบ x,y โดยการเปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ใช้เป็นเอาท์พุตในการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 3.16 รูปวาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) จะทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางการไหลของลมเป็นการควบคุมลูกสูบให้ทำงานเคลื่อนที่เข้าออก หรือให้ค้างตำแหน่งการทำงาน โดยวาล์วที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นชนิด 5/2 จำนวน 3ตัว และ 3/2 จำนวน 1 ตัว ติดตั้งบริเวณตัวฐานด้านข้างและด้านบนของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.17 รูปเครื่องอัดลม (Compressor)

เครื่องอัดลม (Compressor) จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 รูปชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)

ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit) โดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 3 ชนิด ดังนี้

1. ตัวกรองอากาศ (Filter) เมื่อเครื่องอัดลมทำการอัดลมเพื่อให้มีความดันเพิ่มขึ้น ลมที่ถูกเครื่องอัดลมดูดเข้าไปจะมีส่วนผสมของมวลสารอื่น ๆด้วย เช่น ไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดลมทำงานอยู่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเอามวลสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกจากลมอัด เพราะว่ามวลสารและสิ่งสกปรกต่าง ๆ นี้จะเป็นตัวที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกส์เสียหายหรือทำงานติดขัด

2. อุปกรณ์ควบคุมความดัน(Pressure Regulator) หน้าที่ของตัวควบคุมความดัน คือรักษาความดันด้านใช้งานให้คงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความดันของแหล่งผลิตลมอัด และรักษาปริมาณลมอัดในการใช้งานให้คงที่ ซึ่งตามปกติแล้ว ความดันที่ด้านแหล่งผลิตต้องสูงกว่าความดันที่ด้านใช้งานเสมอ และจะต้องปรับความดันให้เท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวเมติกส์

3. ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่นในลมอัด (Air Lubricator) มีหน้าที่จ่ายสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์ให้พอเพียง ซึ่งสารหล่อลื่นเหล่านี้ จะใช้เพื่อลดการสึกหรอของส่วนที่เคลื่อนที่ ลดความฝืดของอุปกรณ์และป้องกันการเกิดสนิมในอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบงานจริงของหุ่นยนต์ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบการทำงานจริงใน 1 รอบการทำงาน โดยการทดสอบที่ความดันลมแตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในช่วงเวลาการทำงาน เช่น ตรวจสอบเวลาในการจับชิ้นงานและหาความดันลมที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของหุ่นยนต์ และทำการทดลองเพื่อหาเสถียรภาพการทำงานโดยให้หุ่นยนต์ทำงานแบบต่อเนื่อง (Automatic) โดยหีหุ่นยนต์ทำงานจับชิ้นงานในเวลา 1 นาที

4.1 การทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน โดยทดสอบที่ความดันลมต่างๆกัน

การทดลองนี้เพื่อหาค่าความดันลมที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยสังเกตุจากการทำงาน

ตารางที่ 4.1 ทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน ที่ความดันลมต่างๆกัน

ความดันลม (Psi)	ครั้งที่	ลักษณะการทำงาน					เวลา (วินาที)
		กระบอกสูบ A (เลื่อนลง)	หยิบ, กระบอกสูบ A (ยกขึ้น)	กระบอกสูบ B (เลื่อนออก)	วาง, กระบอกสูบ A (เลื่อนลง)	กระบอกสูบ C (ดันชิ้นงาน)	
20	1	-	-	-	-	ไม่มีชิ้นงาน	-
	2	-	-	-	-	ไม่มีชิ้นงาน	-
	3	-	-	-	-	ไม่มีชิ้นงาน	-
30	1	ช้า	จับได้,พอดี	พอดี	พอดี	ดันชิ้นงาน	8.11
	2	พอดี	จับได้,ช้า	ช้า	ช้า	ดันชิ้นงาน	8.05
	3	ช้า	จับได้,พอดี	พอดี	พอดี	ดันชิ้นงาน	8.16
40	1	เร็ว	จับได้,พอดี	พอดี	เร็ว	ดันชิ้นงาน	7.35
	2	พอดี	จับได้,เร็ว	เร็ว	พอดี	ดันชิ้นงาน	7.26
	3	พอดี	จับได้,เร็ว	เร็ว	เร็ว	ดันชิ้นงาน	7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ทดสอบการทำงาน 1 รอบการทำงาน ที่ความดันลมต่างๆกัน

ความดันลม (Psi)	ครั้งที่	ลักษณะการทำงาน					เวลา (วินาที)
		กระบอกสูบ A (เลื่อนลง)	หยิบ, กระบอกสูบ A (ยกขึ้น)	กระบอกสูบ B (เลื่อนออก)	วาง, กระบอกสูบ A (เลื่อนลง)	กระบอกสูบ C (ดันชิ้นงาน)	
50	1	แรง	จับได้,แรง	เร็ว	เร็ว	ดันชิ้นงาน	6.95
	2	แรงมาก	จับได้,แรง	เร็ว	เร็ว	ดันชิ้นงาน	6.88
	3	แรง	จับได้,แรง	เร็ว	เร็ว	ดันชิ้นงาน	6.91
60	1	แรงมาก	จับได้,แรง	แรง,เร็ว	แรง	ดันชิ้นงาน	6.11
	2	แรงมาก	จับได้,แรง	แรง,เร็ว	แรง	ดันชิ้นงาน	6.05
	3	แรงมาก	จับได้,แรง	แรง,เร็ว	แรง	ดันชิ้นงาน	6.16

จากผลการทดสอบ ควรเลือกใช้ค่าความดันลมที่ 40 Psi เนื่องจากสามารถจับชิ้นงานได้เร็วพอดีสม่ำเสมอทุกครั้ง และการเคลื่อนที่ชักเข้าชักออกของกระบอกสูบก็ไม่ช้าหรือแรงเกินไป ซึ่งการเคลื่อนที่เร็วและแรงมากเกินไปของกระบอกสูบอาจทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างของหุ่นยนต์ และชิ้นงาน เช่นที่ความดัน 50 Psi และ 60 Psi กระบอกสูบ A เลื่อนลงเร็วทำให้กระแทกกับชิ้นงานแรงมาก และกระบอกสูบ C ยังดันชิ้นงานแรงเลยเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการทำงานแบบ Automatic ให้ทำงานในเวลา 1 นาที

การทดสอบเพื่อหาค่าความดันลมที่ทำให้หุ่นยนต์จับเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 การทดสอบทำงานแบบ Automatic ในเวลา 1 นาที

ความดันลม (Psi) จากปั๊มอัดลม	จำนวนชิ้นงานที่เคลื่อนย้ายได้ (ชิ้น/นาที)
20	กระบอกสูบ A จับงานไม่ขึ้น
30	6
40	7
50	9*
60	9*

*หุ่นยนต์สามารถทำงานได้แต่อาจเกิดความเสียหายกับชิ้นงานจากการกระแทก

จากการทดสอบเมื่อเพิ่มขนาดของความดันลมจะเห็นว่าแขนกลสามารถย้ายชิ้นงานได้มากขึ้น โดยความดันลมที่เคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยังตำแหน่งที่ตั้งไว้เร็วที่สุดคือ 50-60 Psi แต่จากผลการทดลองที่ 4.1 จะพบว่าที่ความดันลม 50-60 Psi กระบอกสูบ A เลื่อนลงเร็วและแรง ทำให้จุกดูดชิ้นงานกระแทกชิ้นงานแรงทำให้เกิดความเสียหาย และกระบอกสูบ C ยังดันชิ้นงานเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าความดันลมที่ 40 Psi ในการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติควบคุมด้วยพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทำงานวิจัยและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนา

