การควบคุมระดับน้ำโดยปราศจากอินพุตและเอาต์พุตแบบอนาลอก

LEVEL CONTROL WITHOUT ANALOG IN/OUT

นายเนาว์ฟัล อาแวโด

นายวชิรวิทย์ คงเจริญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LEVEL CONTROL WITHOUT ANALOG IN/OUT

Mr. Naofal Awaedo

Mr. Wachirawit Khongjaroen

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING PROGRAM IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การควบคุมระดับน้ำโดยปราศจากอินพุตและเอาต์พุตแบบอนาลอก

LEVEL CONTROL WITHOUT ANALOG IN/OUT

นักศึกษาผู้จัดทำ นายเนาว์ฟัล อาแวโด **รหัสนักศึกษา** 62010502

นายวชิรวิทย์ คงเจริญ **รหัสนักศึกษา** 62010789

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.เทพจิตร์ เชยโภคา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ Level control without analog in/out

โดย นายเนาว์ฟัล อาแวโด

นายวชิรวิทย์ คงเจริญ

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เทพจิตร์ เชยโภคา

บทคัดย่อ

การควบคุมเครื่องจักรและระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบัน จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมเพื่อสั่งการทำงานเครื่องจักรหลายชิ้นให้ทำงานร่วมกัน โดยมีเครื่องควบคุมอย่างหนึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับอุตสหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เครื่องนั้นมีชื่อเรียกว่k Programmable Logic Controller หรือ PLC เพื่อใช้ในการควบคุมได้โดยตรง โดยการต่อสายไฟระหว่างเครื่องจักรกับ PLC นั้นจะเป็นการต่อสายไฟเพียงช่องป้อนข้อมูล (input) และฝั่งส่งข้อมูล (output) อีกทั้งในระบบอุตสาหกรรมที่ควบคุมนั้นส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลที่ได้จากผลของการผลิตนำมาป้อนกลับในช่องป้อนข้อมูลเพื่อปรับการทำงานและการควบคุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ให้ได้ตรงตามที่ต้องการกระบวนการนี้เรียกว่า Feedback Control สิ่งเหล่านี้ที่กล่าวมาในข้างต้นเป็นข้อมูล และความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมระบบควบคุม

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทางกลุ่มเล็งเห็นว่าความรู้และความชำนาญในการใช้อุปกรณ์ควบคุมนั้นมีความจำเป็นในการใช้ในอุตสาหกรรมจึงมีความเห็นร่วมกันในการทำและนำเสนองานเกี่ยวกับเครื่อง PLC อีกทั้งในระบบอุตสาหกรรมจะมีการใช้ Feedback Control ทำให้ทางกลุ่มจะนำเรื่องนี้มาประยุกต์ใช้กับเครื่อง PLC โดยทำเป็นเครื่องควบคุมระดับน้ำที่มีการ Feedback Control จากระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Tittle Level control without analog in/out

By Mr. Naofal Awaedo

Mr. Wachirawit Khongjaroen

Degree Bachelor of Engineering

Program Mechatronics Engineering

The year 2022

Advisor Asst. Prof. Thepjit Cheypoca

Abstract

Current control of machinery and industrial systems It is necessary to use a controller to operate multiple machines to work together. There is one controller that is widely used in small and large industries. That machine is called Programmable Logic Controller or PLC for use in direct control. By connecting the wires between the machine and the PLC, it will only connect the wires to the input port and the output port. In most industrial controlled systems, information obtained from the results of production is fed back to the input field to adjust the operation and control to achieve the desired result. This process is called feedback control. All the foregoing is information and basic knowledge of control system engineering.

Based on the above information, our group sees that the knowledge and expertise in using control equipment is necessary for use in the industry and therefore have a consensus on making and presenting work on PLC machines as well as in industrial systems. will be used Feedback Control. Causing the group to apply this matter to the PLC machine by making a water level controller with feedback control from the water level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างดีด้วยความรู้และคำแนะนำ ในเรื่องการ ออกแบบวงจรด้วยโปรแกรม LTspice XVII การออกแบบวงจรตู้ไฟ การออกแบบโครงด้วย SOLIDWORKS และการทำงานของ Feedback Control พร้อมทั้งให้คำปรึกษาทางวิชาการ ตลอดจนวิธีการแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงด้วยดีจาก ผศ. เทพจิตร เชยโภคา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญานิพนธ์นี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชนินทร์ บุญลักษณานุสรณ์ ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์ และ ผศ.เทพจิตร เชยโภคา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ในเรื่องของทฤษฎีต่าง ๆ เช่น การออกแบบและคำนวณวงจรไฟฟ้า การใช้โปรแกรม LTspice XVII ให้ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณควบคุมขนาดเล็ก การออกแบบเขียนโปรแกรมสำหรับ PLC การออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS และความรู้ด้าน Feedback Control เป็นต้น ซึ่งใช้ในการนำความรู้เหล่านี้มาผนวก มาสร้างชิ้นงานเครื่องควบคุมระดับน้ำด้วยระบบพีไอดี พร้อมให้คำแนะนำและชี้แนะในการแก้ปัญหาที่ประสบ และร่วมวิเคราะห์ผลลัพธ์การทำงานของชิ้นงาน

ขอขอบคุณ เพื่อนที่ร่วมกันทำโปรเจคนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพื่อนภาควิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ และเพื่อนหลักสูตรวิศวกรรมปริญญาตรี รุ่น58 ที่คอยให้กำลังใจ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดหาจัดซื้อวัสดุชิ้นส่วน

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชววิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ และอาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่สอนสั่ง อบรม และให้ความรู้ ขอบพระคุณบิดามารดา ผู้ให้กำเนิดอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง สำหรับการสนับสนุนให้คำปรึกษาและกำลังใจ และขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์สำหรับสถานที่สำหรับจัดทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง หากมีข้อผิดพลาดประการในการจัดทำงานวิจัยชุดนี้ คณะผู้จัดทำถือโอกาสขอน้อมรับ และขออภัยมา ณ ที่นี้

นายเนาว์ฟัล อาแวโด

นายวชิรวิทย์ คงเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 2

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 Programmable Logic Controller (PLC) 4

2.1.1 หลักการทำงานของ PLC 4

2.2 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) 8

2.3 ระบบฟัซซี 8

2.4 Fuzzy logic 9

2.4.1 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 10

2.4.2 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 11

2.4.3 การดำเนินการของฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic operator) 14

2.4.4 IF-THEN rules 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซตแบบฉบับ 15
2.6 Fuzzy set 16
2.6.1 นิยามของ Fuzzy set 16
2.6.2 การดำเนินการทางฟัซซีเซต 18
2.6.3 คุณสมบัติของฟัซซีเซต 19
2.7 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า 20
2.8 รีเลย์ (Relay) 20
2.8.1 ส่วนประกอบรีเลย์ 20
2.8.2 ประเภทของรีเลย์ 21
2.9 หม้อแปลงไฟฟ้า 21
2.9.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า 21
2.9.2 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า 23
2.10 ตัวแปลงสัญญาณ 24
2.10.1 สัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน 24
2.10.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน 24
2.11 เครื่องกลึง CNC (Computer Numerical Control) 25
2.11.1 จุดประสงค์ 25
2.11.2 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องกลึง 26
2.12 MACH 3 26
2.13 SOLIDWORKS 27
2.14 Ladder diagram (LAD) 28
2.14.1 สัญลักษณ์ของ Ladder diagram (LAD) 28
2.15 โปรแกรม TIA Portal V16 32
2.15.1 การใช้งานโปรแกรม TIA Portal V16 32
บทที่ 3 การดำเนินการ 40
3.1 การเตรียมส่วนประกอบของชิ้นงาน 40
3.1.1 ตู้ไฟ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 กระบอกวัดระดับน้ำ 41
3.1.3 ถังเก็บน้ำ 41
3.2 จัดทำโครงสร้างของชิ้นงาน 42
3.2.1 ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน 42
3.2.2 ประกอบชิ้นโครงงาน 43
3.3 ระบบท่อน้ำ 43
3.4 ตู้ไฟหรือตู้คอนโทรล 44
3.4.1 ออกแบบวงจรและรายการ 44
3.4.2 การต่อวงจร 46
3.5 เขียนโปรแกรม PLC 47
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและอภิปราย 51
4.1 ผลจากการศึกษา 51
4.1.1 การเขียนโปรแกรม 51
4.1.2 Feedback Control และ Fuzzy logic 51
4.2 ผลจากการดำเนินงาน 51
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 52
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 52
5.2 ข้อเสนอแนะ 52
5.2.1 ระบบท่อน้ำ 52
5.2.2 วงจรไฟฟ้า 52
5.2.3 การจัดทำชิ้นงาน 53
5.3 การปรับปรุงแก้ไข 53
5.3.1 ระบบท่อน้ำ 53
5.3.2 วงจรไฟฟ้า 53
5.3.3 การจัดทำชิ้นงาน 53
เอกสารอ้างอิง 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบการดำเนินการพื้นฐานของ Boolean logic และ Fuzzy logic 14

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียเครื่องกลึง 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่อง PLC siemens S7-1200 4
รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของ PLC 5
รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ CPU 5
รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง 6
รูปที่ 2.5 แสดงอินพุตและเอ้าท์พุตอินเตอร์เฟส (I/O interface) 7
รูปที่ 2.6 แสดงการการใช้คอมพิวเตอร์ (รูป a) และอุปกรณ์เขียนโปรแกรมขนาดเล็ก (รูป b) 7
รูปที่ 2.7 วงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 8
รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Boolean logic กับ Fuzzy logic 9
รูปที่ 2.9 ความไม่แน่นอน (Uncertainty) 10
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี 10
รูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 11
รูปที่ 2.12 แสดงขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 12
รูปที่ 2.13 แสดงขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 12
รูปที่ 2.14 แสดงขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 12
รูปที่ 2.15 แสดงขั้นตอนที่ 4 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 13
รูปที่ 2.16 แสดง IF-THEN rules โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความเร็วในการหมุนของพัดลม 14
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างเซตแบบฉบับ 15
รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน 15
รูปที่ 2.19 แสดงการกำหนดค่าของเซตทวินัยและ Fuzzy set 16
รูปที่ 2.20 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีแบบวิยุต A 17
รูปที่ 2.21 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีแบบต่อเนื่อง A 17
รูปที่ 2.22 ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B 18
รูปที่ 2.23 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ B 18
รูปที่ 2.24 คอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต A และ B 19
รูปที่ 2.25 คุณสมบัติตามเซตแบบฉบับของฟัซซีเซต 19
รูปที่ 2.26 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า 20
รูปที่ 2.27 วงจรรีเลย์ 21
รูปที่ 2.28 โครงสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.29 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก 23
รูปที่ 2.30 หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์ 23
รูปที่ 2.31 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ 24
รูปที่ 2.32 เครื่องกลึง CNC 25
รูปที่ 2.33 สัญลักษณ์ Normally Open (NO) 28
รูปที่ 2.34 สัญลักษณ์ Normally Close (NC) 28
รูปที่ 2.35 สัญลักษณ์ Coil 28
รูปที่ 2.36 สัญลักษณ์ Positive Edge 29
รูปที่ 2.37 สัญลักษณ์ Reset 29
รูปที่ 2.38 สัญลักษณ์ Timer Delay On 29
รูปที่ 2.39 สัญลักษณ์ Timer Delay Off 29
รูปที่ 2.40 สัญลักษณ์ Greater than or Equal to 30
รูปที่ 2.41 สัญลักษณ์ Less than or Equal to 30
รูปที่ 2.42 สัญลักษณ์ Equal to 30
รูปที่ 2.43 สัญลักษณ์ Add 30
รูปที่ 2.44 สัญลักษณ์ Subtract 31
รูปที่ 2.45 สัญลักษณ์ Multiply 31
รูปที่ 2.46 สัญลักษณ์ Divide 31
รูปที่ 2.47 สัญลักษณ์ Counter Up 31
รูปที่ 2.48 สัญลักษณ์ Counter Down 32
รูปที่ 2.49 การสร้าง Project ใหม่ 32
รูปที่ 2.50 การเลือก Controller ที่จะเชื่อมต่อ 33
รูปที่ 2.51 แถบ Devices 33
รูปที่ 2.52 การเลือกรูปแบบของ Block 34
รูปที่ 2.53 การเลือกสร้าง Block 34
รูปที่ 2.54 คำสั่งในการทำงาน 35
รูปที่ 2.55 กลุ่มคำสั่ง Bit logic operations 35
รูปที่ 2.56 กลุ่มคำสั่ง Timer operations 36
รูปที่ 2.57 กลุ่มคำสั่ง Counter operations 36
รูปที่ 2.58 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.59 กลุ่มคำสั่ง Math operations 37
รูปที่ 2.60 กลุ่มคำสั่ง Move operations 38
รูปที่ 2.61 การ Compile & Run 38
รูปที่ 2.62 การ Monitor 39
รูปที่ 3.1 ขนาดของตู้ไฟ 40
รูปที่ 3.2 ขนาดของกระบอกวัดระดับน้ำ 41
รูปที่ 3.3 ขนาดของถังเก็บน้ำ 41
รูปที่ 3.4 โครงสร้างที่ได้จากการจำลอง 42
รูปที่ 3.5 ขนาดของโครงชิ้นงาน 42
รูปที่ 3.6 การประกอบโครงชิ้นงาน 43
รูปที่ 3.7 ระบบท่อน้ำ 43
รูปที่ 3.8 วงจรแบ่งแรงดัน 45
รูปที่ 3.9 การเดินสายสำหรับ PLC 45
รูปที่ 3.10 วงจรรวมของระบบ 45
รูปที่ 3.11 ทดสอบการทำงานรีเลย์ด้วย PLC 46
รูปที่ 3.12 วงจรสมบูรณ์ 46
รูปที่ 3.13 แสดงตู้คอนโทรลที่นำมาติดกับตัวโครงของชิ้นงาน 46
รูปที่ 3.14 โปรแกรม PLC ส่วนอินพุต 47
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 0% 48
รูปที่ 3.16 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 25% 48
รูปที่ 3.17 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 50% 49
รูปที่ 3.18 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 75% 49
รูปที่ 3.19 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 100% 49
รูปที่ 3.20 หน้าจอการใช้งานของโปรแกรม 50
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานจริง (a) กับ ชิ้นงานจากการออกแบบ (b) 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การควบคุมเครื่องจักรและระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบัน จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมเพื่อสั่งการทำงานเครื่องจักรหลายชิ้นให้ทำงานร่วมกัน โดยมีเครื่องควบคุมอย่างหนึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับอุตสหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เครื่องนั้นมีชื่อเรียกว่า Programmable Logic Controller หรือ PLC เนื่องจากผู้ใช้สามารถออกแบบการทำงานของระบบอุตสาหกรรมแล้วนำมาเขียนโปรแกรม และนำมาใช้งานกับเครื่อง PLC เพื่อใช้ในการควบคุมได้โดยตรง โดยการต่อสายไฟระหว่างเครื่องจักรกับ PLC นั้นจะเป็นการต่อสายไฟเพียงช่องป้อนข้อมูล (input) และฝั่งส่งข้อมูล (output) อีกทั้งในระบบอุตสาหกรรมที่ควบคุมนั้นส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลที่ได้จากผลของการผลิตนำมาป้อนกลับในช่องป้อนข้อมูลเพื่อปรับการทำงานและการควบคุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ให้ได้ตรงตามที่ต้องการกระบวนการนี้เรียกว่า Feedback Control สิ่งเหล่านี้ที่กล่าวมาในข้างต้นเป็นข้อมูล และความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมระบบควบคุม

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทางกลุ่มเล็งเห็นว่าความรู้ ความชำนาญในการใช้อุปกรณ์ควบคุมนั้นมีความจำเป็นสำหรับวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ เนื่องจากส่วนใหญ่จะเป็นงานการตรวจสอบและควบคุมระบบอุตสาหกรรม จึงมีความเห็นร่วมกันในการทำ และนำเสนองานเกี่ยวกับเครื่อง PLC อีกทั้งในระบบอุตสาหกรรมจะมีการใช้ Feedback Control ทำให้ทางกลุ่มจะนำเรื่องนี้มาประยุกต์ใช้กับเครื่อง PLC โดยทำเป็นเครื่องควบคุมระดับน้ำที่มีการ Feedback Control จากระดับน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานเครื่อง PLC

1.2.2 เพื่อศึกษาการออกแบบและเขียนโปรแกรม PLC

1.2.3 เพื่อศึกษานำ Feedback Control มาใช้งานกับ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ผู้จัดทำโครงการออกแบบโครงของโครงงานพร้อมทั้งจำลอง ออกแบบระบบท่อน้ำและออกแบบตู้ไฟสำหรับเครื่อง PLC siemens จากนั้นทำการจัดหาวัสดุนำมาสร้างชิ้นงาน แล้วจึงศึกษาการเขียนโปรแกรมและเขียนโปรแกรมพร้อมทั้งปรับค่าให้ตรงกับผลลัพธ์ที่ต้องการ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 จัดหาตู้ไฟ กระบอกวัดระดับน้ำและถังเก็บน้ำ พร้อมทั้งวัดขนาด

1.4.2 จัดทำโครงสร้างชิ้นงานโครงงาน

1.4.2.1 ทำการออกแบบโครงด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยใช้เป็น Alu-Profile พร้อมเชื่อมจุดในโปรแกรมและบันทึกข้อมูลของความยาวชิ้นส่วน จำนวนข้อต่อที่ต้องใช้ และจำนวนน็อต

1.4.2.2 จัดซื้อวัสดุจากข้อมูลที่ได้บันทึกข้อที่แล้ว

1.4.2.3 ทำการประกอบชิ้นส่วนที่จัดซื้อมาเข้ากับกระบอกวัดระดับน้ำ และถังเก็บน้ำ

1.4.3 จัดทำระบบท่อน้ำ

1.4.3.1 จัดซื้อปั๊มน้ำที่ทำงานที่ 12V และนำมาออกแบบระบบท่อน้ำหาขนาดความยาว

1.4.3.2 จัดซื้อท่อตามบันทึกจากข้อที่แล้ว นำมาประกอบกับโครงชิ้นงานในข้อ 1.4.2

1.4.4 จัดทำตู้ไฟ

1.4.4.1 ออกแบบวงจรด้วยโปรแกรม LTspice XVII

1.4.4.2 ทำการต่อวงจรและติดตั้งในตู้ไฟ

1.4.4.3 ประกอบตู้ไฟเข้ากับชิ้นงานโครงงาน

1.4.5 ศึกษาการทำงาน Feedback Control

1.4.6 เขียนโปรแกรม PLC และปรับค่าให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เวลา(เดือน)									
	2565					2566				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ย.	เม.ย.	พ.ค.
1. จัดหาตู้ไฟ กระบอกวัดระดับน้ำและถังเก็บน้ำพร้อมทั้งวัดขนาด										
2. จัดทำโครงสร้างชิ้นงานโครงงาน										
3. จัดทำระบบท่อน้ำ										
4. จัดทำตู้ไฟ										
5. ศึกษาการทำงาน Feedback Control										
6. เขียนโปรแกรม PLC และปรับค่าให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ต้องการ										
7. นำเสนอข้อมูล										

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีความเข้าใจในการทำงานของ PLC และสามารถออกแบบวงจรได้

1.6.2 สามารถออกแบบและเข้าใจการทำงานแบบ Feedback Control

1.6.3 ชิ้นงานเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับ PLC และ Feedback Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller หรือ PLC คืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นรับข้อมูล (input) และส่งข้อมูล (output) ที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันทีเป็นไฟฟ้าแรงดัน 0-10 โวลต์ เครื่องมือวัดหรือสวิทตช์สามารถต่อเข้ากับช่องรับข้อมูล ส่วนการส่งข้อมูลจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย โดยสามารถสร้างวงจรออกแบบการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานแบบเดี่ยว หรือต่อ PLC หลายตัวเข้าด้วยกัน เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.1 เครื่อง PLC siemens S7-1200

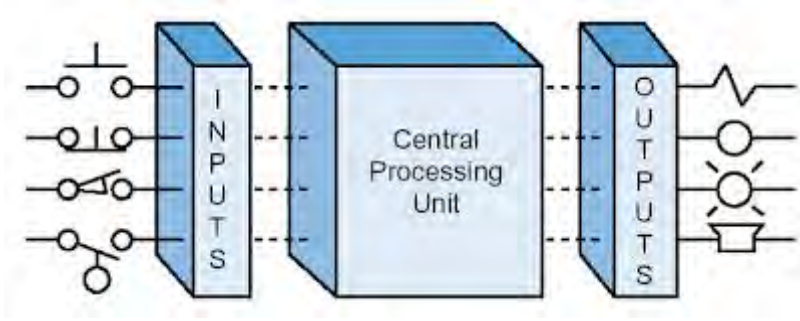
2.1.1 หลักการทำงานของ PLC

PLC ที่แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2 มีองค์ประกอบพื้นฐานอยู่ 2 องค์ประกอบ

1. หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)

2. หน่วยอินพุตและหน่วยเอ้าท์พุต (Input / Output interface systems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



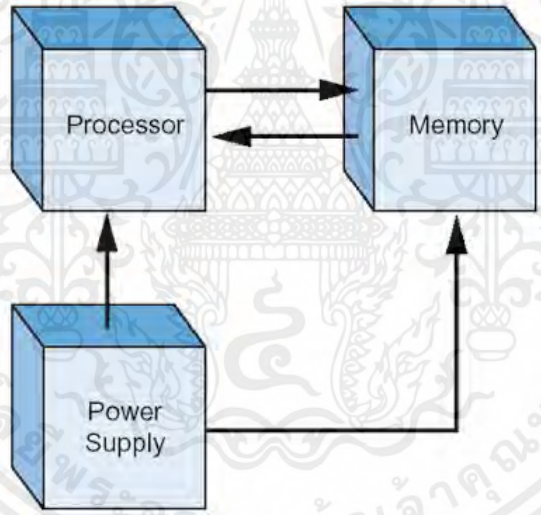
รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของ PLC

ในส่วนของหน่วยประมวณผลกลาง จะมีหน้าที่ควบคุมกิจกรรมต่างๆของ PLC ทั้งหมด โดยหน่วยประมวลผลกลางจะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบดังแสดงในรูป 2.3 ดังนี้

1.ส่วนของโปรเซสเซอร์

2.ส่วนของระบบหน่วยความจำ

3.ส่วนของระบบจ่ายพลังงาน



รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบ CPU

จากไดอะแกรม จะเห็นว่า PLC มีหลักการทำงานค่อนข้างง่าย ในส่วนของอินพุตและเอ้าท์พุตสามารถต่อกับอุปกรณ์จริงๆของเครื่องจักรหรือระบบควบคุม แต่ต้องเลือกอุปกรณ์ที่ถูกต้องเพื่อป้องกันความเสียหาย อุปกรณ์พวกอินพุตและเอ้าท์พุตนี้อาจเป็นอุปกรณ์สำหรับสัญญาณประเภทไบนารี่ ดิจิตอล หรือสัญญาณแอนาล็อกก็ได้ ตัวอย่างอุปกรณ์อินพุตเช่น อุปกรณ์พวก ลิมิตสวิทช์ ทรานดิวเซอร์วัดความดัน สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ (Push Button) ส่วนอุปกรณ์พวกเอ้าท์พุต เช่น อุปกรณ์สตาร์ทมอเตอร์ โซลินอย์ดวาล์ว หลอดไฟฟ้า กริ่งไฟฟ้า เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะทำการสื่อสารข้อมูลกับหน่วยประมวลผลกลาง โดยตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

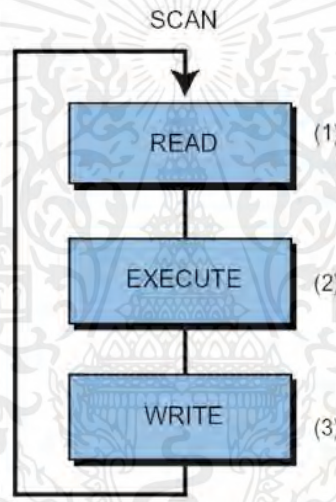
คือ อุปกรณ์พวกอินพุตต่างๆ จะส่งข้อมูลให้หน่วยประมวลผลกลาง เมื่อหน่วยประมวลผลกลางรับข้อมูลแล้วก็จะประมวลผล และส่งข้อมูลมาควบคุมอุปกรณ์เอ้าท์พุต

ระหว่างการดำเนินการ หน่วยประมวลผลกลางจะทำงาน 3 ขั้นตอนดังนี้

1. READS หรือ Accept คือกระบวนการรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ผ่านทางอินพุตอินเตอร์เฟส

2. Executes หรือ Perform คือกระบวนการที่โปรแกรมควบคุมเก็บเข้าไปในหน่วยความจำ และดำเนินการตามโปรแกรมที่อยู่ในเมมโมรี่

3. WRITES หรือ Update เป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางเอ้าท์พุตกับอินเตอร์เฟสทางเอ้าท์พุตว่าจะให้เอ้าท์พุตมีสถานะเช่นใด โดยจะมีการอัปเดท (Update) เอ้าท์พุตซึ่งรู้จักกันว่า สแกนไทม์ (Scan Time) ซึ่งเป็นกระบวนการต่อจาก 2 กระบวนการที่แล้วคือ 1. อ่านอินพุต 2. ดำเนินการตามโปรแกรมที่อยู่ในเมมโมรี่



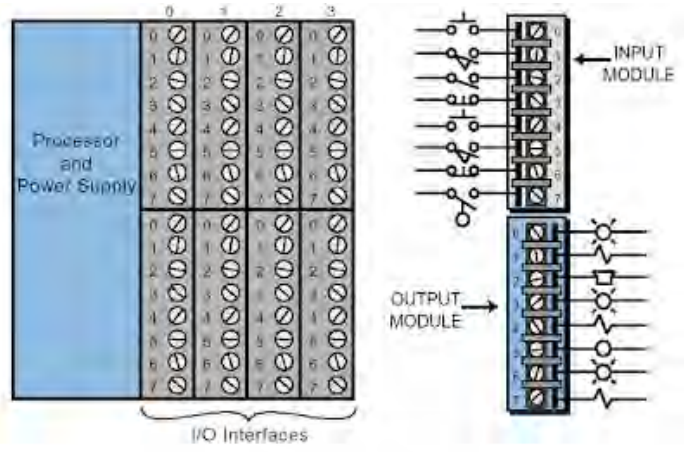
รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง

ระบบอินพุตและเอ้าท์พุตของ PLC จะอยู่ในรูปแบบของอินเตอร์เฟสซึ่งให้อุปกรณ์ภายนอกต่อเข้าถึงคอนทรอเลอร์ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของอินเตอร์เฟสคือเพื่อรับหรือส่งสัญญาณต่างๆจากอุปกรณ์ภายนอกหรือส่งให้อุปกรณ์ภายนอก

อุปกรณ์ให้สัญญาณเข้าได้แก่พวกเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น ลิมิตสวิทช์ อะนาล็อกเซ็นเซอร์ สวิทช์สำหรับเลือก สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ เป็นต้น โดยการต่อเข้าไปที่เทอร์มินอลของอินพุตอินเตอร์เฟส

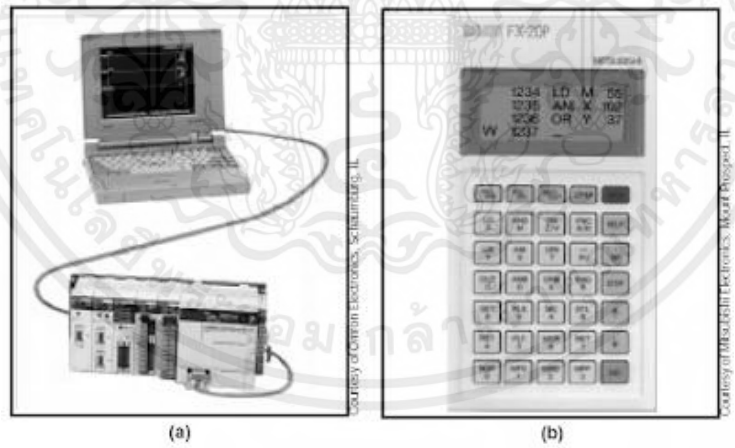
อุปกรณ์ที่ถูกควบคุม เช่น อุปกรณ์สตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้า โซลินอยด์วาล์ว สัญญาณไฟส่องสว่าง เป็นต้น โดยการต่อเข้าไปที่เทอร์มินอลของเอ้าท์พุตอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงอินพุตและเอ้าท์พุตอินเตอร์เฟส (I/O interface)

ถึงแม้ว่าจะไม่เกียวข้องกับส่วนของการควบคุมแต่อุปกรณ์ที่สำคัญอีกอุปกรณ์หนึ่งที่ต้องกล่าวถึงคือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม (Programming Device) ซึ่งปกติจะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อุปกรณ์ประเภทคอนโซล (Console) หรือ อุปกรณ์ตัวเขียนโปรแกรมจากผู้ผลิต PLC เอง ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องใช้เพื่อใส่โปรแกรมควบคุมเข้าไปในหน่วยความจำของ PLC ดูรูปที่ 2.6 ตัวเขียนโปรแกรมต้องต่อเข้ากับ PLC เมื่อต้องการใส่หรือมอนิเตอร์โปรแกรมควบคุม

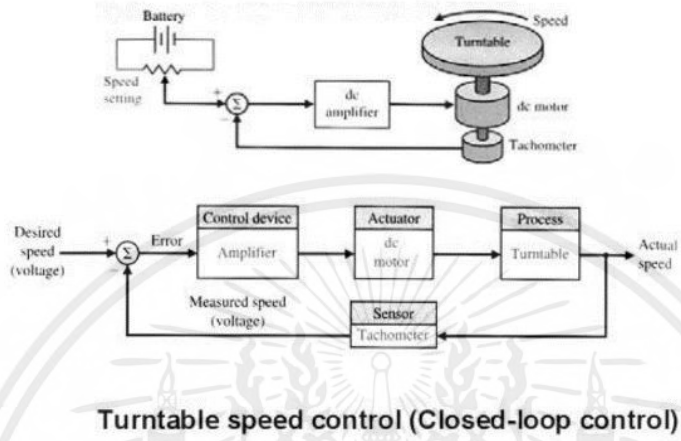


รูปที่ 2.6 แสดงการการใช้คอมพิวเตอร์ (รูป a)
และอุปกรณ์เขียนโปรแกรมขนาดเล็ก เป็นอุปกรณ์เขียนโปรแกรม (รูป b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

เป็นระบบที่นำผลลัพธ์ที่ได้จากระบบนั้นนำกลับมาเปรียบเทียบกับตัววัดค่า โดยเมื่อเปรียบเทียบแล้วจะทำการปรับกระบวนการการทำงานเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ตรงหรือใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด



รูปที่ 2.7 วงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าที่ล้อจะมีเซนเซอร์วัดความเร็วรอบอยู่ที่ล้อ การทำงานของระบบนี้คือ เช่น เมื่อล้อมีความเร็วมากเกินไปแล้วเซนเซอร์อ่านค่าได้ค่าหนึ่ง เซนเซอร์จะทำการส่งข้อมูลกลับไปที่ฝั่งขาเข้าของข้อมูล ทำให้ระบบทราบว่าความเร็วที่ได้นั้นมีความเร็วที่เร็วเกินไป จากนั้นจะผ่านกระบวนการของระบบแล้วจึงลดความเร็วล้อเป็นต้น

2.3 ระบบฟัซซี

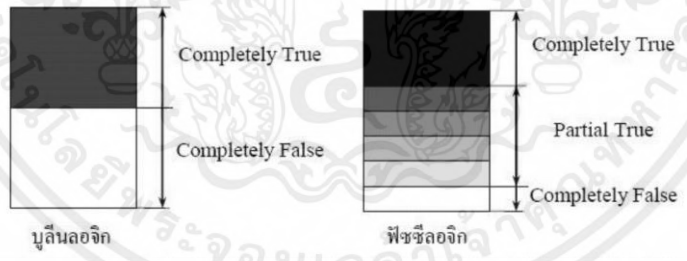
เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยฟัซซีลอจิกที่คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริง ที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (fuzzy) ไม่ใช่ ชัดเจน (exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า วัยทารกกับวัยเด็กแยกจากกันแน่ชัด ว่าช่วงใดวัยทารก อาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกันวัยเด็กและวัยรุ่นก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปีหรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่าเป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่ แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าฟัซซีเซต (fuzzy set) จากแนวความคิดของ Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆมากมายจนนับไม่ถ้วน ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซีเซตโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าฟัซซีเซตจะนำเสนอจากคนอเมริกันแต่ประเทศสหรัฐอเมริกาก็ไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังในช่วงต้นๆ แต่ประเทศญี่ปุ่นเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์ด้าน นี้ได้เป็นผู้บุกเบิกฟัซซีเซตทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่นๆอีกมากมาย ต่อมาในปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้เห็นในความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้กับการวิจัยมากขึ้น และฟัซซีลอจิกถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆมากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และโครงการด้านการทหาร

2.4 Fuzzy logic

ตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) โดยเป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง(partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2.8

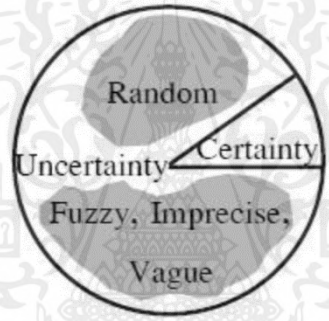


รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Boolean logic กับ Fuzzy logic

ความเป็นฟัซซี (fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (multivalance) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่าและแตกต่างกับไบวาลานซ์ (bivalance) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (uncertainty)” สามารถที่ไม่ใช่เพียง 2 กรณีซึ่งหากกำหนดว่าคนที่อ้วน คือคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีน้ำหนัก 74.50 กิโลกรัม ไม่จัดเป็นคนที่อ้วน จะสร้างและกำหนดรูปแบบ (modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัวรวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีของฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (linguistic) มากกว่าปริมาณ (quantitative) ของตัวแปร เช่น การหาความหมายของ “คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

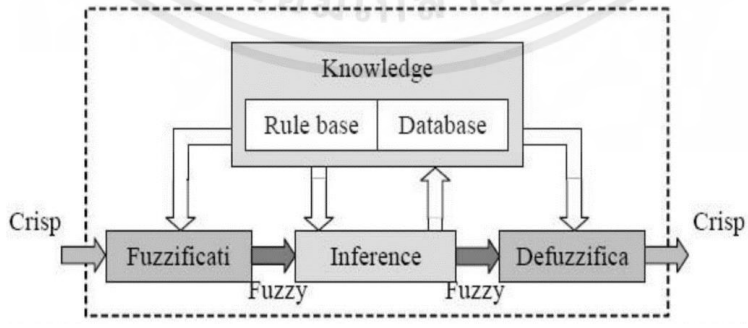
ที่อ้วน” เราไม่สามารถนิยามค่าความอ้วนที่ตรงกันและระบุเป็นหนึ่งเดียว(identical) สำหรับคนที่อ้วน นาย ก. อาจให้ความหมายของ “คนอ้วน” หมายถึงคนที่มีน้ำ หนักมากกว่า 70 กิโลกรัม นาย ข. ให้ความหมายว่าเป็นคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคำว่าคนที่อ้วน โดยเปรียบเทียบและในมุมมองของตัวเองตามน้ำหนักของตน ในการทำงานในมุมมองแบบฐานสอง (Binary sense) จะได้ผลเป็นใช่ แต่จะเห็นว่า บุคคลนี้เป็นคนอ้วนน้ำหนักเกือบจะ 75 กิโลกรัม และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม แต่หากพิจารณาจากกลุ่มคนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม บุคคลนี้ก็จะไม่จัดอยู่ในกลุ่มคนที่อ้วน แสดงให้เห็นว่าความอ้วนไม่ได้มีลักษณะความไม่แน่นอนแบบสุ่ม จากการศึกษาปัญหาทั่ว ๆ ไปจะแสดงถึงรูปแบบลักษณะการกระจายของปัญหา รูปที่ 2.9 เป็นการแสดงให้เห็นว่าแนวทางในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมดมีเพียงส่วนน้อย ที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซีหรือคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก



รูปที่ 2.9 ความไม่แน่นอน (Uncertainty)

2.4.1 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 จะได้ว่าส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1. ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซี หรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

2. ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database)

2.1. ฐานกฎ (Rule base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic rule)

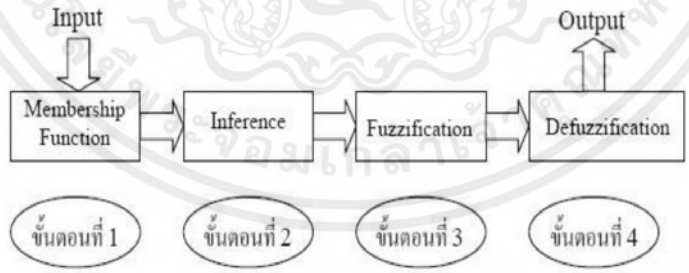
2.2. ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี

3. เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริง และกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ

4. ส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

2.4.2 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

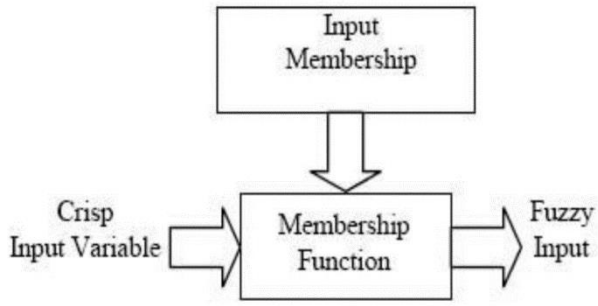
ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

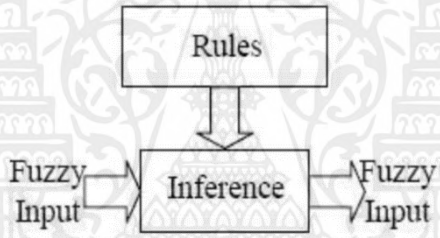
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี โดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุต (Input) และความสำคัญต่อการเอาต์พุต (Output) ที่น่าสนใจโดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญเพื่อให้เป็นฟัซซีการอินพุต ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



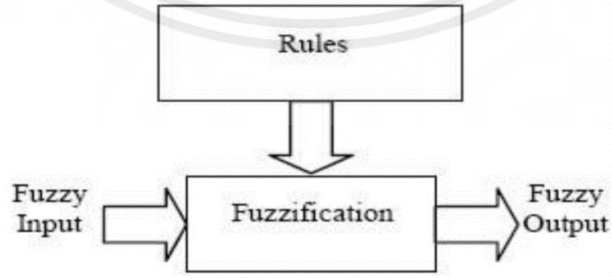
รูปที่ 2.12 แสดงขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุต ที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะสร้างการเก็บข้อมูลการคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการตัดสินใจที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซีเอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุต โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำค่าที่ได้มาประมวลผล ดังรูปที่ 2.14

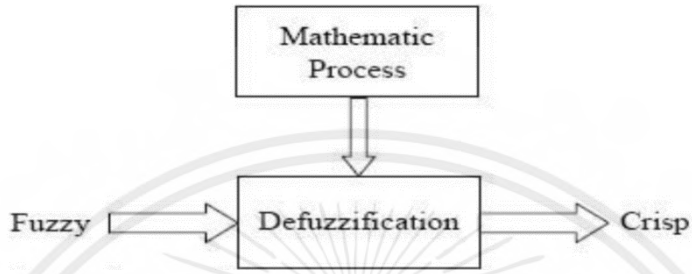


รูปที่ 2.14 แสดงขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีการทำเป็น Fuzzification วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความหาเหตุผลเลือกใช้ Max-Min method และ Max-Dot method

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุต ให้เป็นทวินัยเอาต์พุตตามรูปที่ 2.15 และด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ



รูปที่ 2.15 แสดงขั้นตอนที่ 4 ของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

วิธีการทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นวิธีการที่เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุด หรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซตมาเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิก จากการกระทำหลายๆ แบบ และเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว

วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุนิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการ

$$\mathrm{COG} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i}$$

โดยที่ COG คือ ค่าจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

N คือ ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i คือ ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

w_i คือ พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การดำเนินการของฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic operator)

Fuzzy Logic ทำงานร่วมกับค่าความเป็นสมาชิก ในลักษณะที่เลียนแบบตรรกะบูลีน เพื่อจุดประสงค์นี้ จะต้องมีการเปลี่ยนตัวดำเนินการพื้นฐาน AND, OR, NOT หลายวิธีในการนี้ การแทนที่ทั่วไปเรียกว่าตัวดำเนินการ Zadeh ดังตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบการดำเนินการพื้นฐานของ Boolean logic และ Fuzzy logic โดยกำหนดให้ True = 1, False = 0

Boolean	Fuzzy
AND(x,y)	MIN(x,y)
OR(x,y)	MAX(x,y)
NOT(x)	1 - x

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบการดำเนินการพื้นฐานของ Boolean logic และ Fuzzy logic

