รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม
Instrument Plant Model

นายธนวัฒน์ แสนวรกิจ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม
Instrument Plant Model

นายธนวัฒน์ แสนวรกิจ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา (ภาษาไทย) แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนวัฒน์ แสนวรกิจ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณศรายุทธ อุ่นสอน

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท อินเตอร์ แปซิฟิค เปเปอร์

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้เป็นรายงานการสร้างแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นชุดทดลองให้กับพนักงานในโรงงานได้พัฒนาทักษะการทำงานและเรียนรู้ในเรื่องต่างๆ ได้แก่ 1) หลักการทำงานของอุปกรณ์วัด 2) การสอบเทียบเครื่องมือวัดและ 3) พื้นฐานด้านระบบควบคุมด้วยพีแอลซี แบบจำลองระบบการวัดที่จัดทำขึ้นเป็นระบบที่ควบคุมระดับน้ำในถังด้วยตัวควบคุมแบบ PID สั่งการผ่านจอ Touch Screen เริ่มต้นจากสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน น้ำในถังเก็บจะไหล ผ่านทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน วัดอัตราการไหล และ วาลว์ควบคุมไปยังถังที่ต้องการวัด ในถังมีการวัดอุณหภูมิของน้ำและระดับน้ำด้วยทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิและวัดระดับ ตัวควบคุม PLC จะควบคุมให้ Control Valve เปิดปิดเป็นเปอร์เซนต์เพื่อให้ระดับน้ำในถังวัดมีค่าตามที่ต้องการควบคุม

คำสำคัญ: พีแอลซี, ทรานส์มิตเตอร์, วาลว์ควบคุม

Research Title: Instrument Plant Model

Student Intern Name: Mr. Tanawat Seanvorakit

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

Advisor Name: Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

Mentor Name: Mr. Sarayut Unnsorn

Company: Inter pacific Paper Co. ltd

ABSTRACT

This cooperative educational report is making instrument plant model in which its purpose is to use as a demonstration model for new workers training to develop their skill work. Moreover, these subjects are learned such as 1) operation principle of measuring instruments, 2) instrument calibration and 3) basic of control system by PLC. Built instrument plant model is a water control system in tank using PID controller that receives the command from a touch screen. The plant model starts from pump "ON", the water flows from a reservation tank through pressure transmitter, flow transmitter and control valve to a measuring tank. In the measuring tank, there are temperature transmitter and level transmitter for measuring water temperature and water level. The PLC controller controls a control valve to open or close in percentage for retaining the water in tank to the desired level.

Keyword: PLC, transmitter, control valve

กรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท อินเตอร์ แปซิฟิค เปเปอร์ จำกัด ที่ได้เปิดให้โอกาสนักศึกษาเข้าไปปฏิบัติการสหกิจศึกษาที่บริษัท ขอขอบพระคุณ คุณศรายุทธ อุ่นสอน ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่คอยให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆและช่วยตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของรายงานสหกิจฉบับนี้สมบูรณ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธนวัฒน์ แสนวรกิจ

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย			I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ			II
กิตติกรรมประกาศ			III
สารบัญ			IV
สารบัญรูปภาพ			VII
สารบัญตาราง			XII
บทที่ 1	**บทนำ**		1
	1.1	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	1.2	วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
	1.3	ขอบเขตของโครงงาน	2
	1.4	วิธีการดำเนินงาน	2
	1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**หลักการและทฤษฎีของระบบการวัดในอุตสาหกรรม**		4
	2.1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพีแอลซี	4
		2.1.1 ความหมายของพีแอลซี	4
		2.1.2 โครงสร้างของพีแอลซี	4
		2.1.3 การติดตั้ง PLC	6
		2.1.4 การออกแบบตู้ควบคุมสำหรับ PLC	6
		2.1.5 ภาษาที่ใช้เขียนพีแอลซี	7
	2.2	ระบบควบคุมอัตโนมัติ	9
		2.2.1 ความหมายของระบบควบคุมอัตโนมัติ	9
		2.2.2 ประเภทของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ	9
		2.2.3 คุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ	10
		2.2.4 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติ	10
		2.2.5 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม	11
	2.3	เครื่องมือวัด	12

สารบัญ (ต่อ)

			หน้า
		2.3.1 ความหมายของเครื่องมือวัด	12
		2.3.2 องค์ประกอบของเครื่องมือวัด	12
		2.3.3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม	16
	2.4	โปรแกรม CX-Programmer	19
	2.5	โปรแกรม CX-Designer	20
บทที่ 3	**การออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซีและหน้าจอ Touch Screen**		22
	3.1	การออกแบบตู้ควบคุมและ Plant Model	22
		3.1.1 การออกแบบ Plant Model	22
		3.1.2 การเขียน Loop Diagram ของเครื่องมือวัด	25
		3.1.3 การออกแบบตู้ควบคุม แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม	29
		3.1.4 การเขียน Electrical Diagram ของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม	31
	3.2	การเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี	36
	3.3	การสร้างกราฟฟิคและตั้งค่าการเชื่อมต่อกับโปรแกรม CX-Designer	47
	3.4	การสร้างและติดตั้ง Plant Model	62
บทที่ 4	**ผลการดำเนินงาน**		65
	4.1	Plant Model	65
	4.2	ตู้ควบคุม	68
	4.3	หน้าจอ Touch Screen	70
		4.3.1 การทดสอบควบคุมระดับน้ำภายในถังวัด	71
		4.3.2 การทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Magnetic Flow Transmitter	77
		4.3.3 การทดสอบการทำงานของ RTD ชนิด PT100	83
		4.3.4 การแก้ไขโปรแกรมควบคุม PLC ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนระบบควบคุมระดับน้ำในถังวัดเป็นระบบควบคุมแบบอื่นๆ	87

สารบัญ (ต่อ)

			หน้า
บทที่ 5	**สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ**		90
	5.1	สรุปผล	90
	5.2	ปัญหาและแนวทางแก้ไข	90
	5.3	ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารอ้างอิง			91
ประวัติผู้เขียน			92

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพีแอลซี 5
รูปที่ 2.2 ภาษา Ladder Diagram 7
รูปที่ 2.3 ภาษา Function Block Diagram 8
รูปที่ 2.4 ภาษา Instruction List 8
รูปที่ 2.5 ภาษา Structure Text 8
รูปที่ 2.6 ภาษา Sequential Flow Chart 9
รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบเปิด 9
รูปที่ 2.8 ระบบควบคุมแบบปิด 10
รูปที่ 2.9 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ 11
รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องมือวัด 12
รูปที่ 2.11 องค์ประกอบภายในของ Signal Transmitter 12
รูปที่ 2.12 การต่อวงจร 2-Wire Signal Transmitter 13
รูปที่ 2.13 การต่อวงจร 4-Wire Signal Transmitter แบบกระแส 14
รูปที่ 2.14 การต่อวงจร 4-Wire Signal Transmitter แบบแรงดัน 14
รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัดและกระแสไฟฟ้า 15
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระห่างค่าวัดและแรงดันไฟฟ้า 15
รูปที่ 2.17 Magnetic Flow Transmitter 16
รูปที่ 2.18 RTD PT100 17
รูปที่ 2.19 ลักษณะการต่อ Differential Pressure Transmitter 18
รูปที่ 2.20 Differential Pressure Transmitter 18
รูปที่ 2.21 Pressure Transmitter ชนิดไดอะเฟรม 19
รูปที่ 2.22 CX-Programmer 19
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการเขียน CX-Programmer 20
รูปที่ 2.24 CX-Designer 20
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม CX-Designer 21
รูปที่ 3.1 Plant Model Drawing 24

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.2 Level Transmitter and Control Valve Loop Diagram 25
รูปที่ 3.3 Pressure Transmitter Loop Diagram 26
รูปที่ 3.4 Flow Transmitter Loop Diagram 27
รูปที่ 3.5 Resistance Temperature Detector Loop Diagram 28
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ภายในและภายนอกของตู้ Control 30
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 220 VAC 32
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 24 VDC 33
รูปที่ 3.9 Relay Diagram 34
รูปที่ 3.10 การต่อ Input ของ PLC แบบ Sink Input 34
รูปที่ 3.11 การต่อ Output ของ PLC แบบ Source Output 35
รูปที่ 3.12 PLC Input / Output 36
รูปที่ 3.13 การสร้าง Project CX-Programmer ใหม่ 36
รูปที่ 3.14 ตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่าง PLC และ CX-Programmer 37
รูปที่ 3.15 การตั้งค่า Analog Input และ Output 37
รูปที่ 3.16 ภาพรวมของระบบการควบคุมระดับน้ำและการแสดงผลบนหน้าจอ Touch Screen 38
รูปที่ 3.17 Ladder Diagram Start Stop Motor 39
รูปที่ 3.18 Ladder Diagram 40
รูปที่ 3.19 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Manual 41
รูปที่ 3.20 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (1) 42
รูปที่ 3.21 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (2) 43
รูปที่ 3.22 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (3) 43
รูปที่ 3.23 Ladder Diagram ทำสเกลลิ้งเพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟ SV MV PV (1) 45
รูปที่ 3.24 Ladder Diagram ทำสเกลลิ้งเพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟ SV MV PV (2) 45
รูปที่ 3.25 Ladder Diagram การกำหนดค่าแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำสูงกว่าค่าที่กำหนด 46
รูปที่ 3.26 Ladder Diagram การกำหนดค่าแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าค่าที่กำหนด 46
รูปที่ 3.27 การสร้าง New Project CX-Designer 47
รูปที่ 3.28 การตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างจอ Touch Screen และ CX-Designer 47

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.29 การตั้งค่า Background 48
รูปที่ 3.30 การเพิ่มหน้าจอแสดงผล 49
รูปที่ 3.31 การสร้างกล่องข้อความ (1) 49
รูปที่ 3.32 การสร้างกล่องข้อความ (2) 50
รูปที่ 3.33 การสร้างกล่องข้อความ (3) 50
รูปที่ 3.34 การสร้างหลอดไฟแจ้งเตือนสถานะ (1) 51
รูปที่ 3.35 การสร้างหลอดไฟแจ้งเตือนสถานะ (2) 51
รูปที่ 3.36 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (1) 52
รูปที่ 3.37 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (2) 52
รูปที่ 3.38 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (3) 53
รูปที่ 3.39 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (1) 53
รูปที่ 3.40 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (2) 54
รูปที่ 3.41 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (3) 55
รูปที่ 3.42 การสร้าง Data Log Graph (1) 55
รูปที่ 3.43 การสร้าง Data Log Graph (2) 56
รูปที่ 3.44 การสร้าง Data Log Graph (3) 56
รูปที่ 3.45 การสร้าง Data Log Graph (4) 57
รูปที่ 3.46 การสร้าง On/Off Button (1) 57
รูปที่ 3.47 การสร้าง On/Off Button (2) 58
รูปที่ 3.48 หน้าจอ Home ของส่วนแสดงผล 59
รูปที่ 3.49 หน้าจอ Plant ของส่วนแสดงผล 59
รูปที่ 3.50 หน้าจอ PID Control ของส่วนแสดงผล 60
รูปที่ 3.51 หน้าจอ Graph แสดงค่า SV, PV และ MV ของส่วนแสดงผล 61
รูปที่ 3.52 หน้าจอ Setting ของส่วนแสดงผล 61
รูปที่ 3.53 การเข้าสาย Pressure Transmitter 62
รูปที่ 3.54 การเข้าสาย Positioner Valve 62
รูปที่ 3.55 การติดตั้ง Relay ในตู้ควบคุม 63

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.56 การต่อสายเข้า Pilot Lamp 63
รูปที่ 3.57 การต่อสายเข้า Magnetic Contactor 64
รูปที่ 4.1 Instrument Plant Model 65
รูปที่ 4.2 Plant Model 66
รูปที่ 4.3 P&ID ของ Level Control 67
รูปที่ 4.4 การควบคุมระดับน้ำแบบป้อนกลับ 68
รูปที่ 4.5 บริเวณภายนอกของตู้ควบคุม 69
รูปที่ 4.6 บริเวณภายในของตู้ควบคุม 70
รูปที่ 4.7 เริ่มต้นการใช้งาน Touch Screen 71
รูปที่ 4.8 ตั้งค่าการแจ้งเตือนระดับน้ำ 71
รูปที่ 4.9 ปั๊มน้ำเริ่มทำงานเมื่อกดที่ปุ่ม Start 72
รูปที่ 4.10 การกำหนดค่า SV ที่ 50%, P ที่ 5%, I ที่ 5s. และD ที่ 0s. 72
รูปที่ 4.11 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อระบบเริ่มทำการควบคุมระดับน้ำ 73
รูปที่ 4.12 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อระดับน้ำมีค่ามากกว่า Set point 73
รูปที่ 4.13 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อระบบใกล้เข้าสู่สมดุล 74
รูปที่ 4.14 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล 74
รูปที่ 4.15 ค่าที่เกิดขึ้นในระบบเมื่อระดับน้ำได้ตามที่ต้องการ 75
รูปที่ 4.16 การควบคุม Control Valve แบบ Manual 76
รูปที่ 4.17 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อทำการควบคุมแบบ Manual 76
รูปที่ 4.18 ทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Flow Transmitter 77
รูปที่ 4.19 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 25% 77
รูปที่ 4.20 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 25% 78
รูปที่ 4.21 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 50% 78
รูปที่ 4.22 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 50% 79
รูปที่ 4.23 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 75% 79
รูปที่ 4.24 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 75% 80
รูปที่ 4.25 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve เป็น 100% 80

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.26 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 100% 81
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเปอร์เซนต์ของ Control Valve 82
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและเปอร์เซนต์ของ Control Valve 82
รูปที่ 4.29 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 80°C 83
รูปที่ 4.30 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 70°C 84
รูปที่ 4.31 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 60°C 84
รูปที่ 4.32 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 50°C 85
รูปที่ 4.33 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 40°C 85
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความแตกต่างระหว่าง Thermometer และ RTD 86
รูปที่ 4.35 การเปลี่ยนระบบจาก Level Control ให้เป็น Temperature Control 87
รูปที่ 4.36 P&ID ของ Temperature Control 88
รูปที่ 4.37 P&ID ของ Flow Control 88
รูปที่ 4.38 P&ID ของ Pressure Control 89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 Specification ของ Control Valve 22
ตารางที่ 2.2 Specification ของ Positioner Valve 23
ตารางที่ 2.3 Specification ของ Pump 23
ตารางที่ 2.4 Specification ของ D/P Transmitter 23
ตารางที่ 2.5 Specification ของ Pressure Transmitter 23
ตารางที่ 2.6 Specification ของ Magnetic Flow Transmitter 23
ตารางที่ 2.7 Specification ของ RTD (PT100) 24
ตารางที่ 2.8 Specification ของ PLC 24
ตารางที่ 2.9 อุปกรณ์ภายในของตู้ควบคุม 30
ตารางที่ 4.1 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อ Control Valve เปิดมากขึ้น 81
ตารางที่ 4.2 ค่าความแตกต่างระหว่าง Thermometer และ RTD ชนิด 2 สาย 86

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก จะใช้ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม (Industrial Automation System) ในการควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้สามารถทำงานแทนมนุษย์บางส่วนหรือทั้งหมด ให้มีความผิดพลาดในการผลิตน้อยลง เวลาการผลิตเร็วขึ้น ลดการใช้แรงงาน และความสิ้นเปลืองของพลังงานลง

บริษัท อินเตอร์ แปซิฟิก เปเปอร์ จำกัด เป็นบริษัทต้นน้ำในการผลิตกระดาษคราฟท์ จากเยื่อรีไซเคิลโดยเทคโนโลยีสมัยใหม่ของเครื่อง Mitsubishi Beloit ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลโดยมาตรฐาน QCS และ DCS และมีโรงงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ถึง 89% ช่วยลดการปล่อย Sulfur Oxide และ Nitrogen Oxide สู่ชั้นบรรยากาศพร้อมทั้งติดตั้งระบบดักฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิตย์ ที่สามารถดักฝุ่นได้ถึง 99.9% และได้นำน้ำที่บำบัดจากขั้นตอนการพิมพ์ กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต 100%

สำหรับโครงงานสหกิจศึกษาที่ได้รับมอบหมายคือ แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม เป็นการจำลองระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม โดยนำอุปกรณ์การวัดพื้นฐานในโรงงานมาประกอบเป็น Plant ขนาดย่อ เพื่อใช้ในการฝึกสอนพนักงานใหม่ในเรื่องของการสอบเทียบอุปกรณ์การวัดชนิดต่างๆ หลักการของระบบควบคุมแบบ PID และหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดต่างๆ เนื่องจากทางบริษัทพบว่าพนักงานใหม่ที่เข้ามาทำงาน ขาดความรู้ความสามารถทางด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดและพื้นฐานด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ

แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม จะมีส่วนช่วยทำให้สามารถเข้าใจระบบการวัดโดยรวมในระบบอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากมีขนาดเล็กทำให้สามารถมองภาพรวมของระบบได้ และยังสามารถนำอุปกรณ์การวัดมาทดสอบความพร้อมก่อนที่จะนำไปติดตั้งที่หน้างานจริง

เนื่องด้วยเหตุผลนี้ทางบริษัท อินเตอร์ แปซิฟิค เปเปอร์ จำกัด จึงได้มอบหมายโครงงานชิ้นนี้ให้นักศึกษาออกแบบ Plant Model และเขียนโปรแกรมควบคุมขึ้นมา โดยกำหนดขอบเขตการทำโครงงานให้ใช้ตัวควบคุมพีแอลซีของ OMRON เขียนโปรแกรมควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้การควบคุมแบบ PID ควบคุมให้ Control Valve เปิดปิดเป็นเปอร์เซนต์ เพื่อให้ระดับน้ำในถังมีค่าตามที่ต้องการ ใช้จอ Touch Screen ในการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆเพื่อควบคุมการทำงานของระบบและแสดงค่าที่วัดมาจากอุปกรณ์การวัดที่ติดตั้งอยู่ในระบบ โดยใช้โปรแกรม CX-Programmer เขียนโปรแกรมควบคุมและใช้โปรแกรม CX-Designer ในการออกแบบและเขียนคำสั่งการใช้งานจอ Touch Screen

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 สร้างแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นชุดฝึกสอนให้แก่ พนักงานของบริษัทได้เรียนรู้หลักการทำงานของเครื่องมือวัด, ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติและการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.2.2 เพื่อให้พนักงานใช้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดและทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและหลักการทำงานของ PLC OMRON CP1H-X40DR-A

1.3.2 ศึกษาหลักการทำงาน, ข้อจำกัดต่างๆในการใช้งานและการติดตั้งของเครื่องมือวัด

1.3.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม PLC OMRON CX-Programmer และ CX-Designer

1.3.4 จัดทำคู่มือการใช้งาน Instrument Plant Model

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาการใช้งาน PLC OMRON CP1H-X40DR-A

1.4.2 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม CX-Programmer เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม PLC

1.4.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม CX-Designer เพื่อใช้ในการเขียนกราฟฟิคที่ใช้แสดงผลผ่านหน้าจอ Touch Screen

1.4.4 ออกแบบ, ติดตั้งระบบควบคุมและตู้ควบคุม

1.4.5 ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้

1.4.6 เขียนโปรแกรมควบคุม PLC และสร้างกราฟฟิคที่แสดงผลผ่านจอ Touch Screen

1.4.7 ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบ

1.4.8 จัดทำคู่มือการใช้งาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	สัปดาห์																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. ศึกษาการใช้งาน PLC OMRON																		
2. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม CX-Programmer																		
3. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม CX-Designer																		
4. เขียนโปรแกรมควบคุม PLC และจอ Touch Screen																		
5. ศึกษาหลักการทำงานและข้อจำกัดของเครื่องมือ																		
6. ประกอบและติดตั้ง																		
7. ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของระบบ																		
8. จัดทำคู่มือการใช้งาน																		

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 พนักงานของบริษัทได้รับความรู้จากการศึกษาและทดลองใช้งาน Instrument Plant Model

- สามารถทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดได้
- มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติและสามารถนำไปใช้ได้ในการทำงานจริง
- ลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุในขณะการทำงาน

1.5.2 พนักงานของบริษัทสามารถนำเครื่อวมือวัดมาทดสอบการทำงานก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

1.5.3 ได้รับความรู้จากการศึกษาในเรื่องของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

1.5.4 สามารถนำความรู้จากการศึกษาและเขียนโปรแกรมพีแอลซีไปใช่ต่อยอดได้ในอนาคต

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีของระบบการวัดในอุตสาหกรรม

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการวัดในอุตสาหกรรม โดยจะเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของ PLC, องค์ประกอบของเครื่องมือวัด และเครื่องมือวัด ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการวัดในอุตสาหกรรมมากขึ้น

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพีแอลซี [1]

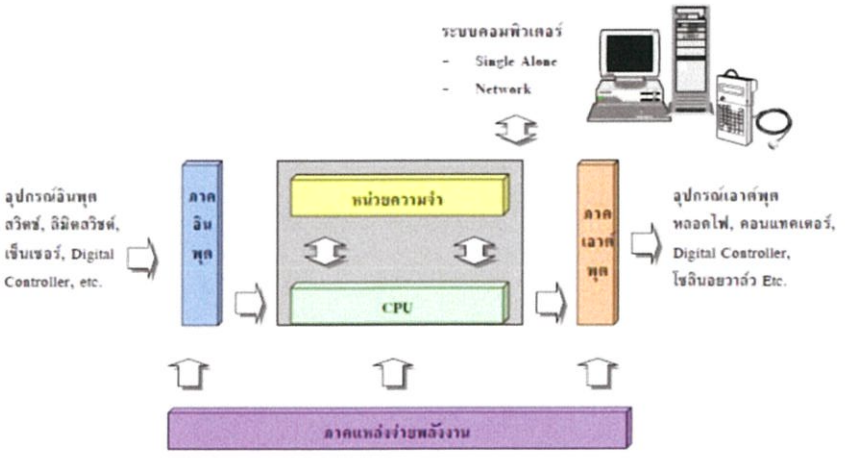
2.1.1 ความหมายของพีแอลซี

พีแอลซี (PLC) ย่อมาจาก Programmable Logic Controller หมายถึงตัวควบคุมที่สามารถเขียนโปรแกรมต่างๆเข้าไป เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าได้ พีแอลซีจะประกอบด้วยอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สวิทช์หรือเซนเซอร์จะต่อเข้ากับส่วนอินพุตของพีแอลซี ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรจะต่อเข้าที่ด้านเอาต์พุตของพีแอลซี

2.1.2 โครงสร้างของพีแอลซี

โครงสร้างภายในของพีแอลซีแต่ละส่วนจะร่วมกันทำงานเป็นระบบควบคุม โดยจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนดังนี้

1. ซีพียู (CPU; Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory Unit)
3. ภาคอินพุต (Input Unit)
4. ภาคเอาท์พุต (Output Unit)
5. ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของพีแอลซี

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU; Central Processing Unit)

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การเรียงลำดับ เป็นต้น การประมวลผลจะถูกส่งออกไปยังส่วนต่างๆตามคำสั่งที่ระบุไว้ โดยความเร็วในการประมวลผลขึ้นอยู่กับขนาดของซีพียู และขนาดของโปรแกรม ซีพียูแต่ละตัวก็จะมีสเปคที่ต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้ PLC แต่ละรุ่นมีความเร็วในการประมวลผลที่แตกต่างกัน

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำคืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆของ PLC เมื่อ PLC ทำงานจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวล หน่วยความจำที่ใช้งานอยู่ใน PLC มีด้วยกัน 2 แบบคือ

2.1) หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory)

ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ทำงานจากการสั่ง RUN/STOP PLC โปรแกรมและข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้ก็ถูกเก็บในส่วนนี้ด้วย คุณสมบัติของ RAM เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้นภายใน PLC จึงมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เพื่อใช้สำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับ PLC

2.2) หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory)

เป็นส่วนที่ใช้สำรองโปรแกรมและข้อมูล (Backup Program and Data) เพื่อใช้ในกรณีที่โปรแกรมและข้อมูลใน RAM หายไป ROM ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล มีข้อเสียคือเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ที่ช้ากว่า RAM ดังนั้น PLC จึงมีหน่วยความจำใช้งานทั้ง RAM และ ROM ร่วมกันอยู่

3. ภาคอินพุต (Input Unit)

ภาคอินพุตของ PLC ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วส่งให้หน่วยประมวลผล

4. ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

ภาคเอาต์พุตของ PLC ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรตามเงื่อนไขที่ถูกเขียนโปรแกรมไว้ใน PLC

5. ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายใน PLC และจ่ายพลังงานเลี้ยงวงจรที่จะนำมาต่อกับ PLC ทั้งภาคอินพุตและเอาต์พุตด้วย ซึ่งแหล่งจ่ายพลังงานของ PLC จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับอุปกรณ์และวงจรภายในแต่ละโมดูลต่างๆ ของ PLC อีกชุดหนึ่งเป็นตัวจ่ายพลังงาน 24 VDC (Service Unit 24 VDC) สำหรับการต่อวงจรภาคอินพุตหรือเอาต์พุต

2.1.3 การติดตั้ง PLC

เนื่องจาก PLC ภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกมากมายทำให้การติดตั้ง PLC ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ข้อควรพิจาณาก่อนการติดตั้ง
   - พื้นที่ในการติดตั้ง PLC
   - เผื่อพื้นที่ภายในตู้ควบคุมไว้ขยาย อินพุต เอาท์พุต ในอนาคต
   - สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย
   - อุณหภูมิที่เกิดจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อื่นๆที่อาจมีผลต่อการทำงาน
   - วิธีการป้องกันเมื่อจำเป็นต้องติดตั้งในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม
2. สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่เหมาะกับการติดตั้ง PLC
   - มีแสงแดดส่องโดยตรง
   - มีฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิต
   - มีความชื้นสูง
   - มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนหรือไวไฟสูง
   - ติดตั้งในสถานที่ที่มีการสั่นสะเทือน

2.1.4 การออกแบบตู้ควบคุมสำหรับ PLC

การออกแบบตู้ควบคุมสำหรับ PLC ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆดังนี้

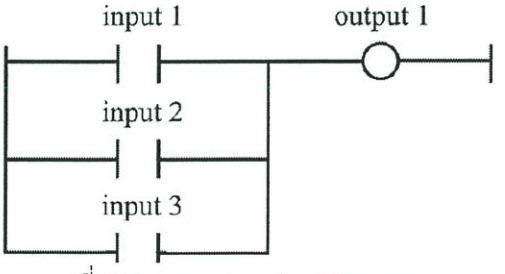
1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์การกัดกร่อน
2. ตู้ควบคุมต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน
5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่
7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดานหรืออยู่กับพื้น
8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60° C ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน
9. ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น คือ สายดินควรมีขนาด 2 ตารางมิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า และค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม

2.1.5 ภาษาที่ใช้เขียนพีแอลซี

พีแอลซีแต่ละยี่ห้อจะใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆออกเป็น 5 แบบคือ

1. LD (Ladder Diagram)

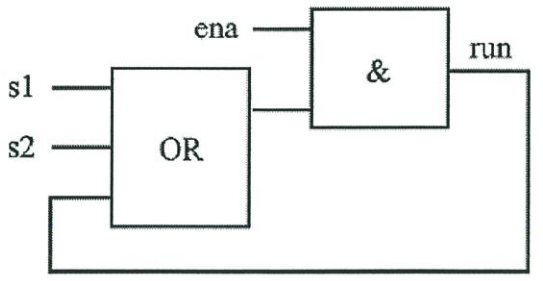
มีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า โดยแลดเดอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วยรางทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส ซึ่งจะเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต



รูปที่ 2.2 ภาษา Ladder Diagram

2. FBD (Function Block Diagram)

เป็นภาษาที่เขียนในรูปแบบกราฟิกเช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายโดยมีพื้นฐานมาจากหลักการของลอจิกไดอะแกรม (Logic Diagram)



รูปที่ 2.3 ภาษา Function Block Diagram

3. IL (Instruction List)

เป็นภาษาที่เขียนในรูปข้อความจะมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสแซมบลี้ (Assembly)

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

รูปที่ 2.4 ภาษา Instruction List

4. ST (Structure Text)

เป็นภาษาระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษาปาสคัล (Pascal) ซึ่งประกอบด้วยนิพจน์ และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น IF, ELSEIF และคำสั่งเกี่ยวข้องกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR, WHILE เป็นต้น

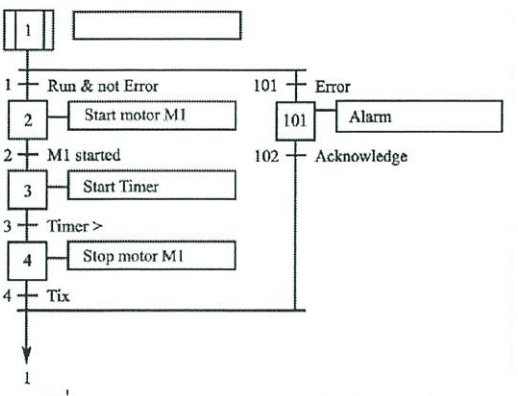
```
D := B*B  - 4*A*C ;
IF D  < 0.0 THEN Nroots := 0 ;
ELSIF D = 0.0 THEN
        Nroots:=1 ;
        X1  :=  -B/(2.0*A) ;
ELSE Nroots := 2;
        X1 := (-B+sqrt(D))/(2.0*A) ;
        X2 := (-B-sqrt(D))/(2.0*A) ;
END_IF
```

รูปที่ 2.5 ภาษา Structure Text

5. SFC (Sequential Flow Chart)

เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานแบบเป็นลำดับหรือซีเควนซ์ ซึ่งจะประกอบด้วย Step (การปฏิบัติการย่อย) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่งย่อย)

นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Liner, Alternative และ Parallel Step Sequence ได้ด้วย



รูปที่ 2.6 ภาษา Sequential Flow Chart

2.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ [2]

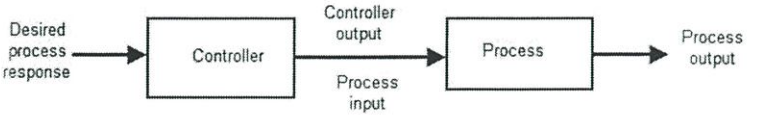
2.2.1 ความหมายของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติ คือระบบการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเองโดยอัตโนมัติเมื่อให้สัญญาณเริ่มต้นการทำงาน ซึ่งจุดประสงค์โดยทั่วไปของการควบคุมอัตโนมัติก็คือเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิต เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนในการผลิตที่มาจากการจ้างพนักงาน

2.2.2 ประเภทของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ

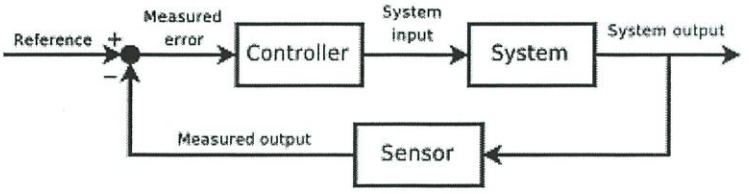
ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ระบบควบคุมแบบเปิดคือระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่สั่งงานไปยังเครื่องควบคุมอย่างเดียว ไม่มีการอ่านค่าที่เกิดขึ้นในระบบ ระบบควบคุมแบบเปิดเป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในระบบที่ไม่ยุ่งยาก ค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่มีผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบคือ จะไม่มีการนำเอาต์พุตที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ



รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบเปิด

2. ระบบควบคุมแบบปิดหรือแบบป้อนกลับคือ ระบบควบคุมที่มีการควบคุมในลักษณะที่มีการสั่งงานไปยังเครื่องควบคุมแล้วมีการอ่านค่าผลลัพธ์ของระบบป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบและสั่งงานควบคุมไปใหม่เพื่อให้ผลลัพธ์ของระบบเป็นตามเป้าหมายที่ต้องการ



รูปที่ 2.8 ระบบควบคุมแบบปิด

2.2.3 คุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติ

การเปรียบเทียบคุณภาพของระบบควบคุมอัตโนมัติที่เหมือนกัน 2 ระบบว่าระบบไหนดีกว่ากัน ต้องดูที่การตอบสนองของแต่ละระบบแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน โดยดูจากองค์ประกอบดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Acuracy)
2. ความรวดเร็ว (Speed)
3. ความเสถียร (Stability)

ระบบควบคุมที่ขาดความเที่ยงตรงย่อมนำไปใช้งานไม่ได้ ความเร็วในการตอบสนองก็เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ขาดไม่ได้เช่นกัน เนื่องจากระบบที่มีการตอบสนองที่เที่ยงตรงไม่มีความคลาดเคลื่อนเลยแต่ใช้เวลานานมาก ก็ย่อมเป็นระบบควบคุมที่นำไปใช้งานไม่ได้ ความเสถียรของการตอบสนองของระบบควบคุมอัตโนมัติก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะบอกถึงประสิทธิภาพของระบบควบคุมนั้นๆ ในระบบควบคุมอัตโนมัติต้องคำนึงถึงทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ระบบควบคุมต้องเที่ยงตรงที่สุด รวดเร็วที่สุด และเสถียรที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้ยาก