5.1 บทสรุป

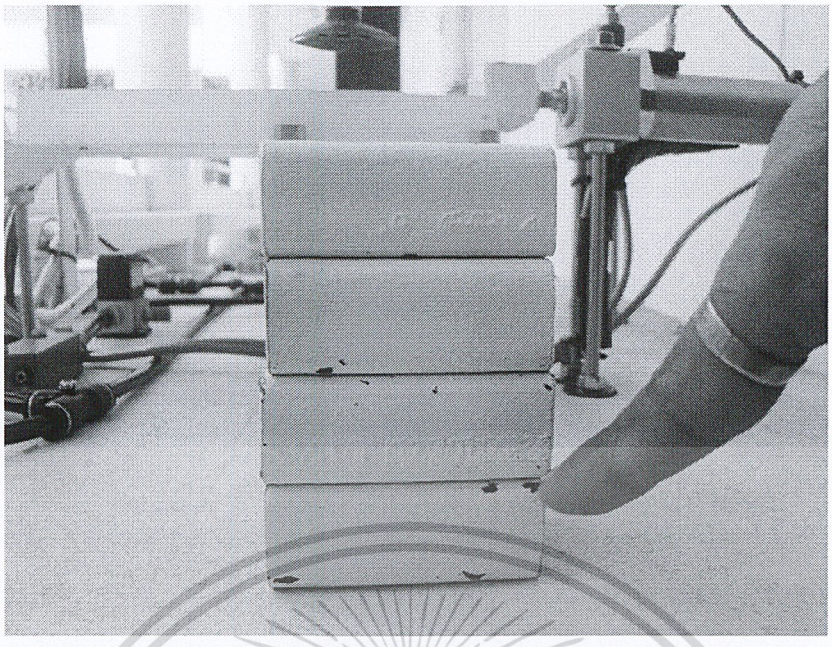
โครงงานนี้มีตัวควบคุมระบบคือ พีแอลซี ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลอัตโนมัติ ซึ่งจากผลการทดสอบสามารถควบคุมจับ เคลื่อนย้ายชิ้นงานจากจุดที่วางชิ้นงานไปยังตำแหน่งที่ตั้งเป้าหมายไว้ได้ ในการทำงานของแขนกลจะแบ่งการทำงานเป็น 2โหมดการทำงาน คือ โหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ (Manual mode) และการทำงานแบบต่อเนื่อง (Automatic mode) และจากการทดลองการทำงานของทั้ง 2 โหมดการทำงานให้จับและเคลื่อนย้ายชิ้นงานในเวลา 1 นาที จะเห็นว่าที่ค่าความดันลม 40 Psi แขนกลอัตโนมัติ สามารถทำงานได้เร็วพอดีชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย และตรงตำแหน่งที่ดันชิ้นงานไปเก็บไว้และเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานยังสัมพันธ์กับการดันชิ้นงานไปเก็บด้วย ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และผลจากการทดสอบให้ทำงานในเวลา 1 นาที แขนกลนิวเมติกส์สามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ 7 ชิ้น หากว่าต้องการเคลื่อนย้ายชิ้นงานให้มากกว่านี้ภายในเวลา 1 นาที ก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มค่าความดันลมให้มากขึ้น แต่อาจมีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อส่วนแมคคานิกส์ของหุ่นยนต์และชิ้นงานได้

5.2 ปัญหาที่พบในการทำงานวิจัย

ในระบบนิวเมติกส์การชักเข้า-ออกของกระบอกสูบมีความเร็วและแรงอัดสูงทำให้มีผลกระทบต่อโครงสร้างต่างๆของหุ่นยนต์ เช่น สกรูยึด น็อตที่ยึดส่วนแขนกล และยังจับชิ้นงานแรงเกินไปเกิดความผิดพลาดในการทำงาน เช่น กระบอกสูบ C ดันชิ้นงานไปเก็บเลยเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้เกิดความเสียต่อชิ้นงานได้

ในส่วนของกระบอกสูบ A ที่เป็นตัวเลื่อนลงไปจับชิ้นงานแล้วยกขึ้นอาจมีขนาดเล็กเมื่อแรงอัดลมมากเกินไปอาจทำให้เกิดการแกร่ง อาจทำให้ชิ้นงานเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 รูปความเสียหายของชิ้นงาน

5.3 ข้อเสอแนะในการพัฒนาต่อไป

1. ควรที่จะประยุกต์การสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ร่วมด้วย
2. การออกแบบควรใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงในการทำโครงสร้างแขนกล ที่ยึดกระบอกสูบหากใช้ในงานที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
3. ควรศึกษาและคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์นิวเมติกส์ในการออกแบบให้เมาะสมกับงาน
4. สามารถนำไปใช้ในด้านงานอุตสาหกรรมที่มีการย้ายวัตถุไปยังตำแหน่งเดิมๆซ้ำๆกัน
5. ในการออกแบบใช้งานต่อไป ควรออกแบบให้แขนกลสามารถทำงานได้หลายๆแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์
- การป้อนโปรแกรมในการควบคุม

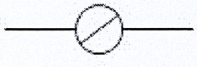
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

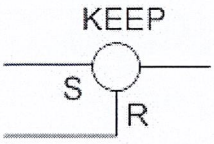
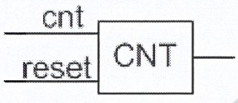
การเขียนโปรแกรม (Ladder diagram)

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์

คำสั่งพื้นฐาน

สัญลักษณ์	คำสั่งแลดเดอร์	ชื่อ	รายละเอียด
	LD	LOAD	หน้า contact NO ถ้าเริ่มบล็อกจะใช้ LD
	AND	AND	
	OR	OR	
	LD NOT	LOAD NOT	หน้า contact NC ถ้าเริ่มบล็อกจะใช้ LD NOT
	AND NOT	AND NOT	
	OR NOT	OR NOT	
	OUT	OUT RELAY	รีเลย์ทำงานแบบมีไฟจ่ายคอยล์ทำงาน
	OUT NOT	OUT NOT RELAY	รีเลย์ทำงาแบบไม่มีไฟจ่ายคอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ทำงาน
	KEEP	KEEP RELAY	รีเลย์ทำงานค้างสถานะกระตุ้นแค่ครั้งเดียว ขา S เซ็ต ขา R รีเซ็ต
	CNT	COUNT	ตัวนับ ขา cnt เป็นขานับ ขา reset เป็นขารีเซ็ต ค่าสูงสุด 9999
	TIM	TIMER	ตัวจับเวลา จับเวลาสูงสุด 999.9 sec

- ข้อกำหนดเบื้องต้น หน้าคอนแท็คแต่ละแอดเดรส สามารถใช้ได้กี่ครั้งก็ได้
- รีเลย์แต่ละแอดเดรสสามารถใช้ได้แค่ครั้งเดียวใน1โปรแกรม ยกเว้น รีเลย์ชั่วคราว TR181-TR190
- เช่นเราใช้คำสั่ง OUT 101 ไปแล้ว จะไม่สามารถใช้คำสั่ง OUT 101 หรือ KEEP 101 ได้อีก