ตัวอย่างการดำเนินการ AND/OR ที่ขึ้นกับการคูณ โดยที่ x AND y = x*y และ NOT x = 1-x จะได้สมการ

$$x\ OR\ y = NOT\left(AND\big(NOT(x), NOT(y)\big)\right)$$

$$x\ OR\ y = NOT\big(AND(1-x, 1-y)\big)$$

$$x\ OR\ y = NOT\big((1-x)\times(1-y)\big)$$

$$x\ OR\ y = 1-(1-x)\times(1-y)$$

$$x\ OR\ y = x + y - xy$$

2.4.4 IF-THEN rules

IF-THEN rules เป็นการจับคู่อินพุตหรือค่าความจริงที่คำนวณกับค่าความจริงเอาต์พุตที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.16 แสดง IF-THEN rules โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความเร็วในการหมุนของพัดลม

```
IF temperature IS very cold THEN fan_speed is stopped
IF temperature IS cold THEN fan_speed is slow
IF temperature IS warm THEN fan_speed is moderate
IF temperature IS hot THEN fan_speed is high
```

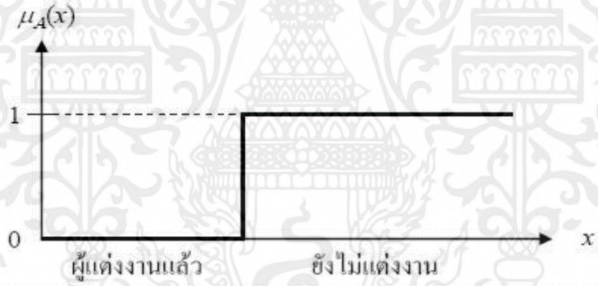
รูปที่ 2.16 แสดง IF-THEN rules โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความเร็วในการหมุนของพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซตแบบฉบับ

ในเซตแบบฉบับ (classical set) หรือเซตทวินัย (crisp set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิก เป็น 0 หรือ 1 {0, 1} เท่านั้น เซตในทฤษฎีเซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใด เซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่ง ๆ จะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่า คือ 0 ไม่เป็นสมาชิก และ 1 เป็นสมาชิก ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงาน จะสามารถบอกได้ว่าอย่างแน่ชัดว่าเป็นกลุ่มผู้แต่งงานหรือไม่แต่งงาน

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างเซตแบบฉบับ



รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน

รูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่างของเซตย่อยสองเซต คือ เซตของผู้ที่แต่งงานและเซตของผู้ที่ไม่แต่งงาน จะเห็นได้ว่าคนหนึ่งคนจะเป็นสมาชิกภาพได้เพียงเซตเดียวเท่านั้น คือ แต่งงานหรือไม่แต่งงาน ส่วนในรูปที่ 2-13 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน จากภาพจะเห็นได้ว่า ผู้ที่แต่งงานแล้วจะมีค่าความเป็นสมาชิกในเซตของผู้ไม่แต่งงานเป็น 0 ส่วนผู้ที่ไม่แต่งงานมีค่าความเป็นสมาชิกภาพของเซตผู้ที่ไม่แต่งงานเป็น 1 ค่าความเป็นสมาชิกของทั้งสองเซตจะตัดขาดจากกันอย่างทันทีทันใด รูปแบบคณิตศาสตร์ของเซตแบบฉบับเป็นสมการดังนี้

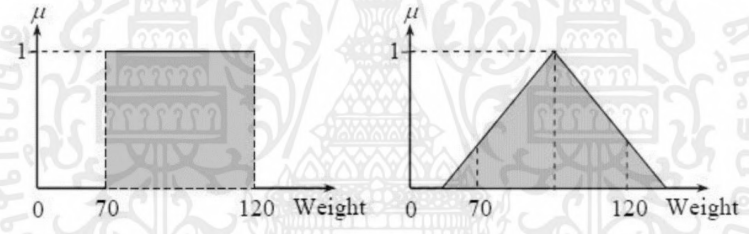
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

เมื่อ A เป็นเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย x เป็นสมาชิกในเซต μ_A เป็นค่าความเป็นสมาชิกในเซต และ $\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต A

2.6 Fuzzy set

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็น จริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซี ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ยกตัวอย่างเกี่ยวกับความอ้วน นิยามคำว่าอ้วนในเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัม โดยนิยามแบบฟัซซีเซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามแบบไม่แน่นอน



รูปที่ 2.19 แสดงการกำหนดค่าของเซตทวินัยและ Fuzzy set

2.6.1 นิยามของ Fuzzy set

นิยามของฟัซซีเซต กำหนดให้ X เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซีเซต A สามารถแสดงลักษณะเฉพาะ ได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_A(x): X \to [0,1]$$

เมื่อ $\mu_A(x)$ สามารถตีความเป็นค่าของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ x ในฟัซซีเซต A สำหรับแต่ละ (อ่านว่า “x เป็นสมาชิกของ X”) ฟัซซีเซต สามารถเขียนเป็นเซตของคู่ลำดับ (tuples)

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

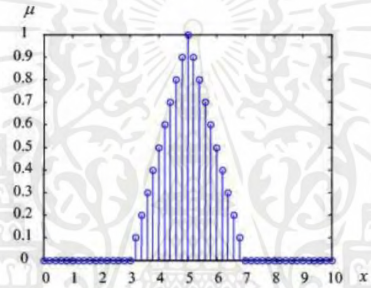
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A หมายถึงฟัซซีเซต A x หมายถึงสมาชิกของเซต (set membership) $\mu_A(x)$ หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย A(x) X หมายถึงเอกภพสัมพัทธ์ (universe) หรือประชากร

ถ้า $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ เป็นเซตจำกัด และ A เป็นฟัซซีเซตใน X ซึ่งเป็นชนิดวิยุต (discrete) และจำกัดสัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซต เขียนได้เป็น

$$A = \left\{\frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \cdots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n}\right\} = \left\{\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}\right\}$$

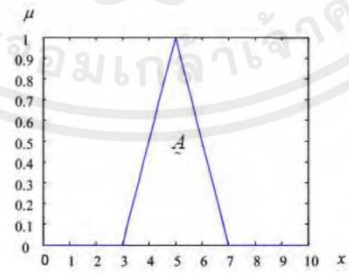
เมื่อพจน์ $\mu_A(x_i)/x_i, i = 1,2, \dots, n$ หมายถึงค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x_i)$ ของ x_i ในเซต A และเครื่องหมาย “+” หมายถึงยูเนียน (union)



รูปที่ 2.20 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีแบบวิยุต A

ถ้าเอกภพสัมพัทธ์ X เป็นต่อเนื่อง (continuous) สัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซต A เขียนได้เป็น

$$A = \left\{\int \frac{\mu_A(x)}{x}\right\}$$



รูปที่ 2.21 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีแบบต่อเนื่อง A

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือ ดีกรีของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือ เขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1], โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจาก พื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่างๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เป็น ฟังก์ชันจัดเทียบ (mapping function) วัตถุในโดเมนใดๆให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต มีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (crisp set) ดังสมการ

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

เมื่อ A เป็นเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย x เป็นสมาชิกในเซต μ_A เป็นค่าความเป็นสมาชิกในเซต และ $\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต A

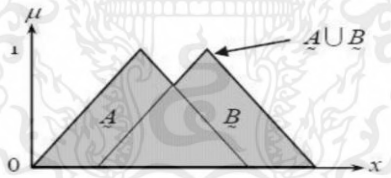
2.6.2 การดำเนินการทางฟัซซีเซต

การดำเนินการของฟัซซีเซต มีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไปมีการดำเนินการ (operation) คือ Union Intersection และ Complement

1. ยูเนียน (Union) ของฟัซซีเซต จะเป็น OR operation ดังสมการ และรูปที่ 2.22

$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$

$$= \max\left(\mu_A(x), \mu_B(x)\right)$$

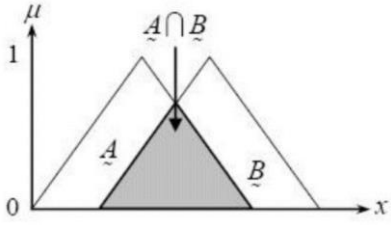


รูปที่ 2.22 ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B

2. อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต จะเป็น AND operation ดังสมการ และรูปที่ 2.23

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$

$$= \min\left(\mu_A(x), \mu_B(x)\right)$$

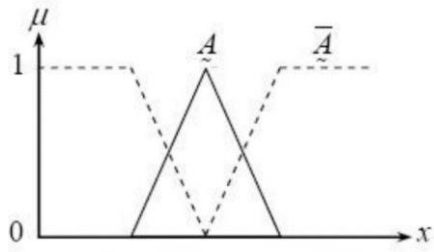


รูปที่ 2.23 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต ดังสมการ และรูปที่ 2.24

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_{A}(x)$$



รูปที่ 2.24 คอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต A และ B

2.6.3 คุณสมบัติของฟัซซีเซต

เซตฟัซซีมีคุณสมบัติตามเซตแบบฉบับ ได้แก่

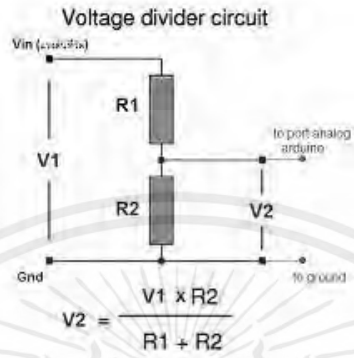
Commutativity	$\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{B} = \underset{\sim}{B} \cup \underset{\sim}{A}$ $\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{B} = \underset{\sim}{B} \cap \underset{\sim}{A}$
Associativity	$\underset{\sim}{A} \cup (\underset{\sim}{B} \cup \underset{\sim}{C}) = (\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{B}) \cup \underset{\sim}{C}$ $\underset{\sim}{A} \cap (\underset{\sim}{B} \cap \underset{\sim}{C}) = (\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{B}) \cap \underset{\sim}{C}$
Distributivity	$\underset{\sim}{A} \cup (\underset{\sim}{B} \cap \underset{\sim}{C}) = (\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{B}) \cap (\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{C})$ $\underset{\sim}{A} \cap (\underset{\sim}{B} \cup \underset{\sim}{C}) = (\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{B}) \cup (\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{C})$
Idemptency	$\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{A} = \underset{\sim}{A}$ และ $\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{A} = \underset{\sim}{A}$
Identity	$\underset{\sim}{A} \cup 0 = \underset{\sim}{A}$ และ $\underset{\sim}{A} \cap X = \underset{\sim}{A}$ $\underset{\sim}{A} \cap 0 = 0$ และ $\underset{\sim}{A} \cup X = X$
Transitivity	ถ้า $\underset{\sim}{A} \subseteq \underset{\sim}{B}$, $\underset{\sim}{B} \subseteq \underset{\sim}{C}$ แล้ว $\underset{\sim}{A} \subseteq \underset{\sim}{C}$
Involution	$\overline{\overline{\underset{\sim}{A}}} \subseteq \underset{\sim}{A}$

รูปที่ 2.25 คุณสมบัติตามเซตแบบฉบับของฟัซซีเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายเพียงแหล่งจ่ายเดียว ถ้าหากต้องการแรงดันไฟฟ้าหลายระดับ โดยใช้วิธีแบ่งแรงดันไฟฟ้า ให้ใช้ค่าความต้านทานที่มีอยู่ในแต่ละส่วนของวงจรมาเป็นตัวแบ่ง และนำกฎของโอห์ม เข้ามาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาค่าในวงจร



รูปที่ 2.26 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

2.8 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

2.8.1 ส่วนประกอบรีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

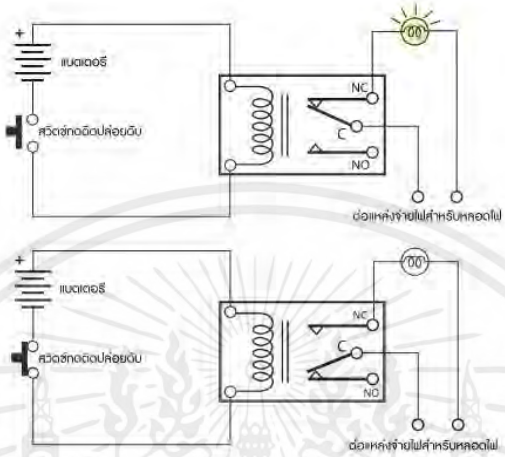
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเองจุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติดปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา เช่น ตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.27 วงจรรีเลย์

2.8.2 ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่

2.9 หม้อแปลงไฟฟ้า

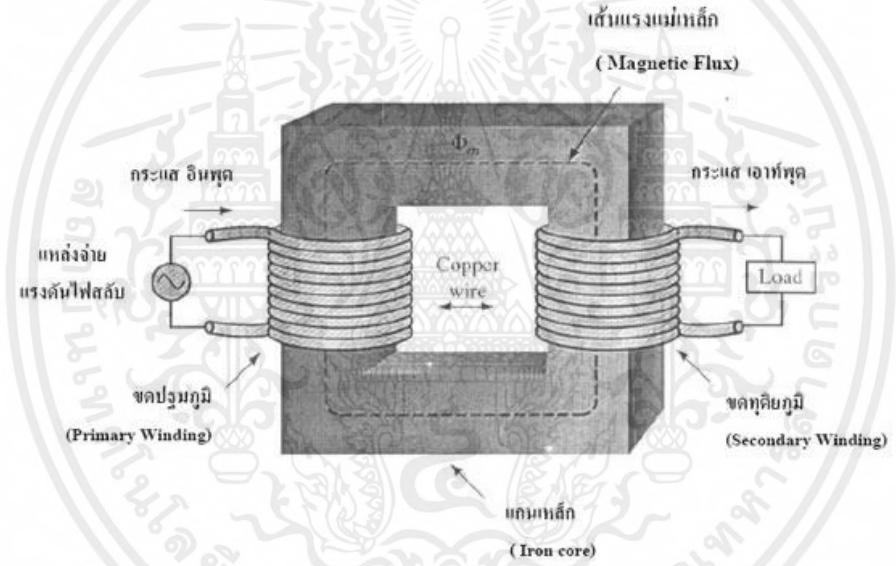
2.9.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ในระบบจ่ายไฟฟ้าจะมีการแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับให้มีขนาดสูงมากๆ เช่นให้มีขนาดเป็น 48 กิโลโวลต์ หรือ 24 กิโลโวลต์ เพื่อลดขนาดของลวดตัวนำ ที่ต้องใช้ในการจ่ายไฟฟ้าเป็นระยะทางไกลๆ เมื่อถึงปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะจ่ายไฟฟ้าไปให้แก่บ้านเรือนต่างๆ ก็จะแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงเป็น 220 โวลต์ เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า และเมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ระดับแรงดันต่ำๆ เช่น 6 โวลต์ หรือ 9 โวลต์ ก็จะต้องมีการแปลงดันไฟฟ้า ตามบ้านจาก 220 โวลต์ เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าว เราเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น อาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำ ก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบๆตัวนำนั้น และถ้ากระแสที่ป้อนมีขนาดและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมา ก็จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวตัดผ่านตัวนำ ก็จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กับ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.28 โครงสร้างหม้อแปลงไฟฟ้า

พิจารณาจากรูป 2.27 จะเห็นว่าโครงสร้างของหม้อแปลงจะประกอบ ไปด้วย ขดลวด 2 ขดพันรอบแกนที่เป็นสื่อกลางของเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งอาจเป็นแกนเหล็ก แกนเฟอไรท์ หรือแกนอากาศ ขดลวดที่เราจ่ายไฟเข้าไปเราเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary Winding) และ ขดลวดอีกขดที่ต่อเข้ากับโหลด เราเรียกว่า ขดทุติยภูมิ (Secondary Winding)

เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับให้กับขดปฐมภูมิ ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงไป-มา โดยเส้นแรงแม่เหล็กดังกล่าวก็จะวิ่งไป-มา ตามแกน และไปตัดกับขดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิที่ต่อกับโหลด โดยแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและจำนวนรอบของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อปล่อยแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กชักนำขึ้น ทำให้เกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขดทุติยภูมิโดยมีความถี่เท่าเดิม ขดทุติยภูมิจะมขดลวดขดเดียวหรือหลายขดก็ได้ แรงดันไฟสลับที่เกิดขึ้นที่ขดทุติยภูมิจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขดลวด ระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ สามารถคำนวณได้ว่าทางขดปฐมภูมิ จะใช้ขดลวดกี่รอบต่อ 1 โวลต์แล้ว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของขดลวด เมื่อสามารถหาได้ว่าขดลวดกี่รอบต่อโวลต์แล้ว ทางขดทุติยภูมิก็สามารถที่จะพันให้ได้จำนวนรอบตามที่ต้องการถ้าจำนวนรอบของขดปฐมภูมิเท่ากับจำนวนรอบของขดทุติยภูมิ แรงดันไฟสลับที่ออกมาที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าไปที่ขดปฐมภูมิ นั่นคือ ถ้าป้อนแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิ 220 โวลต์ แรงดันไฟสลับออกที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับ 220 โวลต์เช่นกัน

2.9.2 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

เราสามารถแบ่งชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า ตามแกนของหม้อแปลงได้ 3 แบบ คือ

1. หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก (Iron Core Transformer) หม้อแปลงแบบนี้จะใช้ แผ่นเหล็กอ่อนหลายๆแผ่นส่วนใหญ่จะใช้รูปทรงตัว E กับ ตัว I ประกอบกันเป็นแกนซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในงานทั่วไปที่มีความถี่ไม่สูงนัก เช่นหม้อแปลงในงานส่งกำลังไฟฟ้า หรือหม้อแปลงแปลง แรงดันไฟฟ้าตามบ้าน เป็นแรงดันต่ำๆตามที่ต้องการ หม้อแปลงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

รูปที่ 2.29 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก

2. หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์ (Ferrite Core Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในงานที่มีความถี่สูง เช่นในเครื่องรับ เครื่องส่ง วิทยุ หรือในวงจรสวิตชิ่ง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดแกนเหล็กได้

รูปที่ 2.30 หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (Air Core Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้จะใช้ในงานความถี่สูงมากๆ เช่นในเครื่องรับ เครื่องส่งวิทยุ ความถี่สูง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดอื่นได้เนื่องจากจะเกิดความสูญเสียอย่างมาก

รูปที่ 2.31 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ

2.10 ตัวแปลงสัญญาณ

อุปกรณ์แปลงสัญญาณหรือตัวแปลงสัญญาณ หรือบางครั้งอาจจะได้ยินกันในชื่อเรียกต่าง ๆ มากมาย เช่น Transmitter, Signal Transmitter, Pulse isolator เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าที่แปลงสัญญาณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ ไฟกระแสตรง ไฟกระแสสลับ ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน เช่น 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์ และ 0 ถึง 10 โวลต์ สัญญาณมาตรฐานเป็นสัญญาณที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมได้ยึดถือเป็นมาตรฐานในการออกแบบอุปกรณ์ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถใช้งานร่วมกันได้ โดยสัญญาณมาตรฐานที่ใช้กันจะแบ่งเป็น 2 ประเภท

2.10.1 สัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน

เป็นการส่งสัญญาณในรูปของกระแสตรงโดยมาตรฐาน ได้แก่ 4-20 มิลลิแอมแปร์ หมายความว่าเมื่อวัดค่าเป็น 0% จะเท่ากับกระแส 4 มิลลิแอมแปร์ และหากวัดค่าได้เป็น 100% เท่ากับกระแส 20 มิลลิแอมแปร์ การส่งสัญญาณในรูปแบบนี้สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะไกล การเกิดสัญญาณรบกวนน้อย

2.10.2 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน

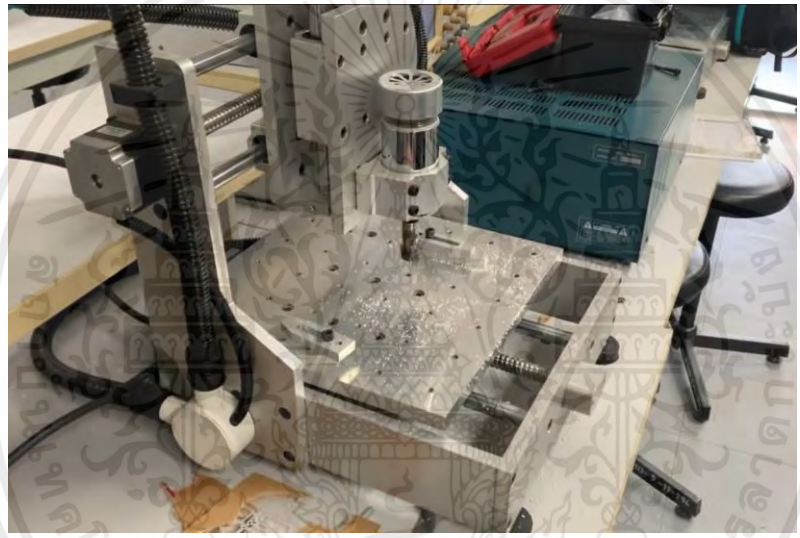
เป็นการส่งสัญญาณในรูปของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เช่น 0-10 โวลต์ หมายความว่า เมื่อค่าวัดเป็น 0% ก็จะเท่ากับแรงดัน 0 โวลต์ และค่าวัดเป็น 100% จะมีค่าเท่ากับ 10 โวลต์ สัญญาณมาตรฐานแรงดันนี้จะเหมาะกับการส่งสัญญาณในระยะใกล้ๆ เนื่องจากจะเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่ายกว่าแบบกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 เครื่องกลึง CNC (Computer Numerical Control)

เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติที่ซึ่งจะมีการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมที่ตัวเครื่องจะทำงานตามรูปแบบที่เราสั่งลงไปภายในโปรแกรม เป็นเครื่องที่สามารถใช้งานได้หลากหลายภาษา

เครื่องจักรที่นิยมใช้งานกับชิ้นงานโลหะ จำเป็นต้องการความละเอียด แม่นยำ และมีการผลิตที่ซับซ้อนสูงมากเป็นพิเศษ เครื่อง CNC จึงถูกผลิตขึ้นมาเพื่อให้การทำงานในระบบดังงกล่าวสะดวกสบายขึ้น รวดเร็ว และมีความแม่นยำ และพิเศษด้วยการทำงานแบบอัตโนมัติที่ควบคุมให้การทำงานกับชิ้นงานโลหะที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยระบบของมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าถึงทุกมุมมองในการทำงานได้อย่างละเอียด ชิ้นงานที่ได้ออกมาจึงมีความประณีต



รูปที่ 2.32 เครื่องกลึง CNC

2.11.1 จุดประสงค์

ด้วยการทำงานที่ซับซ้อนในชิ้นงานที่ต้องใช้ความละเอียดแม่นยำสูง วัตถุประสงค์ของเครื่อง CNC จึงถูกสร้างขึ้นมาเพื่องานนี้โดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่มีเป้าหมายเพื่อใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลง ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลทั่วไปที่เป็นพื้นฐาน เดิมทีจะใช้แรงงานคนเป็นคนควบคุมเครื่องจักรเหล่านี้ แต่ด้วยการผลิตเครื่องนี้เข้ามา ช่วยให้เราควบคุมเครื่องจักรได้อัตโนมัติ ทำงานด้วยตัวเอง เพียงแค่การโปรแกรมข้อมูลที่ต้องการเข้าไป

การทำงานของระบบ CNC ยังช่วยเพิ่มความสามารถของเครื่องจักรทั่วๆ ไปให้สามารถทำงานที่ดีเยี่ยมเกินขีดจำกัดเดิมได้ โดยเฉพาะงานที่มีความซับซ้อนสูง ได้ทั้งความแม่นยำและรวดเร็วนระบบของมันจะสามารถควบคุมกับเครื่องจักรหลายสิบตัวได้ จึงใช้เวลาในการทำงานไม่นาน ก็จะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องกลึง

ข้อดี	ข้อเสีย
เป็นระบบเครื่องที่ออกแบบมาเพื่อควบคุมงานที่มีคามละเอียดสูง ให้ชิ้นที่ออกมาเป็นไปตามมาตรฐานที่วางเอาไว้แบบไม่ผิดพลาด	ระบบเครื่อง CNC มีความซับซ้อนในการออกแบบและการผลิต จึงทำให้มีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งยังจำเป็นต้องนำเข้าและมีค่าบำรุงเครื่องจักรในราคาสูง
ตัวงานที่ออกแบบแต่ละชิ้น หากเป็นชนิดเดียวกันจะมีคุณภาพและขนาดที่เท่ากันทุกๆ ชิ้น เพราะเป็นการสั่งงานจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในเครื่องจักร ไม่ได้ผ่านจากความคิดของมนุษย์ โอกาสจึงผิดพลาดต่ำมากๆ หรือไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น	ราคาซ่อมของตัวเครื่องหากเกิดปัญหาขึ้นมีราคาสูงมาก และต้องใช้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ
ผลิตงานออกมาได้อย่างรวดเร็ว ไม่เปลืองพื้นที่การทำงานและการจัดเก็บชิ้นงาน	เครื่องจักรจะต้องถูกทำงานเป็นประจำ มิเช่นนั้นจะทำให้เสื่อมสภาพ
ตัวงานออกมาได้มาตรฐานสูง แม้ว่าจะเป็นชิ้นงานที่มีความยากและซับซ้อนมาก	ต้องมีพื้นที่มากพอให้กับผู้เขียนโปรแกรม NC
ลดเวลาสำหรับการตรวจสอบสภาพชิ้นงาน ช่วยลดแรงงานในการผลิตไปในตัว	เหมาะสำหรับการทำงานจำนวนมากๆ เท่านั้น ไม่คุ้มกับการใช้ผลิตงานจำนวนน้อยชิ้น
	ระบบการควบคุมเครื่องเป็นภาษาอังกฤษ ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีความเชี่ยวชาญเป็นอย่างดี

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียเครื่องกลึง

2.12 MACH 3

Mach 3 มาคธรี หรือมาคสาม เป็นตระกูลซอฟท์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Artบริษัท Newfangled Solutions สำหรับงานอดิเรกทางด้าน CNC เป็นเบื้องต้น และได้รับความนิยมและถูกนำไปใช้อย่างจริงจังในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย คุณสมบัติและหน้าที่ๆมาคสามมีดังนี้

ทำการแปลงให้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซีมาตรฐานให้เป็นเครื่องควบคุมซีเอนซี 6 แกนมาคสามสามารถรองรับจีโค้ดและขับเคลื่อนแกนต่างๆ ถึง 6 แกนพร้อมๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุญาตให้ทำการอิมพอร์ทไฟล์ DXF, BMP, JPG, และ HPGL โดยผ่านซอฟท์แวร์ LazyCam ในรุ่นก่อนหน้านี้คือมาคสองคุณสมบัติการอิมพอร์ทไฟล์นี้อยู่ด้วยกันกับโปรแกรมหลัก แต่ในรุ่นมาคสามความสามารถอันนี้ถูกแยกไปไว้รวมกันกับซอฟท์แวร์ LazyCam

แสดงจีโค้ดหรือทูลพาธในรูปแบบกราฟฟิกในแบบสองและสามมิติ ฟีเซอร์ข้อนี้มีประโยชน์มากสำหรับดูเส้นทางเดินดอกกัด (tool path) เพื่อช่วยตรวจสอบตำแหน่งชิ้นงานในช่วงของการตั้งและใช้ดูงานกัดแบบเรียลไทม์ขณะที่เครื่องทำงานในกรณีที่ต้องหยุดงานโดยความตั้งใจหรือเกิดจากอุบัติเหตุเช่นดอกกัดหักเราสามารถสกรอล์คำสั่งจีโค้ดในช่องแสดง G-code และสังเกตการณ์วิ่งของเส้นไฮไลท์ของกราฟิกทูลพาธ ทำให้สามารถกลับมากัดงานตำแหน่งเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2.13 SOLIDWORKS

SOLIDWORKS ซอฟต์แวร์ออกแบบสำหรับงานด้านวิศวกรรม เช่น ชิ้นส่วน อุปกรณ์ เครื่องจักร เป็นต้น โดยเป็นซอฟต์แวร์ในตระกูล CAD (Computer Aided Design and Drafting) ซึ่งสามารถจำลองเป็นโมเดลสามมิติได้ และมีความละเอียดกว่า CAD ทั่วไปในการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง อุณหภูมิ อายุการใช้งาน เป็นต้น SOLIDWORKS ได้นำเสนอฟังก์ชันทางด้านการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ หน้าจอผู้ใช้ใช้งานง่าย ที่ใช้ไอคอนในการทำงาน รวมถึงการใช้คีย์ลัดเข้ามาช่วยในขั้นแอดวานซ์ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการออกแบบและทำให้คุณสร้างสรรค์งานได้ดียิ่งขึ้น

จุดเด่นของ SOLIDWORKS

- สามารถสร้างชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน ออกแบบชิ้นส่วนได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งาน
- ง่ายที่จะค้นหาและใช้ประโยชน์จากข้อมูลทางด้านวิศวกรรมที่มีอยู่แล้ว เพื่อทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างรวดเร็ว
- บันทึกชิ้นส่วนที่ใช้งานบ่อย คุณสมบัติและแม่แบบให้ง่ายต่อการเข้าถึงจากภายในโปรแกรม SOLIDWORKS
- สร้างภาพวาด 2D ที่ใช้สำหรับการผลิตเพื่อใช้ในการสื่อสารว่างานออกแบบนี้จะใช้ในการผลิตและประกอบอย่างไร
- การตรวจสอบต้นทุนการผลิตอย่างอัตโนมัติในระหว่างการออกแบบเพื่อที่จะช่วยในการควบคุมต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 Ladder diagram (LAD)

Ladder Diagram (LAD) เป็นวิธีการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC ซึ่งเป็นที่นิยม เนื่องจาก อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ สามารถดูตามโครงสร้าง แล้วเข้าใจการทำงานของระบบได้ สามารถแก้ไขได้ ง่าย สะดวกและรวดเร็ว โดยมีพื้นฐานมาจากวงจรการควบคุมแบบรีเลย์ โดยจะประกอบด้วยราง (Rail) ทางซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้เป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าจากทางซ้ายไปทางขวา

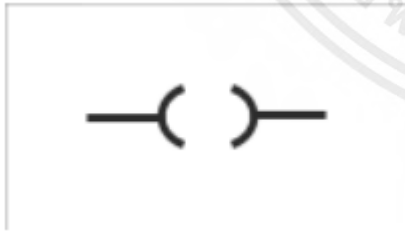
2.14.1 สัญลักษณ์ของ Ladder diagram (LAD)

ปกติหน้าสัมผัสเปิด เมื่อเงื่อนไขเป็นจริงหน้าสัมผัสจะปิดลง

รูปที่ 2.33 สัญลักษณ์ Normally Open (NO)

ปกติหน้าสัมผัสปิด เมื่อเงื่อนไขเป็นจริงหน้าสัมผัสจะเปิดขึ้น

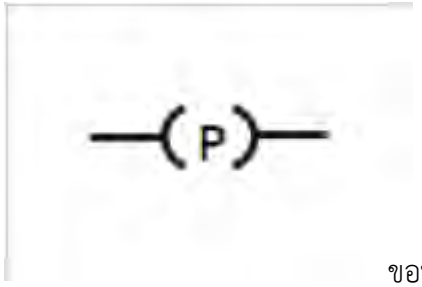
รูปที่ 2.34 สัญลักษณ์ Normally Close (NC)



คอยล์ เป็นลักษณะการสั่งการแบบรีเลย์ ที่เป็น Output

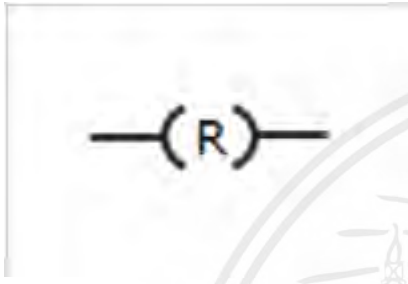
รูปที่ 2.35 สัญลักษณ์ Coil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



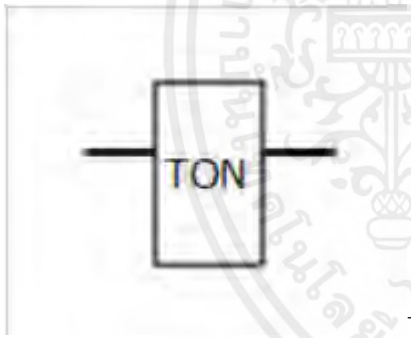
ขอบขาขึ้น จะสั่งการทำงานเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง 1 ครั้ง ต่อ 1 Scan Time

รูปที่ 2.36 สัญลักษณ์ Positive Edge



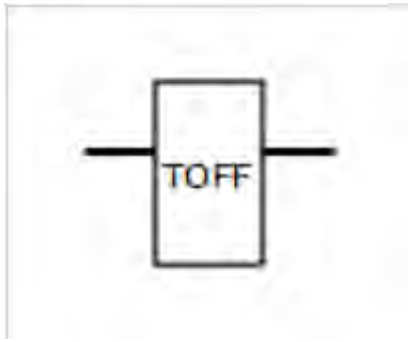
รีเซ็ต จะหยุดการทำงานเมื่อเงื่อนไขที่เข้ามาเป็นจริง

รูปที่ 2.37 สัญลักษณ์ Reset



Timer จะเริ่มนับเวลาเมื่อเริ่มการจ่ายไฟเข้าให้กับ Timer

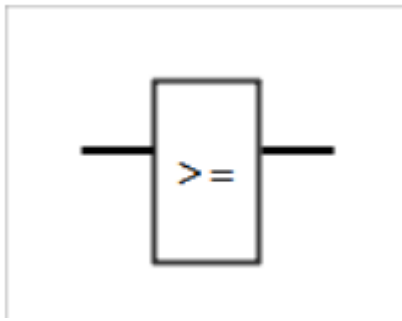
รูปที่ 2.38 สัญลักษณ์ Timer Delay On



Timer จะเริ่มนับเวลาเมื่อหยุดการจ่ายไฟเข้าให้กับ Timer

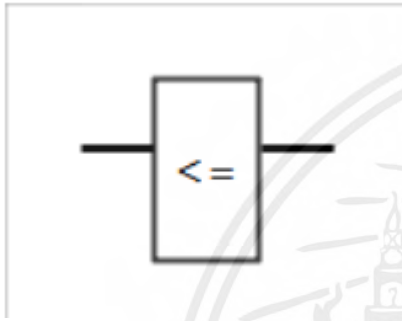
รูปที่ 2.39 สัญลักษณ์ Timer Delay Off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



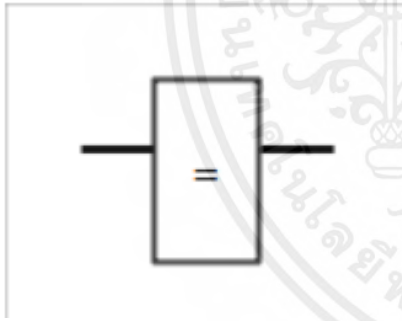
จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งสองผ่านเงื่อนไขการเปรียบเทียบ

รูปที่ 2.40 สัญลักษณ์ Greater than or Equal to



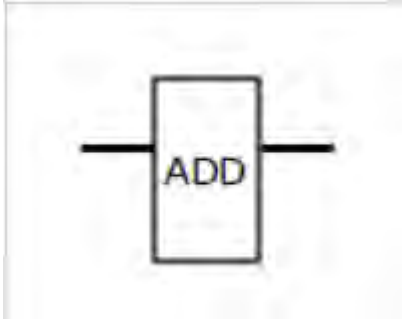
จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งสองผ่านเงื่อนไขการเปรียบเทียบ

รูปที่ 2.41 สัญลักษณ์ Less than or Equal to



จะเป็นจริง เมื่อตัวแปรทั้งสองมีค่าเท่ากัน

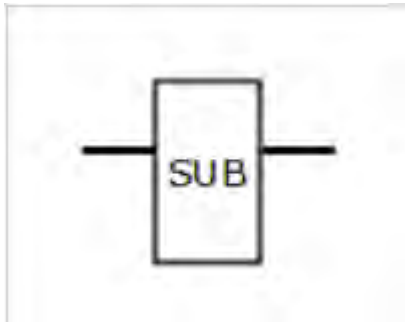
รูปที่ 2.42 สัญลักษณ์ Equal to



เป็นการนำค่าของตัวแปร มาบวกกัน

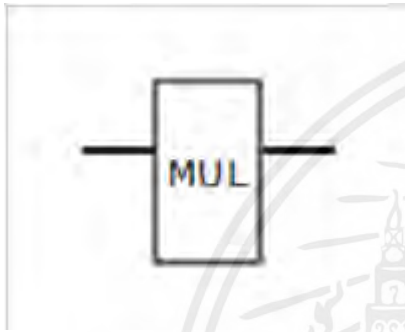
รูปที่ 2.43 สัญลักษณ์ Add

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



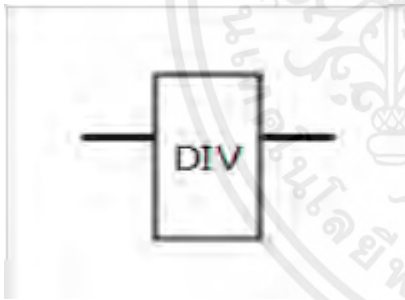
เป็นการนำค่าของตัวแปร มาลบกัน

รูปที่ 2.44 สัญลักษณ์ Subtract



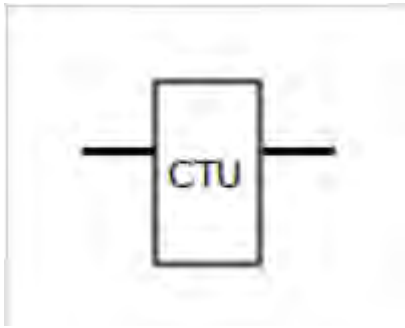
เป็นการนำค่าของตัวแปร มาคูณกัน

รูปที่ 2.45 สัญลักษณ์ Multiply



เป็นการนำค่าของตัวแปร มาหารกัน

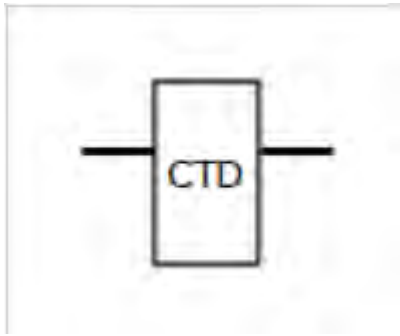
รูปที่ 2.46 สัญลักษณ์ Divide



การนับขึ้น เป็นการนับสัญญาณแบบขาขึ้น 1 ครั้ง ต่อ 1 Scan Time

รูปที่ 2.47 สัญลักษณ์ Counter Up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การนับลง เป็นการนับสัญญาณแบบขาขึ้น 1 ครั้ง ต่อ 1 Scan Time โดยลบตัวเลขลงเรื่อยๆ

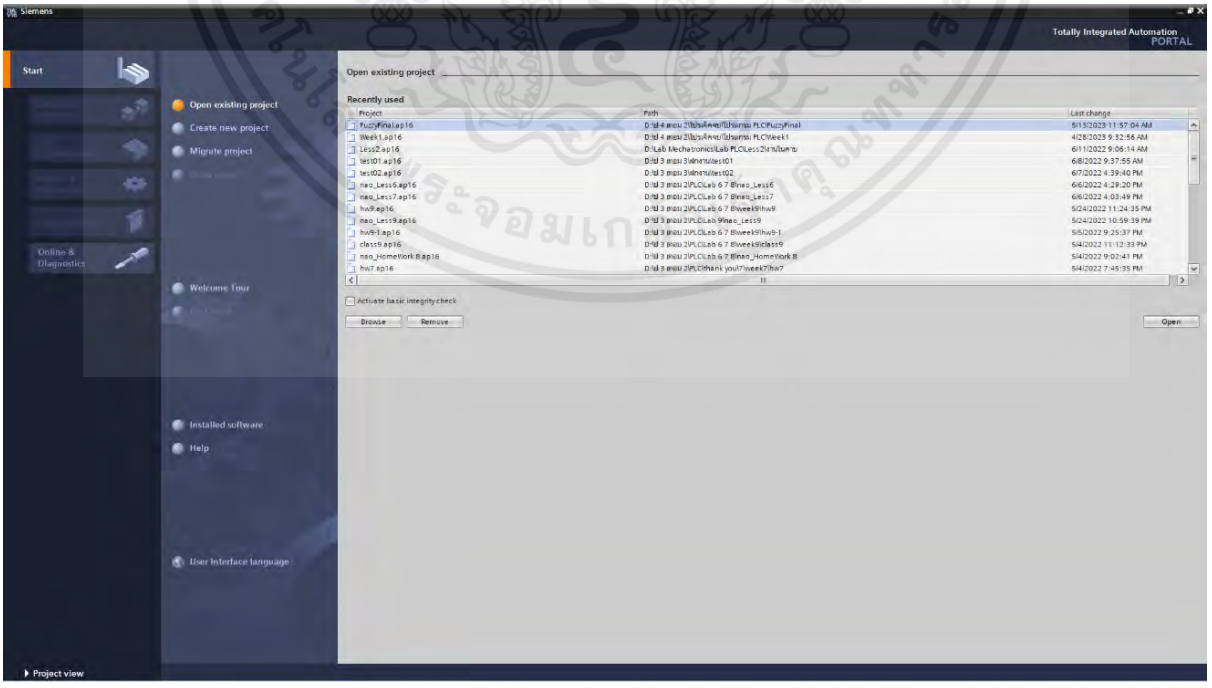
รูปที่ 2.48 สัญลักษณ์ Counter Down

2.15 โปรแกรม TIA Portal V16

TIA Portal V16 มีระบบที่สามารถประมวลผลได้ภายใน Organization Block (OB), Function (FC) และ Function Block (FB) ซึ่งลักษณะการทำงานของฟังก์ชันนี้จะเป็นการปฏิบัติทางลอจิกพื้นฐาน เช่น การใช้ Timer Counter และฟังก์ชันการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ โดยจะควบคุมด้วยภาษา LAD, FBD, STL ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งาน TIA Portal V16 ในการสร้าง Block การเลือกใช้กลุ่มคำสั่ง การ Compile & Run ในเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.15.1 การใช้งานโปรแกรม TIA Portal V16