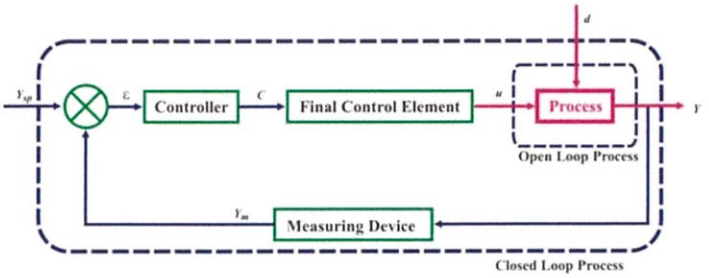
2.2.4 ส่วนประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วยระบบย่อยหรือส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนควบคุม (Control) ทำหน้าที่แปลสัญญาณจาก Input ให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมและมีกำลังพอเพื่อไปบังคับให้ส่วนที่เป็นต้นกำลังทำงานเพื่อให้ระบบควบคุมทั้งระบบทำงาน โดยทั่วไปส่วนที่เป็นตัวควบคุมประกอบ ด้วยตัวรับสัญญาณ ตัววัดระดับสัญญาณ ตัวขยายสัญญาณและตัวควบคุม
2. ส่วนที่เป็นต้นกำลัง (Plant) ได้แก่ส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติที่ได้รับสัญญาณจากส่วนที่เป็นตัวควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

2.2.5 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต

ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรมการผลิต จะนิยมใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับเนื่องจากมีเสถียรภาพ ความเที่ยงตรง และความรวดเร็วที่สูง โดยทั่วไปจะมีบล็อคไดอะแกรมของทฤษฎีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ดังนี้



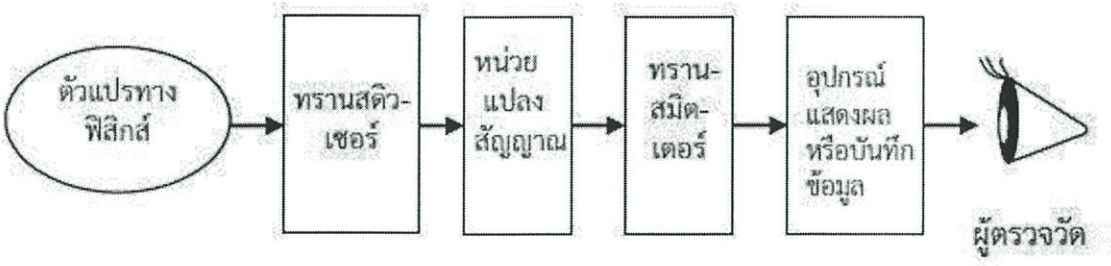
รูปที่ 2.9 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

สามารถแยกแยะองค์ประกอบของระบบควบคุมอัตโนมัติตามระบบเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรมได้มี 5 องค์ประกอบคือ

1. ตัวควบคุม (Controller) หมายถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณที่ต้องการควบคุมให้ได้ผลตอบสนองตามต้องการเช่นตัวควบคุมอาจเป็นแบบ On/Off หรือ PID
2. สัญญาณมาตรฐาน (Standard Signal) ในการที่ต้องการเชื่อมอุปกรณ์ในระบบควบคุมอัตโนมัติให้ทำงานได้ตามความต้องการนั้นจำเป็นต้องมีมาตรฐานรองรับ ซึ่งวิวัฒนาการตั้งแต่เริ่มมีระบบควบคุมอัตโนมัติมานั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงระบบตัวอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตั้งแต่การใช้สัญญาณลม ไฟฟ้า และปัจจุบันมีการใช้สัญญาณดิจิตอล
3. อุปกรณ์ปรับ (Final Control Element) เป็นอุปกรณ์ที่จะต้องทำหน้าที่ปรับสภาวะของกระบวนการด้วยการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัญญาณควบคุม (Manipulated Variable) ของกฎการควบคุม อุปกรณ์พวกนี้ ได้แก่ Inverter, Actuator และ วาล์วควบคุม (Control Value) เป็นต้น
4. กระบวนการ (Process) หมายถึงกระบวนการทางฟิสิกส์ที่เราต้องการควบคุมให้มีสภาวะตามต้องการขณะที่สภาวะการทำงานหรือสภาพแวดล้อมอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ได้แก่ อัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ ระดับน้ำ เป็นต้น
5. อุปกรณ์ตรวจวัด (Measuring Instruments) หมายถึงอุปกรณ์ได้แก่ Sensor, Transducer หรืออุปกรณ์แปลงสัญญาณที่มีเอาต์พุตเป็นสัญญาณมาตรฐาน

2.3 เครื่องมือวัด

คืออุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่กำหนดกับตัวแปรทางฟิสิกส์และแปลผลความสัมพันธ์ดังกล่าวให้มนุษย์สามารถเข้าใจความหมายได้ โดยทั่วไปการทำงานของเครื่องมือวัดประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ดังนี้



รูปที่ 2.10 การทำงานของเครื่องมือวัด

1. ตัวแปรทางฟิสิกส์ (Physical Variable)

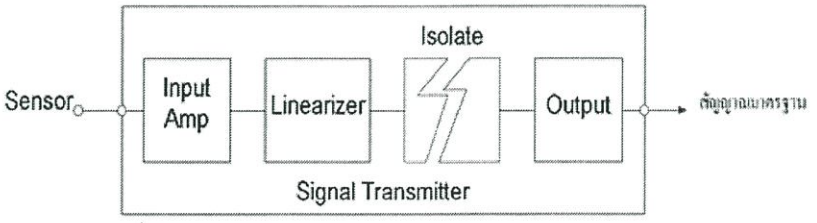
ค่าที่ต้องการวัดโดยเรียกค่าที่ถูกวัดว่า "ปริมาณทางฟิสิกส์" ตัวอย่างตัวแปรทางฟิสิกส์ ได้แก่ อุณหภูมิ แสง เสียง ความดัน อัตราการไหล เป็นต้น

2. ทรานส์ดิวเซอร์ (Transducer)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง โดยส่วนใหญ่แล้วทรานส์ดิวเซอร์จะแปลงพลังงานที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ความดัน ความร้อน แสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า หากกล่าวถึงอุปกรณ์ทรานส์ดิวเซอร์แล้วมักจะครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์ที่เป็นเซนเซอร์ด้วย อาจจะกล่าวได้ว่า "ทรานส์ดิวเซอร์ก็คือเซนเซอร์ แต่เซนเซอร์ไม่ใช่ทรานส์ดิวเซอร์"

3. Signal Transmitter [3]

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณวัด Sensor แบบต่างๆมาเป็นสัญญาณมาตรฐาน ชนิดของ Transmitter มีหลายชนิด และเรียกตามชื่อของ Sensor ที่ Transmitter ใช้โดยมีองค์ประกอบดังนี้



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบภายในของ Signal Transmitter

1) Input Amplifier เป็นส่วนที่ขยายสัญญาณจาก Sensor ซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าค่าต่ำๆให้มีระดับสัญญาณแรงขึ้น

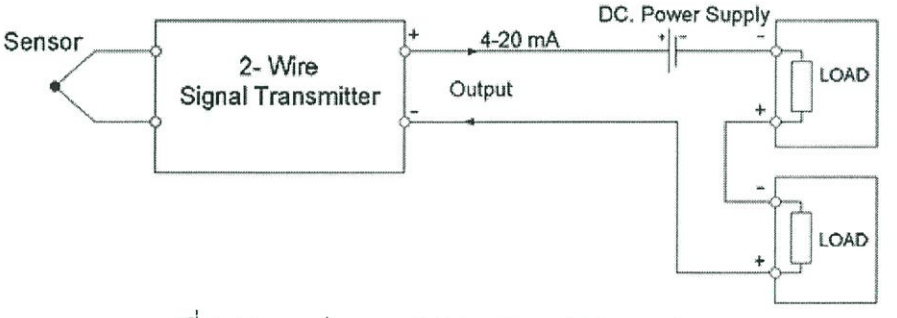
2) Linearizer เนื่องจากคุณสมบัติของ Sensor แต่ละชนิดมีความไม่เชิงเส้น (Nonlinear) กับค่าที่วัด เช่น Thermocouple จะมีความไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ ดังนั้นถ้าต้องการให้ค่าวัด Output ถูกต้องจึงต้องมีส่วน Linearizer ทำหน้าที่แก้ไข Nonlinear ของ Sensor แต่ละชนิด

3) Isolate ทำหน้าที่แยกสัญญาณไฟฟ้าระหว่างด้าน Input และ Output โดย Isolate มีหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวนจาก Sensor ไม่ให้ออกไปทาง Output และป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงทางด้าน Output

4) Output ส่วนที่แปลงสัญญาณจาก Isolate เป็นสัญญาณมาตรฐาน โดยทั่วไป Signal Transmitter มีอยู่ 2 ชนิด ตามจำนวนสายที่ต่อกับ Signal Transmitter ดังนี้

- 2-Wire Signal Transmitter

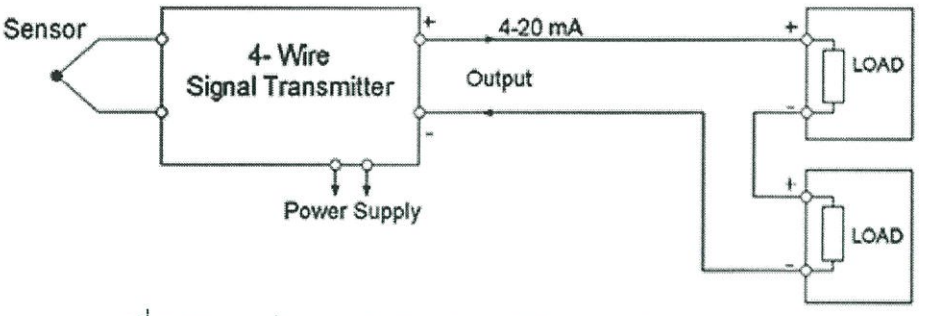
Signal Transmitter แบบนี้ใช้สายเพียง 2 เส้น ซึ่งสายนี้เป็นสัญญาณ Output ของ Transmitter และเป็นสายของ Power Supply สำหรับจ่ายเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายใน Signal Transmitter ส่วน Output ของ Signal Transmitter แบบนี้เป็นสัญญาณ 4 - 20 mA เท่านั้น ข้อดีของ Transmitter แบบนี้คือประหยัดสายในการติดตั้ง



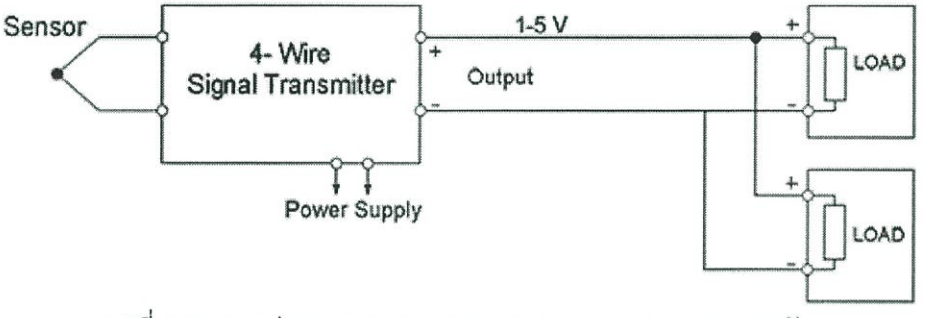
รูปที่ 2.12 การต่อวงจร 2-Wire Signal Transmitter

- 4-Wire Signal Transmitter

Signal Transmitter แบบนี้ ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น และสาย Power Supply อีก 2 เส้นแยก กัน สัญญาณ Output ของ 4-Wire Signal Transmitter มีทั้งที่เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน และสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน



รูปที่ 2.13 การต่อวงจร 4-Wire Signal Transmitter แบบกระแส



รูปที่ 2.14 การต่อวงจร 4-Wire Signal Transmitter แบบแรงดัน

4) ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) [4]

ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต ที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน ทรานสมิตเตอร์หรือตัวแปลงสัญญาณเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องมือวัด แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. สัญญาณนิวแมติกส์ (Pneumatics Signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของความดันลม ใช้ความดันของลมในการควบคุมกระบวนการ ตัวอย่างสัญญาณมาตรฐานชนิดนิวแมติกส์ ได้แก่ 3-15 psi

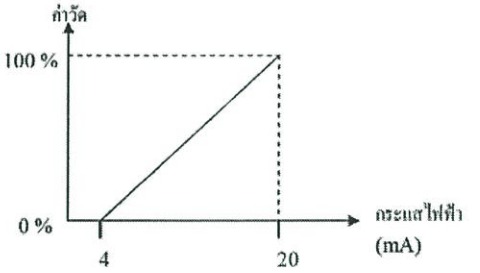
2. สัญญาณทางไฟฟ้า (Electrical Signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1) สัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน

เป็นการส่งสัญญาณในรูปของกระแสตรง (DC Current) มาตรฐานที่นิยมใช้คือ 4 - 20 mA หมายความว่า เมื่อค่าวัดเป็น 0% เท่ากับกระแส 4 mA และค่าวัดเป็น 100% เท่ากับกระแส 20 mA และค่าวัดซึ่งอยู่ในช่วง 0 – 100% จะสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับกระแส 4 - 20 mA

ข้อดีของการส่งสัญญาณเป็นกระแส คือ สามารถส่งสัญญาณไปได้ระยะไกลๆ ความ

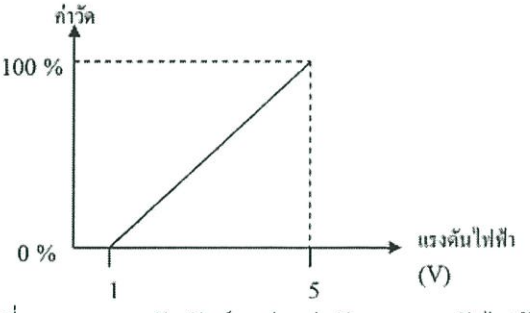
ต้านทานของสายส่งสัญญาณจะไม่ทำให้ค่าวัดผิดพลาดและการถูกสัญญาณรบกวน จะน้อยกว่าการส่งเป็นแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวัดและกระแสไฟฟ้า

2.2) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน

เป็นการส่งสัญญาณในรูปของแรงดันไฟฟ้า (DC Voltage) มาตรฐานที่นิยมใช้คือ 1 - 5 VDC หมายความว่า เมื่อค่าวัดเป็น 0% เท่ากับแรงดัน 1 V และค่าวัดเป็น 100% เท่ากับแรงดัน 5 V การใช้สัญญาณมาตรฐานแบบแรงดันนี้ไม่เหมาะกับการที่ต้องส่งสัญญาณระยะไกลเนื่องจากความต้านทานของสายสัญญาณจะทำให้ค่าวัดผิดไปและถูกสัญญาณรบกวนได้ง่าย



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระห่างค่าวัดและแรงดันไฟฟ้า

5) อุปกรณ์แสดงผลหรือบันทึกข้อมูล (Recorder)

อุปกรณ์แสดงผลมีหน้าที่แสดงข้อมูลที่วัดจากอุปกรณ์วัด ในรูปแบบของตัวเลข หรือเข็มชี้ เป็นต้น ส่วนการบันทึกข้อมูลเป็นการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของกราฟด้วยตัวบันทึกลงบนกระดาษ

2.3.3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม

1. Magnetic Flow Transmitter [5]

เครื่องมือวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็ก (Electromagnetic Flow Meter) ชนิดนี้ทำงานโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็ก อาศัยหลักการการเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก เมื่อมีของเหลวที่สามารถนำไฟฟ้าไหลผ่าน สนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ซึ่งค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความเร็วของของเหลวภายในท่อ

การใช้เครื่องมือวัดการไหลชนิดนี้ต้องมีปริมาณการไหลที่เต็มท่อสามารถวัดการไหลของของเหลวได้สองทิศทางโดยการกลับขั้วไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของของเหลว และความเข้มของสนามแม่เหล็ก ส่วนคุณสมบัติอื่น ของของเหลว เช่น ความหนืด (Viscosity) และความหนาแน่น (Density) สภาวะการใช้งาน ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) และความดัน (Pressure) และลักษณะการไหลทั้งแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ไม่ส่งผลต่อเอาต์พุตที่ได้

ข้อจำกัดการใช้งานหรือข้อควรระวังดังต่อไปนี้

- ใช้วัดการไหลได้เฉพาะของเหลวที่มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง (ค่าการนำไฟฟ้า > 1 $\mu S\ cm^{-1}$) ดังนั้น เครื่องวัดนี้จึงไม่สามารถวัดค่าการไหลของก๊าซได้
- ของเหลวที่ต้องการวัดต้องไหลเต็มท่อ หากไหลไม่เต็มท่อหรือมีฟองอากาศเกิดขึ้นส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่วัดได้คลาดเคลื่อน (Error) และเพื่อความถูกต้องเที่ยงตรง (Accuracy) ของค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ต้องหมั่นทำความสะอาดขั้วไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ
- ท่อต้องไม่ทำด้วยสารแม่เหล็กและต้องไม่มีสมบัติการนำไฟฟ้า

รูปที่ 2.17 Magnetic Flow Transmitter

2. Resistance Temperature Detector (RTD) [6]

RTD (อาร์ทีดี) คือ หัววัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการของความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของหัววัด RTD จะแปรผันตรงกับค่าของอุณหภูมิ ซึ่งอาร์ทีดีทำจากลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ที่ 0 °C จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งตามที่กำหนด อุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง -250 ถึง 600 °C ขึ้นอยู่กับวัสดุของ RTD

RTD มีลักษณะการต่อวงจร ดังนี้

- RTD 2 wire: เหมาะกันงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก การต่อสายที่ยาวทำให้ค่าผิดเพี้ยน
- RTD 3 wire: นิยมมากที่สุดเพราะเป็นการชดเชยความผิดพลาดของความต้านทานที่เกิดจากการต่อสา
- RTD 4 wire: ให้ผลการวัดดี ความถูกต้องสูง แต่มีราคาแพง จึงไม่เป็นที่นิยม

ข้อดีของหัววัด RTD

- สามารถใช้วัดอุณหภูมิในช่วง -200 ถึง 850 °C (ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต)
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ถูกต้อง แม่นยำกว่าหัววัด Thermocouple (TC)
- ผลต่ออุณหภูมิมีความเป็นเชิงเส้นกว่าหัววัด Thermocouple (TC)
- ให้ผลการวัดที่ดีกว่า Thermocouple (TC)

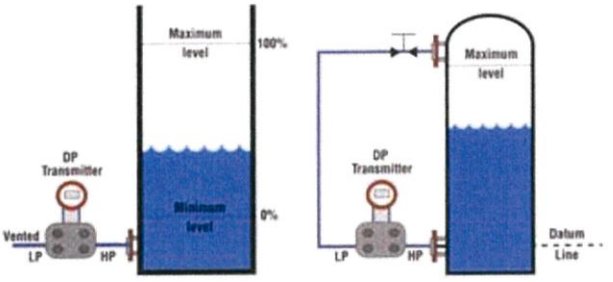
ข้อเสียของหัววัด RTD

- มีราคาที่สูงกว่า Thermocouple (TC)
- มีช่วงการวัดที่ต่ำ (-200 ถึง 850 °C)

รูปที่ 2.18 RTD PT100

3. Differential Pressure Transmitter [7]

อุปกรณ์วัดความดันที่เปรียบเทียบความดันทั้งสองด้านใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการวัดระดับของเหลวในถัง โดยจะอ่านค่าได้จากความสูงของเหลวที่ทำการวัด โดยทั่วไปด้าน HP (High Pressure) ของอุปกรณ์จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของถัง และด้าน LP (Low Pressure) จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านสูงสุดของถังในกรณีที่เป็นแบบถังปิด กรณีที่เป็นถังเปิดจะต่อเพียงด้านเดียวคือด้าน HP



รูปที่ 2.19 ลักษณะการต่อ Differential Pressure Transmitter

รูปที่ 2.20 Differential Pressure Transmitter

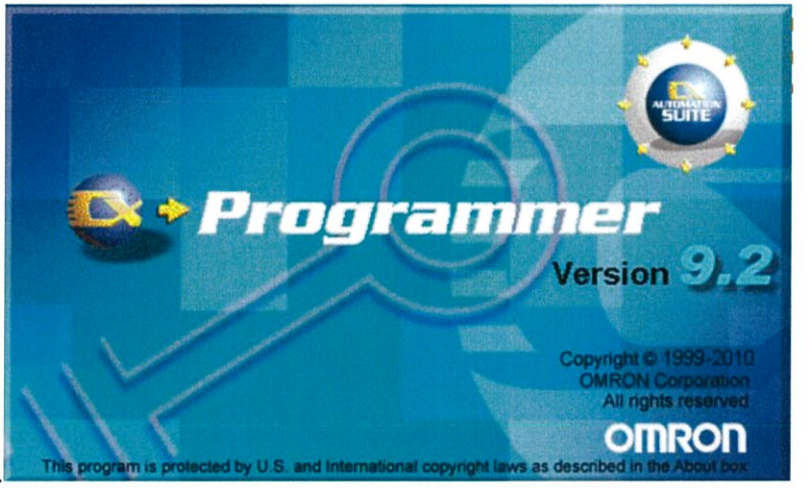
4. Pressure Transmitter ชนิดไดอะเฟรม [8]

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความดันและแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานเพื่อ นำไปควบคุมกระบวนการต่างๆ สามารถวัดได้ทั้งของของเหลวและอากาศ โดยการนำ Strain Gauge มายึดติดเข้ากับแผ่นไดอะแฟรม อาศัยการยืดหดตัวของ Strain Gauge ที่ยึดติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม เมื่อแผ่นไดอะแฟรมได้รับความดัน และต่อวงจรไปยังวงจร วิทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) เพื่อแปลงความดันไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

รูปที่ 2.21 Pressure Transmitter ชนิดไดอะเฟรม

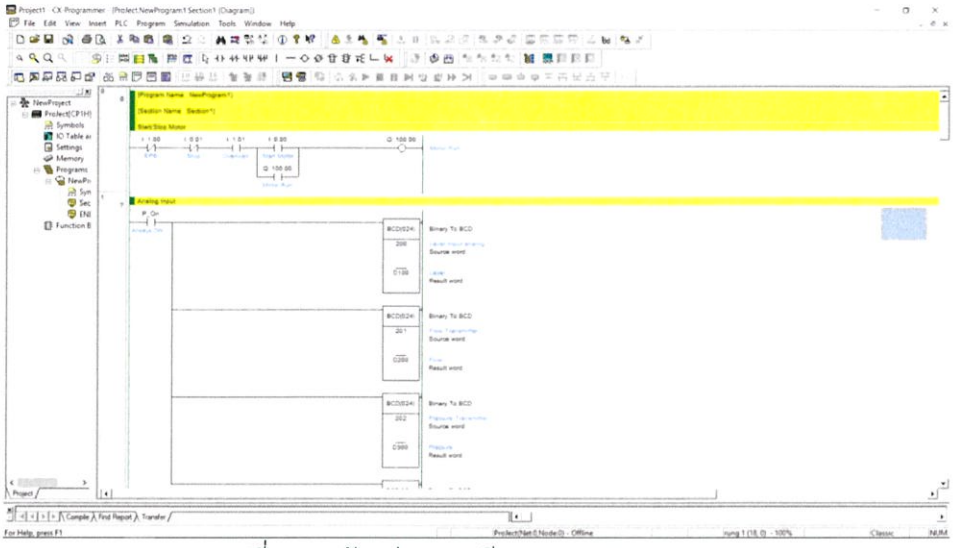
2.4 โปรแกรม CX Programmer [9]

CX Programmer ถูกคิดค้นและพัฒนาโดย บริษัท Omron เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการหรือควบคุม PLC ของยี่ห้อ Omron เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ต่อผ่าน PLC ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่อยู่ในชุดของโปรแกรม CX-ONE ตัวโปรแกรมสามารถใช้ได้กับ PLC ทุกรุ่นของ Omron



รูปที่ 2.22 CX-Programmer

Cx-Programmer ใช้ภาษา LD (Ladder Diagram) ในการเขียน ตัวโปรแกรมสามารถทำการ Simulation หรือทดสอบการทำงานของโปรแกรมได้เลยโดยไม่ต้องนำไปต่อกับ PLC ก่อนใช้งาน CX-Progrmmer นิยมใช้งานคู่กับโปรแกรม CX-Designer ซึ่งเป็นโปรแกรมในการเขียนกราฟฟิคเพื่อใช้งานร่วมกับจอ Touch Screen



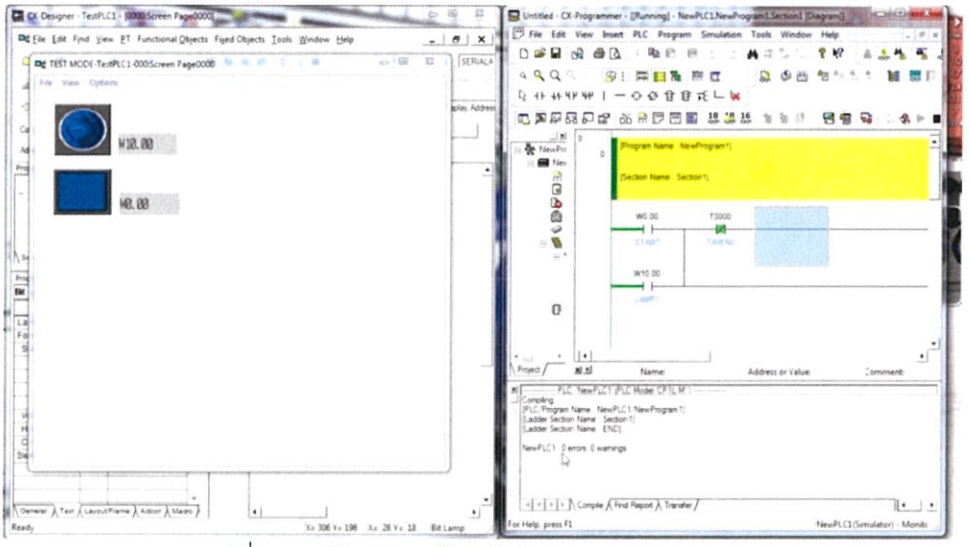
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการเขียน CX-Programmer

2.5 โปรแกรม CX-Designer [10]

CX-Designer ถูกคิดค้นและพัฒนาโดย บริษัท Omron เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนกราฟฟิค เพื่อใช้งานกับจอ Touch Screen ของ Omron ตัวโปรแกรมสามารถใช้ได้กับจอ Touch Screen ทุกรุ่น ของ Omron

รูปที่ 2.24 CX-Designer

โปรแกรม CX-Designer สามารถใช้งานได้กับโปรแกรม CX-Programmer เท่านั้น เนื่องจากการจะใช้งานโปรแกรม CX-Designer นั้นต้องทำการเขียนโปรแกรม CX-Programmer ขึ้นมาก่อนเพื่อให้ตัวโปรแกรม CX-Designer มีฐานข้อมูลในการดึง Address มาใช้ในการเขียน Switch หรือ ส่วนแสดงผลต่างๆ



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม CX-Designer

บทที่ 3
การออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซีและหน้าจอ Touch Screen

ระบบการวัดแบบจำลองสำหรับอุตสาหกรรมเป็นระบบที่ควบคุมระดับน้ำในถังด้วยตัวควบคุมแบบ PID สั่งการผ่านจอ Touch Screen เริ่มต้นจากสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน น้ำในถังเก็บจะไหลผ่าน Pressure Transmitter, Flow Transmitter และ Control Valve ไปยังถัง ในถังมีการวัดอุณหภูมิของน้ำและระดับน้ำด้วย Temperature Transmitter และ Level Transmitter ตัวควบคุม PLC จะควบคุมให้ Control Valve เปิดปิดเป็นเปอร์เซนต์ เพื่อให้ระดับน้ำในถังมีค่าตามที่ต้องการ การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.1 ออกแบบตู้ควบคุมและ Plant Model

3.2 เขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี

3.3 เขียนกราฟฟิคที่ใช้แสดงผลผ่านจอ Touch Screen

3.4 ประกอบตู้ควบคุมและ Plant Model

3.1 การออกแบบตู้ควบคุมและ Plant Model

3.1.1 การออกแบบ Plant Model

การออกแบบ Plant Model จะเริ่มจากการสอบถามข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะ (Specification) ของ Plant Model จากผู้นิเทศงาน ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติเฉพาะของ Plant Model ดังนี้ ใช้ปั๊มน้ำ 220 V ในการสูบน้ำจากถังเก็บสูง 1.30 เมตร โดยมี Feed Back เพื่อป้องกันไม่ให้ความดันในท่อมากเกินไป โดยใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว ความดันภายในท่อมีค่าอยู่ในช่วง 0.5-2 Bar อัตราการไหลให้อยู่ในช่วง 10 – 70 L/min ใช้ Control Valve สำหรับเปิด-ปิดการไหลของน้ำ น้ำจะไหลไปยังถังวัดสูง 0.90 เมตร ซึ่งถังสามารถวัดและควบคุมระดับน้ำได้และอุณหภูมิของน้ำในถังวัดสามารถวัดได้ นอกจากนี้ Plant Model ยังสามารถวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อและความดันของน้ำในท่ออีกด้วย จากข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ได้ดังนี้

1. Control Valve

ตารางที่ 2.1 Specification ของ Control Valve

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specifications			
				Action	Pressure Input	Torque Output	Temperature range
LV-1000	Control Valve	METSO	BICU6/15	DA	2.8-10 bar / 40-140 psi	28-100000 Nm / 21-73800 ft-lbs	-55 to +120 °C / -67 to +250 °F

2. Positioner Valve

ตารางที่ 2.2 Specification ของ Positioner Valve

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specification		
				Input	Supply Pressure	Ambient Temperature
LV-1001	Positioner Valve	METSO	ND9103HN	4-20 mA	1.4-8 bar / 20-115 psi	-40 ... +85 °C / -40 ... +185 °F

3. Pump

ตารางที่ 2.3 Specification ของ Pump

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specification				
				Power	Volt	Capacity	Pipe Diameter	Pole
P-1000	Pump	LEALPUMPE	LC1025	250 W	220 V/50 Hz	10-80 L/min	1"	2

4. D/P Transmitter

ตารางที่ 2.4 Specification ของ D/P Transmitter

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specification		
				Input	Output	Range
LT-1000	D/P Transmitter	Yokogawa	EJA110A	10.5-42 VDC	4-20 mA	0-2500 mmH_2O

5. Pressure Transmitter

ตารางที่ 2.5 Specification ของ Pressure Transmitter

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specification		
				Input	Output	Range
PT-1002	Pressure Transmitter	Yokogawa	EJA530A	10.5-42 VDC	4-20 mA	0-10 bar

6. Magnetic Flow Transmitter

ตารางที่ 2.6 Specification ของ Magnetic Flow Transmitter

Tag No.	Name	Manufacturer	Model	Specification			
				Input	Output	Range	Ambient Temperature
FT-1001	Flow Transmitter	Yokogawa	AXR025G	220 VAC	4-20 mA	0-250 L/min	.-40 to 60°C. / -40 to 140 °F

7. Resistance Temperature Detector (PT100)

ตารางที่ 2.7 Specification ของ RTD (PT100)

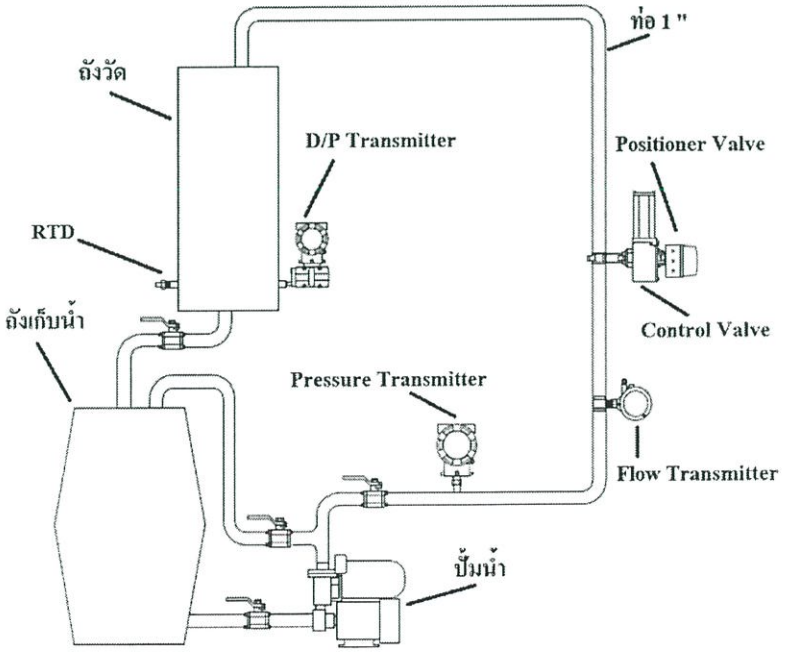
Tag No.	Name	Specification	
		Type	Range
TT-1003	Resistance Temperature Detector	PT100	.-100 to 850 °C.