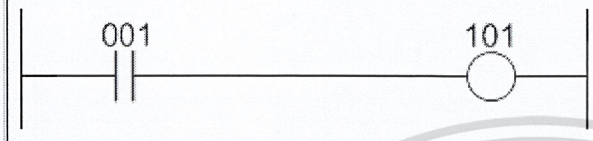
แต่หน้าคอนแทค 101 สามารถนำไปใช้ได้ไม่จำกัด ไม่ว่าจะเป็น LD 101, OR 101, หรือ AND 101 ก็ตาม

- หน้าคอนแท็คติดต่อภายนอกคือ 001-016
- รีเลย์ติดต่อภายนอกคือ 101-108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเลย์ภายในคือ 201-250

แลดเดอร์ไดอะแกรม	คำสั่งแลดเดอร์

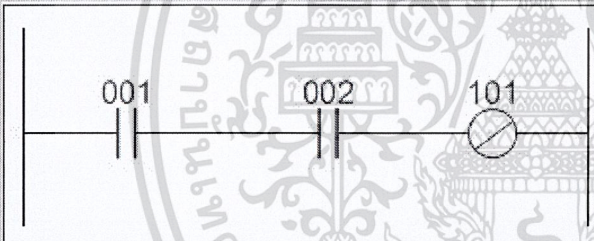


EX1

1.LD	001
2.OUT	101
3.END	

ทุกครั้งที่เริ่มต้นบล็อกจะต้องใช้คำสั่ง LD หน้าคอนแท็คก่อน

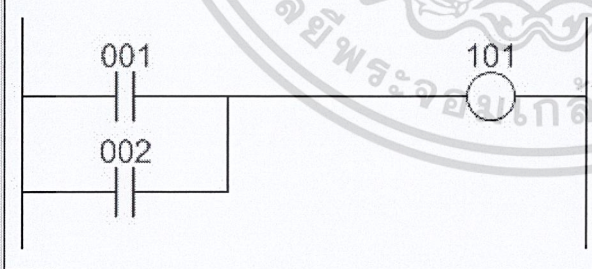
จากตัวอย่างถ้ามีการต่อให้อินพุต 001ต่อวงจร รีเลย์101 จะทำงานด้วย การทำงานก็เหมือนกับวงจรรีเลย์ไฟฟ้าทั่วไป



EX2

1.LD	001
2.AND	002
3.OUT NOT	101
4.END	

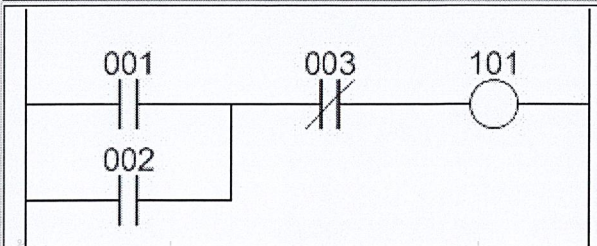
ตัวอย่างที่ 2 เริ่มมีการ and



EX3

1.LD	001
2.OR	002
3.OUT	101
4.END	

ตัวอย่างที่ 3 มีการ or

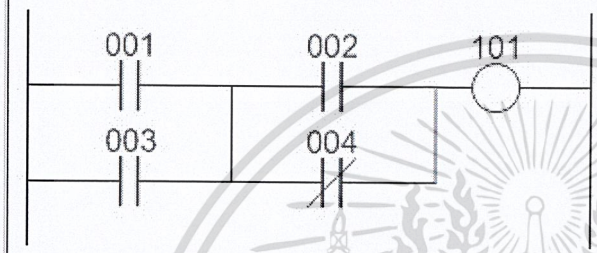


EX4

1.LD	001
2.OR	002
3.AND NOT	003
4.OUT	101
5.END	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

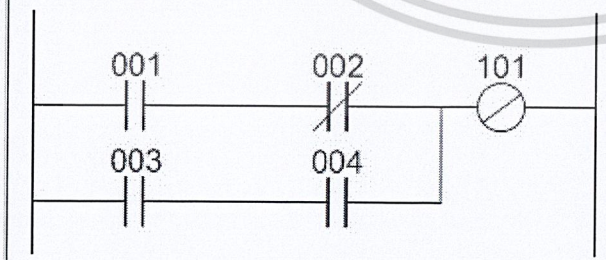
	ตัวอย่างที่ 4 เริ่มมีการผสม or กับ and



EX5

1.LD	001
2.OR	003
3.LD	002
4.OR NOT	004
5 AND LD	
6.OUT	101
7.END	

เริ่มมี 2 บล็อก ทุกครั้งที่เริ่มบล็อกใหม่ต้องใช้คำสั่ง LD ก่อน
ในตัวอย่างมี 2 บล็อก และบล็อกมีการ and กัน ใช้คำสั่ง AND LD

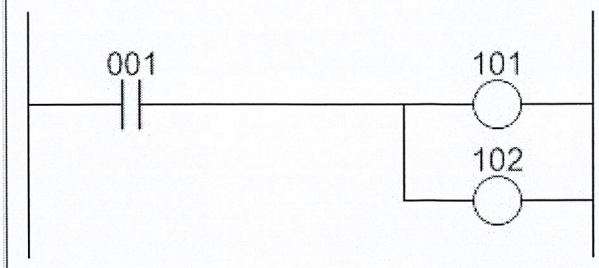


EX6

1. LD	001
2. AND NOT	002
3. LD	003
4. AND	004
5 OR LD	
6. OUT NOT	101
7. END	

มี 2 บล็อก ทุกครั้งที่เริ่มบล็อกใหม่ต้องใช้คำสั่ง LD ก่อน
ในตัวอย่างมี 2 บล็อก และบล็อกมีการ or กัน ใช้คำสั่ง OR LD

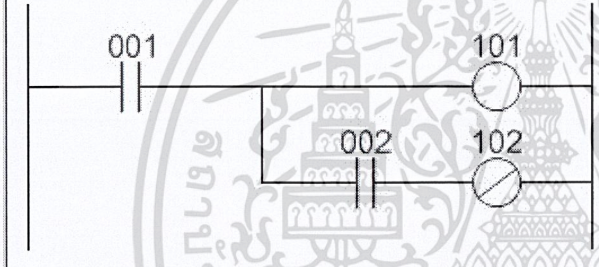
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EX7

1.LD	001
2.OUT	101
3.OUT	102
4.END	

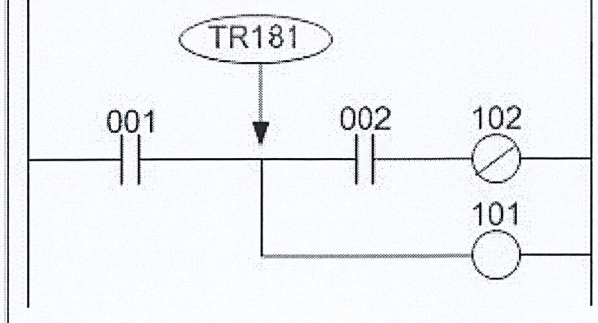
ตัวอย่าง 7 การสั่งรีเลย์หลายตัว



EX8

1.LD	001
2.OUT	101
3.AND	002
4.OUT NOT	102
5.END	

ตัวอย่างที่ 8-9 การทำงานเหมือนกัน จะเห็นว่าตัวอย่างที่ 8 จะเขียนคำสั่งที่ง่ายและสั้นกว่า ต่างกันที่การเขียนไดอะแกรม ดังนั้นการเขียนไดอะแกรมก็มีผลต่อการเขียนแลดเดอร์เหมือนกัน