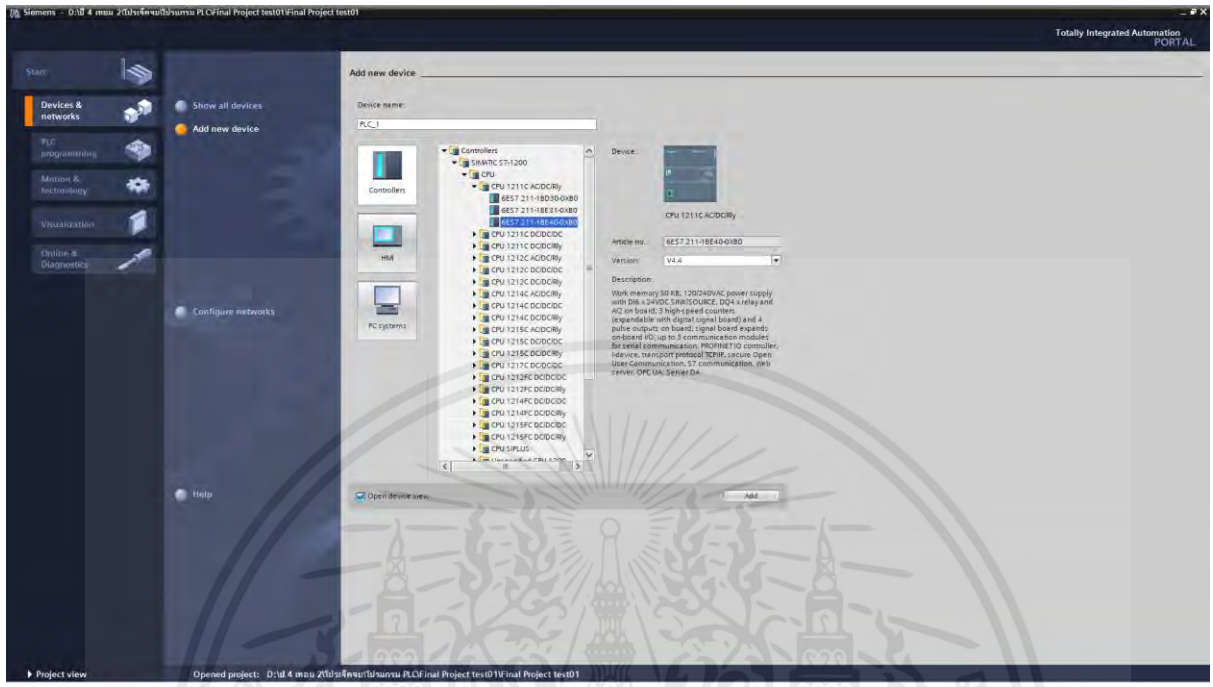
1. ทำการสร้าง Project ใหม่ หรือทำการเลือก Project ที่ต้องการแก้ไข



รูปที่ 2.49 การสร้าง Project ใหม่

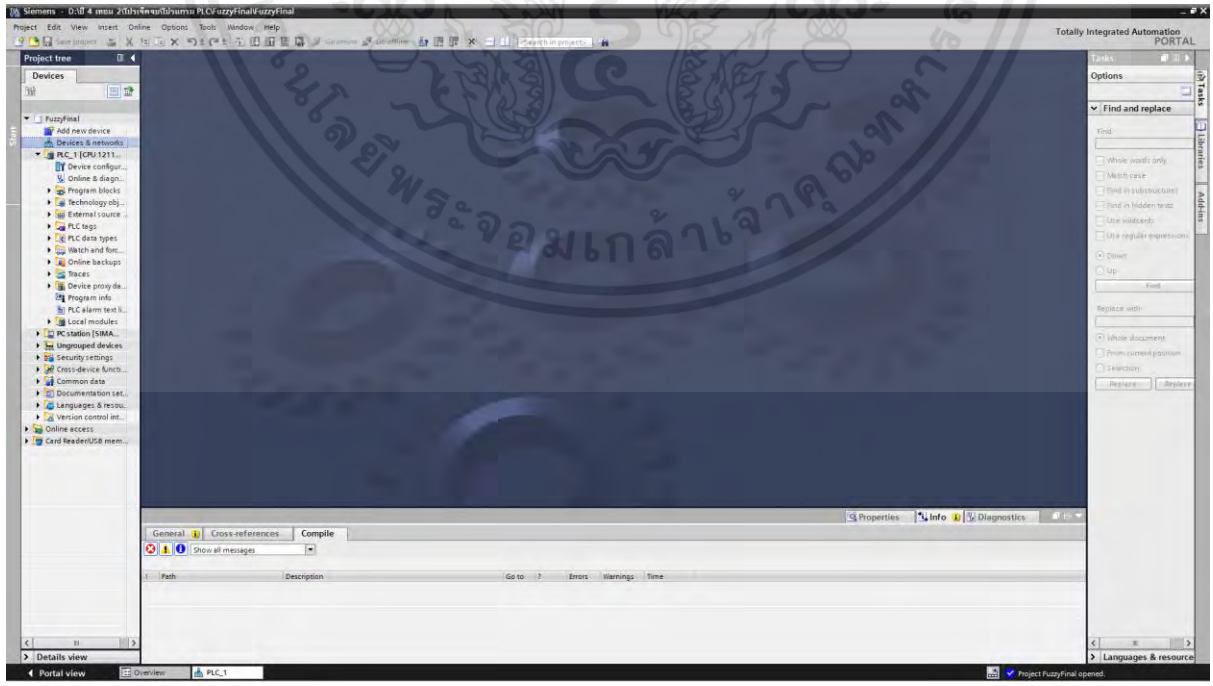
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเชื่อมต่อกับ PLC โดยคลิกไปที่ Add new device > Controllers และเลือกตัว Controller ที่เราต้องการจะเชื่อมต่อ แล้วคลิก Add



รูปที่ 2.50 การเลือก Controller ที่จะเชื่อมต่อ

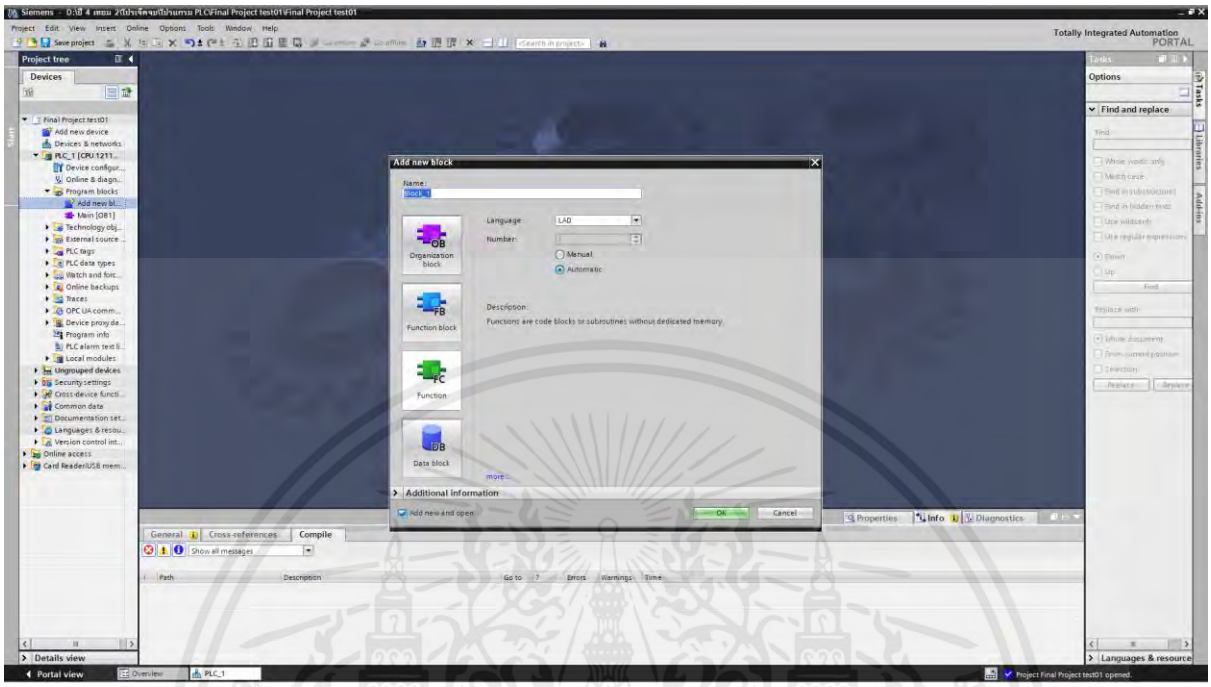
3. แถบ Devices แสดงถึงกลุ่มเครื่องมือต่างๆ เช่น Program Blocks, PLC tags



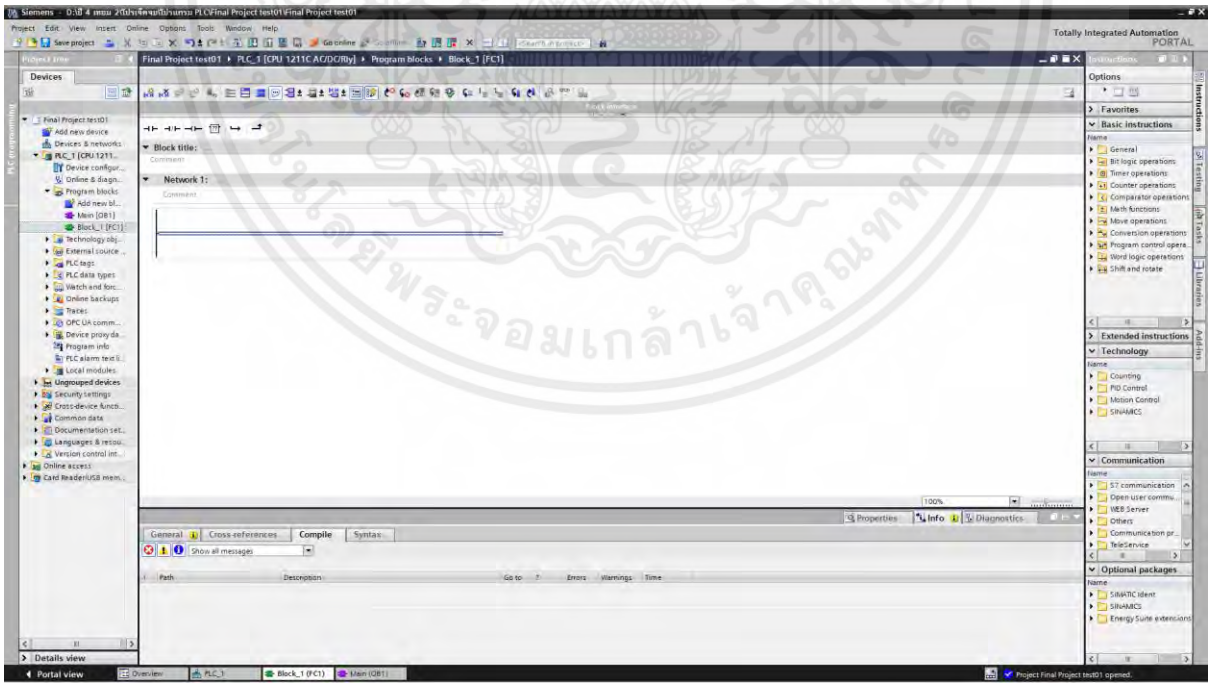
รูปที่ 2.51 แถบ Devices

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสร้าง Block สำหรับเขียนฟังก์ชันการทำงาน ให้ไปที่ Program blocks > Add new block เลือกรูปแบบของ Block จากนั้นเลือก Language ที่จะใช้เขียนฟังก์ชัน แล้วคลิก OK



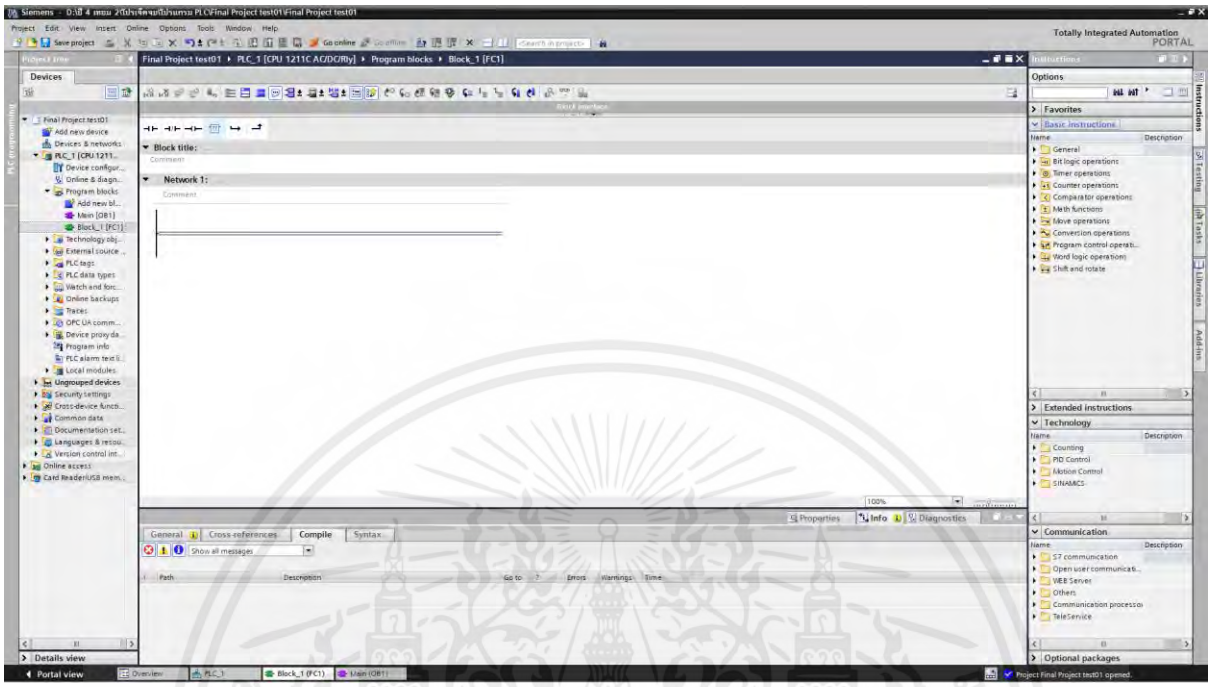
รูปที่ 2.52 การเลือกรูปแบบของ Block



รูปที่ 2.53 การเลือกสร้าง Block

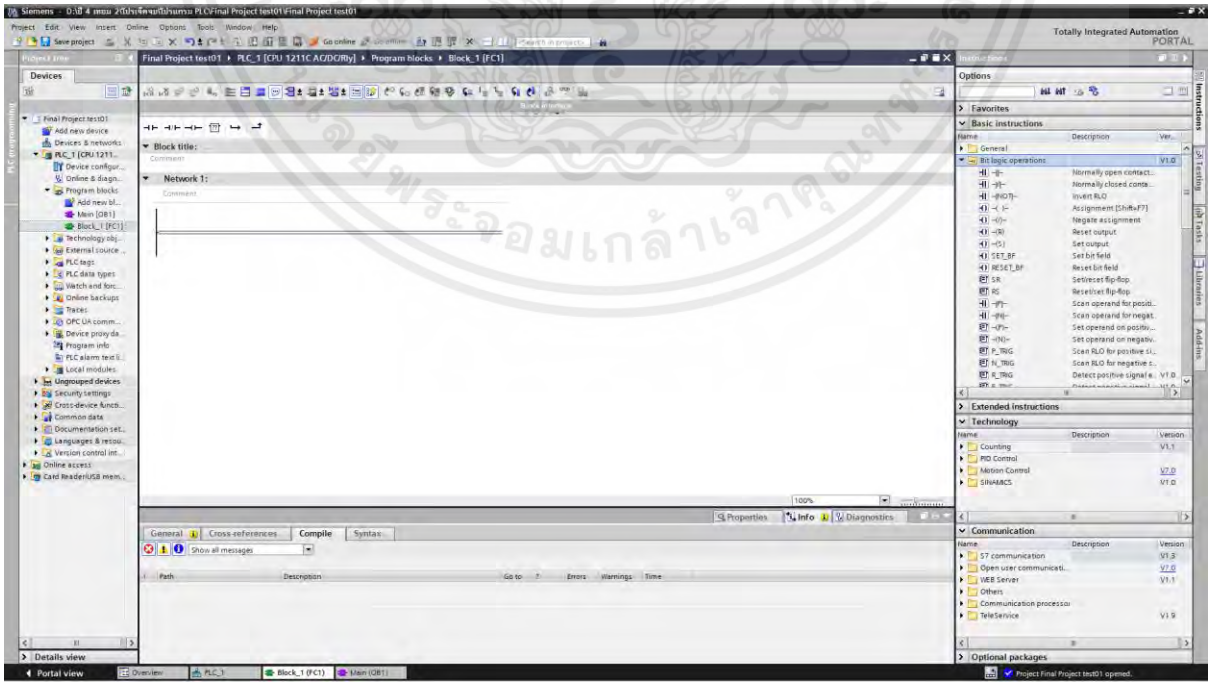
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเรียกใช้คำสั่งในการทำงาน ให้คลิกไปที่ Instructions จากนั้นเลือกใช้งานคำสั่งที่ต้องการ โดยจะมีปุ่มคำสั่งต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.54 คำสั่งในการทำงาน

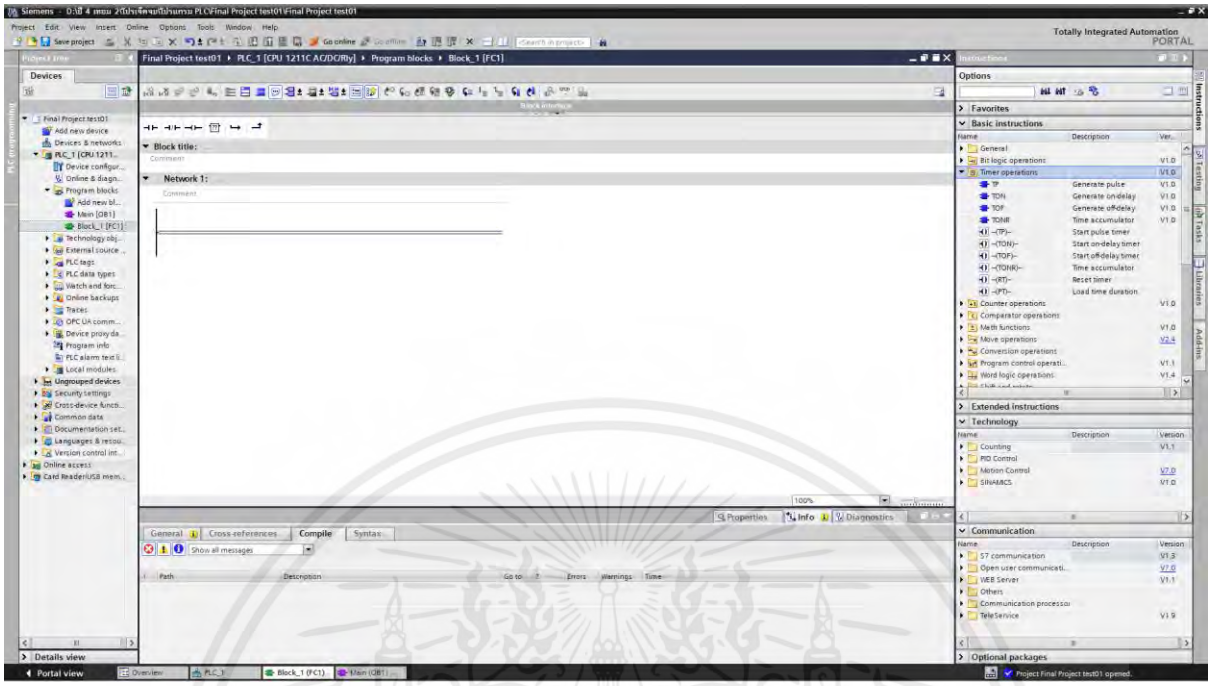
5.1 กลุ่มคำสั่ง Bit logic operations ทำงานในรูปแบบของรีเลย์