8. PLC Omron CP1H

ตารางที่ 2.8 Specification ของ PLC

Tag No.	Name	Specification						
		Power Supply	Analog Input	Analog Output	Digital Input	Digital Output	Analog Input	Analog Output
PLC	PLC Omron CP1H	100 to 240 VAC 50/60 Hz	0-10 VDC /4-20 mA	0-10 VDC/ 4-20 mA	16 Channel (0.00-1.07)	16 Channel (0.00-1.07)	4 Channel (200-203)	2 Channel (210-211)

หลังจากที่ทำการเลือกอุปกรณ์ได้แล้วจึงเริ่มทำการเขียนแบบโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ซึ่งการออกแบบจะคำนึงถึงข้อกำหนดในการติดตั้งของเครื่องมือจากคู่มือการใช้งาน เครื่องมือวัดทุกตัวที่ใช้จะมีระยะห่างจากข้อต่อหรือเครื่องมือวัดตัวอื่นด้านทางเข้าไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว และระยะห่างจากด้านทางออกจนถึงข้อต่อหรือเครื่องมือวัดตัวอื่นไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว



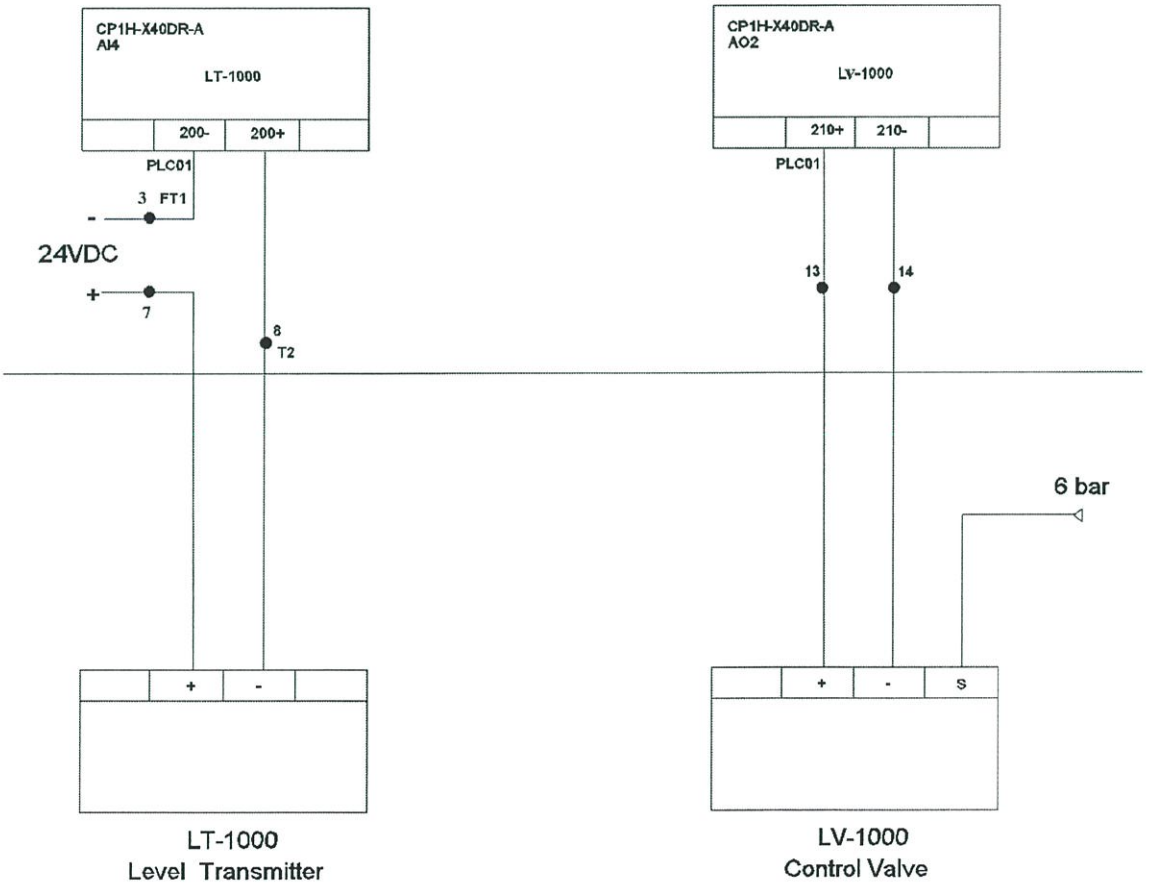
รูปที่ 3.1 Plant Model Drawing

เมื่อทำการเขียนแบบเสร็จแล้วต่อมาคือการเขียน Loop Diagram ของเครื่องมือวัดซึ่งใช้ดูลักษณะการต่อของเครื่องมือวัดและเครื่องมือวัดตัวนั้นมีผลต่ออุปกรณ์ตัวไหนบ้าง

3.1.2 การเขียน Loop Diagram ของเครื่องมือวัด

1.Level Transmitter และ Control Valve

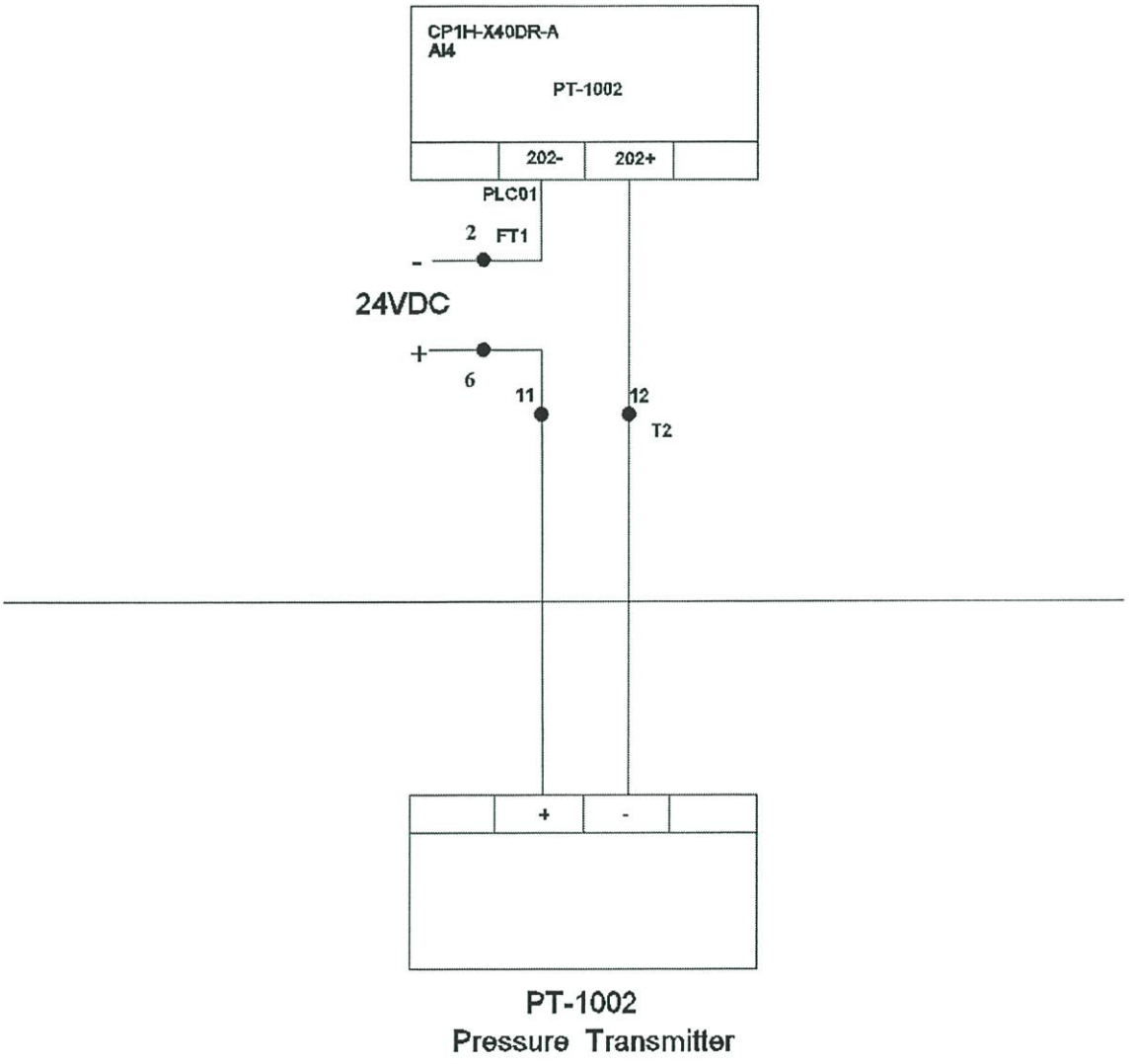
การต่อ Level Transmitter จะต่อแบบ 2-Wire โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 24 VDC มาต่ออนุกรมร่วมกับ Level Transmitter และ PLC CP1H-X40DR-A โดยต่อเข้าที่ Analog Input CH.200 ของ PLC ดังรูปที่ 3.2 ด้านซ้าย ส่วน Control Valve จะต่อจาก Analog Output CH.210 ของ PLC และใช้ Air Supply 6 Bar ต่อเข้าที่ S เพื่อจ่ายลมให้กับ Control Valve ดังรูปที่ 3.2 ด้านขวา การแสดงทั้งการต่อของ Level Transmitter และของ Control Valve อยู่ในรูปเดียวกัน ก็เพราะว่าทั้ง Level Transmitter และ Control Valve ถูกใช้ในลูปควบคุม (Control Loop) เดียวกันเพื่อควบคุมระดับน้ำในถังวัด โดยมี PLC เป็นตัวควบคุมระดับน้ำ



รูปที่ 3.2 Level Transmitter and Control Valve Loop Diagram

2. Pressure Transmitter

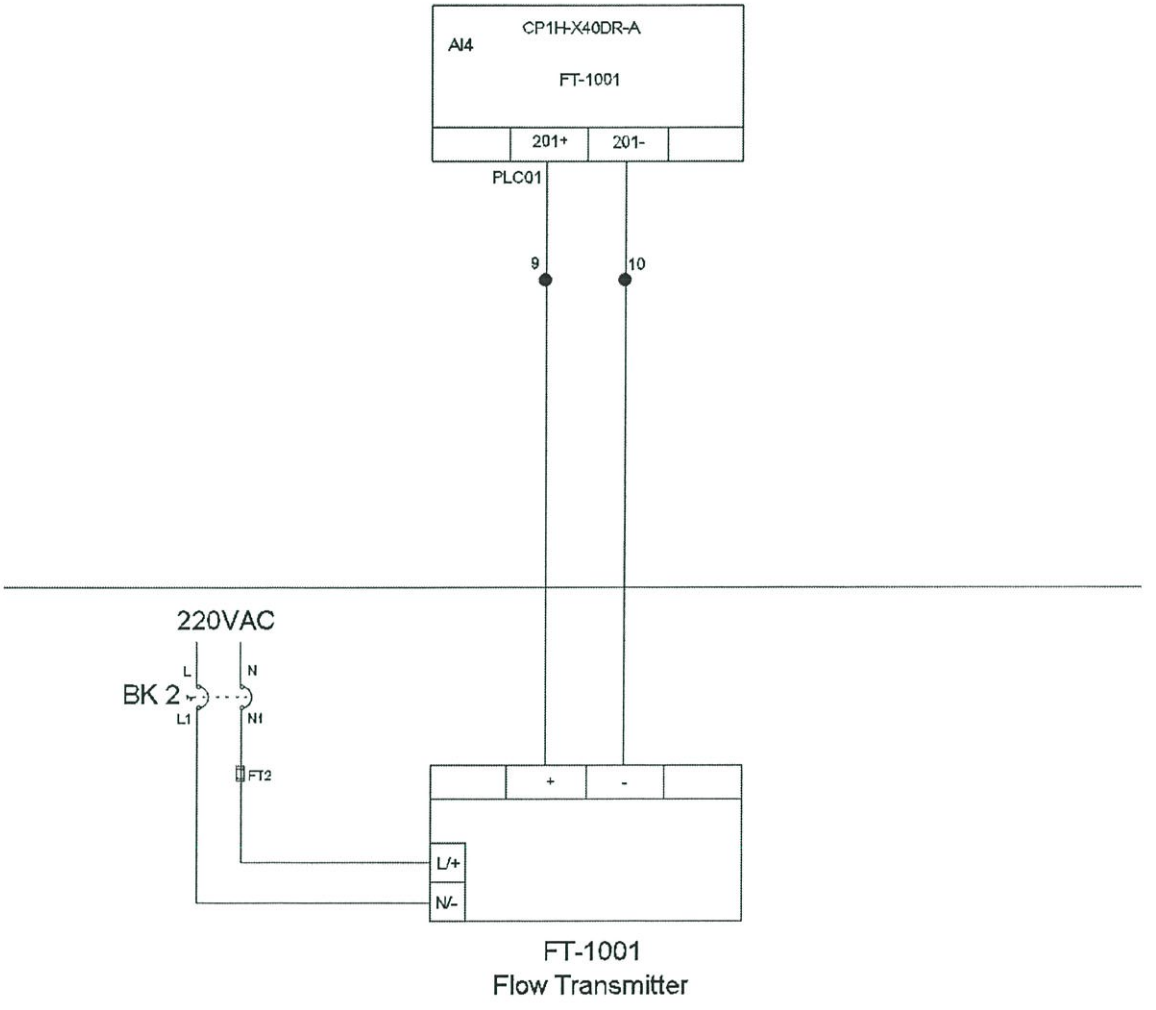
การต่อ Pressure Transmitter จะต่อแบบ 2-Wire โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 24 VDC มาต่ออนุกรมร่วมกับ Pressure Transmitter และ PLC CP1H-X40DR-A. Output ที่ออกจาก Pressure Transmitter จะไปเข้าที่ Analog Input CH.202 ของ PLC ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Pressure Transmitter Loop Diagram

3. Flow Transmitter ชนิด Magnetic Flow Transmitter

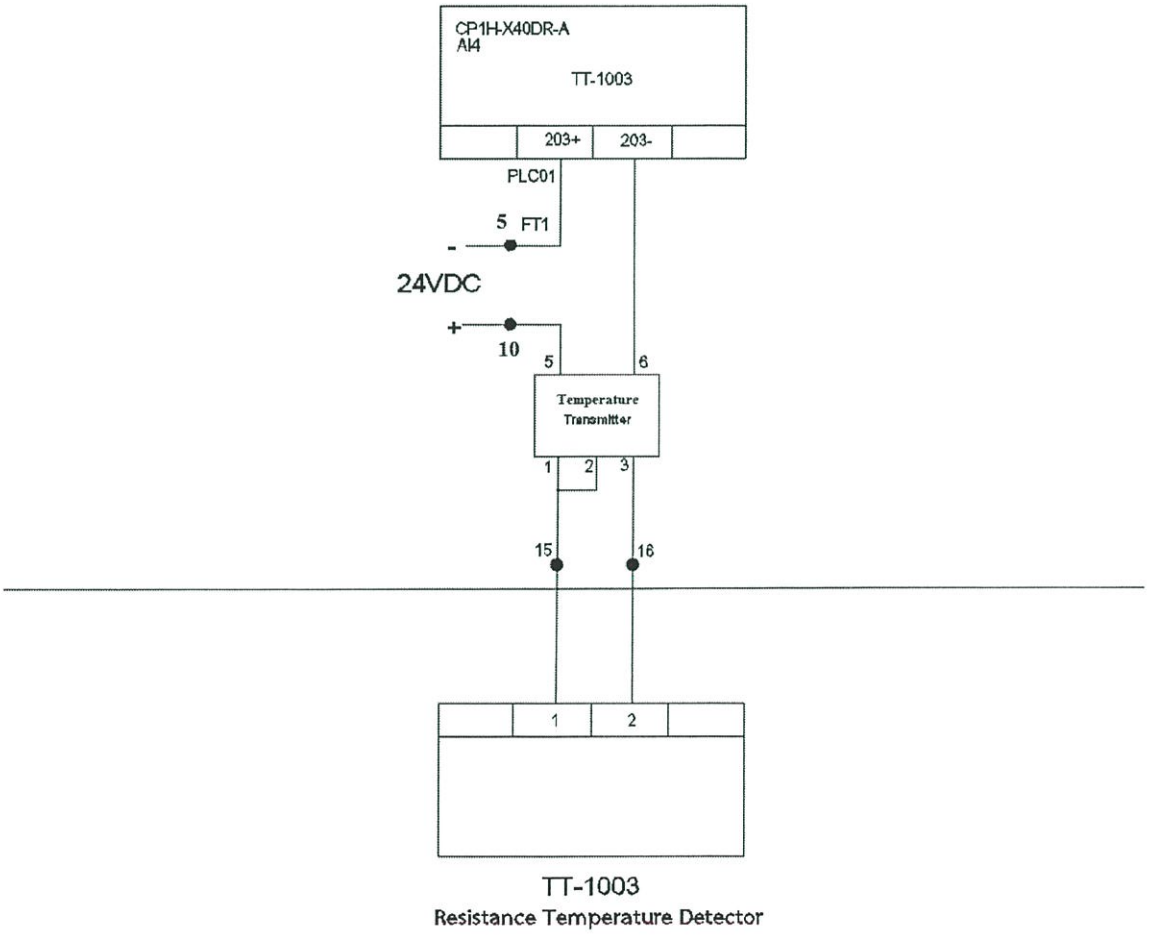
การต่อ Flow Transmitter จะต่อแบบ 4-wire เนื่องจาก Flow Transmitter ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 220 VAC ดังนั้นจึงต่อไฟ 220 VAC จากเบรคเกอร์ตัวที่ 2 ส่วนสัญญาณเอาท์พุทของ Flow Transmitter ซึ่งมีสาย 2 เส้นจะถูกต่อกับ PLC CP1H-X40DR-A โดยต่อเข้าที่ Analog Input CH.201 ของ PLC ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Flow Transmitter Loop Diagram

4. Resistance Temperature Detector (RTD)

การต่อ RTD ชนิด PT100 นั้น ก่อนที่จะต่อเข้ากับ PLC จำเป็นต้องผ่าน Temperature Transmitter ชนิด PT100 ก่อน เพราะ RTD ให้เอาท์พุทเป็นค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ แต่เนื่องจาก PLC รับสัญญาณเป็นกระแส 4-20 mA DC ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี Temperature Transmitter เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนค่าความต้านทานของ RTD ไปเป็นกระแส 4-20 mA DC อย่างไรก็ตามอินพุทของ Temperature Transmitter ที่ใช้งานเป็นชนิด 3 สาย แต่ RTD ชนิด PT100 ที่ผู้นิเทศงานให้มาติดตั้งกับ Plant Model เป็นชนิด 2 สาย การต่อจึงใช้สายเส้นแรกจาก RTD เข้าที่ขา 1 และจั้มเข้าที่ขา 2 และอีกเส้นหนึ่งเข้าที่ขา 3 ของ Temperature Transmitter ใช้แหล่งจ่ายไฟ 24 VDC เข้าที่ขา 5 ของ Temperature Transmitter และจากขาที่ 6 ของ Temperature Transmitter ไปเข้าที่ Analog Input CH.203 ของ PLC CP1H-X40DR-A ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 Resistance Temperature Detector Loop Diagram

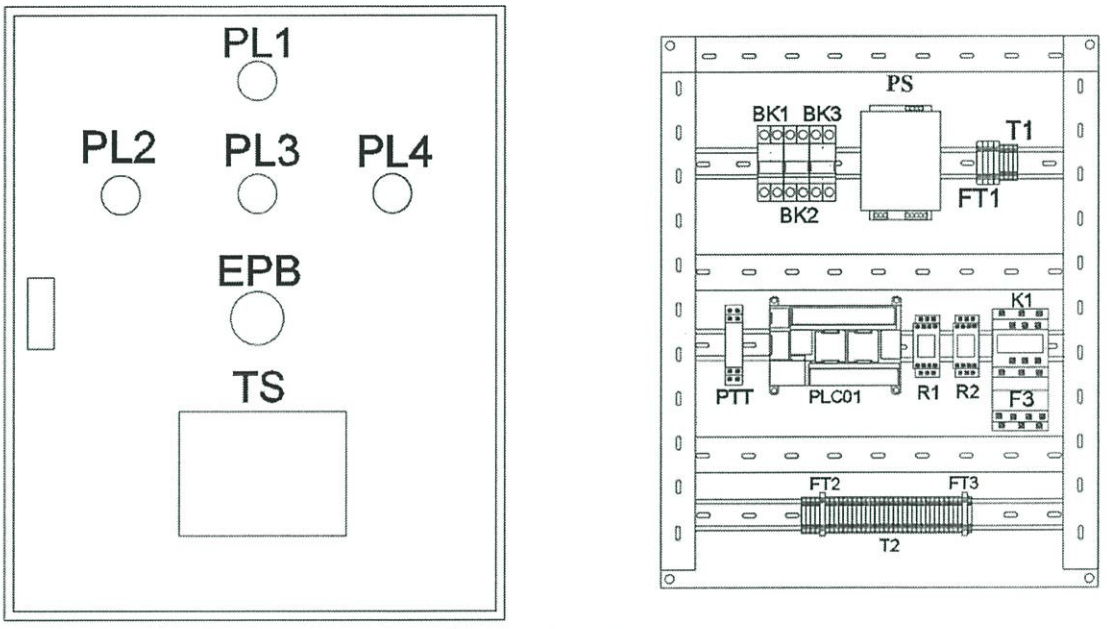
3.1.3 การออกแบบตู้ควบคุมของแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกกรม

การออกแบบตู้ควบคุมจะเริ่มจากการเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้ก่อน โดยการออกแบบตู้ควบคุมต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย ดังนั้นจึงมีการต่อสายกราวน์และ Fuse หรือ Breaker ให้กับสายไฟทุกเส้น เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเกิดความเสียหายเมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น เช่น การลัดวงจรที่อาจกิดขึ้นได้ เป็นต้น โดยอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. Power Supply (PS) 24 VDC แปลงไฟ 220 VAC เป็น 24 VDC
2. Circuit Breaker (CB) ใช้ตัดวงจรไฟฟ้า เมื่อมีการลัดวงจร
3. Relay (R) 24 VDC ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
4. PLC OMRON รุ่น CP1H-X40DR-A ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
5. Temperature Transmitter ชนิด PT100 เพื่อแปลงค่าความต้านทานจาก RTD เป็นกระแส 4-20 mADC
6. Overload Relay (OR) อุปกรณ์ป้องกันไม่ให้มอเตอร์เกิดความเสียหายเมื่อมีกระแสไหลเกิน
7. Magnetic Contactor (MC) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
8. Touch Screen (TS) ใช้แสดงผลของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดและใส่ค่าพารามิเตอร์เพื่อควบคุมวาล์วแบบ Manual และป้อนค่าพารามิเตอร์ให้กับตัวควบคุม
9. Terminal (T) ใช้เป็นจุดต่อร่วมของสายไฟ
10. Fuse Terminal (FT) เป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้กระแสไหลมากเกินกว่าพิกัดฟิวส์ที่ใช้
    - Fuse Terminal 1 (FT1) ต่อเข้ากับ Level Transmitter, Pressure Transmitter, จอ Touch Screen และ RTD ชนิด PT100
    - Fuse Terminal 2 (FT2) ต่อเข้ากับ Magnetic Flow Transmitter
    - Fuse Terminal 3 (FT3) ต่อเข้ากับ Cooling Fan
11. Pilot Lamp (PL) 220 VAC แสดงสถานะการทำงานมีทั้งหมด 4 หลอดดังนี้
    - Pilot Lamp 1 (PL1) แสดงว่ามีไฟอยู่ในระบบ พร้อมใช้งาน
    - Pilot Lamp 2 (PL2) แสดงว่าปั๊มน้ำกำลังทำงาน
    - Pilot Lamp 3 (PL3) แสดงว่าปั๊มน้ำหยุดทำงาน
    - Pilot Lamp 4 (PL4) แสดงว่าปั๊มน้ำเกิดสถานะโอเวอร์โหลด
12. Emergency Push Button (EPB) ใช้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน เมื่อกดปุ่ม EPB จะหยุดการจ่ายไฟให้กับระบบ และถ้าต้องการให้ระบบทำงานใหม่ ต้องบิดที่ปุ่ม EPB แล้วกดปุ่ม Start ที่หน้าจอ Touch Screen เพื่อให้ระบบเริ่มทำงานอีกครั้ง

หลังจากที่ทำการเลือกอุปกรณ์ได้แล้วจึงเริ่มทำการเขียนแบบของตู้ควบคุมโดยใช้โปรแกรม Auto CAD ขนาดสเกล 1 : 10 mm ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆทั้งภายนอกและภายในตู้ควบคุมแสดงดังรูปที่ 3.5

หลังจากที่ทำการเลือกอุปกรณ์ได้แล้วจึงเริ่มทำการเขียนแบบของตู้ควบคุมโดยใช้โปรแกรม Auto CAD ขนาดสเกล 1 : 10 mm



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ภายในและภายนอกของตู้ Control

เพื่อความสะดวกในการใช้งานและความเรียบร้อย อุปกรณ์ต่างๆภายในตู้ควบคุมจะถูกกำหนดในลักษณะของตัวย่อดังแสดงในตารางที่ 2.9 ในตารางนอกจากจะมีการหนดตัวย่อ ความหมายของตัวย่อแล้วยังระบุชื่อผู้ผลิต รุ่น และจำนวนที่ใช้งานอีกด้วย

ตารางที่ 2.9 อุปกรณ์ภายในของตู้ควบคุม

No	Sign	Name	Manufacturer	Model	Q'Ty
1	PS	Power Supply	Phoenix Contact	28666776	1
2	BK	Circuit Breaker	Schneider	C40N	3
3	R	Relay	Omron	MY2N	2
4	PLC	PLC	Omron	CP1H-X40DR-A	1

No	Sign	Name	Manufacturer	Model	Q'Ty
5	PTT	PT100 Transmitter	INOR	APAQ-LR	1
6	F3	Overload Relay	Schneider	LRD32	1
7	K1	Magnetic Contactor	Schneider	LC1D09	1
8	TS	Touch Screen	Omron	NB5Q-TW00B	1
9	T	Terminal	Klemsan	AVK 2,5	29
10	FT	Fuse Terminal	Klemsan	ASK2	6
11	PL	Pilot Lamp 220V	AKELA	AD16	4
12	EPB	Emergency Push Button	IDEC	BST001	1

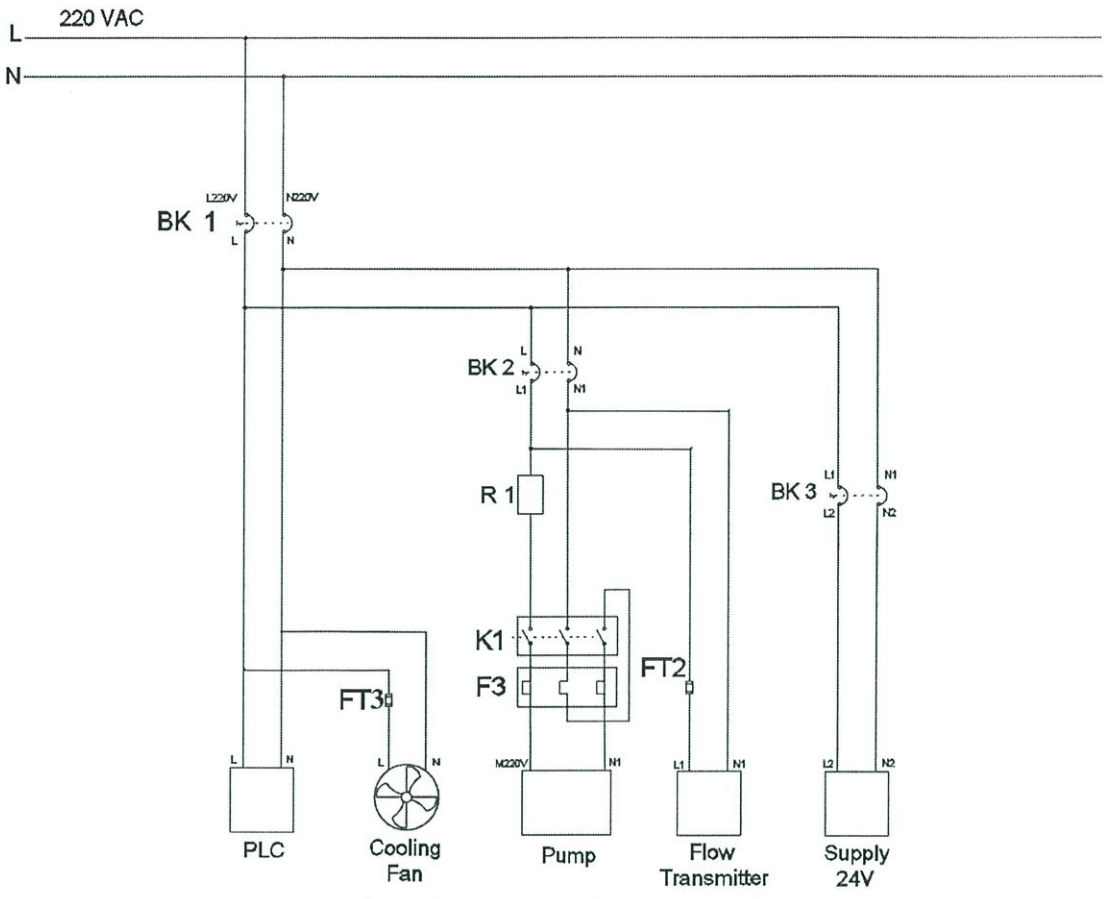
เมื่อทำการเขียนแบบตู้ควบคุมเสร็จแล้วขั้นตอนต่อมาคือการเขียน Electrical Diagram

3.1.4 การเขียน Electrical Diagram ของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

Electrical Diagram ของอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 220 VAC

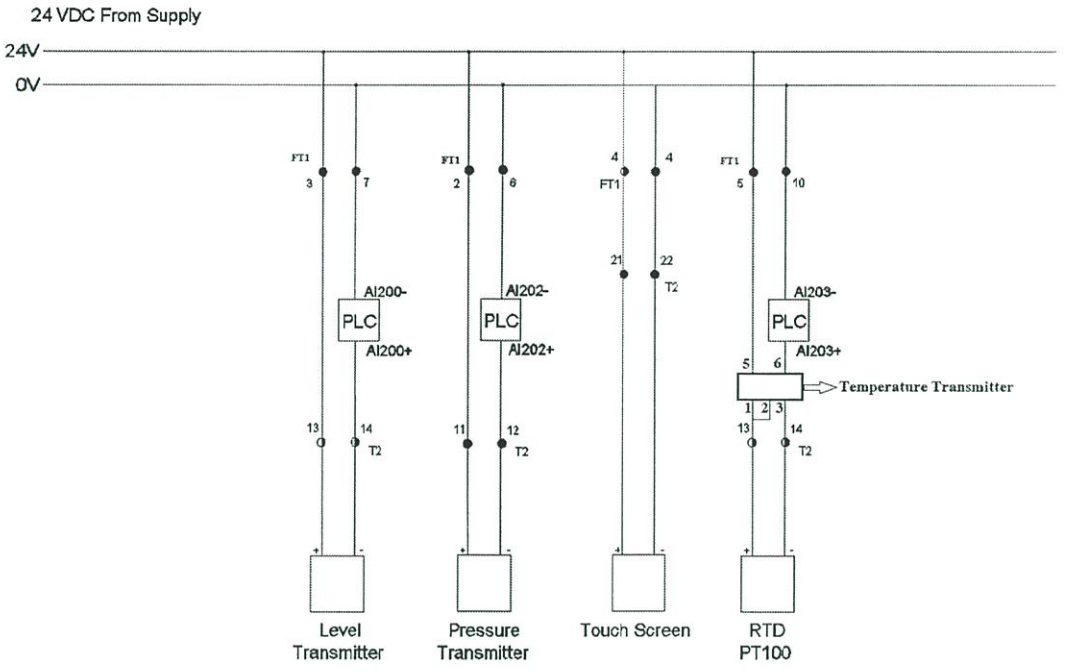
ไดอะแกรมทางไฟฟ้าเป็นไดอะแกรมการเดินสายไฟ (Wiring Diagram) ของอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 220 VAC ในไดอะแกรมเริ่มจากลากสายเส้นที่มีไฟ (L) และนิวตรอน (N) ผ่านเบรคเกอร์ตัวที่ 1 แล้วแยกไป 3 คู่ คู่แรกต่อไปยัง PLC และ Cooling Fan โดยผ่าน Fuse Terminal ตัวที่ 3 (FT3) คู่ที่ 2 ใช้สำหรับปั๊มน้ำและ Flow Transmitter ไฟ 220 VAC จากเบรคเกอร์ตัวที่ 1 จะไปผ่านเบรคเกอร์ตัวที่ 2 ทางหนึ่งไปผ่านที่ Overload Relay (R1) รีเลย์ตัวที่ 1 (K1) และ Magnetic Contactor (F3) ไปยังปั๊มน้ำ อีกทางหนึ่งไปผ่าน Fuse Terminal ตัวที่ 2 (FT2) ไปยัง Flow Transmitter คู่ที่ 3 ไฟ 220 VAC จากเบรคเกอร์ตัวที่ 1 จะไปผ่านเบรคเกอร์ตัวที่ 3 ไปยัง Transformer และ Power Supply ที่ทำหน้าที่แปลงไฟจาก 220 VAC ให้เป็น 24 VDC



รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 220 VAC

2. ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 24 VDC

เป็นไดอะแกรมการเดินสายไฟของอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC มีอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด 4 ตัว ประกอบด้วย 1) Level Transmitter ไฟกระแสตรง 24 V จากแหล่งไฟ 24VDC จะผ่าน Fuse Terminal 1 (FT1) ต่อเข้าที่ขั้วบวกของ Level Transmitter ส่วนขั้วลบของ Level Transmitter ต่อไปยัง Analog input CH.200+ ของ PLC และจาก Analog input CH.200- ของ PLC ต่อไปที่ 0 V 2) Pressure Transmitter ไฟกระแสตรง 24 V จะผ่าน Fuse Terminal 1 (FT1) เข้าที่ขั้วบวกของ Pressure Transmitter ส่วนขั้วลบจะต่อไปยัง Analog input CH.202+ ของ PLC และจาก Analog input CH.202- ของ PLC ไปที่ 0 V 3) Touch Screen ไฟ 24 VDC จะผ่าน Fuse Terminal 1 (FT1) เข้าที่ขั้วบวกของ Touch Screen ส่วนขั้วลบต่อเข้ากับ 0V และ 4) Temperature Transmitter ไฟ 24 VDC จะผ่าน Fuse Terminal 1 (FT1) ไปเข้าที่ขา 5 ของ Temperature Transmitter ส่วนขาที่ 6 ต่อเข้าที่ Analog Input CH.203+ ของ PLC และจาก Analog Input CH.203- ต่อเข้ากับ 0 V ส่วนอินพุทของ Temperature Transmitter ขาที่ 2 และขาที่ 3 ต่อเข้ากับ RTD



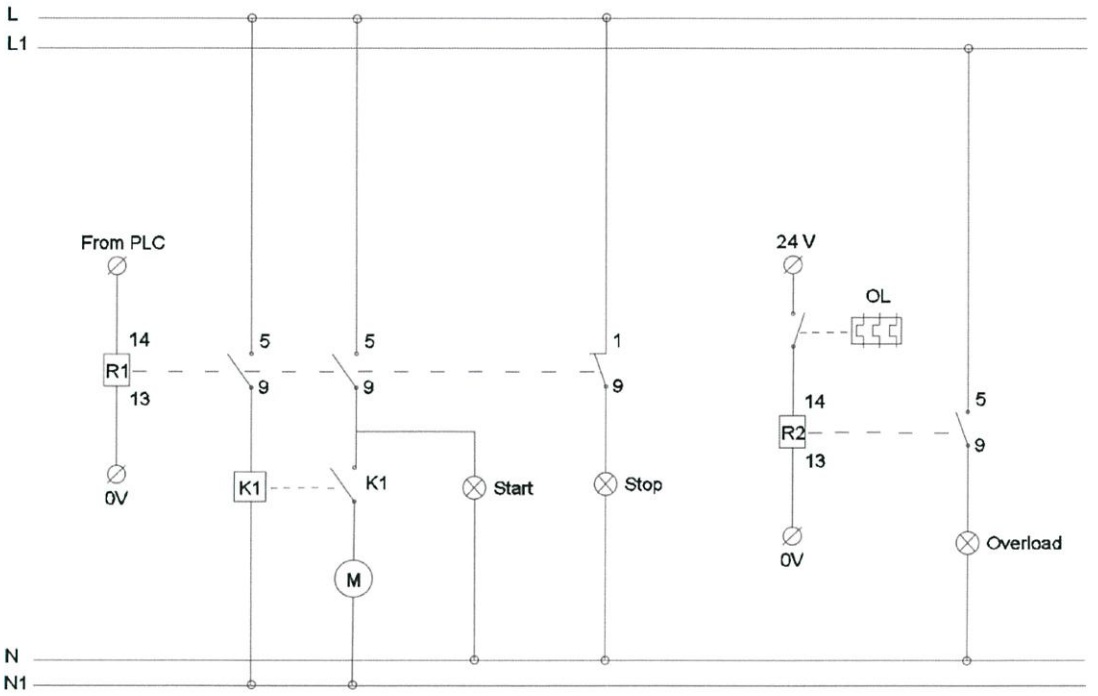
รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมทางไฟฟ้า 24 VDC

3. Relay Diagram

เป็นไดอะแกรมแสดงการต่อ Relay เพื่อนำไปใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้าและต่อไปยังหลอดไฟ สำหรับแสดงสถานะการทำงานของระบบ มีลักษณะการทำงานดังนี้

1. Relay ตัวที่ 1 (R1) ขณะที่ยังไม่ทำงาน หลอดไฟแสดงสถานะหยุดการทำงาน (Stop) จะติด เนื่องจากมีไฟจาก L ไหลผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ขา 1 และ 9 และหลอดไฟ Stop ไปครบวงจรที่ N ต่อมา เมื่อกดสวิตส์ Start บนหน้าจอ Touch Screen จะมี Output ออกจาก PLC มาสั่งให้ Relay (R1) ทำงาน หน้าสัมผัสชนิดปกติปิดที่ขา 1 และ 9 จะเปิดออกทำให้หลอดไฟ Stop ดับลง ในขณะเดียวกันหน้าสัมผัส ชนิดปกติเปิดขา 5 และ 9 จะเปลี่ยนเป็นปิดทำให้มีกระแสไหลผ่านหลอดไฟ Start ได้หลอดจึงติดและมีไฟ ไหลผ่าน Magnetic Contactor (K1) ทำให้หน้าสัมผัสปกติเปิดของ K1 ต่อวงจรมีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ ทำให้ปั๊มน้ำทำงาน

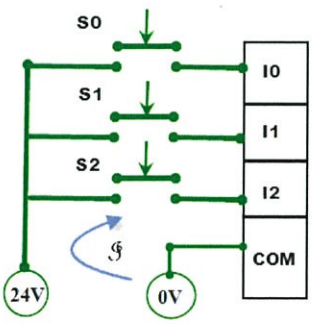
2. Relay ตัวที่ 2 (R2) เป็นวงจรแสดงโอเวอร์โหลด เมื่อมอเตอร์ของปั๊มน้ำกินกระแสมากเกินไป โอเวอร์โหลดรีเลย์ (OR) จะทำงานโดยการตัดวงจรมอเตอร์ ทำให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน และหน้าสัมผัสชนิด ปกติเปิดของโอเวอร์โหลดรีเลย์มีการต่อวงจร ทำให้มีไฟกระแสตรง 24V จ่ายให้กับรีเลย์ (R2) หน้าสัมผัส ขา 5 และขา 9 ของ R2 ต่อวงจรมีกระแสไหลผ่านหลอดไฟโอเวอร์โหลด ทำให้หลอดติดแสดงสภาวะโอ เวอร์โหลด



รูปที่ 3.9 Relay Diagram

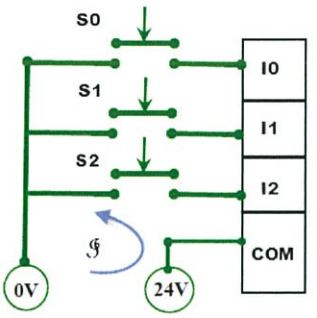
4. PLC Input และ Output

การต่อ Digital Input ของ PLC จะต่อแบบ Sink Input คือมีการต่อไฟเลี้ยง 24 V ผ่านสวิตส์หรือหน้าสัมผัสของรีเลย์ก่อน แล้วต่อเข้า Input ของ PLC และต่อไฟ 0 V เข้าที่ขา Com ของ PLC ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การต่อ Input ของ PLC แบบ Sink Input

การต่อ Digital Output ของ PLC จะต่อแบบ Source Output คือมีการต่อไฟเลี้ยง 24 V เข้าที่ขา Com ของ PLC และต่อไฟ 0 V ผ่านสวิตส์หรือหน้าสัมผัสของรีเลย์ก่อนแล้วต่อเข้า Output ของ PLC ดังรูปที่ 3.11

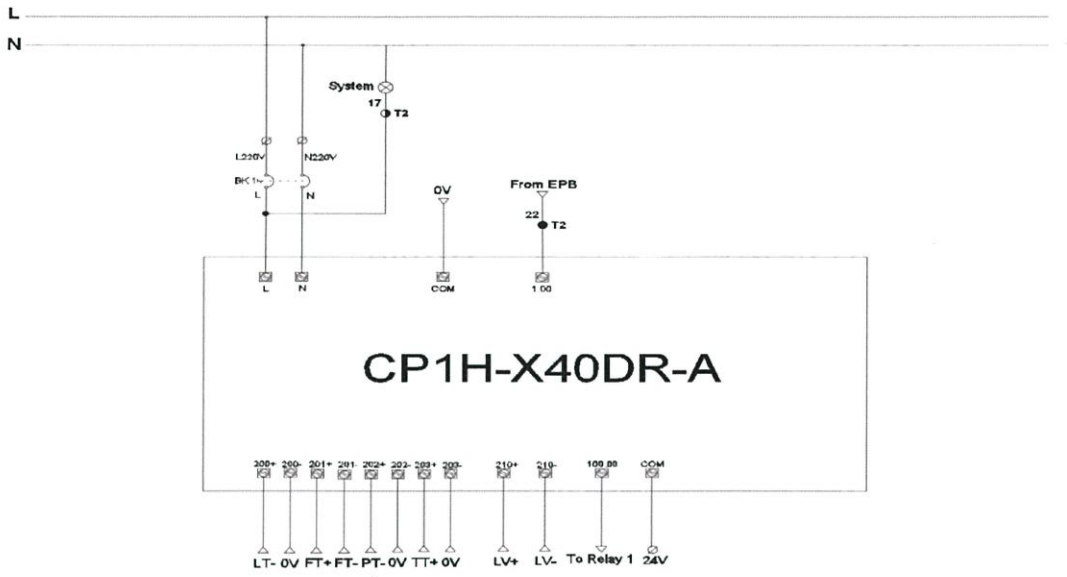


รูปที่ 3.11 การต่อ Output ของ PLC แบบ Source Output

จากรูปที่ 3.12 แสดงการต่ออินพุท-เอาท์พุทและแหล่งจ่ายไฟให้แก่ PLC ไฟ 220 VAC เส้นไฟ (L) และนิวตอล (N) จะต่อเข้ากับ PLC ขา L และ N โดยผ่านเบรคเกอร์ตัวที่ 1 ซึ่งเมื่อมีการสับเบรคเกอร์ตัวที่ 1 ขึ้น PLC จะเริ่มทำงานและหลอดไฟ (System) แสดงสถานะระบบพร้อมใช้งานจะติด

ด้าน Digital Input ของ PLC ต่อไฟ 0 V เข้าที่ขา Com และสัญญาณจากการกด Emergency Push Button ต่อเข้าที่ DI CH.1.00 ส่วนด้าน Digital Output ของ PLC ต่อไฟ 24 V เข้าที่ขา Com และสัญญาณ Output จากการกดสวิตส์ Start บนหน้าจอ Touch Screen ออกจาก DO CH.100.00 ไปยัง Relay ตัวที่ 1 เพื่อสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน

ด้าน Analog Input ของ PLC จะรับสัญญาณจากอุปกรณ์วัด 4 ตัวได้แก่ Level Transmitter ต่อเข้าที่ AI CH. 200, Flow Transmitter ต่อเข้าที่ AI CH.201, Pressure Transmitter ต่อเข้าที่ AI CH.202 และ Temperature Transmitter ต่อเข้าที่ AI CH.203 ส่วนด้าน Analog Output ที่ AO CH. 210 จะต่อไปที่ Control Valve เพื่อส่งค่า MV ที่ได้จากการคำนวนของตัวควบคุม PID ไปควบคุมระดับน้ำ

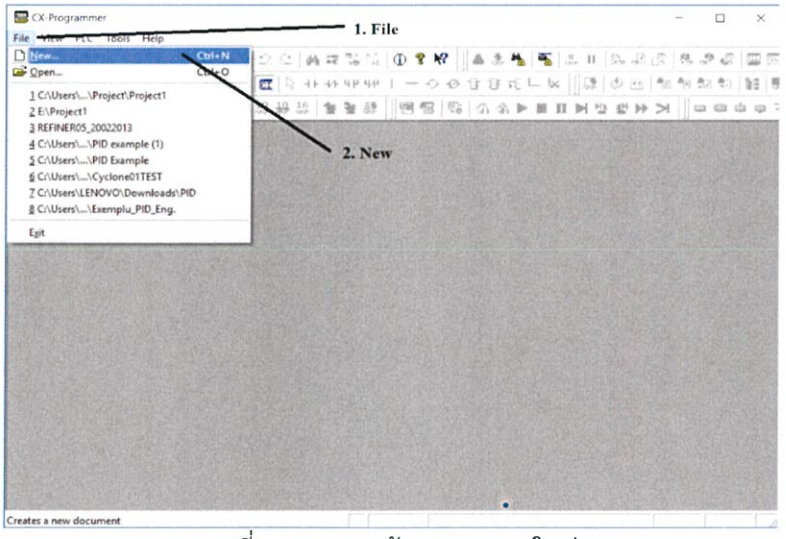


รูปที่ 3.12 PLC Input / Output

3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี

1. เปิดโปรแกรม CX-Programmer

2. คลิ้กที่ File > เลือก New เพื่อสร้างโปรเจคใหม่

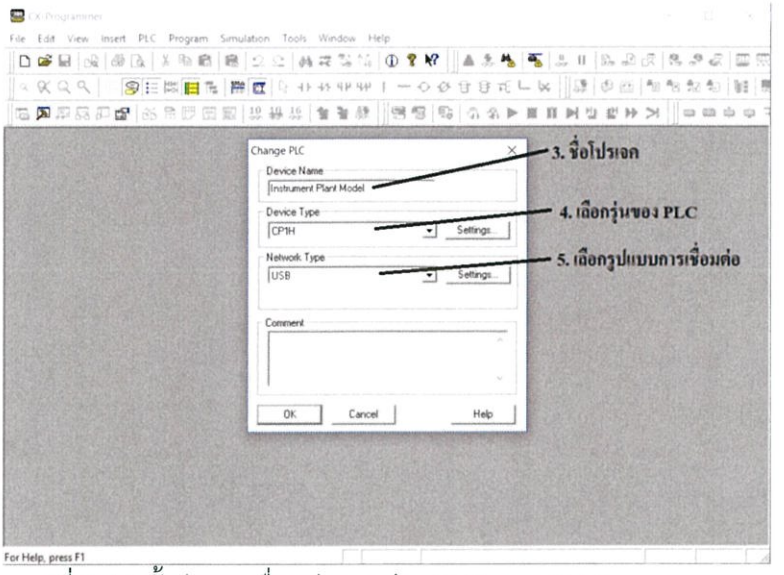


รูปที่ 3.13 การสร้าง Project ใหม่

3. Device Name ตั้งชื่อโปรเจค “Instrument Plant Model“

4. Device Type เลือก CP1H ซึ่งเป็นรุ่น PLC ที่ใช้งานอยู่

5. Network Type เลือกชนิดของสายที่ใช้เชื่อมต่อคือ USB



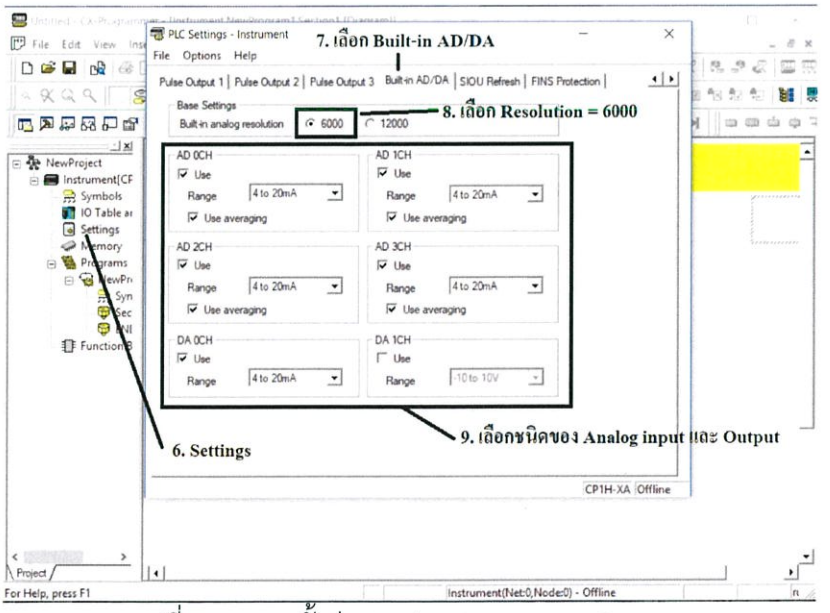
รูปที่ 3.14 ตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่าง PLC และ CX-Programmer

6. เมื่อกด OK จะปรากหน้าต่างทางด้านซ้าย เลือก Setting เพื่อตั้งค่า Analog Input/Output

7. ที่หน้าต่าง Setting ไปที่แท็บ Built-in AD/DA

8. เลือกค่า Resolution ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดความละเอียดของ Analog Input จากนั้นเลือกที่ 6000 เนื่องจากความละเอียดนี้เพียงพอสำหรับการแสดงค่าที่ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

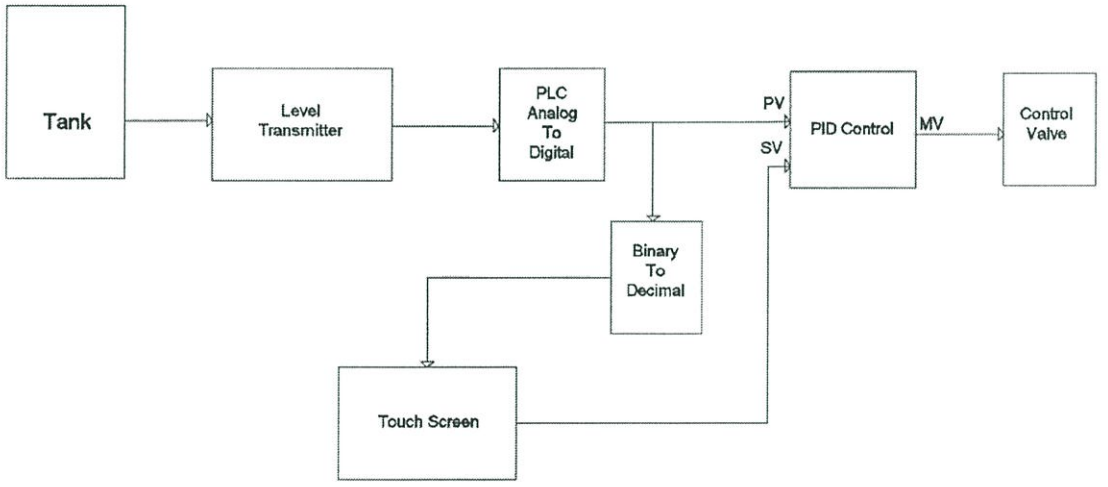
9. เลือกค่าสัญญาณของ Analog Input และ Output ที่ 4-20 mA เนื่องจากอุปกรณ์วัดและวาล์ว Positioner ที่ใช้เป็นแบบ 4-20 mA



รูปที่ 3.15 การตั้งค่า Analog Input และ Output

10. เขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี

เพื่อให้สามารถเข้าใจลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุม PLC ได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงทำการเขียนภาพรวมของระบบขึ้นมา จากรูปที่ 3.16 Level Transmitter จะวัดค่าระดับน้ำที่ได้ออกเป็นกระแส 4-20 mA ส่งไปยัง PLC ผ่านวงจร A/D เพื่อเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอล โดยกำหนดค่า Resolution เท่ากับ 6000 เพื่อให้ได้ทศนิยมสองตำแหน่ง ภายหลังจากการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจะนำค่าที่ได้ (ค่า PV) จะแยกไป 2 ส่วนคือ 1) ส่งไปยังบล็อค PID 2) ส่งไปยังบล็อค BCD เพื่อแปลงค่า Binary ให้เป็นค่า Decimal เพื่อให้สามารถแสดงค่า PV บนหน้าจอ Touch Screen ได้ สำหรับค่า SV และค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ P, I, และ D จะถูกป้อนค่าโดยผ่านทางหน้าจอ Touch Screen หลังจากบล็อก PID ทำการคำนวนค่า MV ได้แล้ว ค่า MV ที่ได้จะถูกส่งไปยัง Control Valve เพื่อควบคุมให้ Control Valve เปิด-ปิดเป็นเปอร์เซนต์

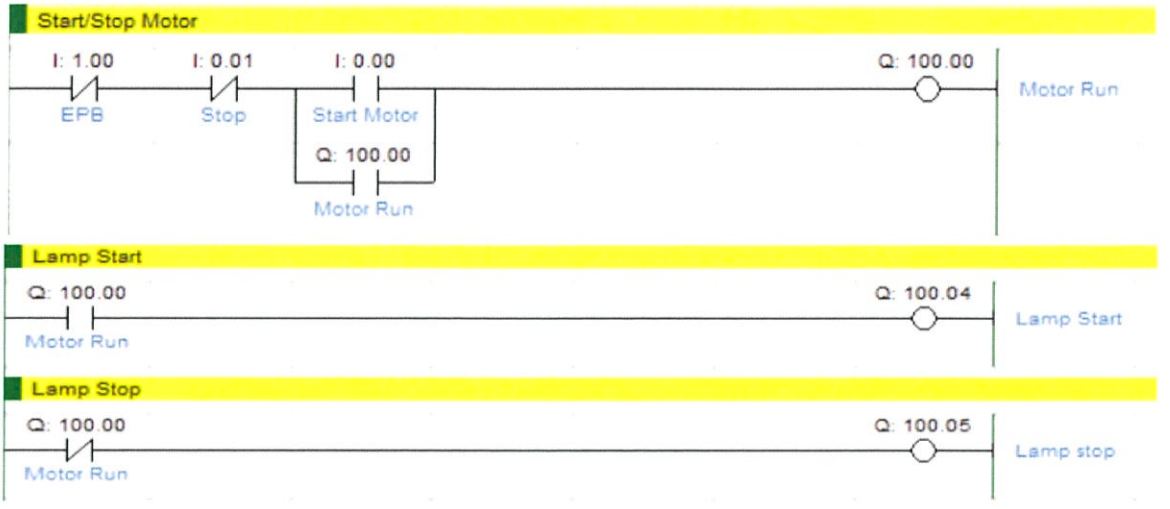


รูปที่ 3.16 ภาพรวมของระบบการควบคุมระดับน้ำและการแสดงผลบนหน้าจอ Touch Screen

10.1 เขียน Ladder Diagram ควบคุม Start, Stop Motor

ใน Lung ที่ 1 กำหนดให้ I:1.00 (NC) คือสวิตส์ที่มาจาก Emergency Push Button, I:0.01 (NC) คือ สวิตส์ Stop ที่อยู่บนจอ Touch Screen และ I:0.00 (NO) คือ สวิตส์ Start ที่อยู่บนจอ Touch Screen และ Q:100.00 คือ Output ที่สั่งให้มอเตอร์ของปั้มน้ำทำงาน เมื่อกดสวิตส์ Start ที่อยู่บนหน้าจอ Touch Screen หน้าสัมผัสของ I:1.00 จะเปลี่ยนจากเปิดเป็นปิด และทำให้ไฟสามารถไหลผ่าน สวิตส์ต่างๆไปยัง Q:100.00 ได้ ทำให้มอเตอร์ของปั้มน้ำทำงานและหน้าสัมผัส Q:100.00 ปกติเปิดต่อวงจร และทำหน้าที่ Self-Holding ดังนั้นเมื่อปล่อยสวิตส์ Start ปั้มน้ำก็ยังสามารถทำงานได้

ใน Lung ที่ 2 เมื่อมอเตอร์ของปั๊มน้ำ (Q:100.00) ทำงาน หน้าสัมผัส Q:100.00 ปกติเปิดจะต่อวงจร ทำให้มีไฟไหลผ่านไปที่ Q:100.04 ซึ่งเป็นหลอดไฟแสดงสถานะ Start จะติด ในขณะเดียวกันหน้าสัมผัส Q:100.00 ปกติปิดจะเปิดวงจร ทำให้หลอดไฟแสดงสถานะ Stop (Q:100.05 หยุดทำงาน) ใน Lung ที่ 3 ดับ



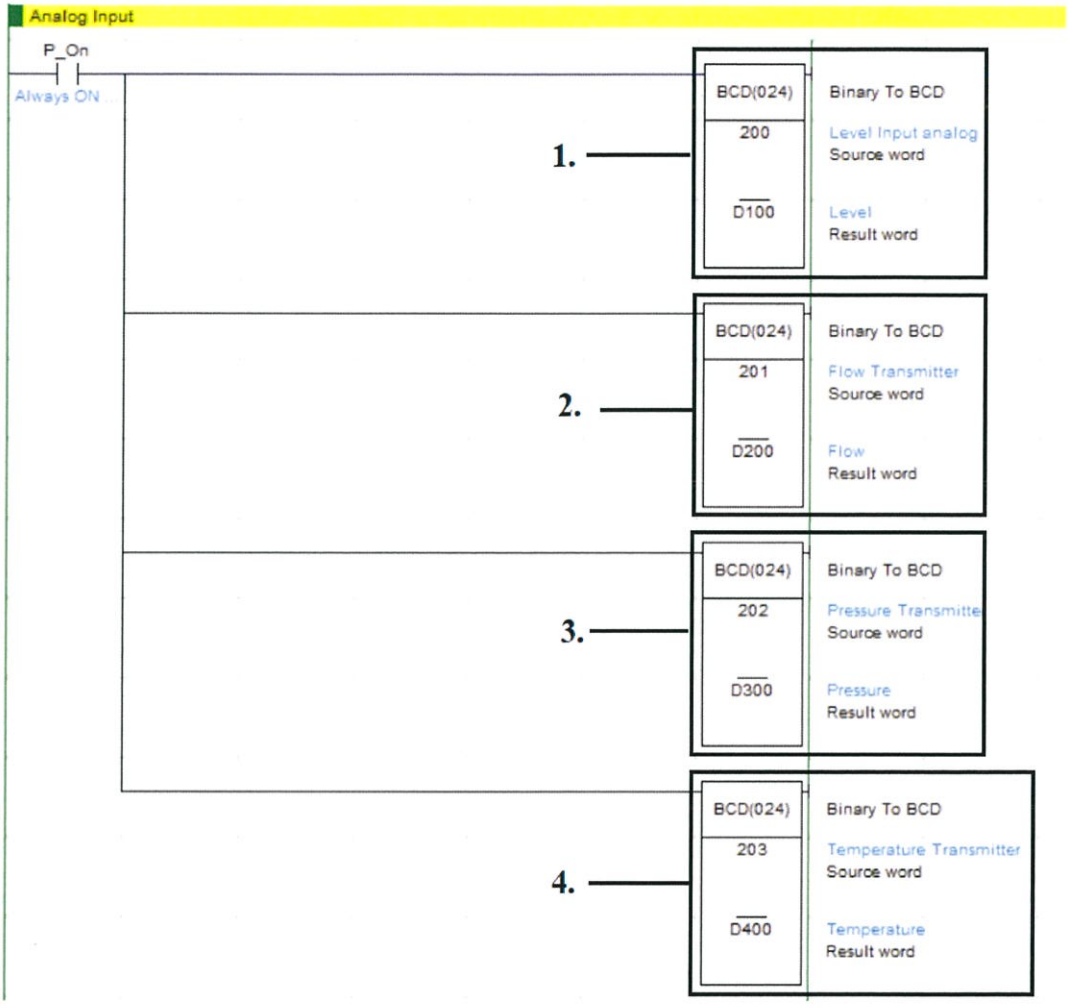
รูปที่ 3.17 Ladder Diagram Start Stop Motor

10.2 เขียน Ladder Diagram รับค่าจาก Transmitters แปลงค่า Binary เป็นค่า Decimal เพื่อแสดงค่าบนจอ Touch Screen

เนื่องจากค่า PV ที่ได้มาจากอุปกรณ์วัด จะถูกส่งไปยัง PLC ดังนั้นจำเป็นต้องแปลงสัญญาณอนาล็อคให้เป็นดิจิตอลโดยวงจร A/D ที่มีอยู่ใน PLC อย่างไรก็ตามค่า PV ที่เป็นสัญญาณดิจิตอลไม่สามารถนำไปแสดงที่จอ Touch Screen ได้ ยกเว้นจะแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นค่า Decimal ด้วยบล็อค BCD ดังที่ได้อธิบายไว้ในรูปที่ 3.16

จากรูปที่ 3.18 ใน Ladder Diagram หน้าสัมผัสของ P_On จะปิดเมื่อมีไฟ 220VAC จ่ายให้กับ PLC (P_On คือบิทที่จะทำงานทันทีเมื่อมีไฟจ่ายให้ PLC) ทำให้มีไฟไหลไปยังบล็อค BCD ต่างๆเพื่อแปลงค่า Binary (ดิจิตอล) ให้เป็นค่า Decimal บล็อค BCD ที่ใช้มีทั้งหมด 4 บล็อค ตามจำนวนของ Transmitter ได้แก่ บล็อค BCD หมายเลข 1. รับค่าไบนารีจาก Level Transmitter ที่ต่ออยู่ที่ Analog Input CH.200 แปลงให้เป็นค่า Decimal แล้วเก็บไว้ที่ D100 บล็อค BCD หมายเลข 2. รับค่าค่าไบนารีจาก Flow Transmitter ที่ต่ออยู่ที่ Analog Input CH.201 แปลงให้เป็นค่า Decimal แล้วเก็บไว้ที่ D200 บล็อค BCD หมายเลข 3. รับค่าค่าไบนารีจาก Pressure Transmitter ที่ต่ออยู่ที่ Analog Input CH.202 แปลงให้เป็นค่า Decimal แล้วเก็บไว้ที่ D300 และ บล็อค BCD หมายเลข 4. รับค่าค่าไบนารีจาก

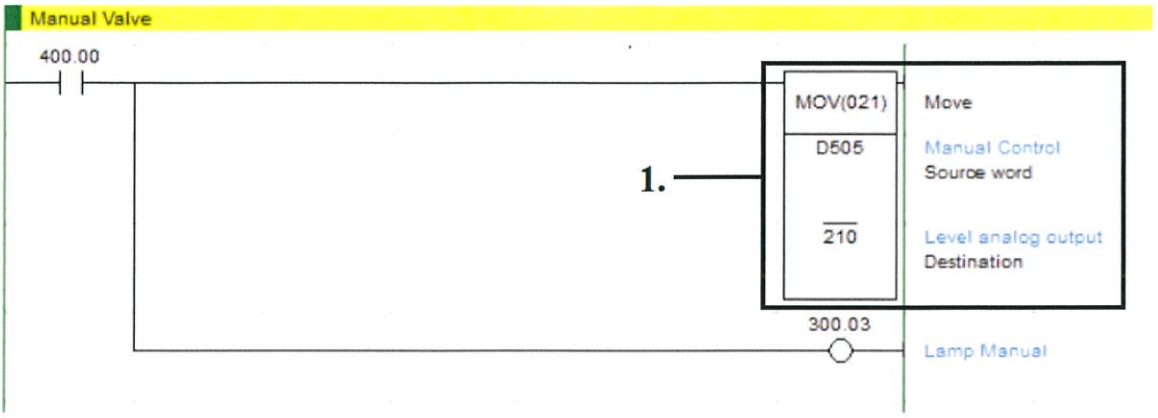
Temperature Transmitter ที่ต่ออยู่ที่ Analog Input CH.203 แปลงให้เป็นค่า Decimal แล้วเก็บไว้ที่ D400



รูปที่ 3.18 Ladder Diagram

10.3 เขียน Ladder Diagram ให้ตัวควบคุมทำงานในโหมด Manual

เมื่อกดสวิตซ์ 400.00 ซึ่งเป็นสวิตส์ที่สั่งให้ Control Valve ทำงานแบบ Manual เป็นสวิตส์ที่อยู่บนจอ Touch Screen หน้าสัมผัส 400.00 ชนิดปกติเปิดจะเปลี่ยนเป็นปิด ทำให้มีไฟจ่ายให้กับบล็อค Move หมายเลข 1 และทำให้มีการย้ายค่า MV ที่ป้อนจากหน้าจอ Touch Screen หรือที่ D505 ไปยัง Analog Output CH.210 เพื่อควบคุมเปอร์เซนต์การเปิด-ปิดของ Control Valve ตามค่าที่ป้อนเข้าไป ในขณะเดียวกัน Output 300.03 จะทำงาน ทำให้หลอดไฟแสดงสถานะ Manual บนหน้าจอ Touch Screen ติด



รูปที่ 3.19 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Manual

10.4 เขียน Ladder Diagram เลือกให้ Control Valve ทำงานแบบ Auto โดยใช้ระบบควบคุมแบบ PID ควบคุมระดับน้ำในถัง