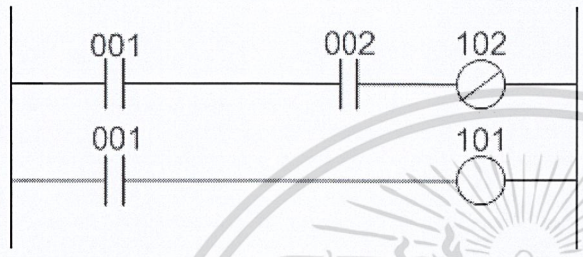
EX9

1.LD	001
2.OUT TR1	171
3.AND	002
4.OUT NOT	102
5.LD TR1	181
6.OUT	101
7.END	

การเขียนไดอะแกรมลักษณะนี้ต้องใช้รีเลย์ชั่วคราว พัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

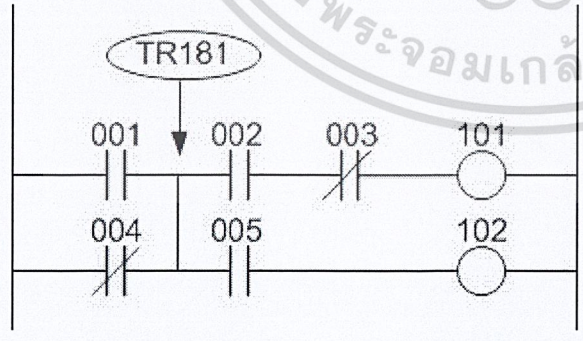
ข้อมูลไว้ก่อน
ในตัวอย่างพักไว้ที่ TR171
แล้วค่อยโหลดไปใช้



EX10

1.LD	001
2.AND	002
3.OUT NOT	102
4.LD	001
5.OUT	101
6.END	

ในตัวอย่าง 10 แตกมาจาก
ตัวอย่าง 9 แสดงให้เห็นว่า
สามารถเขียนไดอะแกรมได้
อีกแบบ และเขียนแลดเดอร์ได้
ง่ายขึ้น



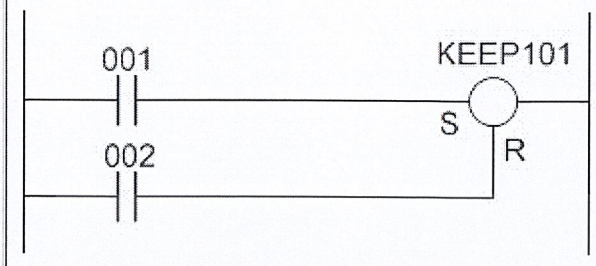
EX11

1.LD	001
2.OR NOT	004
3.OUT TR1	171
4.LD	002
5.AND NOT	003
6.AND LD	
7.OUT	101
8.LD TR1	181
9.AND	005
10.OUT	102
11.END	

ตัวอย่าง11 ถ้าไดอะแกรม
ซับซ้อนขึ้น
การใช้รีเลย์ชั่วคราว TR ก็เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

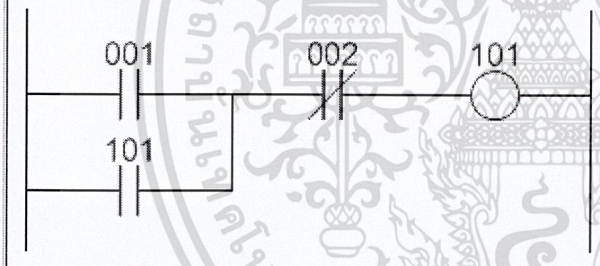
	สิ่งจำเป็น



EX12

1.LD	001
2.LD	002
3.KEEP	101
4.END	

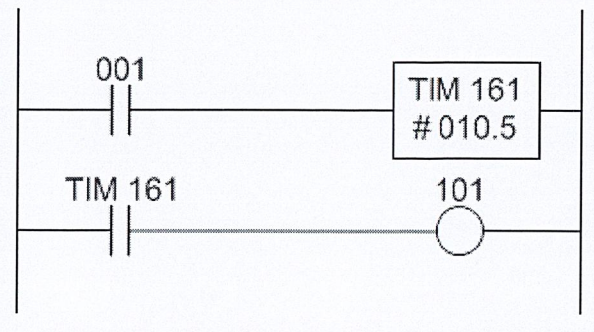
ตัวอย่าง 12-13 การทำงานเหมือนกัน แต่ถ้ามีหน้าคอนแท็คมากกว่านี้ การใช้ KEEP จะสะดวกกว่า



EX13

1.LD	001
2.OR	101
3.AND NOT	002
4.OUT	101
5.END	

ตัวอย่าง 13 หน้าคอนแท็ค 101 ทำหน้าที่ล็อกตัวเอง หรือเรียกว่าการอินเตอร์ล็อก(interlock)



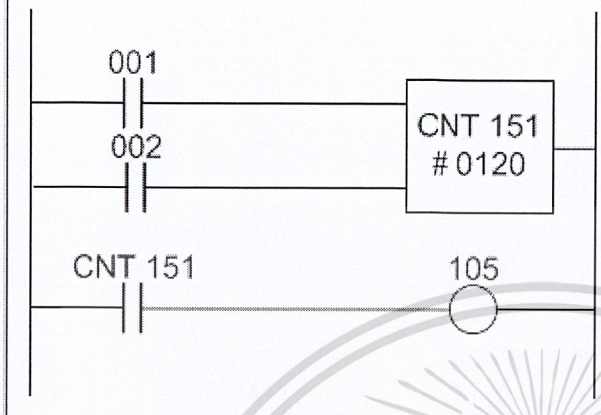
EX14

1.LD	001
2.TIM	161
3.....#	010.5
4.LD TIM	161
5.OUT	101
6.END	

ตัวอย่าง14 การใช้ ไทเมอร์จับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#10.5 คือ 10.5 วินาที

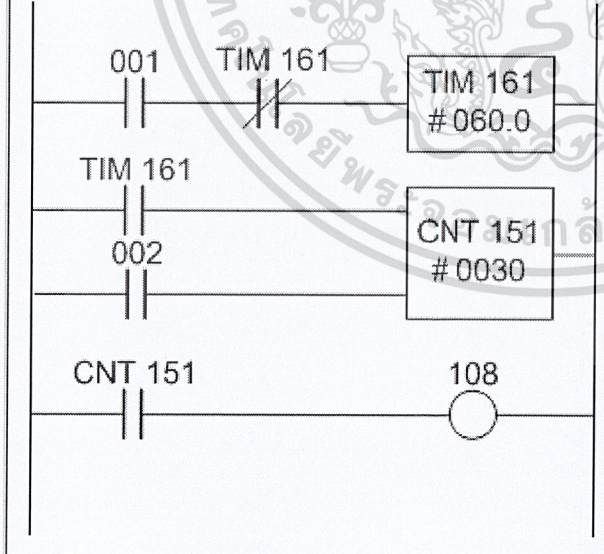


EX15

1.LD	001
2.LD	002
3.CNT	151
4.....#	0120
5.LD CNT	151
6.OUT	105
7.END	

ตัวอย่าง 15 การใช้งาน เค้าเตอร์ ตัวนับ

#120 คือนับคบ120ครั้ง สั่งทำงาน



EX16

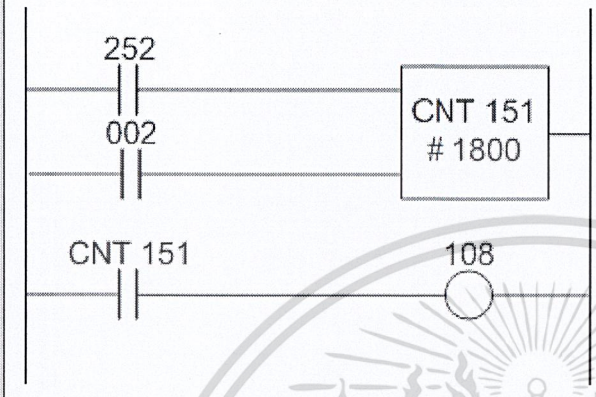
1.LD	001
2.AND NOT TIM	161
3.TIM	161
4.....#	060.0
5.LD TIM	161
6.LD	002
7.CNT	151
8.....#	0030
9.LD CNT	151
10.OUT	108
11.END	