รูปที่ 2.55 กลุ่มคำสั่ง Bit logic operations

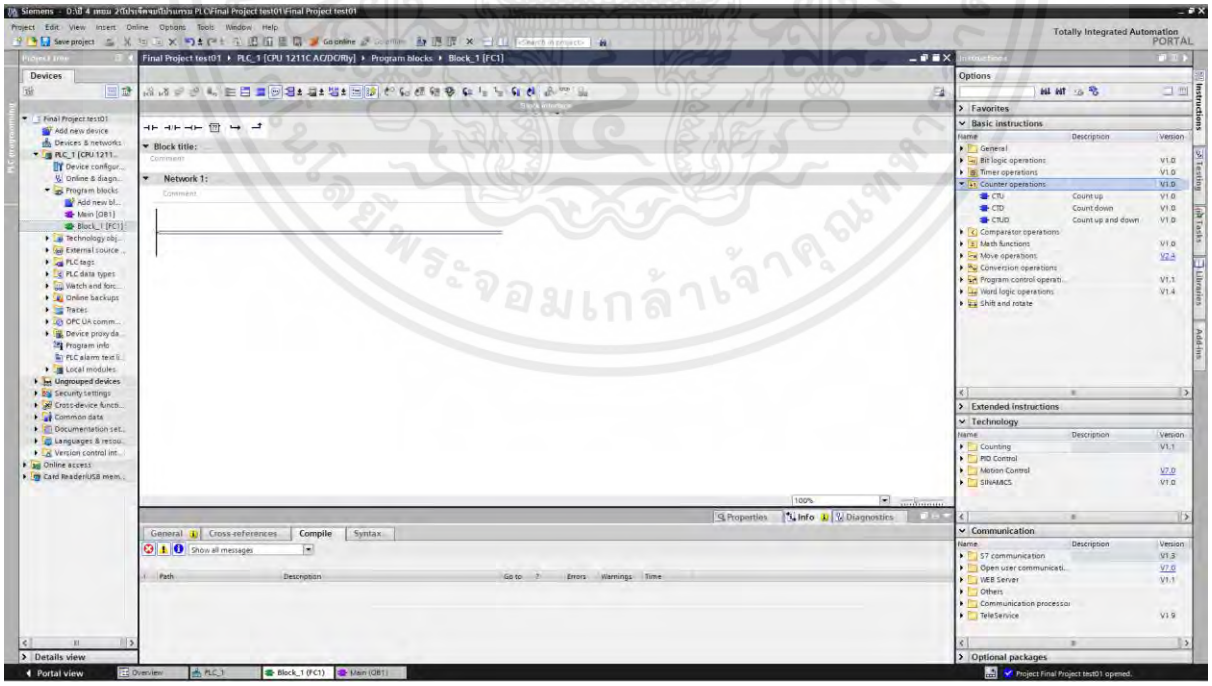
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 กลุ่มคำสั่ง Timer operations ทำงานในรูปแบบของการจับเวลา



รูปที่ 2.56 กลุ่มคำสั่ง Timer operations

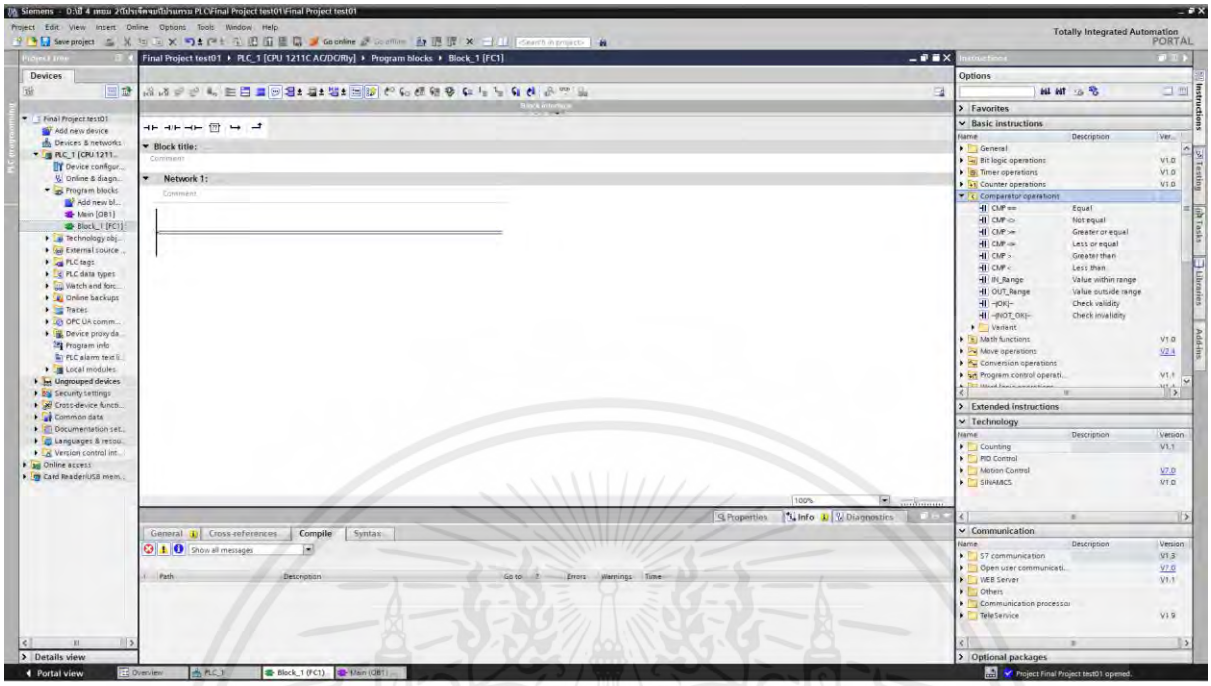
5.3 กลุ่มคำสั่ง Counter operations ทำงานในรูปแบบของการนับจำนวน



รูปที่ 2.57 กลุ่มคำสั่ง Counter operations

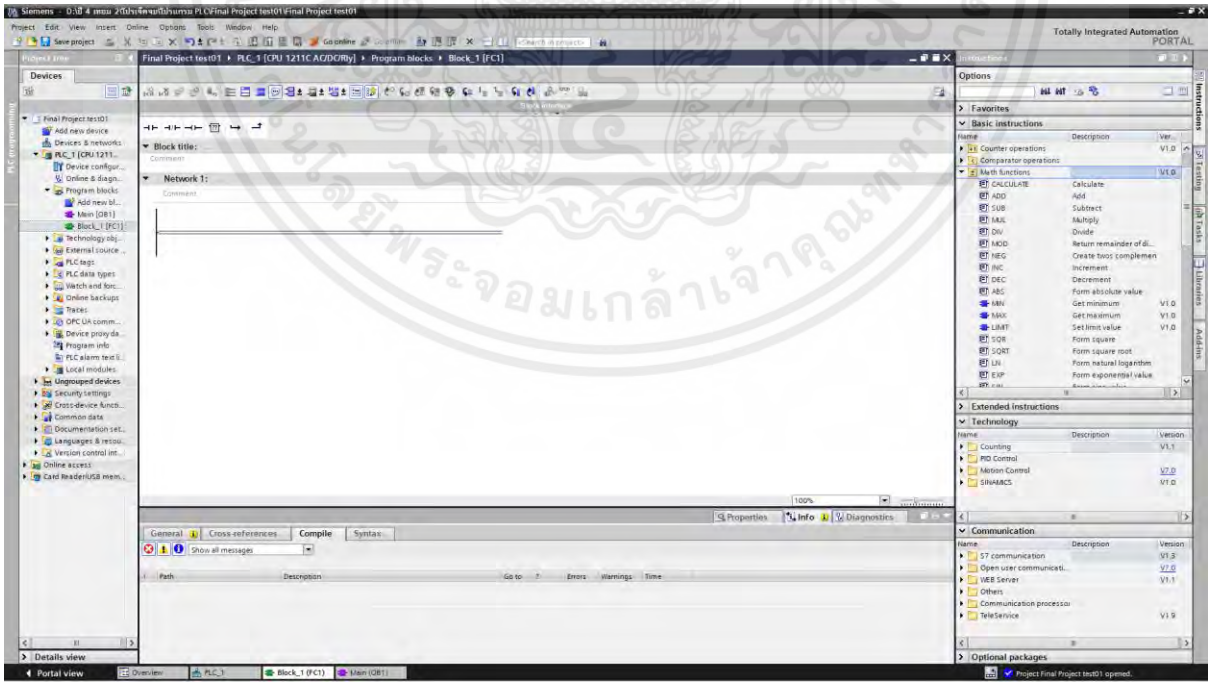
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations ทำงานในรูปแบบของการเปรียบเทียบ



รูปที่ 2.58 กลุ่มคำสั่ง Comparator operations

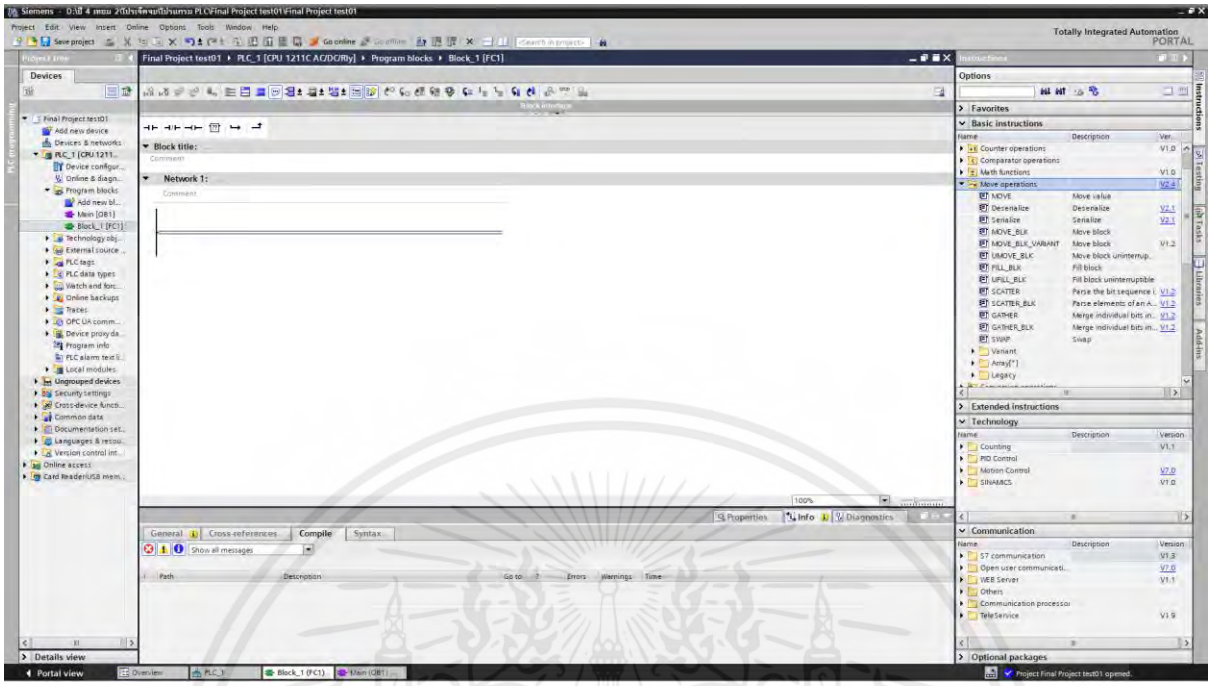
5.5 กลุ่มคำสั่ง Math operations ทำงานในรูปแบบของการคำนวณ



รูปที่ 2.59 กลุ่มคำสั่ง Math operations

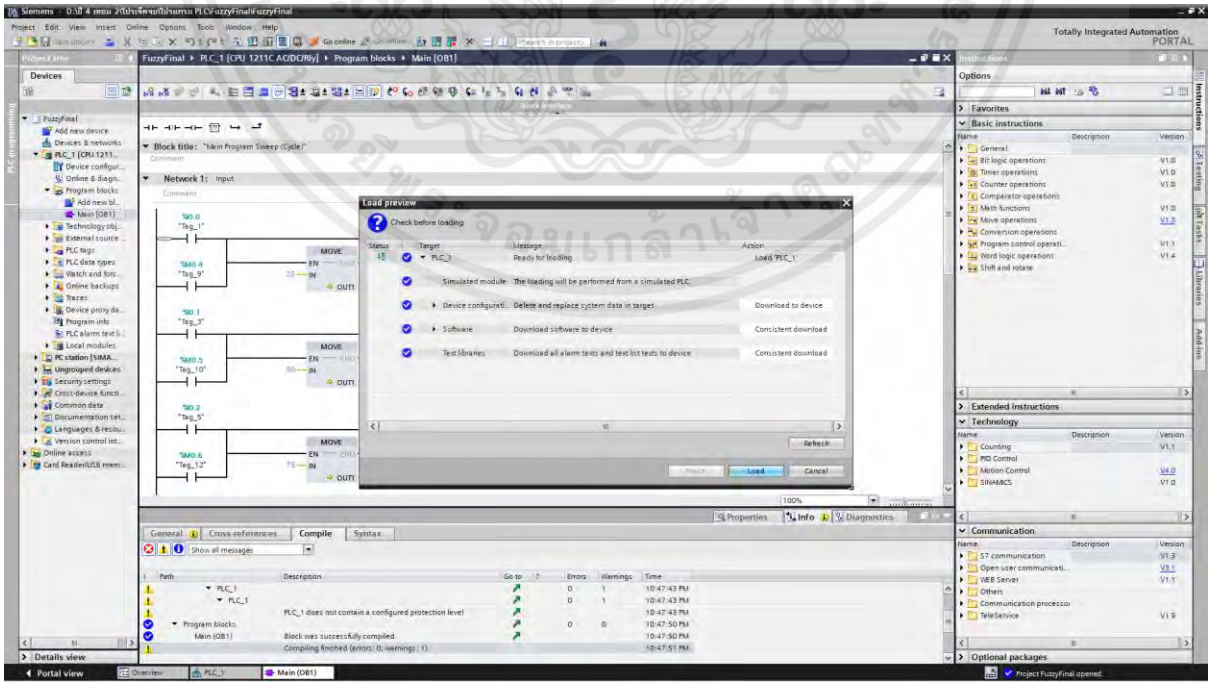
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 กลุ่มคำสั่ง Move operations ทำงานในรูปแบบของการย้ายค่า



รูปที่ 2.60 กลุ่มคำสั่ง Move operations

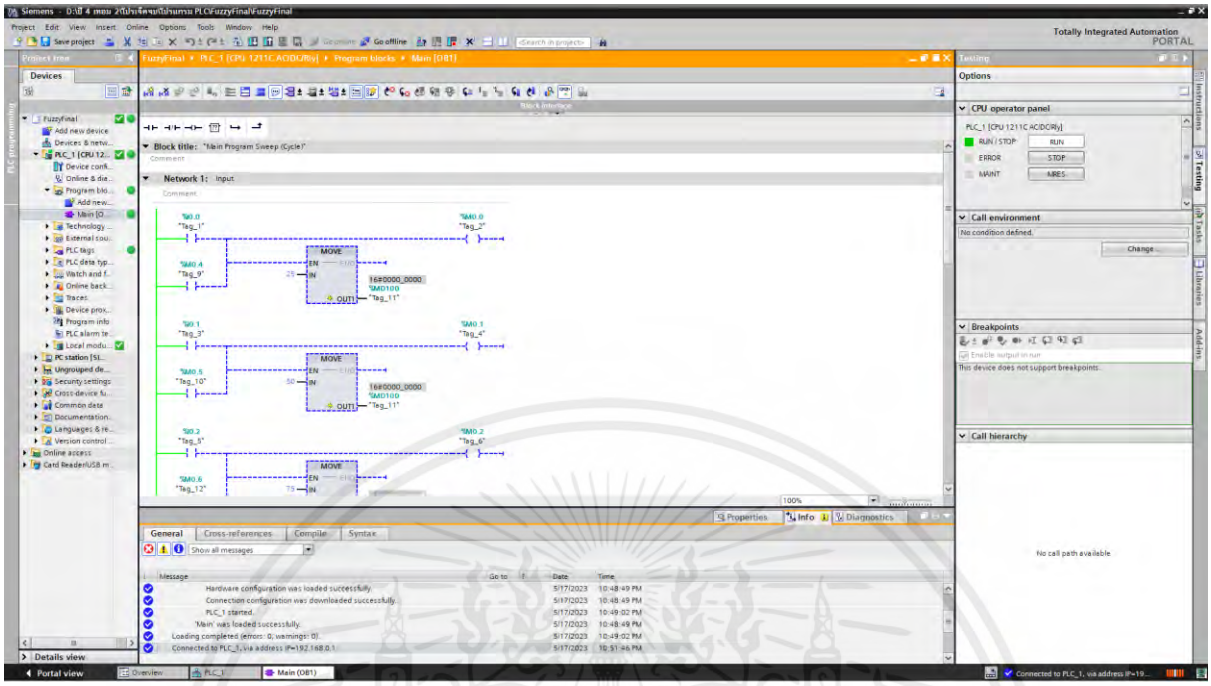
6. การ Compile & Run ให้คลิกไปที่ Download จะปรากฏหน้าต่าง Load preview ให้ทำการเลือก Download to device คลิก Load



รูปที่ 2.61 การ Compile & Run

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การ Monitor ของการทำงานให้คลิกไปที่ Go online จากนั้นคลิกไปที่ Monitor



รูปที่ 2.62 การ Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินการ

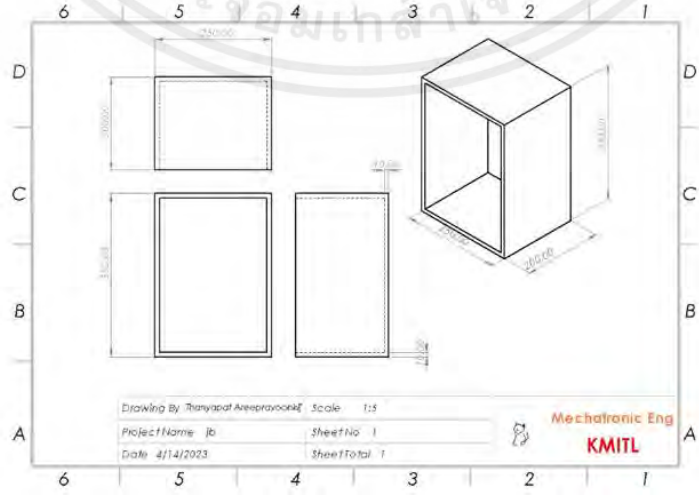
3.1 การเตรียมส่วนประกอบของชิ้นงาน

การสร้างชิ้นงานโครงงานนี้ได้มีต้นแบบเครื่องควบคุมระดับน้ำอยู่ตัวหนึ่ง โดยใช้เครื่อง PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม และมีสวิตช์สำหรับเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมระหว่างควบคุมด้วยมือ กับควบคุมด้วย PLC และแต่แบบมีอุปกรณ์ควบคุมอีกอย่างหนึ่งคือ สวิตช์หรี่ไฟ สำหรับการควบคุมด้วยมือนั้นจะใช้สำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์ปั๊ม และสำหรับการควบคุมด้วย PLC ใช้สำหรับปรับระดับน้ำที่ต้องการ หลักการทำงานคือมีโปรแกรมอยู่แล้วในเครื่อง PLC และปรับค่าผ่านสวิตช์หรี่ในการเลือกระดับที่ต้องการ

วงจรไฟฟ้าของเครื่องต้นแบบนั้นใช้งานโดยนำแรงดันจาก PLC ทำการขยายเพื่อเพิ่มกระแสด้วยแรงดันที่เท่าเดิม อุปกรณ์นั้นีชื่อเรียกว่าทรานสมิตเตอร์ แต่เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงและหาซื้อทั่วไปได้ยากจึงทำการเปลี่ยนเป็นใช้แหล่งจ่ายไฟแยกอีกแหล่งหนึ่งคือนำไฟบ้านที่เป็นกระแสสลับนำมาลดแรงดันผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าและเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวแปลง และเซนเซอร์วัดระดับน้ำนั้นมีราคาที่ค่อนข้างสูงเช่นกัน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมทำให้มีราคาที่ค่อนข้างสูง ทางผู้จัดทำจึงเปลี่ยนเป็นเลือกใช้ลวดตัวนำแทนซึ่งเปรียบได้เสมือนดิจิตอลเซนเซอร์เมื่อระดับน้ำมีความสูงถึงและนำไฟฟ้าผ่านน้ำเข้าลวดตัวนำเพื่อให้ไฟฟ้าเข้าช่องขารับข้อมูลของ PLC

3.1.1 ตู้ไฟ

โดยทั่วไปตู้ไฟโดยปกตินั้นจะเป็นอะลูมิเนียมมาจากสั่งทำบอกขนาดจากโรงงาน แต่เนื่องจากราคาที่ค่อนข้างสูงต่อขนาดของตู้ จึงเลือกวัสดุเหลือใช้ คือตู้คอนโทรลพลาสติกโดยมีขนาดดังรูปที่ 3.1