กำหนดให้ 400.00 (NC) คือสวิตส์สั่งให้ Control Valve ทำงานแบบ Auto ที่อยู่บนหน้าจอ Touch Screen ถ้าสวิตส์ไม่ถูกกดจะอยู่ในโหมด AUTO แต่ถ้าถูกกดจะอยู่ในโหมด Manual ดังนั้นจึงใช้หน้าสัมผัส 400.00 เป็นชนิดปกติปิดเพื่อการควบคุมในโหมด AUTO เมื่ออยู่ในโหมด Auto หลอดไฟแสดงสถานะควบคุมในโหมด Auto (300.02) จะติดและบล็อค PID (หมายเลข 1) จะทำงาน

ช่องที่ 1 ของบล็อค PID คือ Channel ของ Analog Input ของเครื่องมือวัดที่ต้องการนำมาเป็นค่า PV ในที่นี้ใช้ค่าที่รับมาจาก Level Transmitter เข้าที่ Analog Input CH.200 จึงใส่เลข 200 ที่ช่อง 1 ของบล็อค PID

ช่องที่ 3 ของบล็อค PID คือ Channel ของ Analog Output ที่ต่อออกไปยัง Control Vale ในที่นี้ใช้ Analog Output CH.210 จึงใส่เลข 210 ที่ช่อง 1 ของบล็อค PID

ช่องที่ 2 คือ ตำแหน่งของพารามิเตอร์ตัวแรกจากทั้งหมด 9 ตัว ในที่นี้กำหนดไว้ที่ตำแหน่ง D0-D8 เป็นตำแหน่งของพารามิเตอร์ จึงใส่ D0 ที่ช่องสองของบล็อค PID พารามิเตอร์ของบล็อค PID ที่ใช้มีทั้งหมด 9 ตัวดังนี้

1. ค่า SV คือการกำหนดระดับน้ำที่ต้องการจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ได้จะถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D0
2. ค่า Proportional Band (P) กำหนดจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ถูกป้อนจะถูกเก็บไว้ที่ ตำแหน่ง D501 หลังจากนั้นใช้บล็อค Move เพื่อย้ายค่าจากตำแหน่ง D500 ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D1 (หมายเลข 2)
3. ค่า Integral Time (I) กำหนดจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ถูกป้อนจะถูกเก็บไว้ที่ ตำแหน่ง D501 หลังจากนั้นใช้บล็อค Move เพื่อย้ายค่าจากตำแหน่ง D501 ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D2 (หมายเลข 3)

4. ค่า Derivative Time (D) กำหนดจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ถูกป้อนจะถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D502 หลังจากนั้นใช้บล็อค Move เพื่อย้ายค่าจากตำแหน่ง D502 ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D3 (หมายเลข 4)

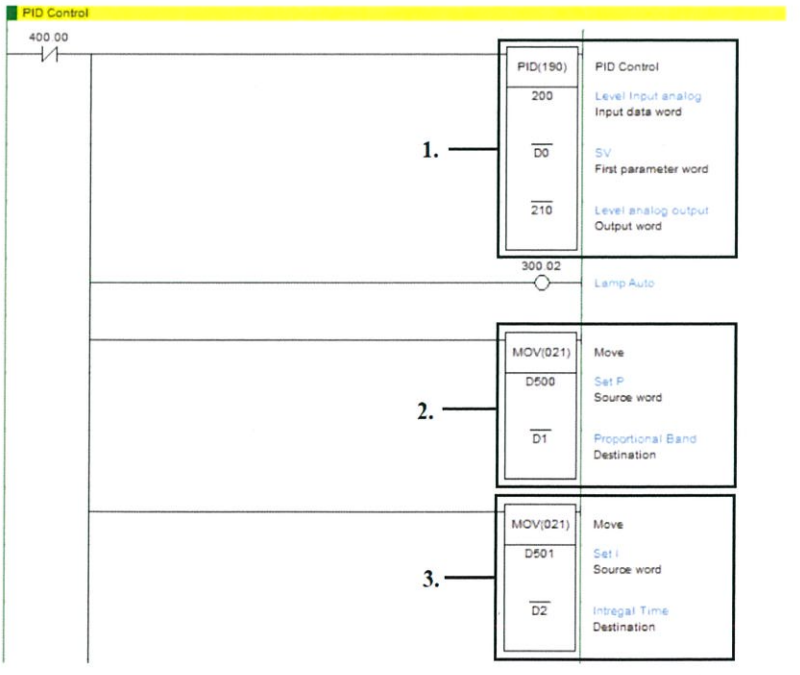
5. ค่า Sampling Period คือการกำหนดค่าระยะเวลาให้ บล็อค PID ทำงานทุกๆกี่วินาที ใช้ค่า #32 (32 ฐาน 16) มีค่าเท่ากับ 50 ฐาน 10 หน่วยเป็น ms. และใช้บล็อค Move ย้ายค่าไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D4 (หมายเลข 4)

6. ค่า Direct & Reverse Designed คือการกำหนดชนิดของ Control Valve ที่ใช้ว่าเป็นแบบ Direct หรือ Reverse ในที่นี้ต่อ Control Valve แบบ Reverse-Acting Air to Open จึงใช้ค่า #000 ซึ่งเป็นการกำหนดว่า Control Valve ที่ใช้เป็นแบบ Reverse และใช้บล็อค Move ย้ายค่าไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D5 (หมายเลข 5)

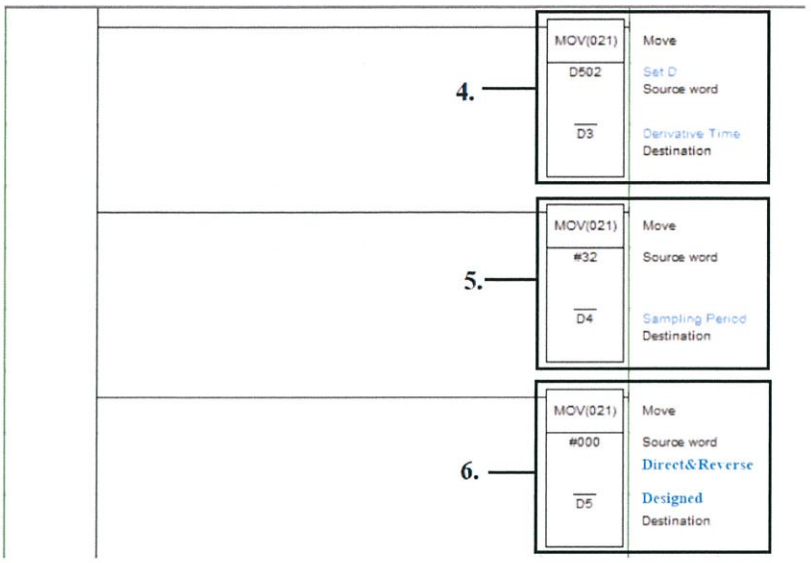
7. ค่า MV Out Limit คือการจำกัดค่า MV ที่ออกไป ในที่นี่ใช้ค่า #494 ซึ่งเป็นการกำหนดให้ค่า MV ที่ออกไปนั้นไม่ถูกจำกัด และใช้บล็อค Move ย้ายค่าไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D6 (หมายเลข 6)

8. ค่า MV Lower Limit กำหนดจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ถูกป้อนจะถูกเก็บไว้ที่ ตำแหน่ง D503 หลังจากนั้นใช้บล็อค Move เพื่อย้ายค่าจากตำแหน่ง D503 ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D7 (หมายเลข 8)

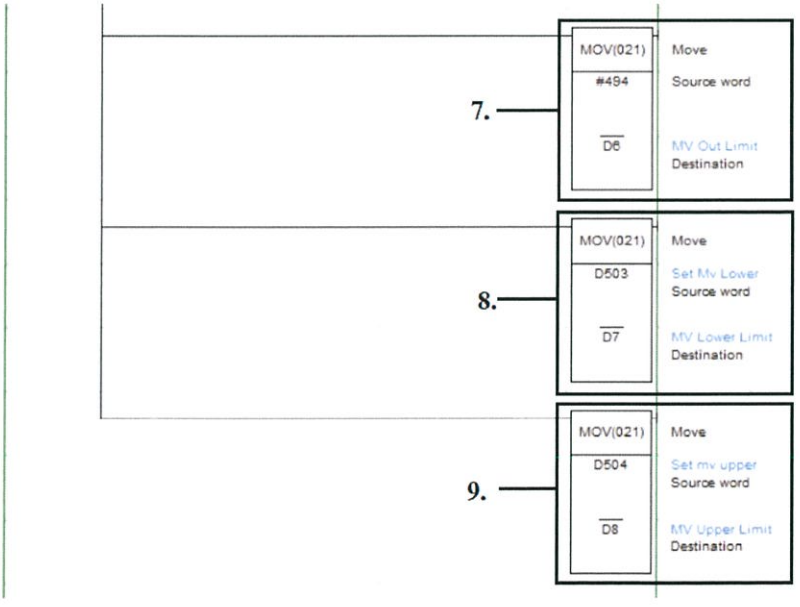
9. ค่า MV Upper Limit กำหนดจากหน้าจอ Touch Screen ค่าที่ถูกป้อนจะถูกเก็บไว้ที่ ตำแหน่ง D504 หลังจากนั้นใช้บล็อค Move เพื่อย้ายค่าจากตำแหน่ง D504 ไปเก็บไว้ที่ตำแหน่ง D8 (หมายเลข 9)



รูปที่ 3.20 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (1)



รูปที่ 3.21 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (2)



รูปที่ 3.22 Ladder Diagram ควบคุม Control Valve แบบ Auto โดยใช้ PID Control (3)

10.5 เขียน Ladder Diagram ทำสเกลลิ่งแปลงค่า 0-6000 ไปเป็น 0-100 เพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟ SV MV PV

เนื่องจากค่าที่คำนวนได้จากบล็อค PID เป็นค่า 0-6000 ซึ่งเป็นค่าความละเอียดของอินพุตและเอาท์พุตที่กำหนดไว้ ทำให้ไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการพล็อตกราฟได้ จำเป็นต้องนำค่า 0-6000 ไปทำการสเกลเป็น 0-100 ก่อนโดยใช้บล็อค Scaling

เริ่มจากเขียน P_On คือบิทที่จะทำงานทันทีเมื่อ PLC เริ่มทำงาน เมื่อ PLC เริ่มทำงานบล็อค Scaling จะทำงานโดยการป้อนพารามิเตอร์ดังนี้

ช่องที่ 1 ของบล็อค Scaling คือ ค่าที่ต้องการนำไปทำสเกล ในที่นี้คือค่า MV ที่ได้จากบล็อค PID ที่ AO CH.210 จึงใส่เลข 210 ลงไปในช่องที่ 1

ช่องที่ 2 ของบล็อค Scaling คือค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำ Scaling มีเงื่อนไขว่าตำแหน่งที่พารามิเตอร์อยู่นั้นต้องเรียงติดกัน และใช้ตำแหน่งแรกมาใส่ในช่องที่ 2 ของบล็อค Scaling ประกอบด้วยพารามิเตอร์ย่อย 4 ตัว ดังนี้ 1) Move ค่า 0 ฐาน BCD ซึ่งเป็นค่าน้อยสุดหลังทำสเกลไปยังตำแหน่ง D600 (หมายเลข 2) 2) Move ค่า 0 ฐาน 16 ซึ่งเป็นค่าน้อยสุดก่อนทำสเกลไปยังตำแหน่ง D601 (หมายเลข 3) 3) Move ค่า 100 ฐาน BCD ซึ่งเป็นค่ามากสุดหลังทำสเกลไปที่ตำแหน่ง D602 (หมายเลข 4) และ 4) Move ค่า 1770 ฐาน 16 ซึ่งเป็นค่ามากสุดก่อนทำสเกล ไปยัง D603

ช่องที่ 3 ของบล็อค Scaling คือ ค่าที่ทำการสเกลแล้วจะอยู่ในรูปของเลขฐาน BCD เก็บไว้ที่ตำแหน่ง D700 เพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟบนหน้าจอ Touch Screen

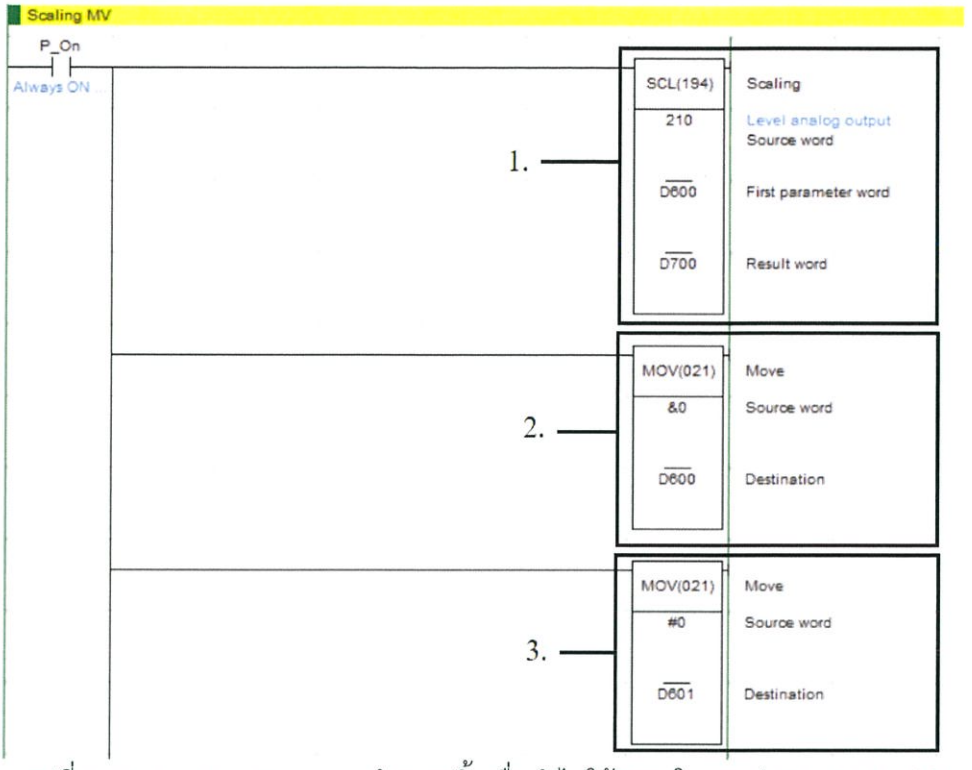
วิธีการของบล็อค Scaling คือจะนำค่าที่ต้องการสเกลเข้ามาในช่องที่ 1 คูณกับค่าสเกลในช่องที่ 2 จะได้ค่าออกมาเป็นค่าหลังทำสเกลในช่องที่ 3 ค่าสเกลที่นำมาคูณหาได้จากการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ เช่น ถ้า 6000 เท่ากับ 100% แล้ว 3000 จะเท่ากับกี่เปอร์เซนต์

$$100/6000 = x/3000$$

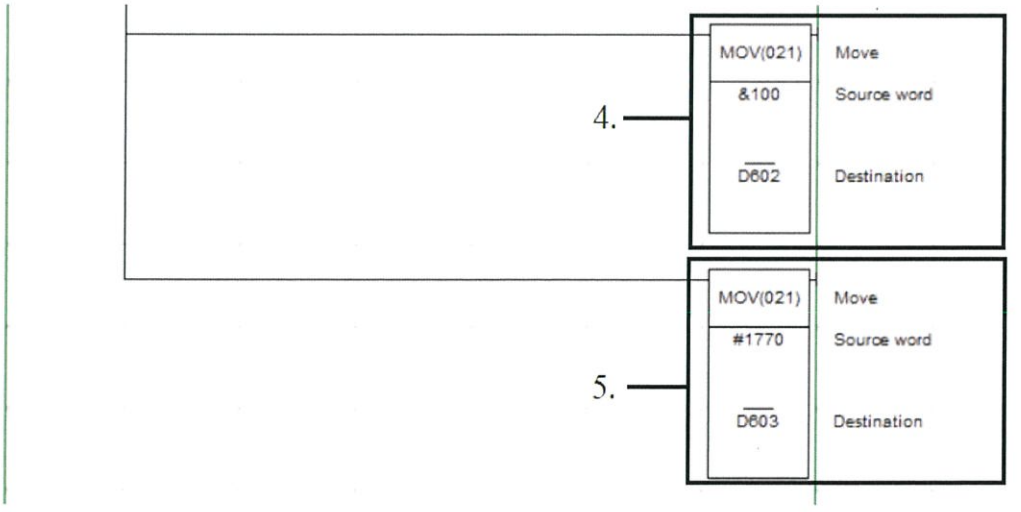
$$0.016666667*3000 = x$$

$$x = 50$$

จากตัวอย่างการคำนวน ให้ 3000 คือค่าที่ต้องการสเกล, 0.0166667 คือค่าสเกล และ x คือ ค่าหลังทำสเกลเท่า 50%



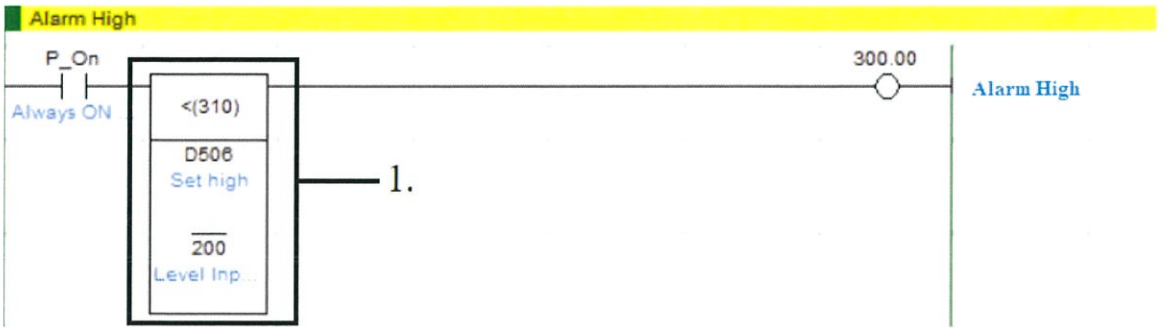
รูปที่ 3.23 Ladder Diagram ทำสเกลลิ้งเพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟ SV MV PV (1)



รูปที่ 3.24 Ladder Diagram ทำสเกลลิ้งเพื่อนำไปใช้แสดงในกราฟ SV MV PV (2)

10.7 เขียน Ladder Diagram กำหนดค่าแจ้งเตือนระดับน้ำเมื่อระดับน้ำมีค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้

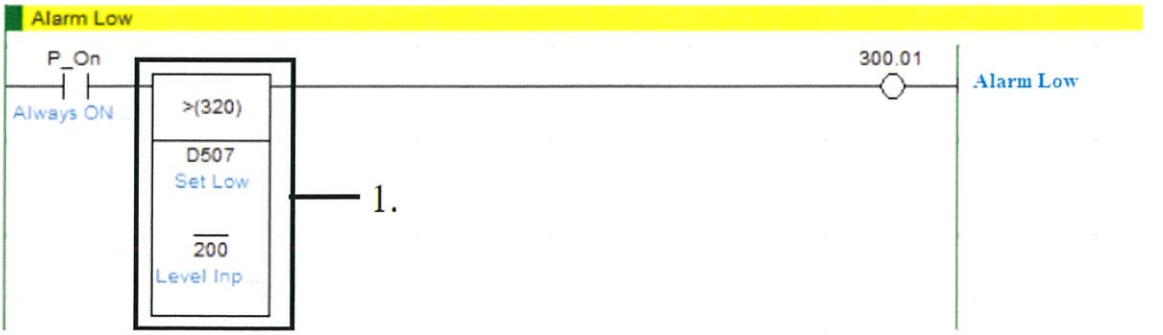
เริ่มจากเขียน P_On คือบิทที่จะทำงานทันทีเมื่อ PLC เริ่มทำงาน จากนั้นเขียนบล็อคหมายเลข 1 บล็อคเปรียบเทียบค่า โดยกำหนดให้ช่องที่ 1 ของบล็อค คือค่าสูงสุดของระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือนที่ป้อนจาก จอ Touch Screen เก็บที่ตำแหน่ง D506 และช่องที่ 2 ของบล็อค คือค่าระดับน้ำในถังที่วัดจาก Level Transmitter เข้าที่ AI Channel 200 เมื่อระดับน้ำในถังมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ หลอดไฟ Alarm High (300.00) บนหน้าจอ Touch Screen จะติด



รูปที่ 3.25 Ladder Diagram การกำหนดค่าแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำสูงกว่าค่าที่กำหนด

10.8 เขียน Ladder Diagram กำหนดค่าแจ้งเตือนระดับน้ำเมื่อระดับน้ำมีค่าต่ำกว่าที่ตั้งไว้

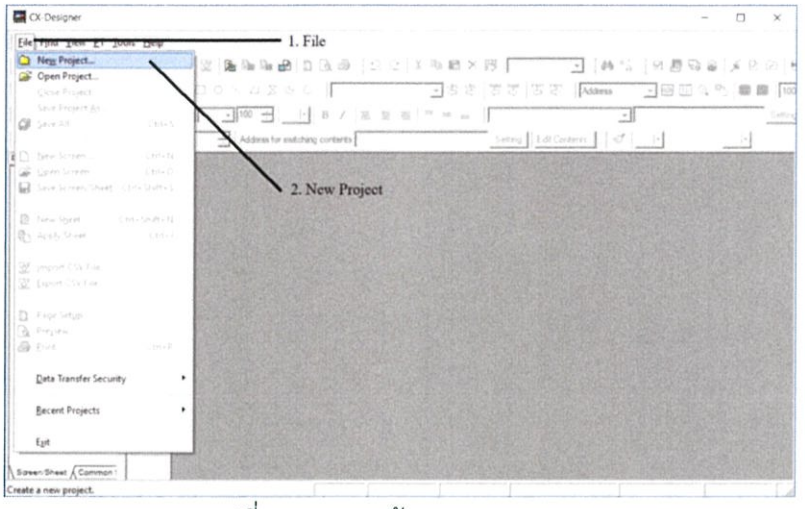
เริ่มจากเขียน P_On คือบิทที่จะทำงานทันทีเมื่อ PLC เริ่มทำงาน จากนั้นเขียนบล็อคหมายเลข 1 บล็อคเปรียบเทียบค่า โดยกำหนดให้ช่องที่ 1 ของบล็อค คือค่าต่ำสุดของระดับน้ำที่ต้องการให้ระบบแจ้งเตือนที่ป้อนจาก จอ Touch Screen เก็บที่ตำแหน่ง D507 และช่องที่ 2 ของบล็อค คือค่าระดับน้ำในถังที่วัดจาก Level Transmitter เข้าที่ AI Channel 200 เมื่อระดับน้ำในถังมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ หลอดไฟ Alarm Low (300.01) บนหน้าจอ Touch Screen จะติด



รูปที่ 3.26 Ladder Diagram การกำหนดค่าแจ้งเตือนเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าค่าที่กำหนด

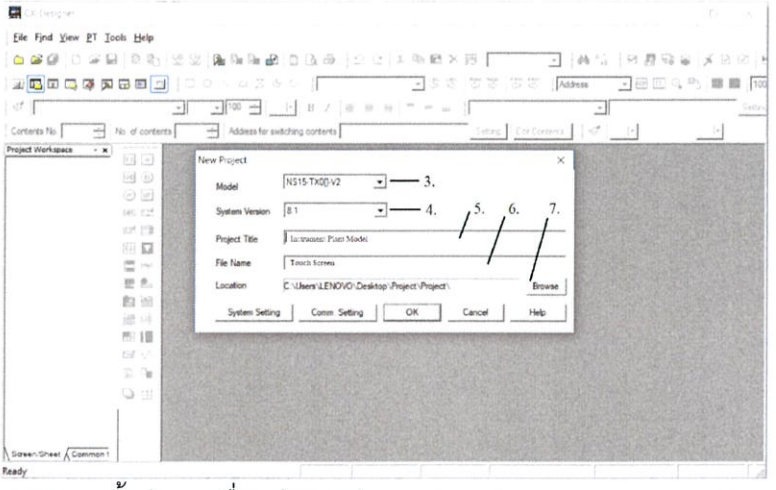
3.3 การสร้างกราฟฟิคและตั้งค่าการเชื่อมต่อกับโปรแกรม CX-Programmer

1. เปิดโปรแกรม CX-Designer
2. คลิ้ก File > เลือก New Project เพื่อสร้างโปรเจคใหม่



รูปที่ 3.27 การสร้าง New Project

3. ปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 3.28 เลือกรุ่นของจอ Touch Screen ที่ใช้ เลือก NS15-TX00-V2
4. เลือก System Version ของจอ Touch Screen ที่ใช้ เลือก V. 8.1
5. ตั้งชื่อโปรเจค “Instrument Plant Model”
6. ตั้งชื่อ File “Touch Screen”
7. เลือกตำแหน่งของไฟล์ PLC ที่เขียนด้วยโปรแกรม CX-Designer



รูปที่ 3.28 การตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างจอ Touch Screen และ CX-Designer

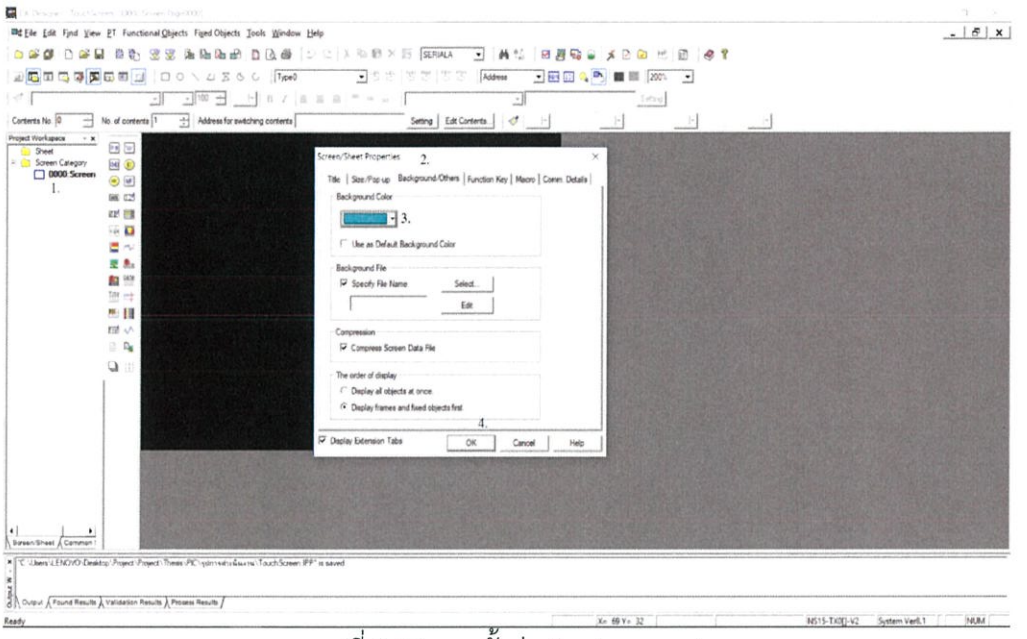
8. เมื่อเข้ามายังหน้าจอหลักแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการตั้งค่า Background

   1. คลิ้กขวาที่บริเวณหน้าจอ เลือก Screen/Sheet Properties

   2. ปรากฏหน้าจอตั้งค่าพื้นหลังดังรูปที่ 3.29 เลือก Background others

   3. เลือกสีของพื้นหลัง

   4. กด OK

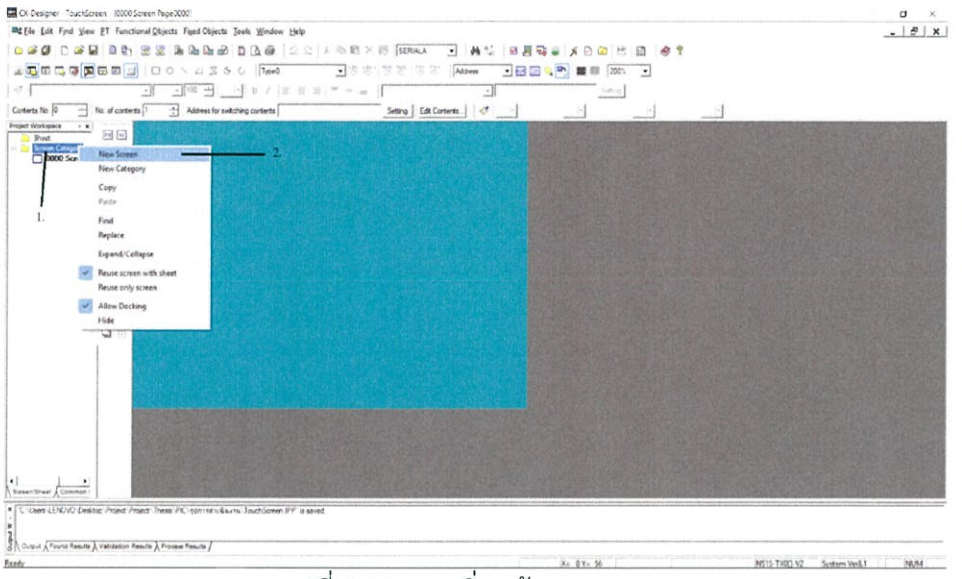


รูปที่ 3.29 การตั้งค่า Background

9. หลังจากทำการตั้งค่าภาพพื้นหลังของจอ Touch Screen ขั้นตอนต่อมาคือการเพิ่มหน้าจอ แสดงผลของจอ Touch Screen ดังรูปที่ 3.30

   1. ที่หน้าต่าง Project Workspace ทางด้านซ้าย คลิ้กขวาที่ Screen Category

   2. เลือก New Screen

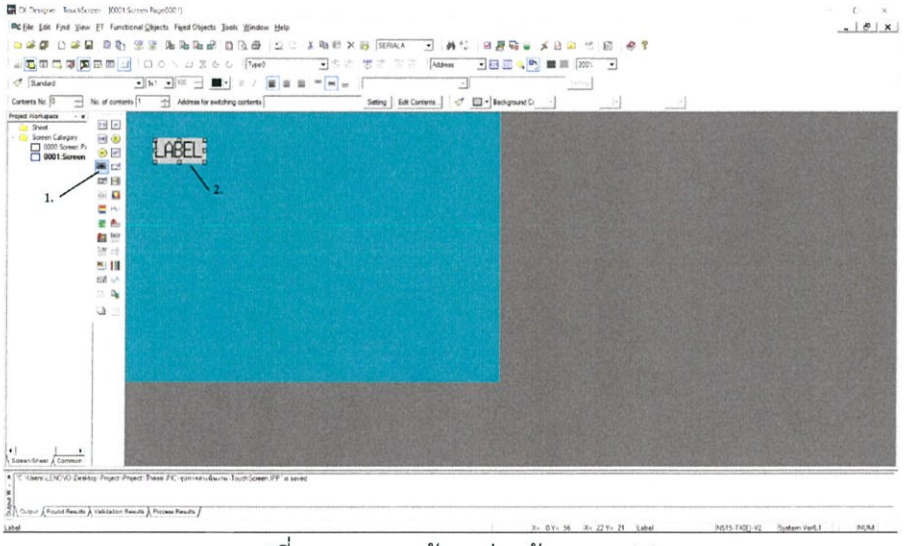


รูปที่ 3.30 การเพิ่มหน้าจอแสดงผล

10. คำสั่งที่ใช้ในการสร้างหน้าจอ Touch Screen

10.1 คำสั่ง Label ใช้ในการสร้างกล่องข้อความ มีวิธีการสร้างดังนี้

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง Label
2. คลิ้กซ้ายค้างบริเวณหน้าจอ ลากเพื่อสร้างกล่องข้อความ

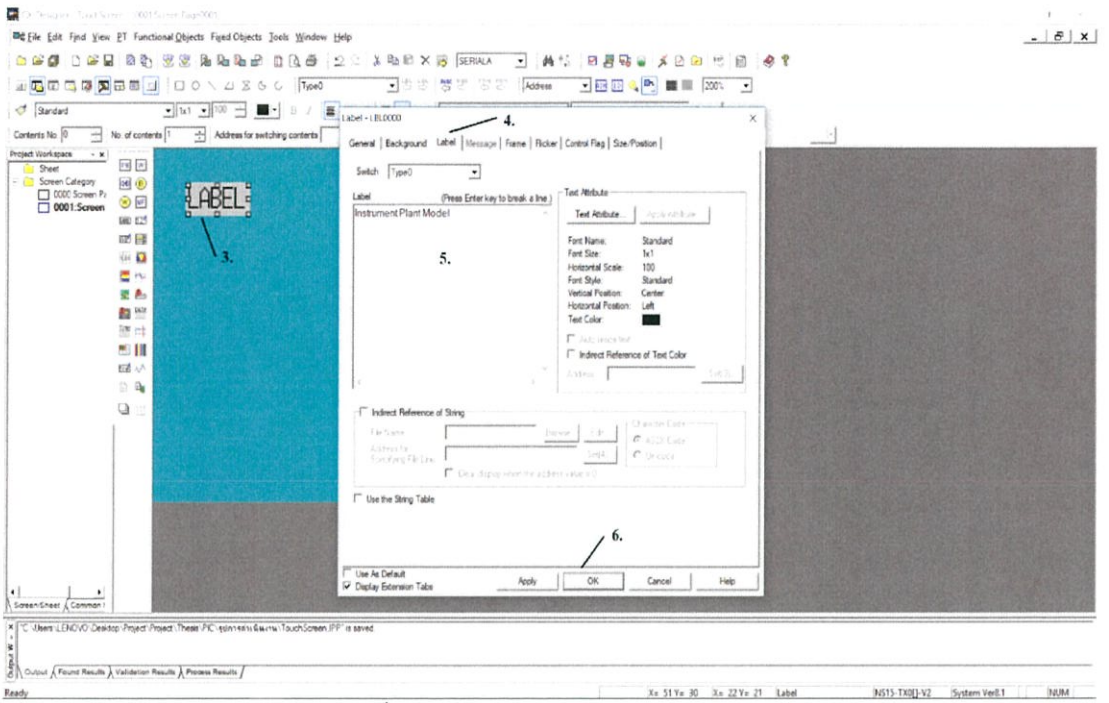


รูปที่ 3.31 การสร้างกล่องข้อความ (1)