ตัวอย่าง 16 การจับเวลา 30 นาที แล้วสั่งให้รีเลย์ทำงาน โดยใช้ไทเมอร์กับเค้าเตอร์ประกอบกัน

(60 วินาที x 30 =1800 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

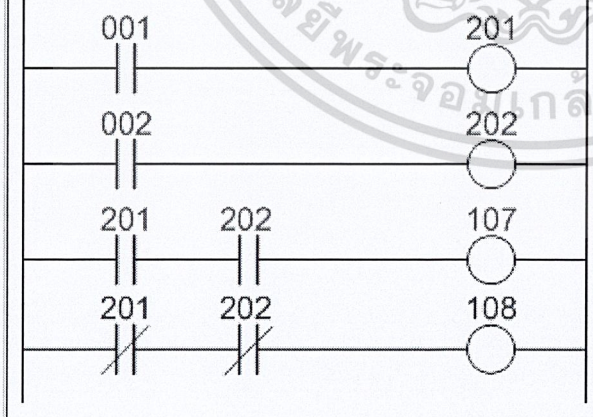
หรือ = 30 นาที)



EX17

1.LD	252
2.LD	002
3.CNT	151
4.....#	1800
5.LD CNT	151
6.OUT	108
7.END	

ตัวอย่าง 17 การจับเวลา 30 นาที เหมือนตัวอย่าง 16 แต่ใช้รีเลย์พิเศษ 252 ช่วย ซึ่งรีเลย์252มีความถี่=1วินาที (1 วินาที x 1800 =1800 วินาที หรือ = 30 นาที)



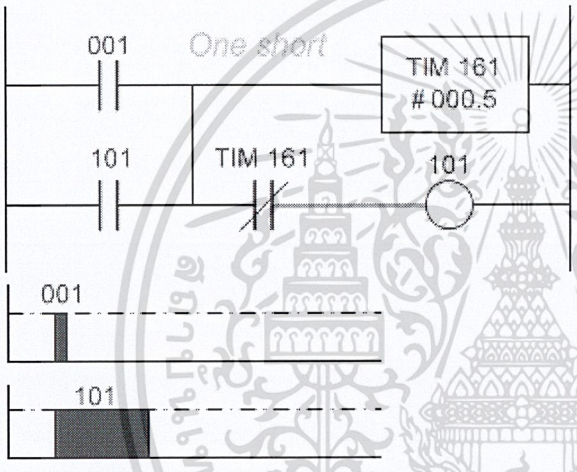
EX18

1.LD	001
2.OUT	201
3.LD	002
4.OUT	202
5.LD	201
6.AND	202
7.OUT	107
8.LD NOT	201
9.LD NOT	202
10.OUT	108
11.END	

ตัวอย่าง 18 มีการใช้รีเลย์ภายใน201,202 พักข้อมูลของอินพุตไว้ มีประโยชน์มากในกรณีที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	การใช้อินพุตควบคุมหลายที่ แล้วหากมีการย้ายตำแหน่งอินพุตไปคำแหน่งอื่น เช่นจาก 001 ไปใช้ 005 เราก็เปลี่ยนที่เดียว ไม่ต้องเปลี่ยนหลายที่



1.LD	001
2.OR	101
3.TIM	161
4.....#	000.5
5.AND NOT TIM	161
6.OUT	101
7.END	

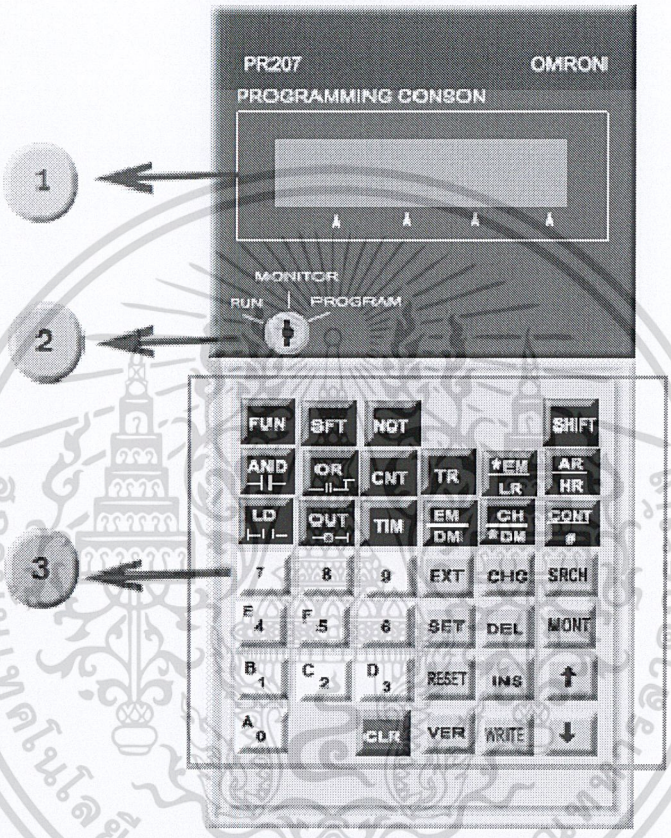
ตัวอย่างที่ 19 เป็นตัวอย่างวงจร one short timer เอาไปใช้งานในลักษณะกระตุ้นที่อินพุตครั้งเดียว เอ้าพุตทำงานในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น เครื่องจักรหมุนครบ1รอบ ให้พ่นน้ำ 1ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การป้อนโปรแกรมในการควบคุม

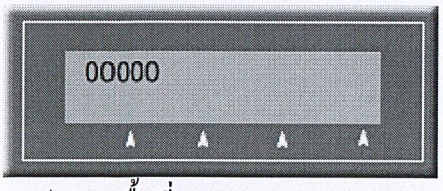
1. โครงสร้างลักษณะของโปรแกรมมิ่งคอนโซล



1. พื้นที่แสดงผล (DISPLAY)
2. โหมดการใช้งาน(MODE SELECTOR TCH)
3. คีย์คำสั่ง (KEY BOARD)

1.1 ส่วนต่างๆของโปรแกรมมิ่งคอนโซล

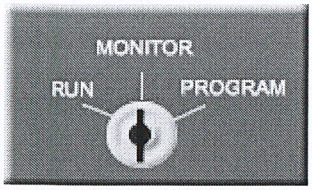
- พื้นที่แสดงผลการใช้งาน (DISPLAY) เป็นพื้นที่แสดงสัญลักษณ์คำสั่งภาษาบูลลีน (MNEMONIC COED) สามารถ แสดงภาษาได้สองภาษาคือภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่น