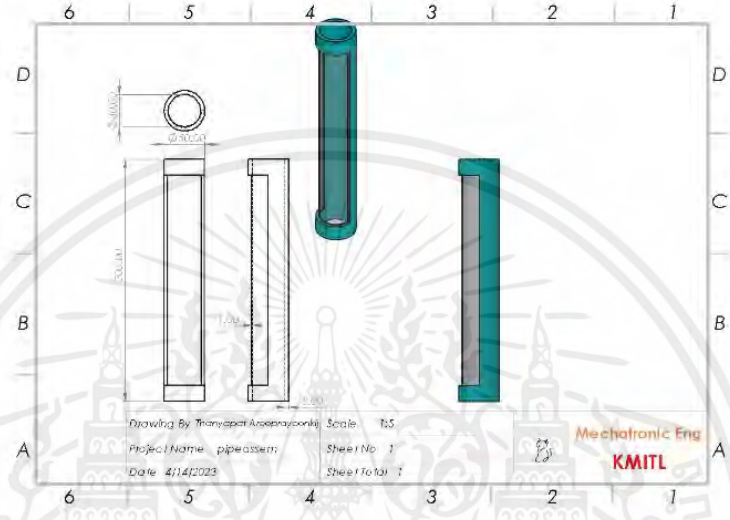


รูปที่ 3.1 ขนาดของตู้ไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 กระบอกวัดระดับน้ำ

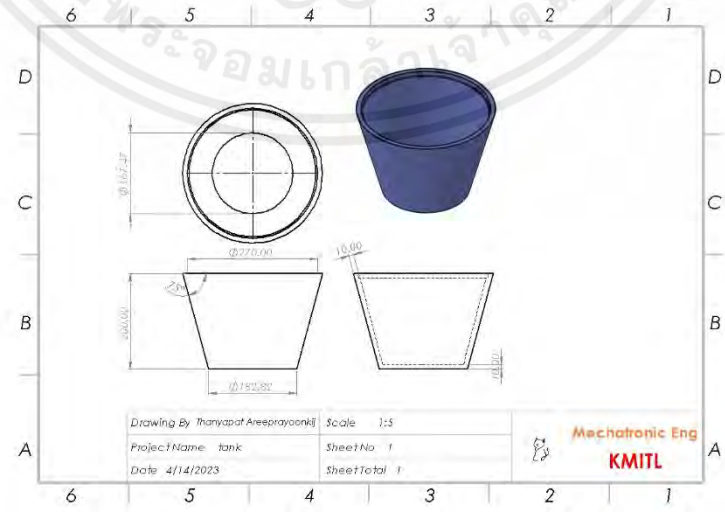
เนื่องจากกระบอกวัดระดับน้ำโดยปกติแล้วจะใช้เป็นท่ออะคริลิคใสทรงกระบอก แต่การหากระบอกอะคริลิคนั้นต้องเป็นการสั่งตัด สามารถหาซื้อจากร้านทั่วไปได้ยาก จึงทำการประยุกต์เพื่อลดต้นทุนและประหยัดเวลาแทน โดยใช้เป็นท่อ PVC และผ่าเว้าเข้าไปแล้วค่อยปิดผนึกและทำการป้องกันการรั่วซึมในส่วนที่ปิดผนึกของน้ำจะได้สัดส่วนดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขนาดของกระบอกวัดระดับน้ำ

3.1.3 ถังเก็บน้ำ

ตัวถังเก็บน้ำนั้นจะใช้เป็นถังทั่วไปที่ใช้ตามบ้านเนื่องจากขนาดของกระบอกวัดระดับน้ำใช้ขนาดไม่ใหญ่มาก จึงเลือกใช้ถังขนาดเล็กที่มีฝาปิดได้โดยมีขนาดดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขนาดของถังเก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จัดทำโครงสร้างของชิ้นงาน

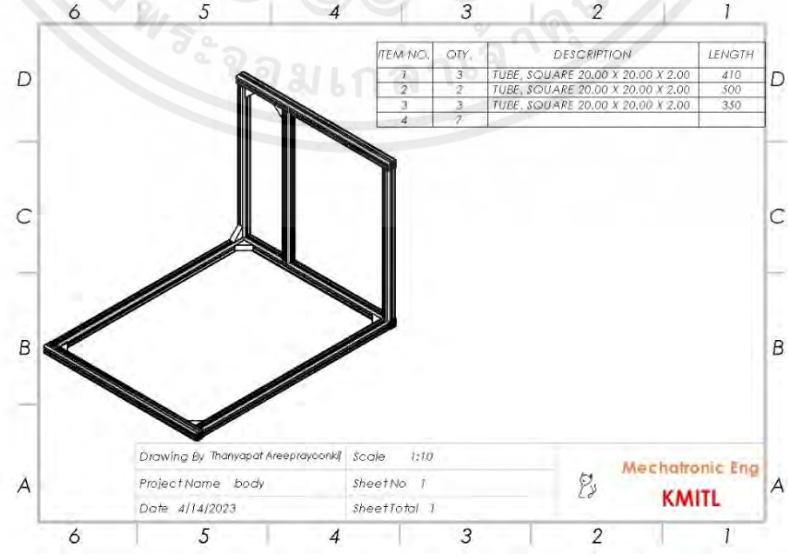
ขั้นตอนนี้เป็นเพียงการออกแบบและสร้างโครงสร้างของชิ้นงานขึ้นมาก่อน จากนั้นจึงไปสู่การออกแบบและติดตั้งวงจรของตู้ไฟ

3.2.1 ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน

หลังจากได้ขนาดของ ตู้ไฟ ถังน้ำ และกระบอกวัดระดับน้ำที่จะนำมาใช้แล้วก็ทำการออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม SolidWorks ให้มีขนาดที่พอดีสำหรับการทำงาน โดยมีขอบเขตคือขนาดของวัสดุที่วัดมา และวัสดุที่ใช้สำหรับทำโครงคือ Alu-profile ขนาด 20x20 มิลลิเมตร จากการจำลองและประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันได้ภาพดังรูปที่ 3.4 โดยการทำจะทำการลองปรับโครงสร้างไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ชิ้นงานรวมที่เหมาะสม

รูปที่ 3.4 โครงสร้างที่ได้จากการจำลอง

เมื่อได้ภาพรวมที่เหมาะสมแล้วจึงนำโครงจริงมาเป็นอ้างอิงและทำการหาขนาดวัสดุที่ใช้ได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 ขนาดของโครงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ประกอบชิ้นโครงงาน

ทำการจัดซื้ออะลูมิเนียมตามขนาดรายการที่ได้ รวมทั้งข้อต่อ จากนั้นนำมาประกอบขึ้นโครง

รูปที่ 3.6 การประกอบโครงชิ้นงาน

3.3 ระบบท่อน้ำ

จัดซื้อมอเตอร์ปั๊มน้ำได้ขนาด 1100 แกลลอนต่อชั่วโมง ทำงานที่ 12 โวลต์ ขนาดท่อ 30 มิลลิเมตร พร้อมจัดซื้อท่อ PVC ขนาด 30 มิลลิเมตร และนำมาติดตั้งกับชิ้นโครงของโครงงาน โดยตัวปั๊มจะทำการติดตั้งที่ก้นถังและเจาะถังเพื่อทำการเดินท่อน้ำบริเวณด้านล่างของถัง จะได้ชิ้นงานดังภาพ 3.7

รูปที่ 3.7 ระบบท่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ตู้ไฟหรือตู้คอนโทรล

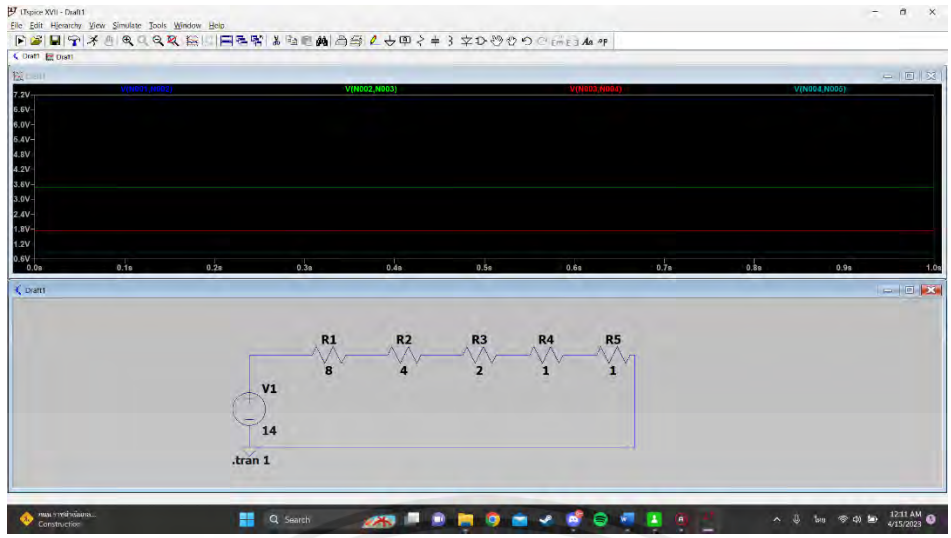
การออกแบบระบบวงจรนั้นเราต้องพิจารณาจากจุดประสงค์ก่อน นั่นคือต้องการแบ่งแรงดันไฟฟ้าหลายระดับให้กับรีเลย์โดยจะใช้รีเลย์ทั้งหมด 4 ตัว มีแหล่งจ่ายไฟคือหม้อแปลงแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงขนาด 220/14 โวลต์ และหลักการทำงานจะแบ่งเป็น 2 แบบคือ 1. ให้แหล่งจ่ายจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าที่มอเตอร์โดยตรง 2. ให้แรงดันแบ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ารอไว้ที่รีเลย์ และมี PLC เป็นเครื่องควบคุมในการทำงาน เพื่อสำหรับให้ได้ระดับน้ำที่ต้องการตามที่สั่งเข้าไป

3.4.1 ออกแบบวงจรและรายการ

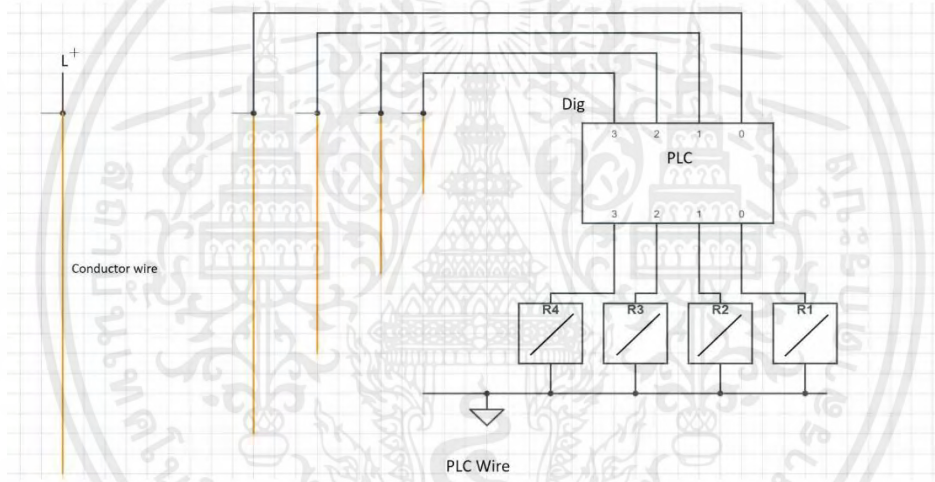
จากข้อมูลข้างต้นจึงออกแบบวงจรและทำการบันทึกรายการสิ่งที่ต้องใช้สำหรับวงจรไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

1. หมอแปลง AC to DC ขนาด 220/14 โวลต์	1 ชุด
2. สวิตซ์สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ	1 ตัว
3. สวิตซ์ 3 ทางสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง	1 ตัว
4. ตัวต้านทานขนาด 8 โอห์ม	1 ตัว
5. ตัวต้านทานขนาด 4 โอห์ม	1 ตัว
6. ตัวต้านทานขนาด 2 โอห์ม	1 ตัว
7. ตัวต้านทานขนาด 1 โอห์ม	2 ตัว
8. รีเลย์	4 ชุด
9. ลวดตัวนำ	3 เมตร
10. เครื่อง PLC siemens S7-1200	1 เครื่อง

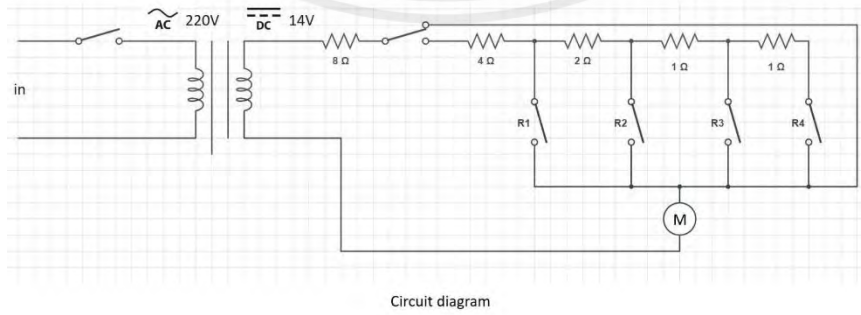
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 3.9 การเดินสายสำหรับ PLC

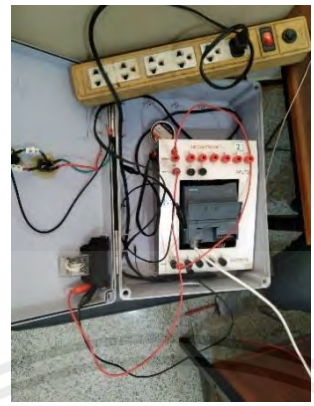


รูปที่ 3.10 วงจรรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

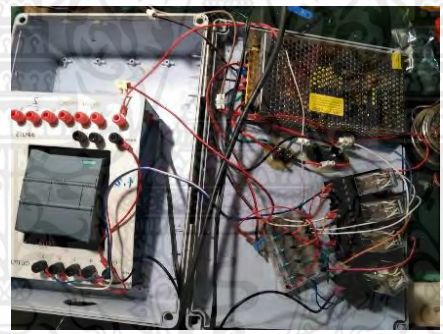
3.4.2 การต่อวงจร

อันดับแรกเริ่มการทดลองต่อวงจรให้ PLC ฝั่งขาออกสามารถเปิดใช้งานของรีเลย์ได้ดังรูป 3.11



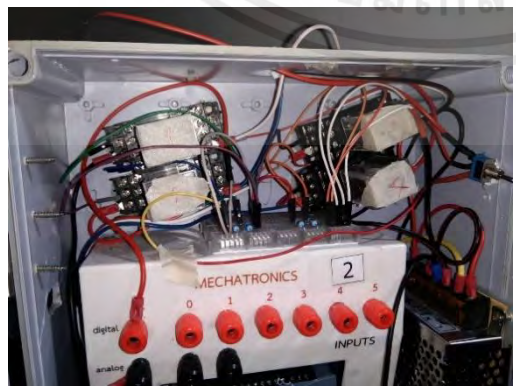
รูปที่ 3.11 ทดสอบการทำงานรีเลย์ด้วย PLC

ขั้นต่อไปคือต่อวงจรสำหรับแบ่งแรงดันเข้าประกอบกับรีเลย์ 1 ชุดกับระบบทั้งหมดก่อน เป็นการต่อวงจรตามรูปที่ 3.8 ก่อนและเพิ่มรีเลย์เข้าไปทีละตัวและทดสอบวงจร จนกระทั่งมีรีเลย์ครบ 4 ตัว



รูปที่ 3.12 วงจรสมบูรณ์

สุดท้ายนำตู้คอนโทรลมาติดกับตัวโครงของชิ้นงาน



(a)

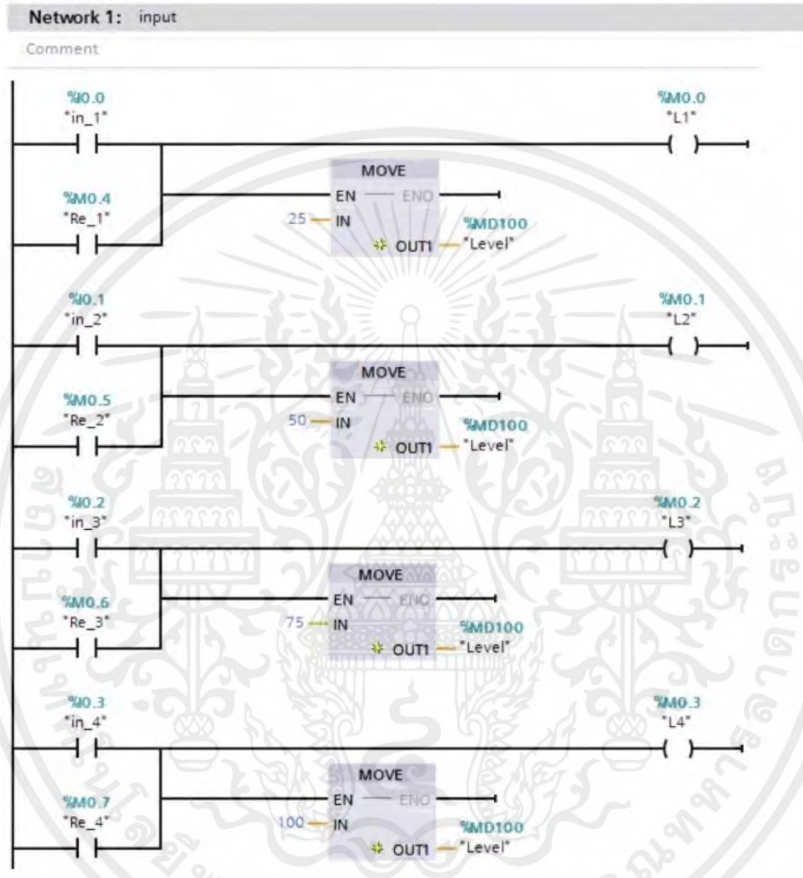
(b)

รูปที่ 3.13 แสดงตู้คอนโทรลที่นำมาติดกับตัวโครงของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

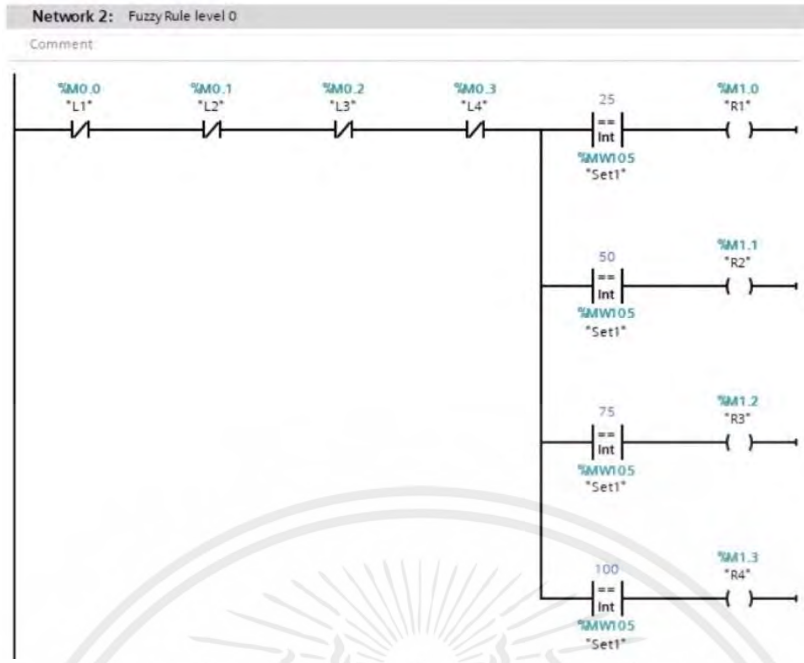
3.5 เขียนโปรแกรม PLC

PLC นั้นมีฟังก์ชันสำหรับ Feedback Control โดยจะใช้ความรู้เกี่ยวกับ Fuzzy logic มาใช้ในระบบวงจรที่เป็นการรับข้อมูลแบบดิจิตอลคือ 0 หรือ 1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดแบบฟัซซี ที่เป็นระบบควบคุมแบบดิจิตอลโดยกระบวนการต่าง ๆ ของโปรแกรมจะใช้หลักการของแนวคิดแบบฟัซซี จะได้โปรแกรมดังนี้