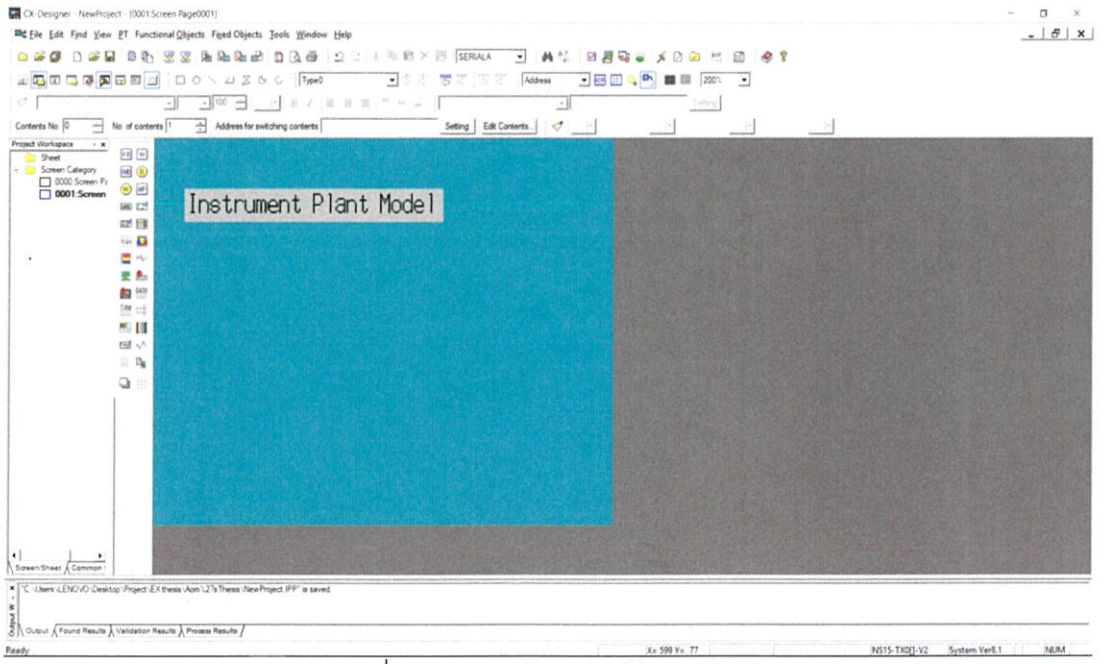
3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่กล่องข้อความ
4. ไปที่แท็บ Label

5. ใส่ข้อความที่ต้องการ

6. กด OK



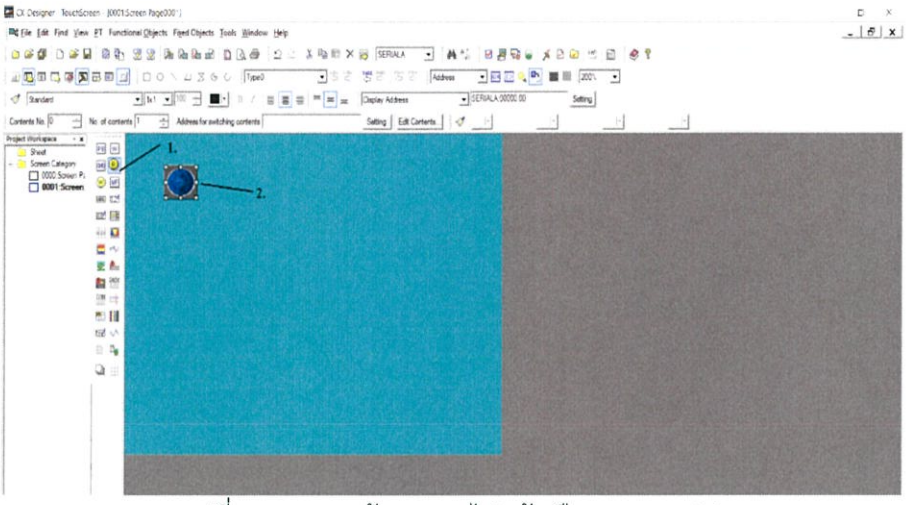
รูปที่ 3.32 การสร้างกล่องข้อความ (2)



รูปที่ 3.33 การสร้างกล่องข้อความ (3)

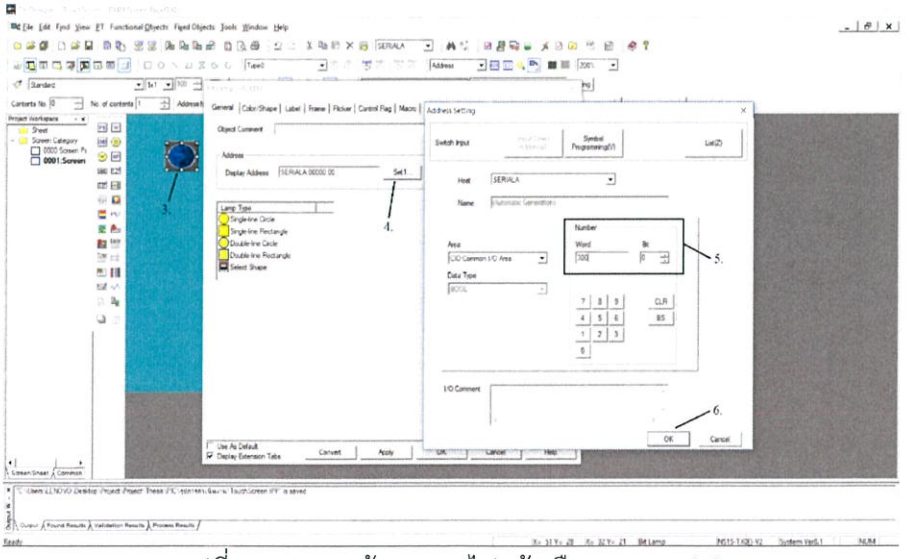
10.2 คำสั่ง Bit Lamp ใช้แสดงสถานะของระบบในรูปของหลอดไฟ มีวิธีการสร้างดังนี้

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง Bit Lamp
2. คลิ้กซ้ายค้างบริเวณหน้าจอ ลากเพื่อสร้างหลอดไฟ



รูปที่ 3.34 การสร้างหลอดไฟแจ้งเตือนสถานะ (1)

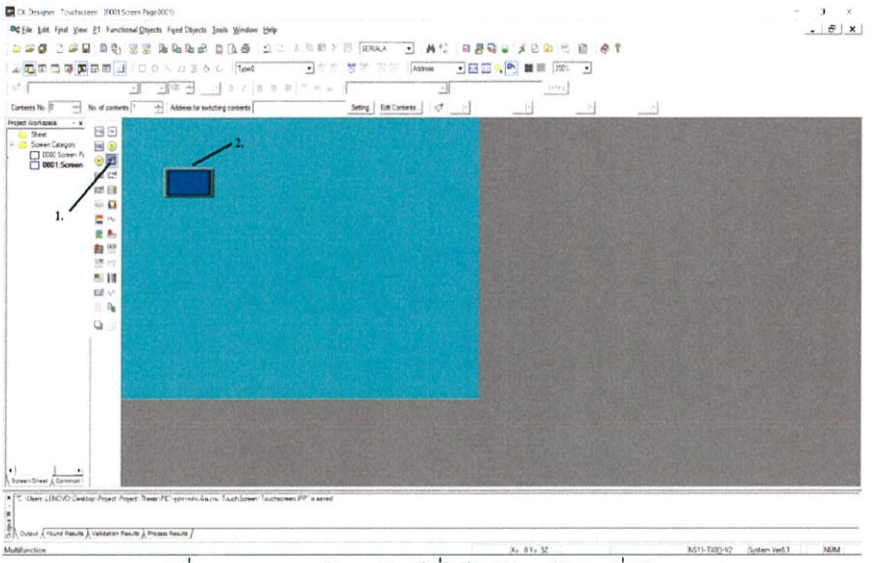
3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่หลอดไฟ
4. คลิ้กซ้ายที่ Set 1
5. ใส่ Address ของ Output ที่ต้องการแสดงที่หลอดไฟ
6. กด OK



รูปที่ 3.35 การสร้างหลอดไฟแจ้งเตือนสถานะ (2)

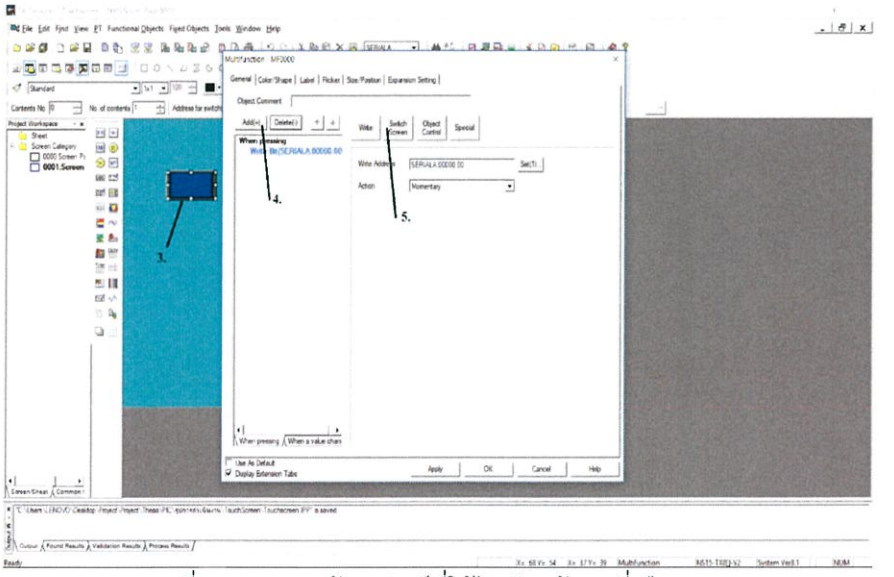
10.3 คำสั่ง Multifunction Switch ใช้สร้างสวิตส์ที่กดแล้วจะไปยังหน้าจอที่เลือกไว้

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง Multifunction Switch
2. คลิ้กซ้ายค้างบริเวณหน้าจอ ลากเพื่อสร้างสวิตส์



รูปที่ 3.36 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (1)

3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่สวิตส์
4. คลิ้กซ้ายที่ Add(+)
5. เลือก Switch Screen

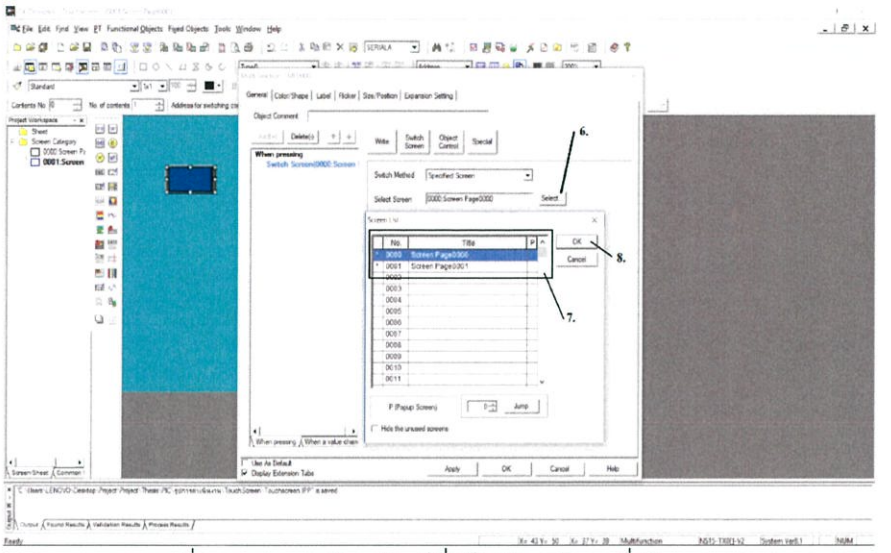


รูปที่ 3.37 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (2)

6. เลือก Select

7. เลือกหน้าจอที่ต้องการเปลี่ยนเมื่อกดสวิตส์

8. กด OK

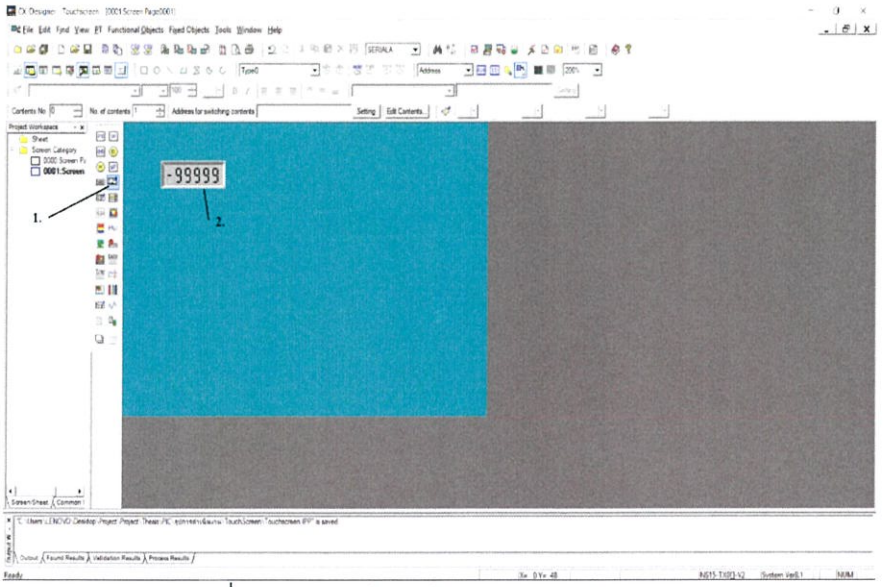


รูปที่ 3.38 การสร้างสวิตส์ที่ใช้ไปยังหน้าจอที่เลือก (3)

10.4 คำสั่ง Numeric Display ใช้แสดงค่าในระบบและใส่ค่าพารามิเตอร์เข้าไปในระบบ

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง Numeric Display

2. คลิ้กซ้ายค้างบริเวณหน้าจอ ลากเพื่อสร้าง Display



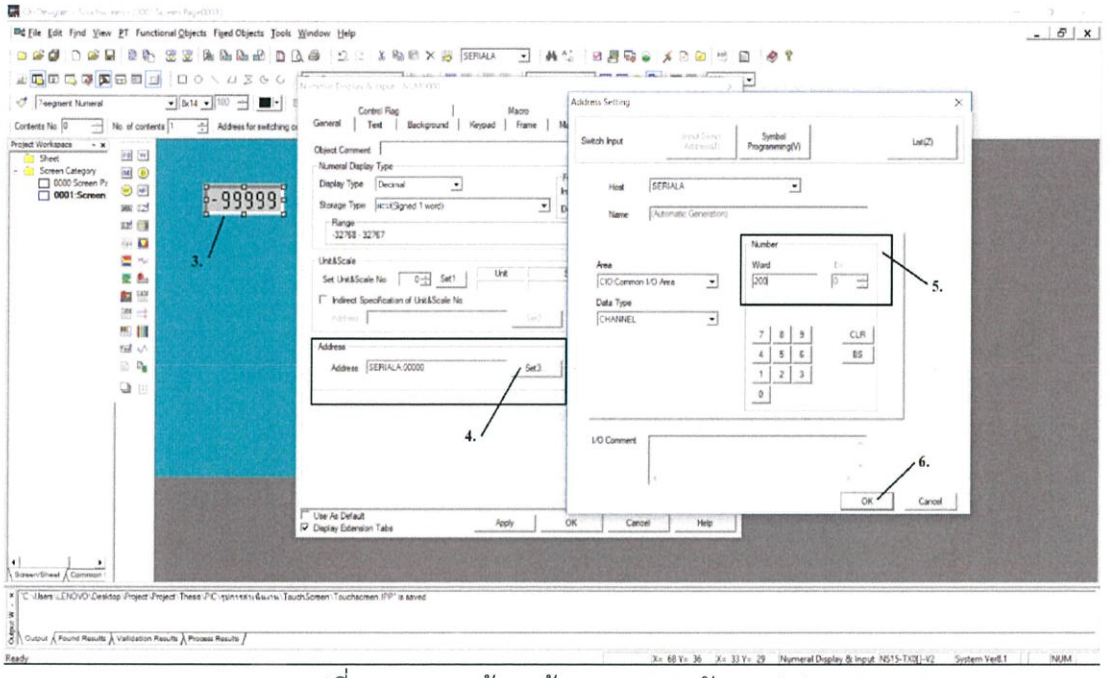
รูปที่ 3.39 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (1)

3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่ Display

4. คลิ้กซ้ายที่ Set 3

5. ใส่ Address ที่ต้องการแสดงค่าตัวเลขหรือกำหนดค่าบนจอ Touch Screen

6. กด OK



รูปที่ 3.40 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (2)

7. คลิ้กซ้ายที่ Set 1

8. ใส่ค่าสเกลที่ต้องการ*

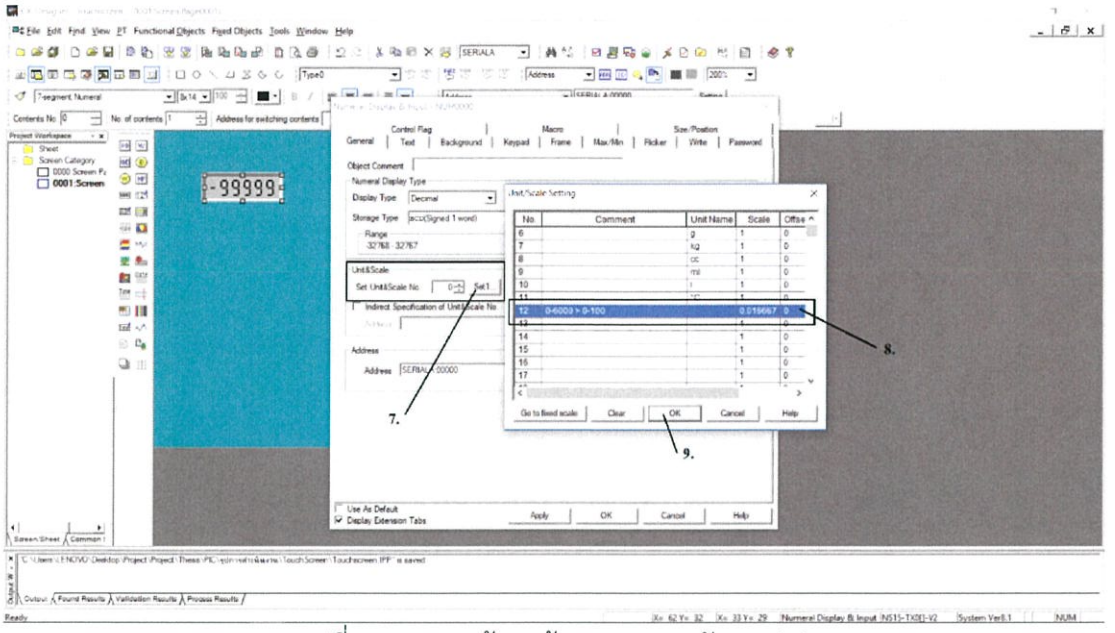
9. กด OK

* การกำหนดค่าสเกล

ค่าที่รับมาจาก Transmitter คือสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA เมื่อเข้ามายัง PLC ค่า 4-20 mA จะถูกแปลงเป็น 0-6000 ตามค่า Resolution ที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ เมื่อต้องการนำมาแสดงที่หน้าจอ Touch Screen เป็นค่า 0-100 ค่าที่จะถูกนำมาใช้เป็นค่าสเกลคือ

ค่าสเกลที่ใช้ = 100/6000

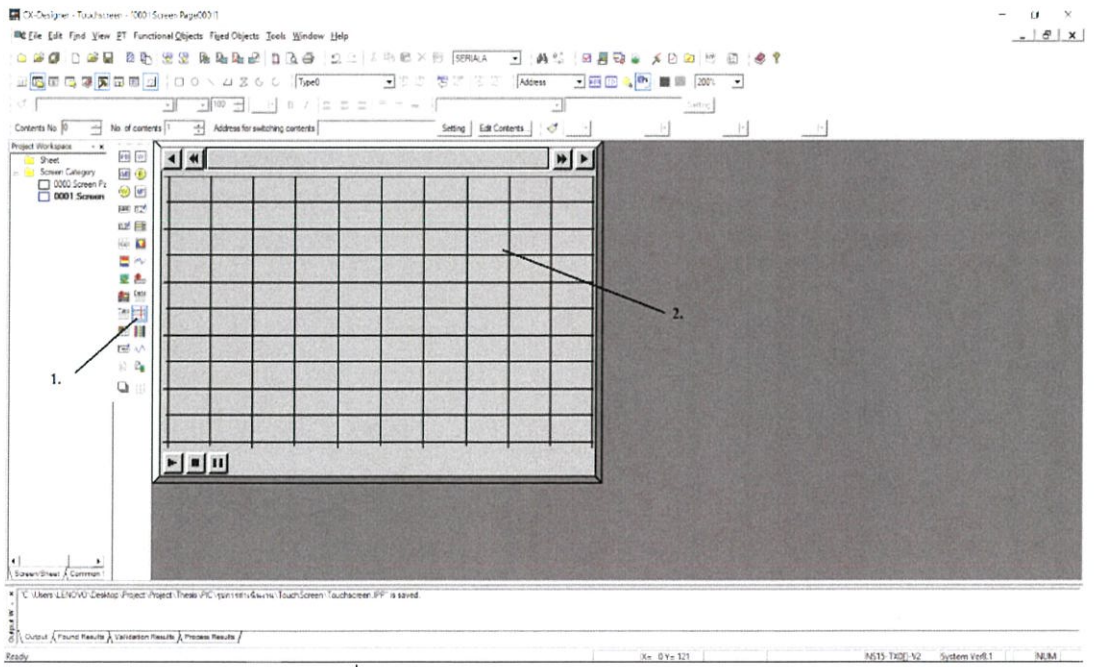
= 0.01666667



รูปที่ 3.41 การสร้างหน้าจอแสดงผลตัวเลข (3)

10.5 คำสั่ง Data Log Graph ใช้สร้างกราฟแสดงค่า SV, PV และ MV

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง Data Log Graph
2. คลิ้กซ้ายค้าง ลากเพื่อสร้างกราฟ

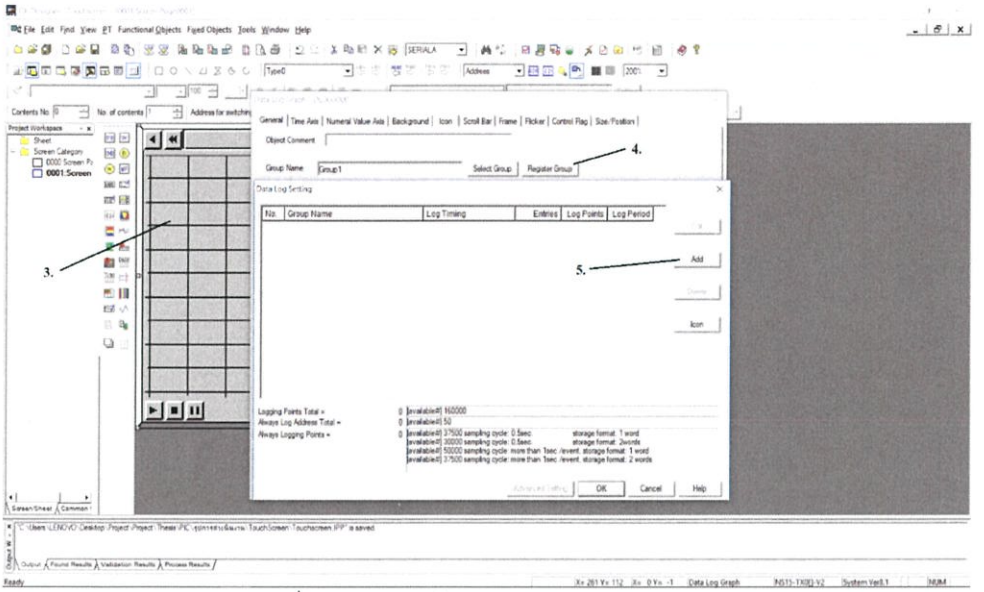


รูปที่ 3.42 การสร้าง Data Log Graph (1)

3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่หน้าจอกราฟ

4. เลือก Register Group

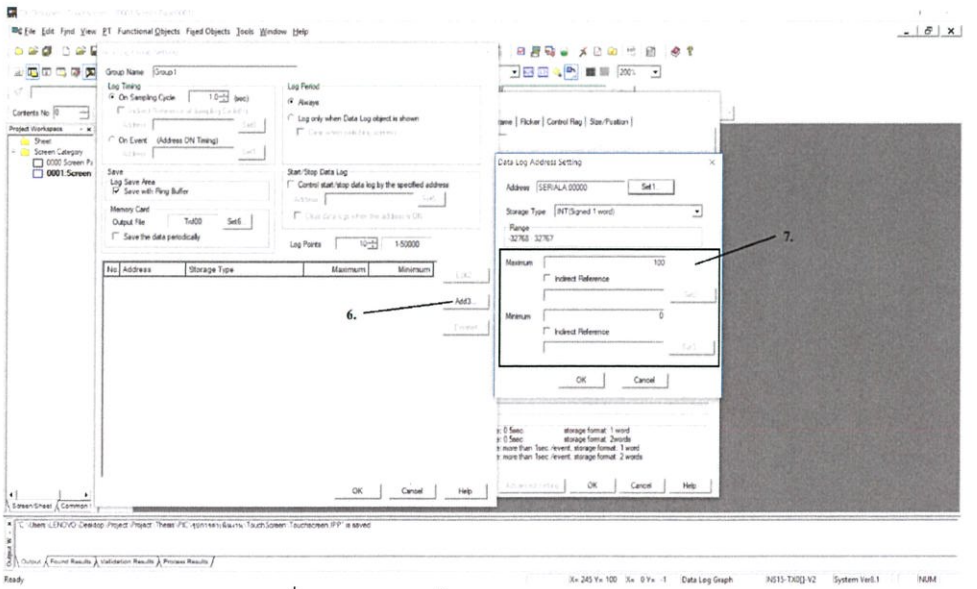
5. คลิ้ก Add



รูปที่ 3.43 การสร้าง Data Log Graph (2)

6. เลือก Add 3

7. ตั้งค่าต่ำสุด/สูงสุดของกราฟที่ต้องการแสดง

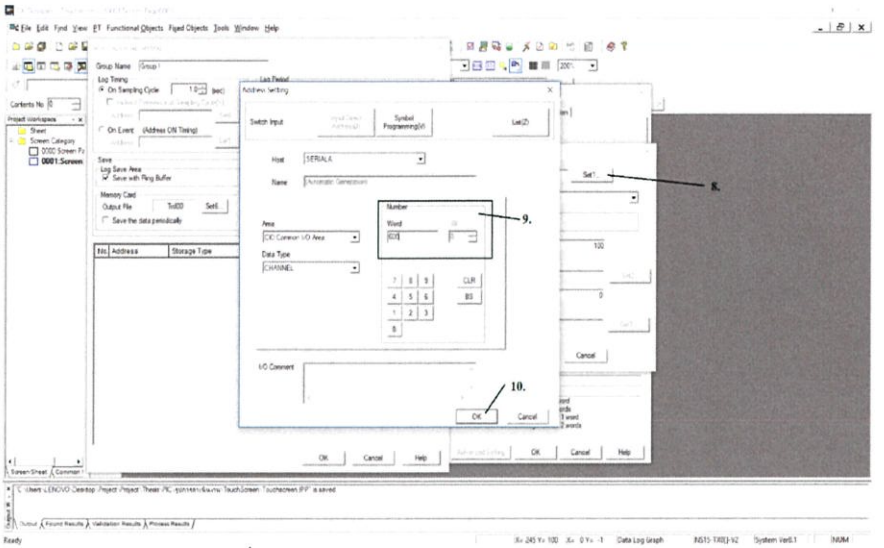


รูปที่ 3.44 การสร้าง Data Log Graph (3)

8. เลือก Set 1

9. ใส่ค่า Address ของค่าที่ต้องการแสดงเป็นกราฟ

10. กด OK

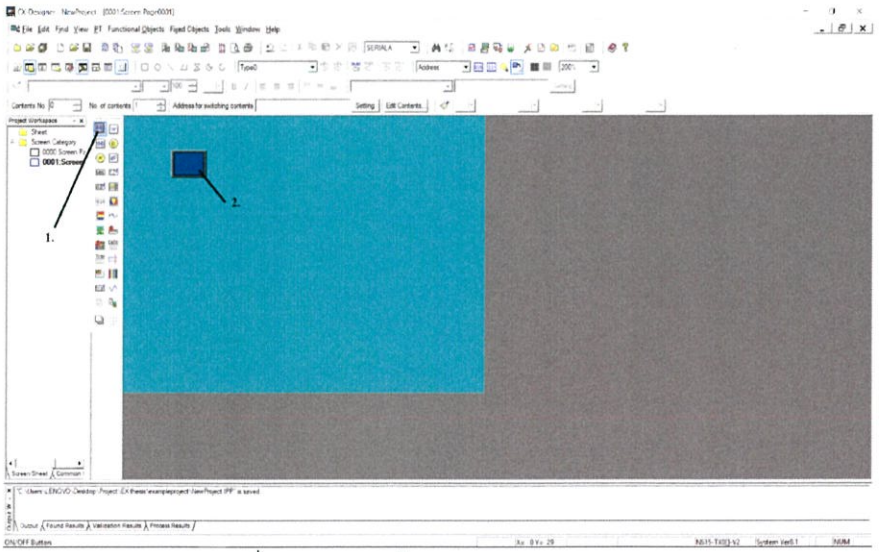


รูปที่ 3.45 การสร้าง Data Log Graph (4)

10.6 คำสั่ง On/Off Button ใช้เริ่มต้นการทำงานของระบบหรือฟังค์ชั่นต่างๆเมื่อกดสวิตส์

1. ที่หน้าต่างแถบเครื่องมือทางด้านซ้าย คลิ้กซ้ายที่คำสั่ง On/Off Button

2. คลิ้กซ้ายค้าง ลากเพื่อสร้างสวิตส์



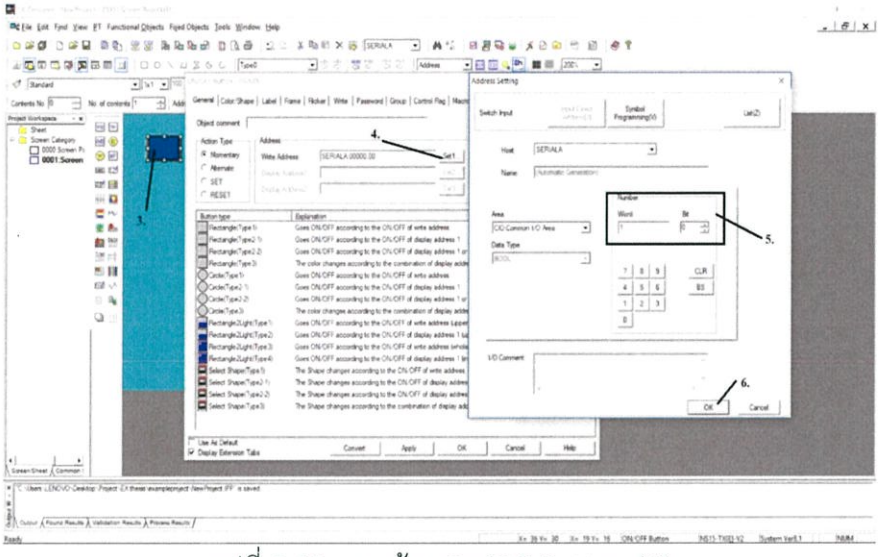
รูปที่ 3.46 การสร้าง On/Off Button (1)