รูปแสดงพื้นที่แสดงผล (DISPLAY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โหมดการใช้งาน (MODE SELECCTOR SWITCH) แบ่งออกเป็น 3 โหมด



รูป แสดงโหมดการทำงานของโปรแกรมมิ่งคอนโซล

1. PROGRAM MODE เป็นโหมดที่ใช้เขียนโปแกรมเพื่อสร้างแก้ไขเปลี่ยนแปลงหรือแทรกข้อมูลคำสั่ง

2. MONITOR MODEเป็นโหมดPCสามารถทำงานตามโปรแกรมได้และในขณะเดียวกันก็สามารถทำการตรวจสอบโปรแกรมได้ และแก้ไขเปลี่ยนแปลงของตัวตั้งเวลาตัวนับและข้อมูลต่างๆขณะที่PCกำลังทำงานได้อีกด้วย หรือในกรณีที่ใช้ ซอฟแวร์จะ ทำการแก้ไขโปรแกรมในโหมดนี้ได้

3. RUN MODEเป็นโหมดโปแกรมที่ทำงานตามคำสั่งโดยที่ผู้ใช้ ไม่เปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมหรือค่าต่างๆ ของตัวตั้งเวลาตัวนับ หรือข้อมูลใน PC อีกแล้ว

1.2 ความหมายของคีย์คำสั่งของโปรแกรมมิ่งคอนโซล

FUN	เป็นการเรียกใช้คำสั่งพิเศษดยการกดคีย์และระบุหมายดเลข CODE ของฟังก์ชั่น
SFT	เป็นการเรียกใช้ฟังชั่นที่ 10 (FUN 10) SFIST REGISTER
NOT	เป็นการเรียกใช้คำสั่งสถาวะตรงกันข้ามหรือการเรียกใช้หน้าสัมผัสปกติปิด (N.C.)
SHIFT	เป็นการเลือกใช้คำสั่งสภาวะตรงกันข้ามหรือการเรียกใช้หน้าสัมผัสที่มีสองคำสั่งอยู่ในปุ่มเดียวกัน
AND ⊣⊢	เป็นเงื่อนไขอนุกรมของโปรแกรม
OR ⊣⊢	เป็นเงื่อนไขขนานของโปรแกรม
CNT	เป็นการเรียกใชช้พื้นที่ของตัวนับ (CONTER)
TR	เป็นการเรียกใช้จุดต่อร่วมย่อย กรณีโปแกรมแกรมมีการแยกเอาท์พุทออกเป็นหลายสาขา
EM DM	LR เป็นคำสั่งเรียกใช้พื้นที่ LINK RELAY
AR HR	AR เป็นการเรียกใช้คำสั่ง HOLDLINK RELAY
SHIFT + AR HR	เป็นการเรียกใช้คำสั่งรีเลย์ช่วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคำสั่งโหลดอินพุทคำสั่งแรกของ BOLCK

เป็นคำสั่งโหลดเอาท์พุท

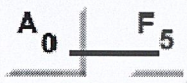
เป็นคำสั่งเรียกใช้พื้นที่ตัวตั้งเวลา(TIMER)

DM เป็นคำสั่งเรียกใช้พื้นที่ DATA MEMORY

* DM เป็นคำสั่งใช้คู่กับ DM เป็นแบบ POINTER (*DM)จะเหมือนกับ DM

เป็นการเรียกใช้ CHANNEL หรือ WORD ของพื้นที่รีเลย์

เป็นการเรียกใช้กำหนดค่าตัวเลขเป็นค่าคงที่



เป็นการกำหนดตัวเลขต่าง ๆ (NUMERIC KEY)สามรถคีย์ได้โดยตรงสำหรับ A-F

จะต้องกดคีย์ SHIFT ก่อน กดค่าF

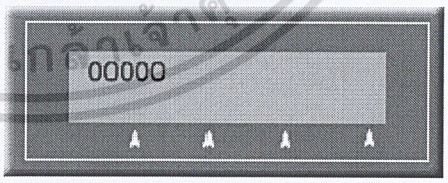
2. การแก้ไขเปลี่ยนแปลงหน้าจอ

2.1 การแก้ไข PASSWODR

เมื่อจ่ายไฟ (POWER ON SWITCH) ให้กับ PLC หน้าจอโปรแกรมิ่งจะแสดงผล

ทำการแก้ไขโดยการกดคีย์

กดคีย์ **หน้าจอแสดงผล**

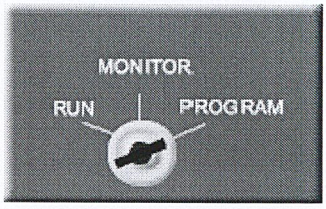


2.2 การเปลี่ยนแปลงหน้าจอ

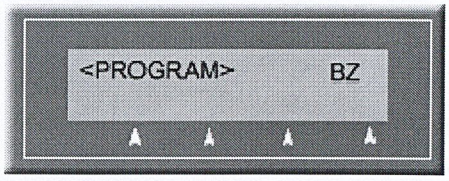
เสียบสายโปรแกรมมิ่งคอนโซลเข้ากับ PLCเมื่อบิดกุญแจเปลี่ยนโหมดการทำงานหน้าจอจะแสดงผลของโหมด การทำงานแตละโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

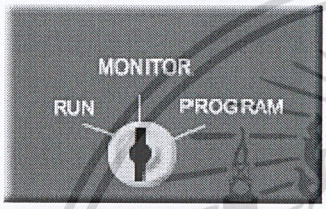
สวิตช์อยู่ที่โหมดโปรแกรม



หน้าจอแสดงผล

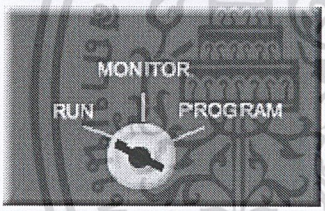


สวิตช์อยู่ที่โหมดมอนิเตอร์

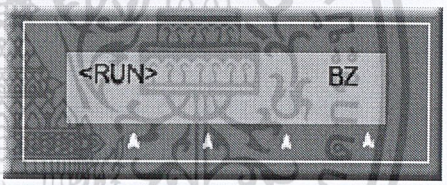


หน้าจอแสดงผล

สวิตช์อยู่ที่โหมดรัน



หน้าจอแสดงผล



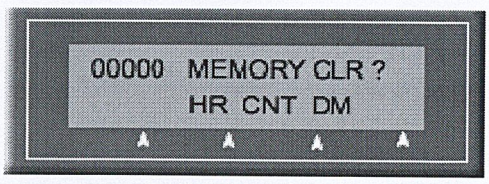
เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงหน้าจอ OPERATING DISPLAY ของแต่ละโหมดให้เป็น INITIAL PROGRAM DISPLAY (00000) ให้ปฏิบัติดังนี้

3. การลบโปแกรมออกจากหน่วยความจำ

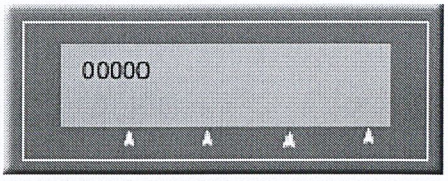
3.1 การลบหน่วยความจำออกจากโปแกรมทั้งหมด

โหมดการใช้งานอยู่ที่โหมดโปแกรม กดคีย์เพื่อให้หน้าจอแสดงผล ในการลบโปแกรมทั้งหมดให้กดคีย์ดังต่อไปนี้