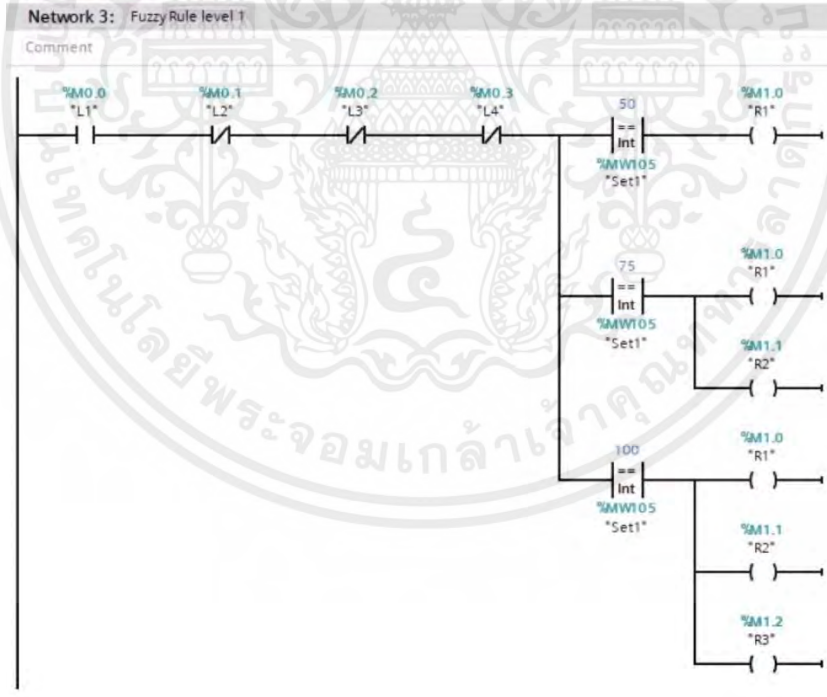


รูปที่ 3.14 โปรแกรม PLC ส่วนอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

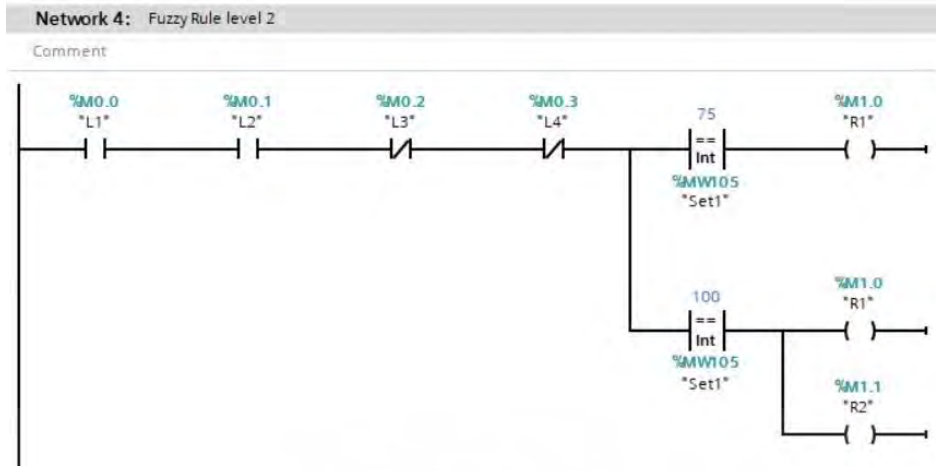


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 0%

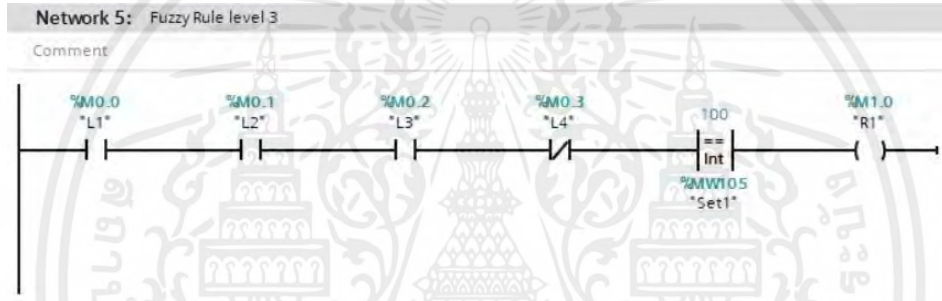


รูปที่ 3.16 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 25%

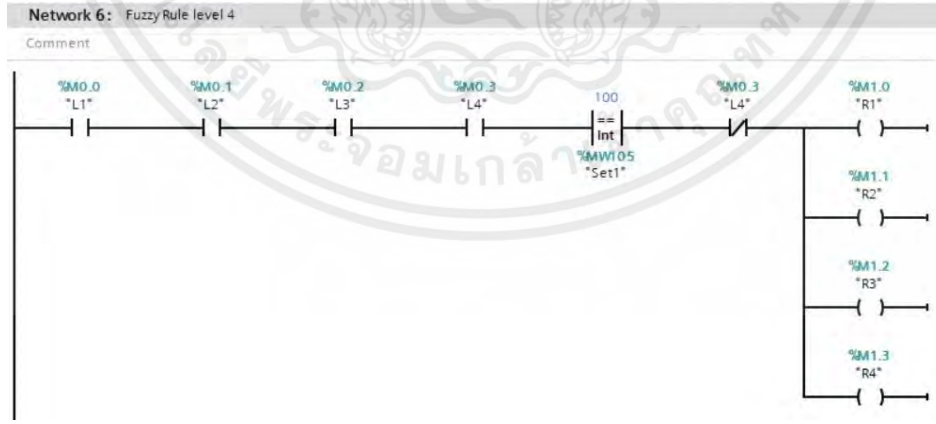
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 50%

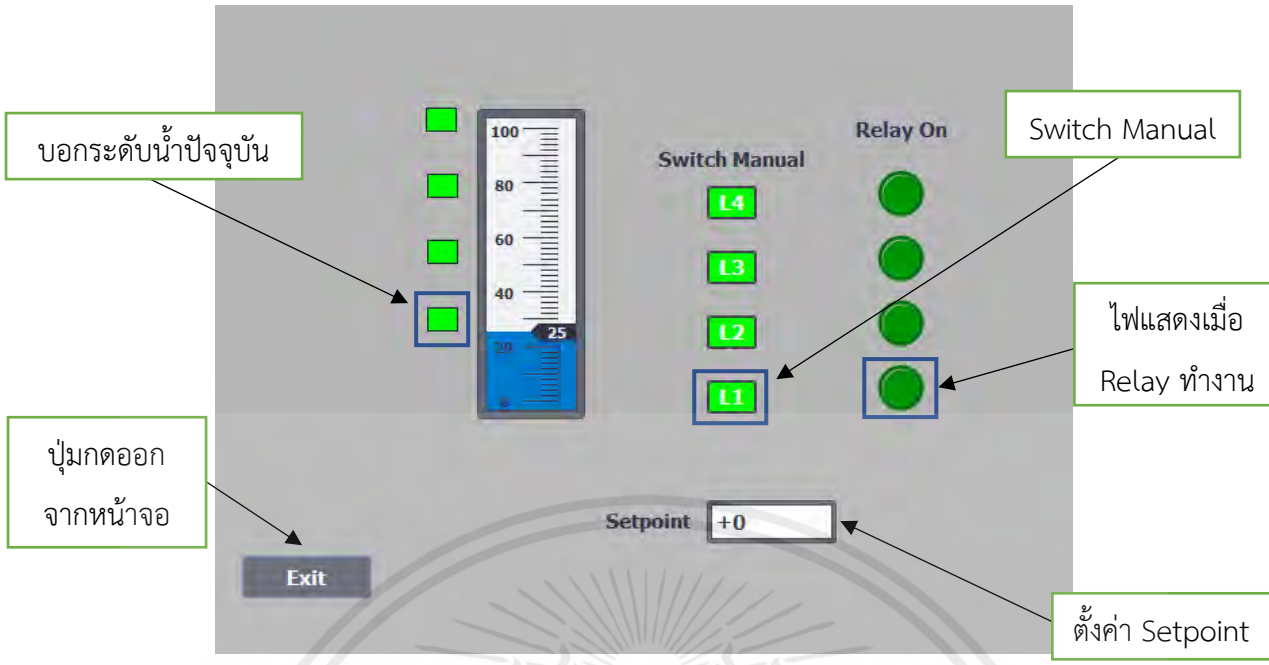


รูปที่ 3.18 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 75%



รูปที่ 3.19 วงจรควบคุมระดับน้ำเมื่อระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 หน้าจอการใช้งานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและอภิปราย

4.1 ผลจากการศึกษา

4.1.1 การเขียนโปรแกรม

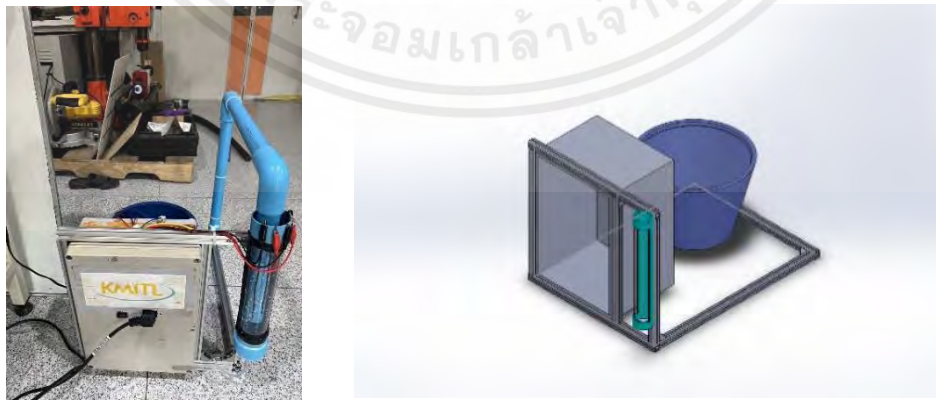
จากการศึกษาได้เข้าใจหลักการคิดออกแบบในการเขียนโปรแกรมในขั้นพื้นฐานสำหรับ PLC siemens เครื่องมือต่าง ๆ ในโปรแกรม และการจัดการข้อมูลที่เขียนลงไปให้เป็นระเบียบสามารถเข้าใจได้ง่าย ทั้งผู้เขียนและผู้ใช้งานภายนอกที่เข้ามาอ่าน อีกทั้งสามารถกลับมาแก้ไขได้สะดวก

4.1.2 Feedback Control และ Fuzzy logic

จากการศึกษาทำให้เข้าหลักการทำงาน และหลักการคิดในการสร้างระบบแบบ Feedback Control และการทำงานของระบบ Fuzzy จนกระทั่งสามารถนำทั้ง 2 องค์ความรู้นี้มาประยุกต์ ผนวกเข้าด้วยกันจนนำไปสู่การออกแบบและเขียนโปรแกรมให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ

4.2 ผลจากการดำเนินงาน

ทำให้ได้เข้าใจหลักการออกแบบโครงสร้าง ระบบไฟฟ้า และระบบของไหล นำมาผสมผสานเข้าด้วยกันจนเกินเป็นชิ้นงานและผลลัพธ์ที่ได้นั้นทำงานได้อย่างน่าพึงพอใจ ด้วยงบทางการเงินที่ประหยัด ใช้ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเพิ่มเติมนำมาประยุกต์กับสิ่งต่าง ๆ ให้ได้สิ่งที่ราคาถูก แต่สุดท้ายสามารถทำงานได้เทียบเท่ากับชิ้นงานที่มาราคาได้



(a) (b)

รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานจริง (a) กับ ชิ้นงานจากการออกแบบ (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทำงานของชิ้นงานคือเครื่องควบคุมระดับน้ำนั้นสามารถทำงานได้โดยควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ต่อเข้ากับเครื่อง PLC และป้อนคำสั่งผ่านโปรแกรม TIA Portal โดยมีระดับที่สามารถเลือกให้เครื่องทำการปั๊มน้ำเข้าได้ตามระดับของน้ำที่เราต้องการ โดยอาศัยหลักการของ Fuzzy logic นำไปควบคุมการเปิดปิดของรีเลย์ เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงานเพื่อปั๊มน้ำเข้า

ได้รับความรู้จากการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมในการออกแบบวงจรและโปรแกรม เพื่อใช้สำหรับเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา ออกแบบหรือประยุกต์สำหรับการประกอบอาชีพ เช่น การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อเกิดเหตุไม่คิดโดยการใช้สิ่งของมาแทนที่หรือการเปลี่ยนระบบใหม่ให้เหมาะกับสภาพหน้างาน เป็นต้น

ปัญหาที่พบนั้นมีปัญหาที่เกิดในระบบท่อน้ำ และวงจรไฟฟ้าเนื่องจากระบบต่าง ๆ ที่มาจากการดัดแปลงหรือประยุกต์จากเครื่องต้นแบบนั้นทำให้พบเจอปัญหาและอุปสรรคได้หลายอย่าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ระบบท่อน้ำ

จากงานต้นแบบในระบบท่อนั้นใช้เป็นระบบเปิดที่เฉพาะบริเวณถังเก็บน้ำทำให้มีปัญหาน้อยเมื่อทำการใช้งาน แต่สำหรับชิ้นงานที่ทำขึ้นมาท่อวัดระดับน้ำเป็นท่อที่ตัดและปิดผนึกเองทำให้มีปัญหาการรั่วซึมที่หลาย ๆ จุดทำให้เป็นหนึ่งในปัญหาที่ใหญ่ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรสั่งทำหรือใช้ท่อใสสำเร็จรูปดีกว่า

การคำนวณแรงของมอเตอร์ก็เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เลือกใช้ขนาดท่อ ความยาวได้เหมาะสมเพื่อป้องกันการปั๊มน้ำขึ้นมามากเกินไป

5.2.2 วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้ามีปัญหาในการวางส่วนของวงจรคือพื้นที่ที่ใช้มีมากกว่าพื้นที่ที่มีเนื่องจากเริ่มจากจัดหาตู้ไฟก่อนการออกแบบวงจรทำให้มีเนื้อที่จำกัด ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรออกแบบวงจรก่อน จากนั้นค่อยจัดหาตู้ไฟ

สายไฟที่ใช้สำหรับวงจรแบ่งแรงดันใช้โฟโต้บอร์ดจึงใช้สายจั๊มเปอร์ที่มีขนาดเล็กและทนกระแสได้น้อยทำให้เมื่อทดสอบโครงงานไปจำนวนหลายครั้งสายไฟจะเริ่มไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การจัดทำชิ้นงาน

ภายนอกโครงที่พอปัญหามีระบบท่อที่ต่อลองทำให้ต้องเพิ่มโครงสร้าง และวงจรต้องจัดอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ภายในพื้นที่ที่จำกัดเนื่องจากหาตู้ไฟมาก่อนดังนั้นควรจะทำการออกแบบก่อนจึงจัดหา และควรจัดลำดับของการทำงานให้ดี เพื่อลดปัญหาที่อาจพบเจอได้

5.3 การปรับปรุงแก้ไข

5.3.1 ระบบท่อน้ำ

ด้านปัญหาการรั่วซึมตามจุดต่าง ๆ ของท่อแก้ด้วยการใช้เทป PVC สำหรับใช้งานที่มีความชื้นพันตามบริเวณข้อต่อก่อนทำการประกอบ และในกระบอกวัดระดับน้ำใช้การหุ้มด้วยเทป PVC ชั้นในสุดและตามด้วยการทากาวร้อนจากนั้นทับด้วยเทป PVC พร้อมกับเทปธรรมดาเพื่อปิด แต่วิธีนี้ผลที่ได้ออกมาคือยังคงมีการซึมของน้ำอยู่เพียงเล็กน้อย

จากการทดสอบในช่วงแรกนั้นมีหลายครั้งที่เกิดน้ำล้นออกมาจากตัวกระบอกจึงต้องลดปริมาณน้ำที่สูบได้นั้นมีหลายวิธีด้วยกันเช่น ลดแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์ เปลี่ยนขนาดท่อ เปลี่ยนแนวการวางท่อ หรือเพิ่มช่องหรี่น้ำ เป็นต้น และวิธีที่ทางกลุ่มเลือกใช้คือการเพิ่มช่องหรี่ลงบนตัวท่อก่อนออกมาสู่กระบอกวัดระดับ โดยต้องหรี่ในระดับที่เหมาะสมมิฉะนั้นถ้าหากหรี่มากเกินอาจทำให้เกิดความดันในท่อมาก ๆ และอาจทำให้ภายในท่อเกิดความเสียหาย หรือถึงขั้นสามารถเกิดการระเบิดออกได้

5.3.2 วงจรไฟฟ้า

การเกิดสายไหม้เนื่องจากวงจรนั้นมีกระแสระดับหนึ่งและสายไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถรับกระแสได้เพียงระดับหนึ่งทำให้ต้องใช้สายขนาดที่ใหญ่ขึ้น

การจัดวางพื้นที่ภายในตู้ไฟเนื่องจากทั้งจัดหาตู้และออกแบบโครงจัดทำไปแล้ว ทำให้ต้องมีการปรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีขนาดเล็กลงหรือใช้การแทนที่เพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอกับอุปกรณ์ที่ให้สามารถทำงานได้

5.3.3 การจัดทำชิ้นงาน

โครงที่ออกแบบมาไม่ได้มีส่วนสำหรับรับแรงของท่อที่ลำเรียงน้ำ จึงทำการเพิ่มส่วนของชิ้นงานและติดเข้ากับชิ้นงานหลักเพื่อเป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าสืบเนื่องมาจากการที่การวางแผนในลำดับขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- Riverplus. (20 กุมภาพันธ์ 2562). PLC คืออะไร และมีความสำคัญอย่างไรในยุคอุตสาหกรรม 4.0. สืบค้นจาก https://automation.riverplus.com/what-is-plc-2/.
- advance-electronic. (20 กุมภาพันธ์ 2562). PLC คือ อะไร. สืบค้นจาก http://www.advance-electronic.com/blog/detail/113/th/PLC-คือ-อะไร.html.
- มหาวิทยาลัยสุรนารี วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร. (20 กุมภาพันธ์ 2562). การควบคุมอัตโนมัติทาง วิวิศวกรรมเกษตรและอาหาร. สืบค้นจาก http://eng.sut.ac.th/ae/ae2016/src/file/SubjectDocument/file/AFP1_Intro_1479310369.pdf
- ดร.พยุง มีสัจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (20 กุมภาพันธ์ 2562). Fuzzy logic. สืบค้นจาก https://angsila.cs.buu.ac.th/~phong/Fuzzy/fuzzylogic.pdf.
- วิทยาลัยแลมป์-เทค. (5 มีนาคม 2562). วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า. สืบค้นจาก http://www.tatc.ac.th/files/110528099420636_11062312120245.pdf.
- ICE04. (5 มีนาคม 2562). วงจรแบ่งแรงดันและวงจรแบ่งกระแส. สืบค้นจาก http://ice04electric.blogspot.com/2018/04/blog-post_26.html.
- PSP Tech. (5 มีนาคม 2562). รีเลย์ (Relay) คืออะไร. สืบค้นจาก http://www.psptech.co.th/รีเลย์ Relayคืออะไร-15696.page.
- Big / Siam Paragon. (5 มีนาคม 2562). DAC, AMP, DAC/AMP มีความแตกต่างกันอย่างไร. สืบค้นจาก https://www.munkonggadget.com/ContentHome/content_2926.html.
- PSP Tech. (5 มีนาคม 2562). หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer). สืบค้นจาก http://www.psptech.co.thหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าtransformer-16777.page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- factomart. (10 มีนาคม 2562). Converter คืออะไร.
  สืบค้นจาก https://mall.factomart.com/what-is-converter/.

- Sumipol Agile Technology. (10 มีนาคม 2562). เครื่องกลึง CNC คืออะไร เหมาะกับการใช้งานแบบไหน. สืบค้นจาก https://www.sumipol.com/knowledge/what-is-cnc/.

- CHI. (10 มีนาคม 2562). ทำความรู้จักกับเครื่อง CNC เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติ คืออะไร.
  สืบค้นจาก https://www.chi.co.th/article/article-907/.

- Unknown. (17 มีนาคม 2562). MACH 3 ซอฟท์แวร์ควบคุมเครื่องจักร MINI CNC.
  สืบค้นจาก http://engineeringknowledgenew.blogspot.com/2012/10/mach-3-mini-cnc_19.html.

- Minicnc. (17 มีนาคม 2562). การใช้ Mach3 ขั้นพื้นฐาน.
  สืบค้นจาก https://panmaneecnc.blogspot.com/p/mach3.html?m=1.

- บริษัท เมโทรซิสเต็มส์คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน). (30 มีนาคม 2562). SOLIDWORKS จาก Metro Systems คือ คำตอบที่ใช่ของซอฟต์แวร์ออกแบบ.
  สืบค้นจาก https://www.mreport.co.th/products/control-IT-software/cad-cam-cae/047-Solidworks-Metro-Systems-ซอฟท์แวร์ออกแบบ.

- กลุ่มคำสั่งของโปรแกรม Step7 (Tia Portal). [ออนไลน์].
  สืบค้นจาก http://mechatronnic2day.blogspot.com/2013/09/9-step-7.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้