กดคีย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2 การลบโปแกรมบางส่วนออกจากหน่วยความจำ

ในการโปแกรมในบ้างครั้งไม่ต้องการลบโปรแกรมทั้งหมดแต่ต้องการลบเฉพาะบางส่วนของข้อมูลต้องปฏิบัติดังนี้

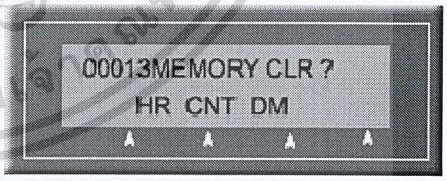
กดคีย์

หน้าจอแสดงผล

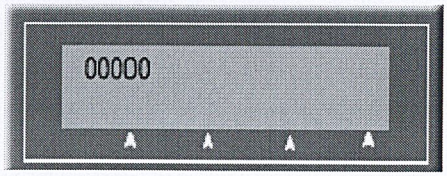
ทำการกำหนดลำดับแอดเดส (ADDRESS) เริ่มต้นที่ต้องการจะลบโปรแกรม เมื่อต้องการลบค่าข้อมูลภายใน HR CNTหรือ DM ให้กดคีย์

กดคีย์

หน้าจอแสดงผล



INTIAL DISPLAY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

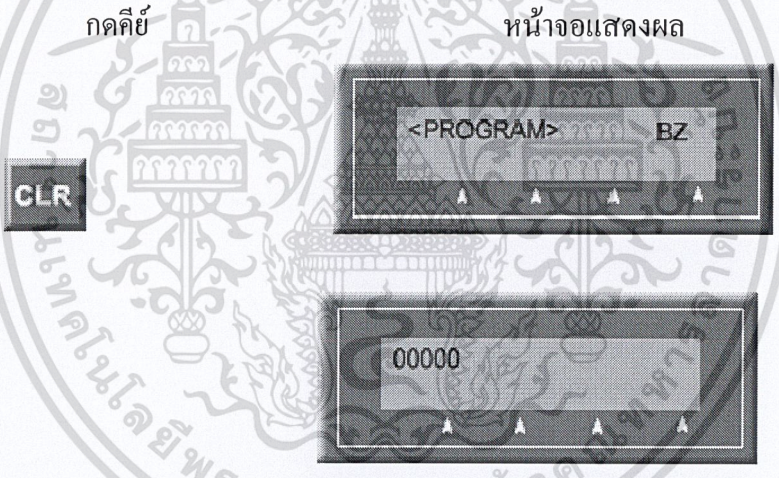
จากขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วโปรแกรมหน่วยความจำจะถูกลบออกตั้งแต่แอดเดส (ADDRESS) ที่ 13จนถึงแอดเดสสุดท้ายของโปรแกรม รวมถึงข้อมูล CNT แล ะ DM แต่ค่าข้อมูลของ HR จะยังคงอยู่สำหรับวิธีการทดสอบสามารถทำได้โดยการใส่ค่าข้อมูล เข้าไปใน HR CNT หรือ DM ก่อนที่จะทำการลบโปรแกรมด้วยวิธีข้างต้น (ค่าข้อมูลภายในของCNT จะต้องไม่เป็นค่าคงที่)

4. การตรวจสอบความผิดพลาด

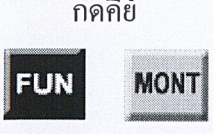
การตรวจสอบความผิดพลาดมีขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบความผิดพลาดสวิตช์อยู่ที่โหมด การใช้งานได้ทุกโหมด

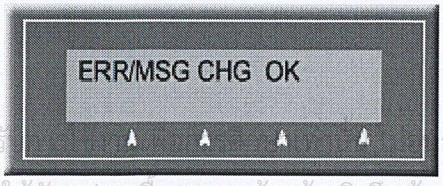
2. ทำการกดคีย์ให้หน้าจอแสดงผล เป็น INITAL DISPLA.



3. กดคีย์เพื่อให้หน้าจอแสดงผลว่ามีการผิดพลาดหรือไม่



หน้าจอแสดงผล แสดงถึง PC ไม่เกิดความผิดพลาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

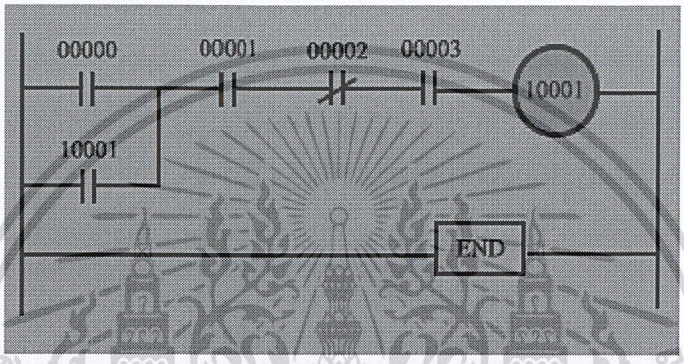
ถ้าหน้าจอแสดงผลเป็นแบบอื่นแสดงว่าเกิดการผิดผลาด

5. การค้นหาโปรแกรม (SEARCHING FOR SPECIFIC)

การค้นหาสสามารถใช้งานได้ทุกโหมดไม่ว่าจะอยู่ตำแหน่ง (RUN, MONTOR, PROGRAM)

ตัวอย่างโปรแกรมการค้นหา

แลดเดอร์ไดอะแกรม

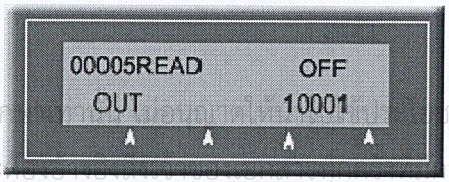


ADDRESS	INSTRUCTION	OPERATION
00000	LD	00000
00001	OR	10001
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00002
00004	AND	00003
00005	OUT	10001
00006	END(01)	-

1. การค้นหาแอดสเดสค้นหาแอดเดส (ADDRESS SEARCH)

จากตัวอย่างโปรแกรมนี้เราต้องการหาแอสเดสที่ 5 (ADDRESS 00005) ทำได้โดยการกดคีย์

กดคีย์ หน้าจอแสดงผล

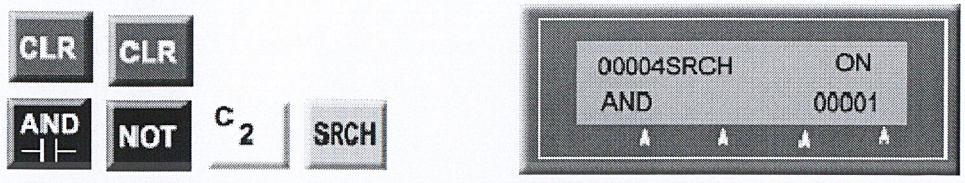


เอกสารนี้เป็น[illegible]สำหรับการใช้งานเพื่อการศึ[illegible]อนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ[illegible]การนำไปใช้

2. การค้นหาคำสั่งเฉพาะ (SPECIFIC INSTRUCTION SEARCH)

ถ้าต้องการค้นหาคำสั่ง AND NOT 00002 ทำได้โดยการกดคีย์

กดคีย์ หน้าจอแสดงผล



3. การค้นหาหน้าสัมผัสเฉพาะ (SPECIFIC CONTAC SEARCH)

กดคีย์ หน้าจอแสดงผล

จากการค้นหาคำสั่งเฉพาะและหน้าสัมผัสเฉพาะในกรณีโปรปกรมนี้มีคำสั่งอยู่ด้วยกันหลายจุดสามารถ กด SRCHไปเรื่อยๆ โปรแกรมจะทำการค้นหาจนจบโปรแกรมหรือจนถึงคำสั่ง END

6. การแทรกและลบคำสั่ง

ในการโปรแกรมอาจมีการผิดผลาดต้องการทำการแทรกคำสั่งหรือลบคำสั่งที่ไม่ต้องการสามาถทำได้ดังนี้

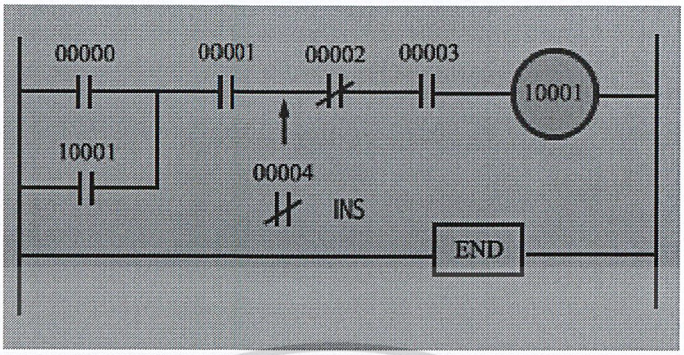
6.1 การแทรกคำสั่ง (INSTRUCTION INSERT)

ในการแทรกคำสั่งโหมดสวิตช์อยู่ตำแหน่ง โปรแกรมและใช้คำสั่ง SRCH ในการค้นหาคำสั่ง ที่ต้องการแทรกทำการแทรกโดยการกด INSตามตัวอย่างของโปรแกรมที่ให้มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโปรแกรมที่จะทำการแทรกคำสั่ง

แลดเดอร์ไดอะแกรม



ตารางบูลีนขณะยังไม่แทรกคำสั่ง

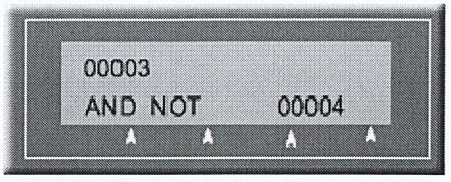
ADDRESS	INSTRUCTION	OPERATION
00000	LD	00000
00001	OR	10001
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00002
00004	AND	00003
00005	OUT	10001
00006	END(01)	-

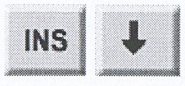
จากโปรแกรมเมื่อต้องการแทรกคำสั่ง AND NOT 00004 ในหน้าสัมผัส AND NOT00002 ทำได้ตามขั้นตอน

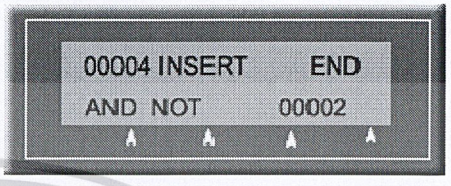
- เลื่อกโมดสวิตช์อยู่ที่ตำแหน่งโปรแกรม
- ค้นหาคำสั่ง AND NOT 00002 โดยใช้วิธีการ SRCH ให้คำสัง AND 00002 แสดงที่หน้าจอ
- ทำากดคีย์คำสั่งที่ต้องการแทรกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดคีย์ หน้าจอแสดงผล







จากการแทรกคำสั่งลงไปจะได้คำสั่งเพิ่มขึ้น 1 แอดเดสตามตารงบูลลีน การเปรียบเทียบตารงบูลีนระหว่างก่อนใช้คำสั่ง แทรกและหลังใช้คำสั่งแทรก

ตรางบูลลีนที่1 ขณะยังไม่แทรกคำสั่ง

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERATION
00000	LD	00000
00001	OR	10001
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00002
00004	AND	00003
00005	OUT	10001
00006	END(01)	-

ตารางบูลีนที่ 2 ขณะที่แทรกคำสั่งแล้ว

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND
00000	LD	00000
00001	OR	10009
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00004
00004	AND NOT	00002
00005	AND	00003
00006	OUT	10000
00007	END	-

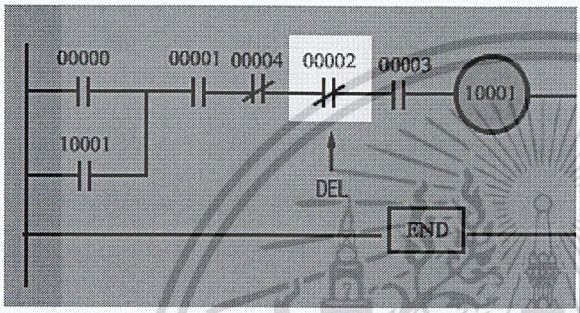
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การลบคำสั่ง (INSTRUCTION DELETE)

ในการลบคำสั่งที่ไม่ต้องการต้องทำการค้นหาคำสั่งที่ต้องการลบขึ้นมาแสดงที่หน้าจอแล้วทำการลบ

ตัวอย่างแสดงวิธีการลบคำสั่ง ออกจากโปรแกรม

แลดเดอร์ไดอะแกรม

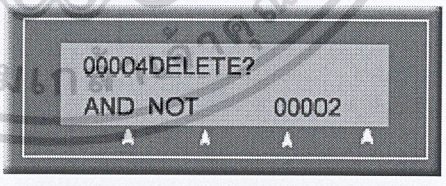


ตารางบูลีนขณะยังไม่ลบ

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND
00000	LD	00000
00001	OR	10009
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00004
00004	AND NOT	00002
00005	AND	00003
00006	OUT	10000
00007	END	-

จากโปแกรมถ้าต้องการลบคำสั่ง AND NOT 00002 ทำได้ดังนี้

- สวิตช์อยู่ที่ตำแหน่งโหมดโปรแกรม
- ค้นหาคำสั่ง AND NOT ด้วยวิธี SRCH
- ทำการลบคำสั่งออกจากโปรแกรมโดยมีขั้นตอนดังนี้



จากการลบคำสั่งลงไปทำให้แอดเดสลดลงไป 1 แอดเดสดังแสดงในตารางบูลลีนการเปรียบเทียบตารางบูลีนระหว่างก่อนใช้คำสั่งลบและหลังใช้คำสั่งลบ

ตารางบูลลีน1 แสดงโปรแกรมขณะยังไม่ลบ

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00000	LD	00000
00001	OR	10009
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00004
00004	AND NOT	00002
00005	AND	00003
00006	OUT	10000
00007	END	-

ตารางบูลีน 2 แสดงโปรแกรมขณะที่ถูกลบ

ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND
00000	LD	00000
00001	OR	10000
00002	AND	00001
00003	AND NOT	00004
00004	AND	00003
00005	OUT	10000
00006	END	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์ “หนังสือนิวเมติกส์ อุตสาหกรรม”

[2] ฐิฑารีย์ ถมยา “หนังสือนิวเมติกส์และนิวเมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น”

[3] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์ “หนังสือระบบ PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)”

[4] ทวีศักดิ์ ศรีช่วย “หนังสือ เขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม Solid Works”

[5] อรรคพล อะทอยรัมย์“เครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ” ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2552.

[6] ปานเพชร ชินินทร “หนังสือนิวเมติกส์อุตสาหกรรม”. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร :ซีเอ็ดยูเคชั่น.2531.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้