3. ดับเบิ้ลคลิ้กที่สวิตส์

4. คลิ้กซ้ายที่ Set 1

5. ใส่ Address ของสวิตส์

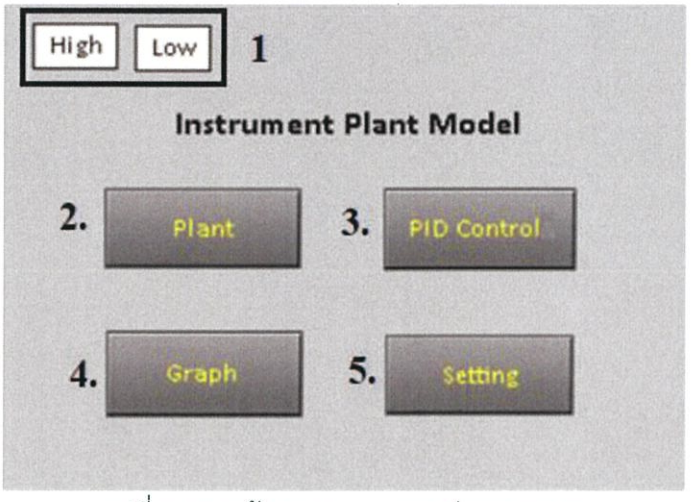
6. กด OK



รูปที่ 3.47 การสร้าง On/Off Button (2)

11. ใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องในข้อที่ 10 สร้างหน้าจอ Touch Screen ออกมาได้ทั้งหมด 5 หน้าจอดังนี้

1. หน้าจอ Home เป็นหน้าจอเริ่มต้นเมื่อเปิดใช้งาน
   1) หลอดไฟแจ้งเตือนสถานะของระดับน้ำ ตั้งค่าการแจ้งเตือนได้ที่หน้าจอ Setting (ใช้คำสั่ง Bit Lamp)
   2) สวิตส์เปลี่ยนหน้าจอ เมื่อกดแล้วจะไปยังหน้าจอ Plant Model ที่ใช้แสดงค่าที่วัดมาจากระบบ (ใช้คำสั่ง Multifunction Switch)
   3) สวิตส์เปลี่ยนหน้าจอ เมื่อกดแล้วจะไปยังหน้าจอ PID Control ที่ใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระบบคุม PID (ใช้คำสั่ง Multifunction Switch)
   4) สวิตส์เปลี่ยนหน้าจอ เมื่อกดแล้วจะไปยังหน้าจอ Graph ที่ใช้แสดงกราฟของค่า SV, PV, MV (ใช้คำสั่ง Multifunction Switch)
   5) สวิตส์เปลี่ยนหน้าจอ เมื่อกดแล้วจะไปยังหน้าจอ Setting ที่ใช้ในการตั้งค่าต่างๆภายในระบบ (ใช้คำสั่ง Multifunction Switch)



รูปที่ 3.48 หน้าจอ Home ของส่วนแสดงผล

2. หน้าจอ Plant เป็นหน้าจอที่ใช้แสดงค่าที่วัดมาจาก Transmitter ทั้ง 4 ตัว และใช้ในการสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานหรือหยุดทำงาน

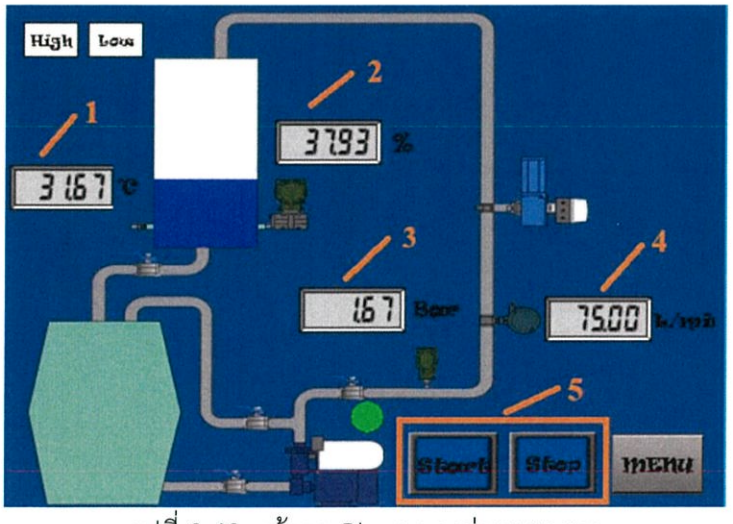
   1) แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดมาจาก RTD (PT100) (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

   2) แสดงค่าระดับน้ำในถังที่วัดจาก Level Transmitter (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

   3) แสดงค่าความดันที่วัดจาก Pressure Transmitter (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

   4) แสดงค่าอัตตราการไหลที่วัดจาก Magnetic Flow Transmitter (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

   5) สั่ง Start Stop Motor ผ่านจอ Touch Screen (ใช้คำสั่ง On/Off Button)



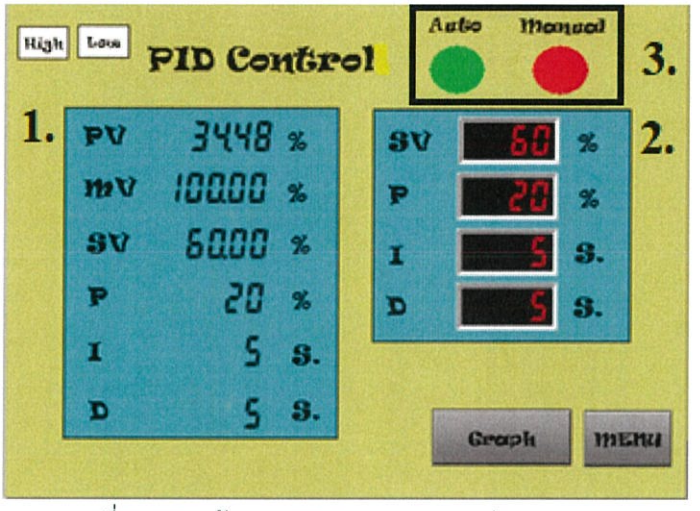
รูปที่ 3.49 หน้าจอ Plant ของส่วนแสดงผล

3. หน้าจอ PID Control ใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม PID เพื่อควบคุม Control Valve ให้เปิด-ปิดเป็นเปอร์เซนต์ สามารถใช้ได้ในโหมด Auto เท่านั้น

1) แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม PID (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

2) กำหนดค่า SV, P, I และ D ของระบบควบคุม PID (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

3) ไฟแสดงสถานะการทำงานของ Control Valve ว่าอยู่ในโหมด Manual หรือ Auto (ใช้คำสั่ง Bit Lamp)



รูปที่ 3.50 หน้าจอ PID Control ของส่วนแสดงผล

4) หน้าจอ Graph ใช้แสดงกราฟของค่า SV, PV และ MV (ใช้คำสั่ง Data Log Graph)

a) ใช้เลื่อนเพื่อย้อนดูแนวโน้มของกราฟที่ผ่านไปแล้ว

b) เมื่อกดแล้วจะเริ่มการแสดงกราฟ SV, PV และ MV

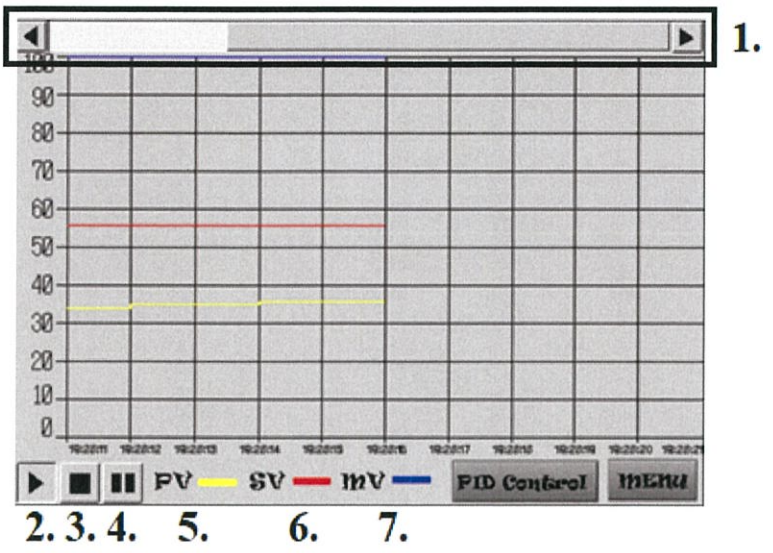
c) เมื่อกดแล้วจะหยุดการแสดงกราฟ SV, PV และ MV

d) เมื่อกดแล้วจะหยุดเพื่อดูกราฟ SV, PV และ MV ในขณะนั้น

e) เส้นสีเหลืองคือค่า PV ที่เกิดขึ้นในระบบ

f) เส้นสีแดงคือค่า SV ที่เกิดขึ้นในระบบ

g) เส้นสีน้ำเงินคือค่า MV ที่เกิดขึ้นในระบบ



รูปที่ 3.51 หน้าจอ Graph แสดงค่า SV, PV และ MV ของส่วนแสดงผล

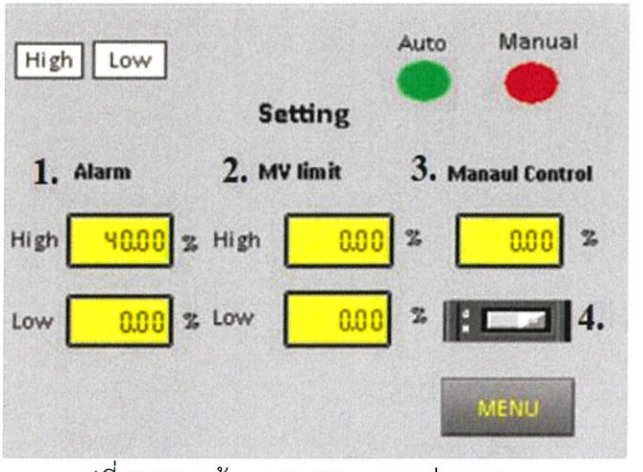
5) หน้าจอ Setting ใช้ในการตั้งค่าต่างๆภายในระบบ ดังนี้

a) ตั้งค่าแจ้งเตือนระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

b) ตั้งค่าจำกัดการเปิดของ Control Valve (MV) (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

c) ตั้งค่าควบคุมทำงานของ Control Valve โดยใส่ค่าเปอร์เซนต์ของ Control Valve ใช้ได้ในโหมด Manual เท่านั้น (ใช้คำสั่ง Numeric Display)

d) สวิตส์ควบคุมการทำงานของ Control Valve ให้อยู่ในโหมด Manual หรือ Auto เมื่อระบบเริ่มทำงาน Control Valve จะอยู่ในโหมด Auto (ใช้คำสั่ง On/Off Button)



รูปที่ 3.52 หน้าจอ Setting ของส่วนแสดงผล

3.4 การสร้างและติดตั้ง Plant Model

การสร้างและติดตั้ง Plant Model มีทั้งหมด 2 ส่วนคือ

1. การสร้าง Plant Model

เป็นขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ต่างๆตามแบบที่วาดเอาไว้รวมถึงการลากสายสัญญาณและแหล่งจ่ายไฟ (Supply) ไปรอไว้เตรียมพร้อมสำหรับการเข้าตู้ควบคุม ในรูปที่ 3.53 คือการลากสายจาก Pressure Transmitter ไปยัง Terminal ของตู้ควบคุม

รูปที่ 3.53 การเข้าสาย Pressure Transmitter

ในรูปที่ 3.54 คือการลากสายจาก Positioner Valve ไปยัง Terminal ที่อยู่ภายในของตู้ควบคุม

รูปที่ 3.54 การเข้าสาย Positioner Valve

2. การประกอบตู้ควบคุม

เป็นขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ลงไปในตู้ควบคุมและการเดินสายไฟไปยังอุปกรณ์ต่างๆ จากรูปที่ 3.55 แสดงขั้นตอนการติดตั้งรีเลย์ลงในตู้ควบคุม

รูปที่ 3.55 การติดตั้ง Relay ในตู้ควบคุม

ในรูปที่ 3.56 คือขั้นตอนการลากสายจากหลอดไฟไปยัง Terminal ที่อยู่ภายในตู้ควบคุม

รูปที่ 3.56 การต่อสายเข้า Pilot Lamp

ในรูปที่ 3.57 คือขั้นตอนการลากสายจากแหล่งจ่าย 220V เข้าคอยล์ของ Magnetic Contactor

รูปที่ 3.57 การต่อสายเข้า Magnetic Contactor

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

แบบจำลองระบบควบคุมการวัดในอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ในการฝึกสอนพนักงานใหม่ให้สามารถทำความเข้าใจระบบการวัดในอุตสาหกรรม สามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดได้และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับผลการดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

รูปที่ 4.1 Instrument Plant Model

สำหรับผลการดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

4.1 แบบจำลองระบบควบคุมการวัดในอุตสาหกรรม (Plant Model)

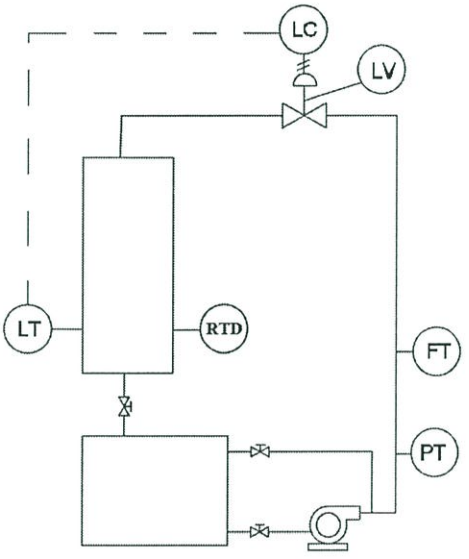
จากข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของ Plant Model ในบทที่ 3 ที่ทางบริษัทต้องการได้ทำการออก Plant Model เพื่อใช้สำหรับเรียนรู้การทำงานของเครื่องมือวัดและการสอบเทียบเครื่องมือวัด ในแบบจำลองนี้จะเป็นการควบคุมระดับน้ำในถังโดยใช้ Level Transmitter วัดระดับน้ำในถังและส่งค่าไปยัง PLC

เพื่อควบคุมระดับน้ำในถัง โดย PLC จะสั่งให้ Control Valve เปิด-ปิดน้ำไหลเข้าถังด้วยการควบคุมแบบ PID นอกจากนี้แล้วระบบยังสามารถวัดค่าอุณหภูมิในถังวัด วัดอัตราการไหลภายในท่อและวัดความดันภายในท่อได้ ซึ่งตรงตามข้อจำกัดตามที่บริษัทต้องการ ในอนาคตทางบริษัทมีแผนที่จะติดตั้ง Heater เข้าไปในถังวัดเพื่อการเรียนรู้วิธีการวัดและควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุม PID ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน Plant Model นี้มากขึ้น ปัจจุบัน Plant Model ที่ออกแบบประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. Level Transmitter (D/P Transmitter) เป็นอุปกรณที่ใช้ในการวัดระดับน้ำภายในถังวัด
2. Measuring Tank เป็นถังที่ใช้ในการวัดระดับน้ำและวัดอุณหภูมิ
3. RTD ชนิด PT100 เป็นอุปกรณที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำภายในถังวัด
4. Control Valve เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมปริมาณน้ำที่เข้าไปยังถังวัด
5. Magnetic Flow Transmitter เป็นอุปกรณที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำภายในท่อ
6. Pressure Transmitter ชนิดไดอะเฟรม เป็นอุปกรณที่ใช้ในการวัดความดันของน้ำภายในท่อ ใช้หลักการการยืดหดตัวของ Strain Gauge ที่ยึดติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม เมื่อแผ่นไดอะแฟรมได้รับความดัน ความดันที่ได้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วยวงจรวิทสโตนบริดจ์
7. Water Pump เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สูบน้ำจากถังเก็บไปยังถังวัด
8. Air Regulator เป็นอุปกรณ์ปรับแรงดันลมที่มาจากปั๊มลมก่อนที่จะเข้าไปยัง Positioner Valve
9. Storage Tank คือถังที่ใช้ในการเก็บน้ำ

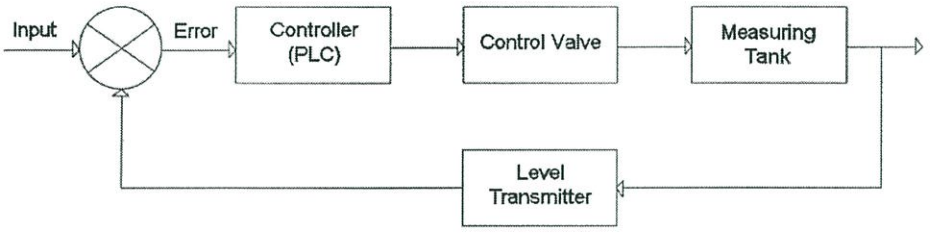
รูปที่ 4.2 Plant Model

จากรูปที่ 4.2 Plant Model สามารถเขียน Piping and Instrumentation *Diagram* (*P&ID*) ได้ดังรูปที่ 4.3 เพื่อให้สามารถดูภาพรวมของระบบได้สะดวกยิ่งขึ้น จากไดอะแกรมปั๊มน้ำจะสูบน้ำจากถังเก็บผ่าน Pressure Transmitter, Flow Transmitter และ Control Valve ไปยังถังวัดที่มี RTD และ Level Transmitter ติดตั้งอยู่ ที่ใต้ถังวัดจะมี Manual Valve ทำหน้าที่เป็นโหลดเพื่อเปิด-ปิดให้น้ำในถังไหลออกมาหรือน้อยตามปริมาณที่ต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการถัดไป ซึ่งน้ำที่ไหลออกจากถังวัดจะไหลกลับไปที่ถังเก็บ ระบบนี้จึงเป็นการควบคุมระดับน้ำแบบป้อนกลับ (Feedback Level Control) ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2



รูปที่ 4.3 P&ID ของ Level Control

จากรูปที่ 4.4 แสดงการควบคุมระดับน้ำแบบป้อนกลับ ระดับน้ำในถังวัดถูกวัดด้วย Level Transmitter ค่าที่วัดได้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่า Setpoint ทำให้ได้ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ค่าคลาดเคลื่อนจะอินพุทให้กับตัวควบคุม (Controller) และตัวควบคุมจะสร้างสัญญาณเอาท์พุทที่ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ P, I และ D ที่กำหนดไว้ เอาท์พุทของตัวควบคุมจะถูกส่งไปที่ Positioner Valve และ Control Valve เพื่อให้น้ำไหลเข้าไปในถังวัดมากขึ้นหรือน้อยลง ทำให้ระดับน้ำในถังวัดมีการเปลี่ยนแปลง การวัดระดับน้ำและการเปรียบเทียบกับ Setpoint จะดำเนินการเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ถ้าค่าพารามิเตอร์ P, I และ D ที่กำหนดไว้มีความเหมาะสม ระดับน้ำจะเข้าสู่ค่า Setpoint ได้ แต่ถ้าไม่เหมาะสมก็ยังเกิดความคลาดเคลื่อนต่อไป



รูปที่ 4.4 การควบคุมระดับน้ำแบบป้อนกลับ

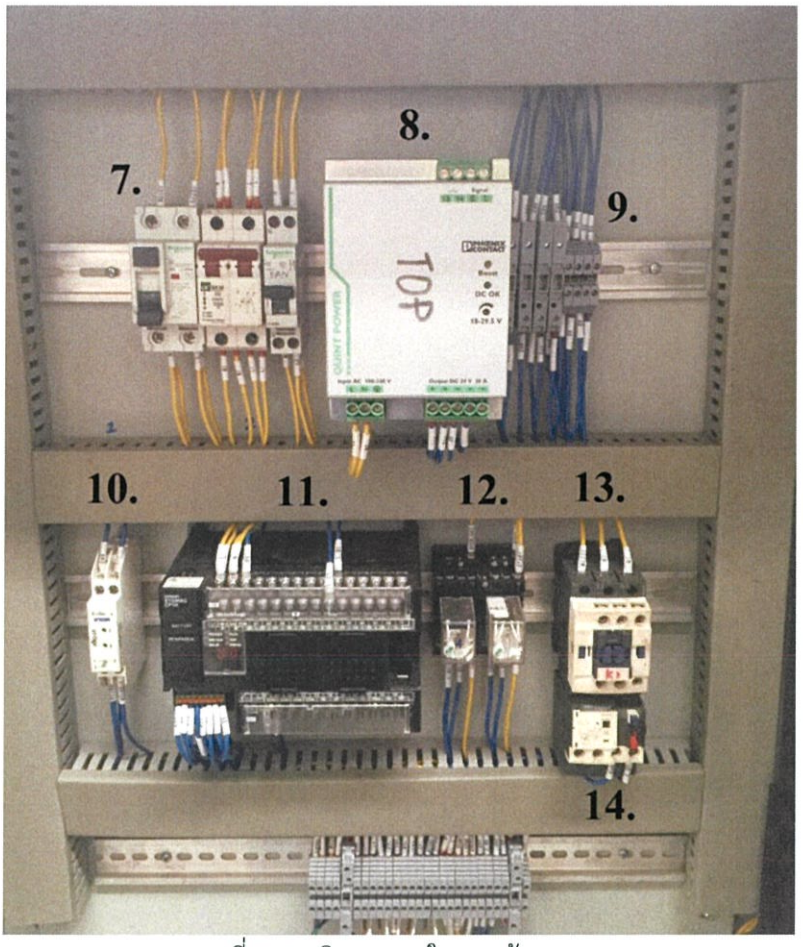
4.2 ตู้ควบคุม

ใช้สำหรับวางอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบและเชื่อมต่ออุปกรณ์จากภายในตู้และภายนอกตู้เข้าด้วยกัน บริเวณด้านนอกของตู้ควบคุมจะมีไฟแสดงสถานะต่างๆของมอเตอร์ปั๊มน้ำ ปุ่ม Emergency Push Button ที่ใช้สำหรับหยุดการทำงานแบบฉุกเฉิน และจอ Touch Screen ที่ใช้ในการแสดงค่าที่วัดจากอุปกรณ์วัดในระบบ ค่าที่จะแสดงนั้นมีค่าความดันภายในท่อ ค่าอัตราการไหลภายในท่อ ค่าอุณหภูมิของน้ำภายในถังวัดและใช้กำหนดค่า SV, P, I และ D ของระบบควบคุม PID เพื่อควบคุมระดับภายในถัง ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

1. Pilot Lamp ติด เมื่อระบบพร้อมใช้งาน
2. Pilot Lamp ติด เพื่อแสดงว่าปั๊มน้ำกำลังทำงาน
3. Pilot Lamp ติด เพื่อแสดงว่าปั๊มน้ำหยุดทำงาน
4. Pilot Lamp ติด เพื่อแสดงว่ามอเตอร์ของปั๊มน้ำเกิดโอเวอร์โหลด และปั๊มน้ำจะหยุดทำงาน
5. Emergency Push Button (EPB) กด EPB เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด เช่น อุบัติเหตุ EPB จะตัดการทำงานของระบบ และให้บิดปุ่ม EPB ไปทางขวามือ เพื่อ Reset ให้ระบบเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง
6. Touch Screen Display ใช้แสดงค่าที่วัดได้จากระบบและควบคุมระดับน้ำด้วยระบบควบคุม PID โดยการใส่ค่า SV, P, I และ D ลงไป

รูปที่ 4.5 บริเวณภายนอกของตู้ควบคุม

7. Circuit Breaker ใช้ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อมีไฟฟ้าลัดวงจรในระบบ
8. Power Supply 24V แปลงไฟ 220 VAC เป็น 24 VDC
9. Terminal ใช้เป็นจุดต่อร่วมของสายไฟ
10. Temperature Transmitter แปลงค่าความต้านทานจาก RTD เป็นกระแส 4-20 mADC
11. PLC Omron CP1H ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
12. Relay 24VDC ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
13. Magnetic Contactor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า
14. Overload Relay อุปกรณ์ป้องกันไม่ให้มอเตอร์เกิดความเสียหายเมื่อมีกระแสไหลเกิน



รูปที่ 4.6 บริเวณภายในของตู้ควบคุม

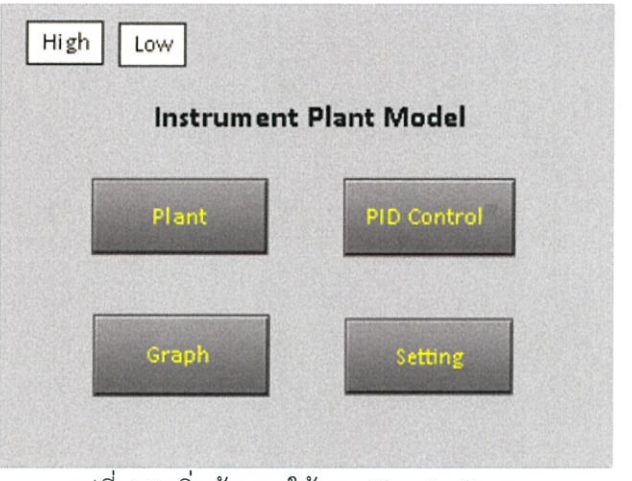
4.3 หน้าจอ Touch Screen

เป็นส่วนแสดงผลของระบบผ่านหน้าจอ Touch Screen ใช้ในการแสดงค่าที่วัดจากเครื่องมือวัดในระบบ โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิภายในถังวัด ค่าระดับน้ำภายในถังวัด ค่าความดันภายในท่อและค่าอัตราการไหลภายในท่อ และสามารถควบคุมระดับน้ำภายในถังได้ โดยการใส่ค่าพารามิเตอร์ลงไปในหน้า PID Control ของหน้าจอ Touch Screen เพื่อควบคุม Control Valve ให้เปิด-ปิดเป็นเปอร์เซนต์ สามารถควบคุม Control Valve ได้ 2 โหมดคือโหมด Auto เป็นการใช้ระบบควบคุมแบบ PID ควบคุมให้ Control Valve เปิด-ปิดเป็นเปอรเซนต์โดยอัตโนมัติและโหมด Manual ควบคุมให้ Control Valve เปิด-ปิดเป็นเปอร์เซนต์ได้ตามที่ต้องการ โดยจะมีการทดสอบการทำงานของระบบเพื่อดูว่าส่วนแสดงผลนั้นสามารถแสดงค่าที่วัดได้อย่างถูกต้องและสามารถควบคุมระดับภายในถังได้แบ่งการทดสอบได้เป็นดังนี้

4.3.1 การทดสอบควบคุมระดับน้ำภายในถังวัดของแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม

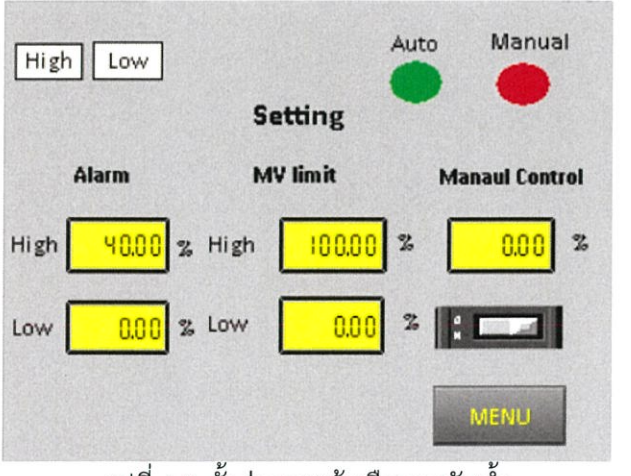
เป็นการทดสอบควบคุมระดับน้ำภายในถังวัดด้วยตัวควบคุมแบบ PID โดยการใส่ค่าพารามิเตอร์ SV, P, I และ D เข้าไปในตัวควบคุมผ่านทางหน้าจอ Touch Screen สำหรับเงื่อนไขในการทดสอบคือ ต้องการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ 50% โดยเลือกค่า P, I และ D มาหนึ่งค่า เพื่อทดสอบว่าตัวควบคุมสามารถควบคุมระดับน้ำในถังได้จริงหรือไม่ มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดหน้าจอ Touch Screen ขึ้นมา



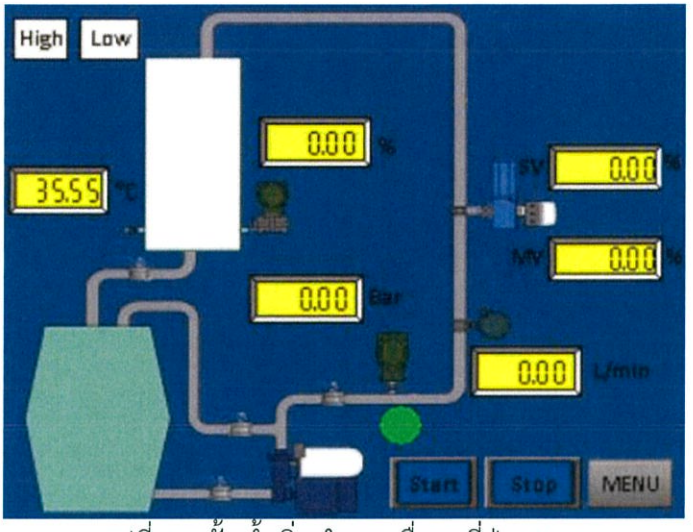
รูปที่ 4.7 เริ่มต้นการใช้งาน Touch Screen

2. เลือกเมนู Setting เพื่อทดสอบระบบแจ้งเตือนระดับน้ำ ที่หัวข้อ Alarm High ใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ขึ้นมาใส่ค่า 40 ลงไป และที่หัวข้อ MV Limit ใส่ค่า 100 ลงไป



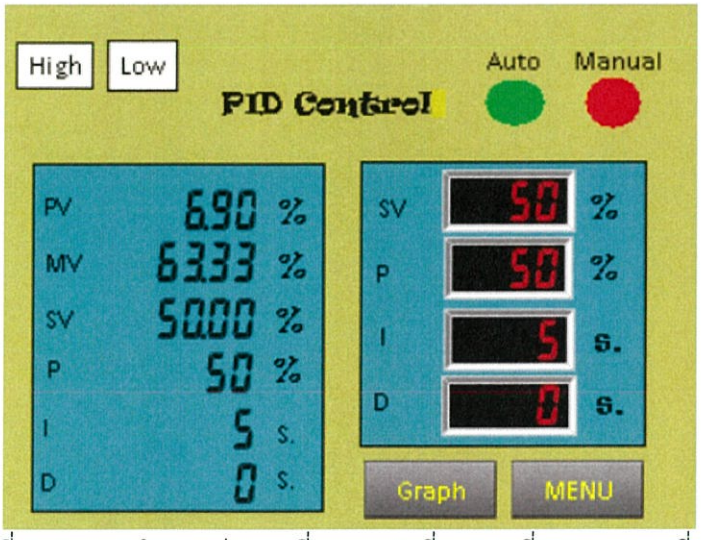
รูปที่ 4.8 ตั้งค่าการแจ้งเตือนระดับน้ำ

3. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant เพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบโดยการกดปุ่ม Start เมื่อหลอดไฟเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว แสดงว่าปั๊มน้ำเริ่มทำงานแล้ว ดังรูปที่ 4.9



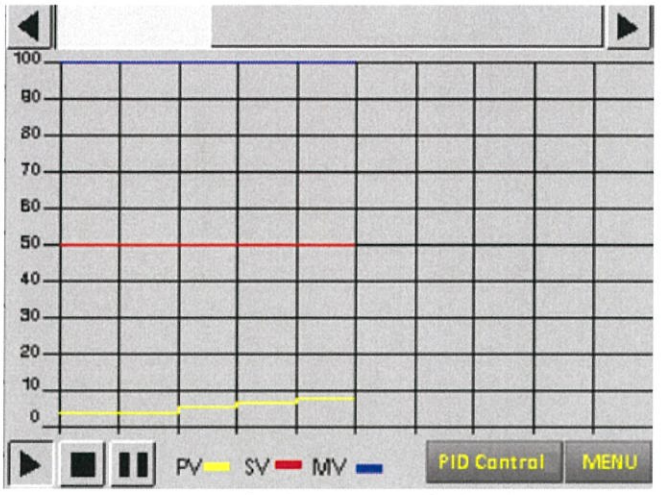
รูปที่ 4.9 ปั๊มน้ำเริ่มทำงานเมื่อกดที่ปุ่ม Start

4. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู PID Control เพื่อเริ่มต้นการควบคุมระดับน้ำในถังวัด ใช้ Mouse กดที่ช่องใส่ค่า SV, P, I และ D เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ขึ้นมา โดยกำหนดค่าขึ้นมาค่าหนึ่งเพื่อทดสอบระบบควบคุม PID ให้ Set Point (SV) = 50 %, P = 50 %, I = 5 s. และ D = 0 s. ดังรูปที่ 4.10



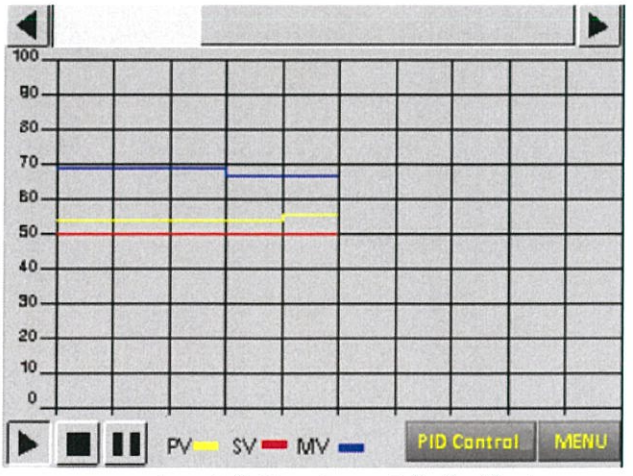
รูปที่ 4.10 การกำหนดค่า SV ที่ 50%, P ที่ 5%, I ที่ 5s. และ D ที่ 0s.

5. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Graph เพื่อดูค่า SV (เส้นสีแดง), PV (เส้นสีเหลือง) และ MV (เส้นน้ำเงิน) หลังจากทำการใส่ค่า P, I และ D เข้าไปแล้ว จากรูปที่ 4.11 ลักษณะของกราฟเมื่อระบบเริ่มทำงานจะเห็นว่าเมื่อระดับน้ำในถังยังไม่ได้ตามค่า Set Point ที่ตั้งไว้ ค่า MV จะมีค่าที่ 100% และค่า PV จะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.11



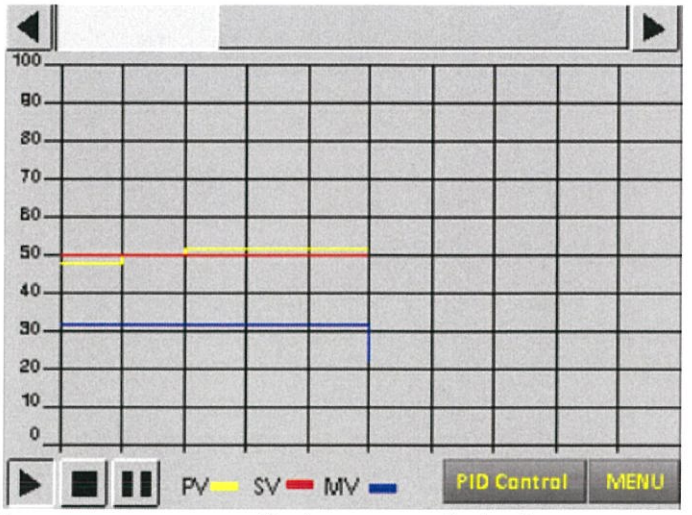
รูปที่ 4.11 ลักษณะของกราฟ SV (เส้นสีแดง), PV (เส้นสีเหลือง) และ MV (เส้นน้ำเงิน) เมื่อระบบเริ่มทำการควบคุมระดับน้ำ

6. จากรูปที่ 4.12 เมื่อระดับน้ำในถัง (PV) มีค่ามากกว่า Set Point ที่ตั้งไว้ ค่า MV จะมีค่าลดลงจนกว่าระดับน้ำในถัง (PV) จะมีค่ามากกว่า Set Point ค่า MV จึงจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ดังรูปที่ 4.12



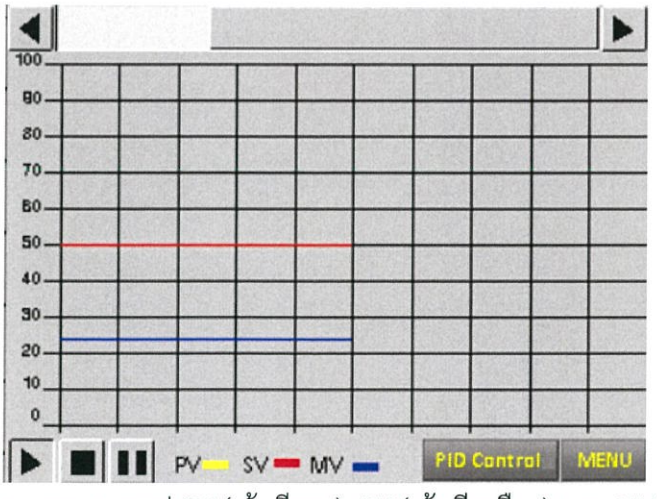
รูปที่ 4.12 ลักษณะของกราฟ SV (เส้นสีแดง), PV (เส้นสีเหลือง) และ MV (เส้นน้ำเงิน) เมื่อระดับน้ำมีค่ามากกว่า Set point

7. จากรูปที่ 4.13 เมื่อระบบเริ่มเข้าสู่สมดุล เส้นกราฟของค่า PV จะมีค่าใกล้เคียงเส้นกราฟของค่า SV มากขึ้น และกราฟของค่า MV จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยลง ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ลักษณะของกราฟ SV (เส้นสีแดง), PV (เส้นสีเหลือง) และ MV (เส้นน้ำเงิน) เมื่อระบบใกล้เข้าสู่สมดุล

8. เมื่อระดับน้ำเริ่มคงที่จะพบว่าเส้นกราฟของค่า PV กับ SV จะทับกันและเส้นกราฟของค่า MV จะเริ่มคงที่ แสดงว่าระบบเข้าสู่สมดุลแล้ว ดังรูปที่ 4.14

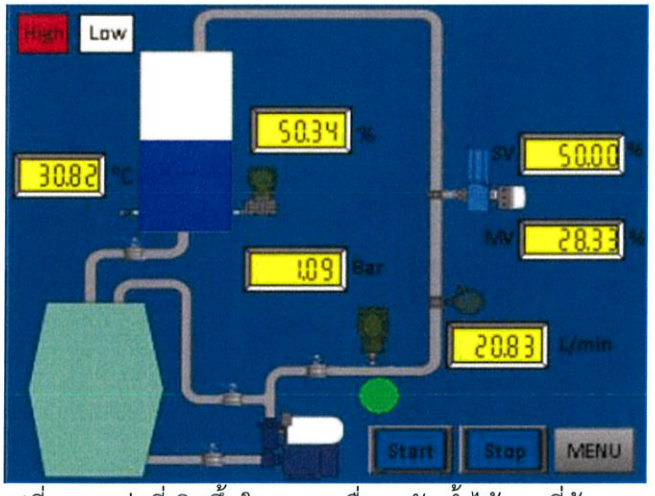


รูปที่ 4.14 ลักษณะของกราฟ SV (เส้นสีแดง), PV (เส้นสีเหลือง) และ MV (เส้นน้ำเงิน) เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล

หมายเหตุ: ข้อจำกัดด้านการแสดงผลของกราฟ SV, PV และ MV

เนื่องจากกราฟนี้เป็นกราฟสี่เหลี่ยม ซึ่งไม่ใช่กราฟ PID ตามปกติ ทำให้ไม่สามารถแสดงค่าตั้งแต่เริ่มต้นการทำงานไปจนถึงระบบเข้าสู่สมดุลได้และการตอบสนองของกราฟค่อนข้างช้าประมาณ 1-3 วินาที หลังจากที่ค่าในระบบมีการเปลี่ยนแปลง

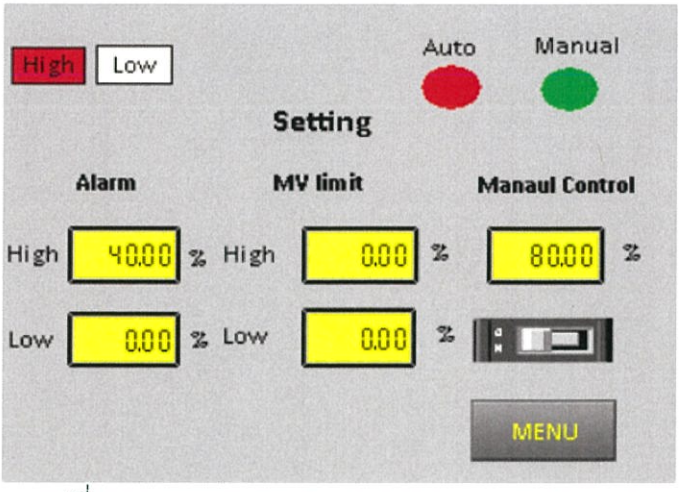
9. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant เพื่อดูค่าที่เกิดขึ้นจากการทดสอบควบคุมระดับน้ำในถัง โดยกำหนดค่า SV = 50 %, P = 50 %, I = 5 s. และ D = 0 s. พบว่า Bar Graph ที่บริเวณถังวัดขึ้นลงตามค่าที่เกิดขึ้นและระบบสามารถควบคุมและรักษาระดับน้ำไว้ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้คือ 50 % และได้ค่าที่วัดได้จากระบบ ดังนี้
   - ค่าอุณหภูมิของน้ำในถังที่วัดได้จาก PT 100 คือ 30.82 °C
   - ค่าระดับน้ำในถังที่วัดได้จาก Level Transmitter คือ 50.34%
   - ค่าความดันที่วัดได้จาก Pressure Transmitter คือ 1.09 bar
   - ค่าอัตราการไหลที่วัดได้จาก Magnetic Flow Transmitter คือ 20.83 L/min



รูปที่ 4.15 ค่าที่เกิดขึ้นในระบบเมื่อระดับน้ำได้ตามที่ต้องการ

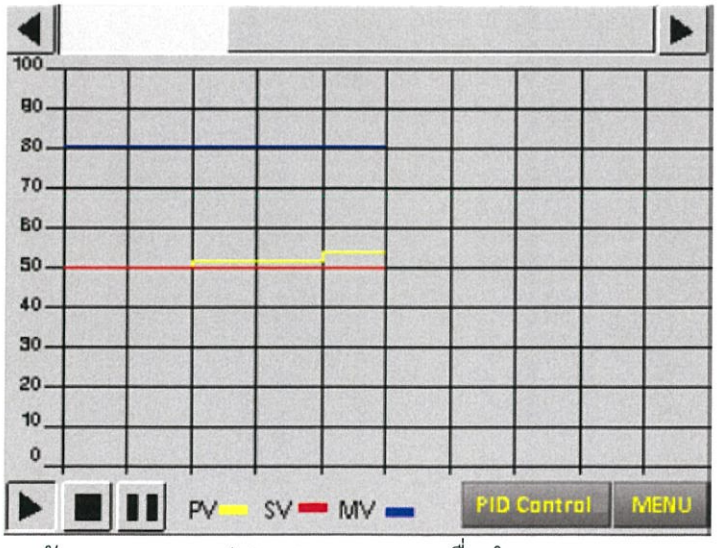
10. ทดสอบการทำงานของระบบควบคุม Control Valve แบบ Manual กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Setting กด Switch ที่แท็บ Manual Control ไฟแสดงสถานะ Manual จะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว จากนั้นใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ขึ้นมา ใส่ค่า 80 ลงไป

หมายเหตุ: การกำหนด ค่า MV Limit ไม่สามารถใช้ได้ในโหมด Manual เนื่องจากการควบคุมค่า MV Limit เป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุม PID ซึ่งอยู่ในโหมด Auto



รูปที่ 4.16 การควบคุม Control Valve แบบ Manual

11. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Graph สังเกตที่เส้นกราฟของค่า MV จะขึ้นไปที่ 80 % ตามที่ตั้งไว้แล้วและระดับน้ำในถังจะเพิ่มจาก 50 % ขึ้นไปเรื่อยๆ (เนื่องจากเป็นการทดลองต่อจากการทดสอบควบคุมระดับแบบ Auto ค่า PV จึงเป็นค่าที่ 50%) ดังรูปที่ 4.17

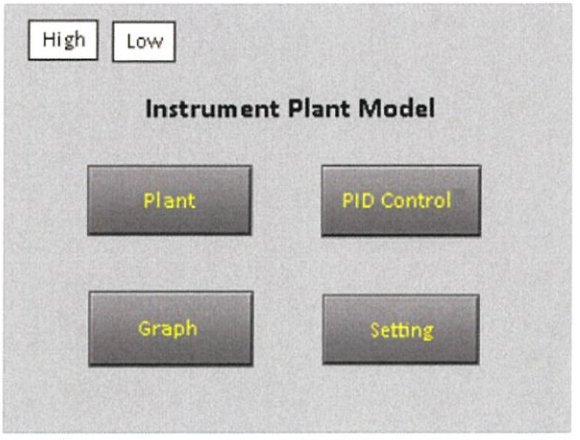


รูปที่ 4.17 ลักษณะของกราฟ SV, PV และ MV เมื่อทำการควบคุมแบบ Manual

4.3.2 การทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Magnetic Flow Transmitter

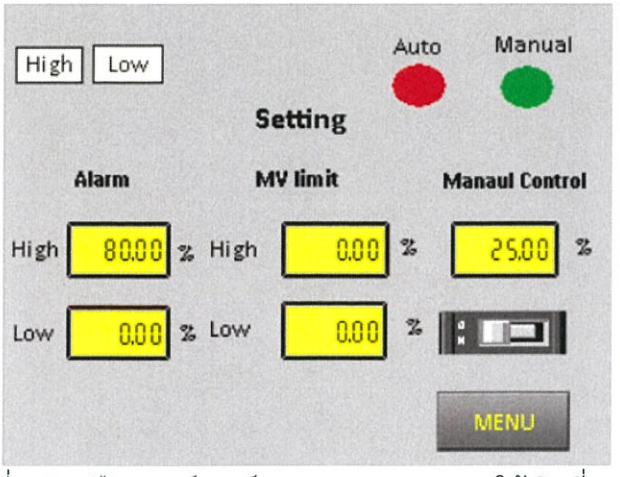
เป็นการทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Flow Transmitter เพื่อดูว่าเมื่อสั่งให้ Control Valve เปิดมากขึ้น แนวโน้มของค่าที่วัดได้จาก Pressure Transmitter และ Magnetic Flow Transmitter จะมีค่าเป็นอย่างไร โดยค่าเปอร์เซนต์ที่ใช้ทดสอบในการเปิด Control Valve มีทั้งหมด 4 ค่า คือ เปิด Control วาลว์ที่ 25%, 50%, 75% และ 100% มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. เปิดหน้าจอ Touch Screen ขึ้นมา



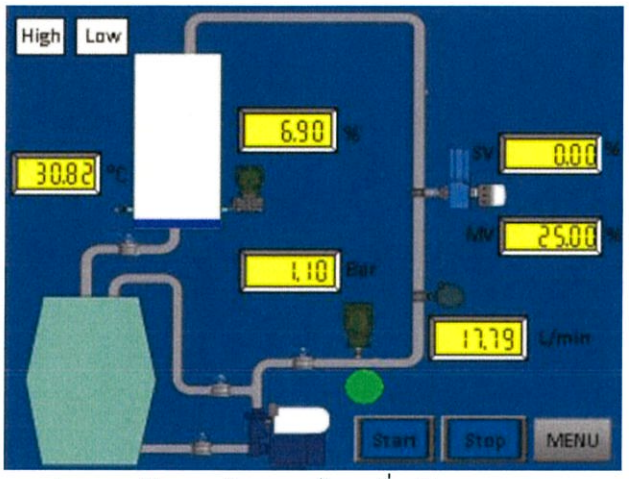
รูปที่ 4.18 ทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Flow Transmitter

2. เลือกเมนู Setting เพื่อตั้งค่าการควบคุมของ Control Valve ให้เป็นโหมด Manual กด Switch ที่แท็บ Manual Control เมื่อกดแล้วไฟแสดงสถานะ Manual จะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว ใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ใส่ค่า 25 ลงไป และกำหนดค่า Alarm High ที่ 80 % เป็นการตั้งไว้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในถังวัดล้นออกมาเวลาทำการทดลอง



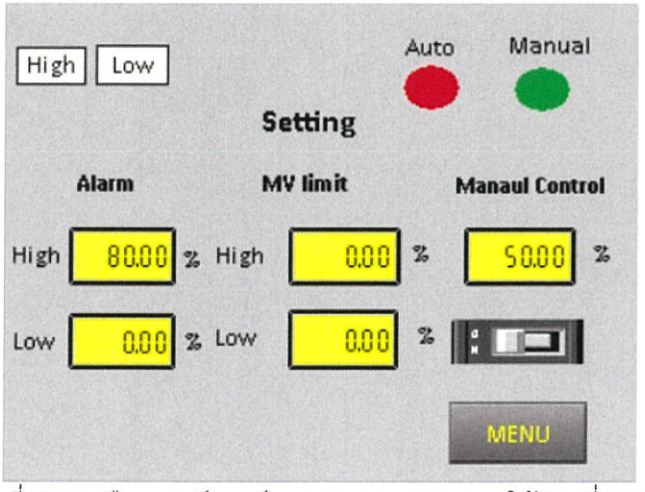
รูปที่ 4.19 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 25%

3. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant เพื่อเริ่มต้นการทำงานของระบบโดยการกดปุ่ม Start เมื่อหลอดไฟเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว แสดงว่าปั๊มน้ำเริ่มทำงานแล้ว หลังจากปั๊มน้ำเริ่มทำงาน รอจนค่าความดันและอัตราการไหลเริ่มคงที่ จากนั้นบันทึกค่าที่ Control Valve เปิด 25 % ได้ค่าความดันเท่ากับ 1.10 Bar และค่าอัตราการไหลเท่ากับ 17.79 L/Min ดังรูปที่ 4.20



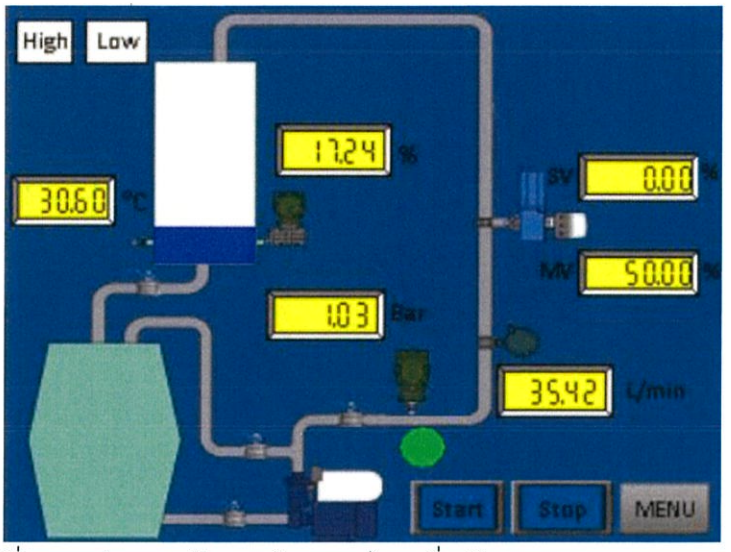
รูปที่ 4.20 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 25%

4. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Setting เพื่อตั้งค่าการควบคุมของ Control Valve ใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ใส่ค่า 50 ลงไป



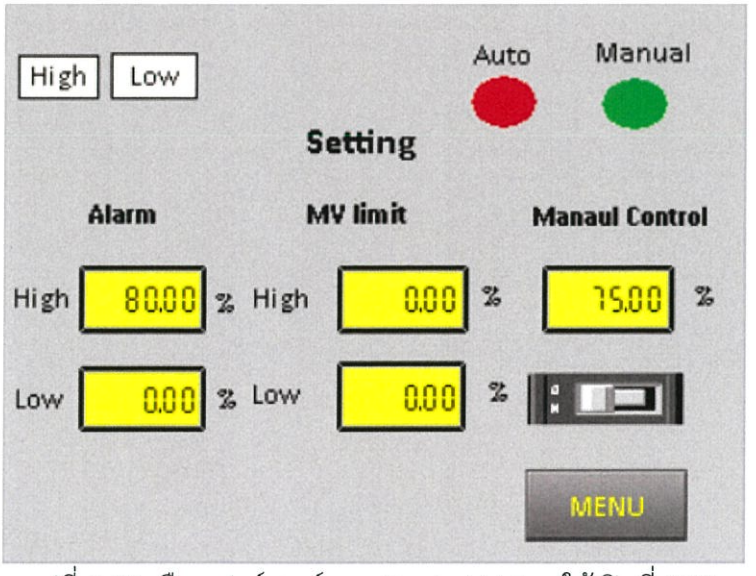
รูปที่ 4.21 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 50%

5. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant รอจนค่าความดันและอัตราการไหลเริ่มคงที่ จากนั้นบันทึกค่าที่ Control Valve เปิด 50 % ได้ค่าความดันเท่ากับ 1.03 Bar และค่าอัตราการไหลเท่ากับ 35.42 L/Min ดังรูปที่ 4.22



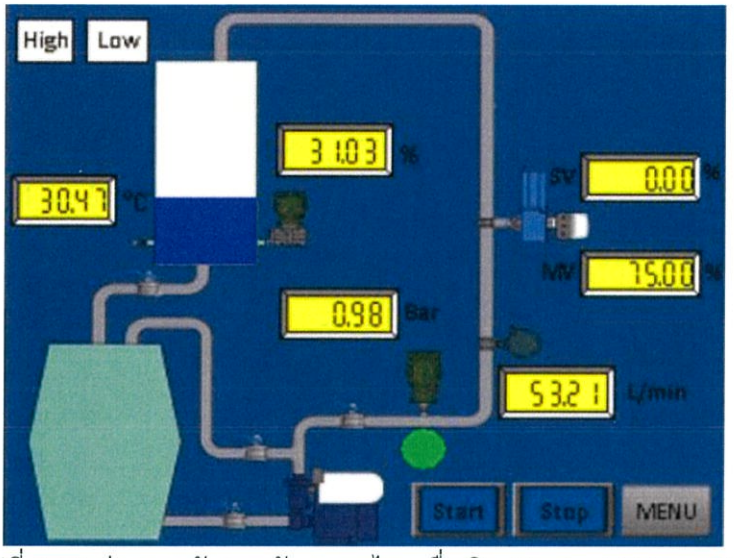
รูปที่ 4.22 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 50%

6. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Setting เพื่อตั้งค่าการควบคุมของ Control Valve ใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ใส่ค่า 75 ลงไป



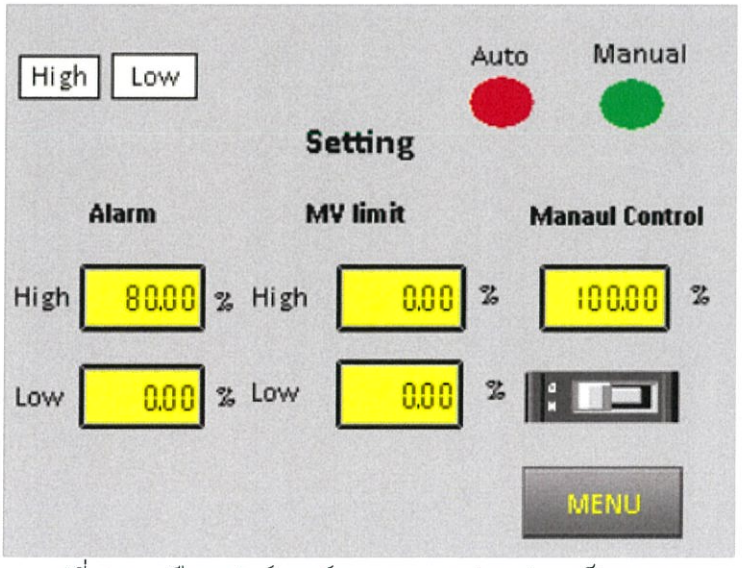
รูปที่ 4.23 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve ให้เปิดที่ 75%

7. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant รอจนค่าความดันและอัตราการไหลเริ่มคงที่ จากนั้นบันทึกค่าที่ Control Valve เปิด 75 % ได้ค่าความดันเท่ากับ 0.98 Bar และค่าอัตราการไหลเท่ากับ 53.21 L/Min ดังรูปที่ 4.24



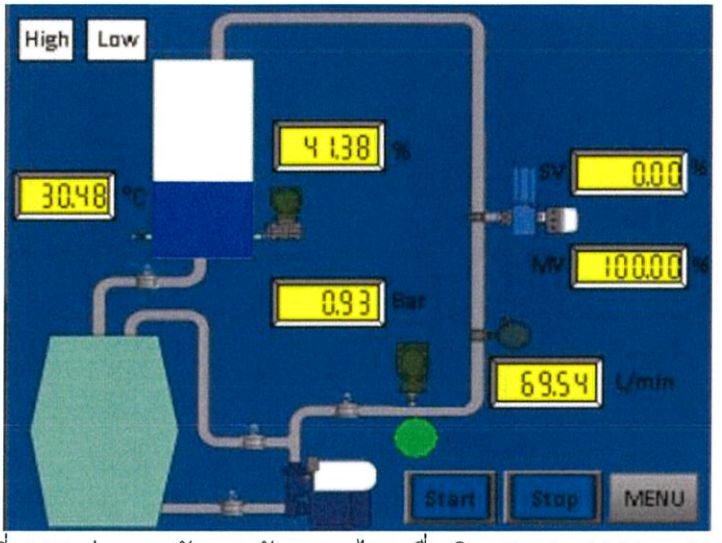
รูปที่ 4.24 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 75%

8. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Setting เพื่อตั้งค่าการควบคุมของ Control Valve ใช้ Mouse กดที่ช่องแสดงผล เมื่อกดแล้วจะปรากฏหน้าจอ Key Pad ใส่ค่า 100 ลงไป



รูปที่ 4.25 เลือกเปอร์เซนต์ของ Control Valve เป็น 100%

9. กดที่ Menu เพื่อกลับไปที่หน้าหลัก เลือกเมนู Plant รอจนค่าความดันและอัตราการไหลเริ่มคงที่ จากนั้นบันทึกค่าที่ Control Valve เปิด 100 % ได้ค่าความดันเท่ากับ 0.93 Bar และค่าอัตราการไหลเท่ากับ 69.54 L/Min ดังรูปที่ 4.26

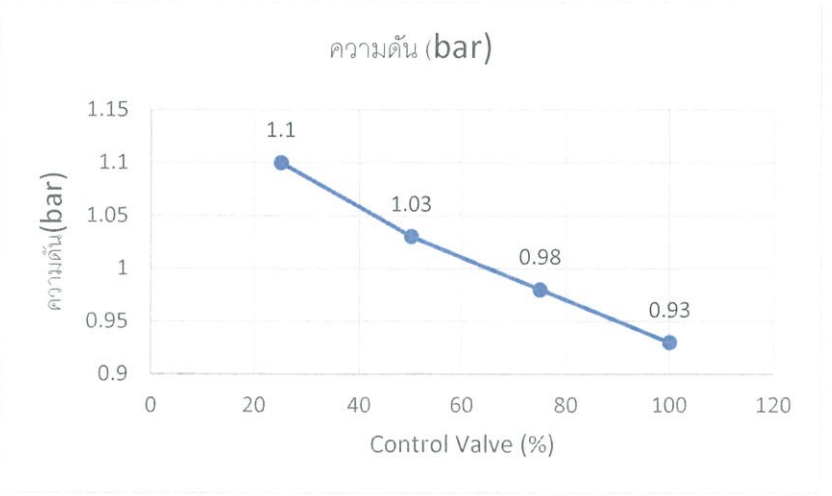


รูปที่ 4.26 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อเปิด Control Valve 100%

10. นำค่าที่ได้มาทำเป็นตารางและพล็อตกราฟเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อ Control Valve เปิดมากขึ้น

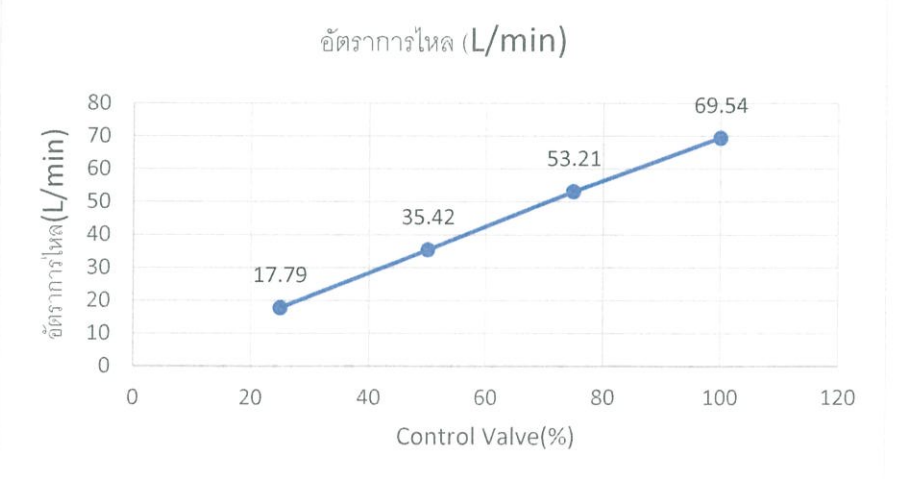
ตารางที่ 4.1 ค่าความดันและอัตราการไหลเมื่อ Control Valve เปิดมากขึ้น

เปอร์เซนต์การเปิดของ Control Valve (%)	ความดันที่วัดได้จาก Pressure Transmitter (bar)	ค่าอัตราการไหลที่วัดได้จาก Magnetic Flow Meter (L/min)
25	1.1	17.79
50	1.03	35.42
75	0.98	53.21
100	0.93	69.54



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเปอร์เซนต์ของ Control Valve

จากรูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเปอร์เซนต์ของ Control Valve จะเห็นว่าเมื่อเปอร์เซนต์ของ Control Valve มีค่าน้อยลง ค่าความดันภายในท่อจะเริ่มมากขึ้น เนื่องจาก Pressure Transmitter อาศัยการยืดหดตัวของ Strain Gauge ที่ติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม เมื่อ Control Valve เปิดน้อย ในขณะที่ปั๊มน้ำก็สูบน้ำไปตลอดเวลาด้วยอัตราไหลที่คงที่ น้ำในท่อส่วนหนึ่งไม่สามารถไหลผ่านไปได้ ทำให้แรงที่กระทำไปยังแผ่นไดอะแฟรมมากขึ้นเนื่องจากน้ำในท่อเกิดการอั้นบริเวณ Control Valve ส่งผลให้ความดันภายในท่อมากขึ้น (จากบทที่ 2 หลักการทำงานของ Pressure Transmitter ชนิดไดอะแฟรม)



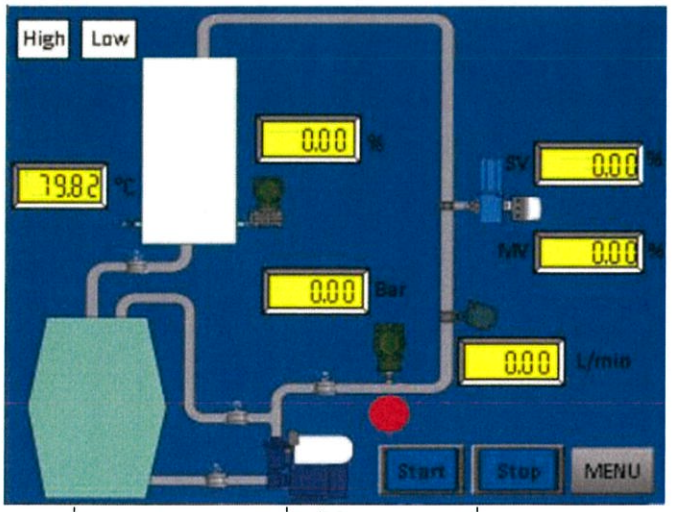
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและเปอร์เซนต์ของ Control Valve

จากรูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและเปอร์เซนต์ของ Control Valve จากกราฟจะเห็นว่า เมื่อ Control Valve เปิดมากขึ้นค่าอัตราไหลจะมีค่ามากขึ้น เนื่องจาก Magnetic Flow Transmitter อาศัยหลักการการเหนี่ยวนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก เมื่อมีของเหลวที่สามารถนำไฟฟ้าไหลผ่าน สนามแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ซึ่งค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความเร็วของของเหลวภายในท่อ เมื่อ Control Valve เปิดมากขึ้น น้ำที่ถูกสูบมาสามารถไหลได้เร็วขึ้น ทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น ค่าอัตราการไหลจึงมากขึ้นเช่นกัน

4.3.3 การทดสอบการทำงานของ Temperature Transmitter ชนิด PT100

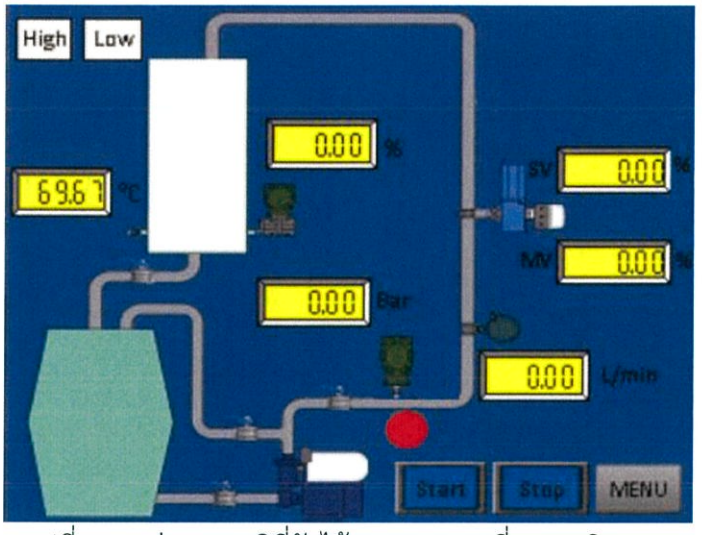
เนื่องจากทางบริษัทมีแผนที่จะติดตั้งฮีตเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมบริเวณถังวัดเพื่อทำความร้อนให้แก่น้ำในถังวัด และใช้ PLC ควบคุมอุณหภูมิของน้ำในถังวัด โดยสั่งให้ Control Valve เปิด-ปิดเป็นเปอร์เซนต์เพื่อจ่ายน้ำเย็นเข้าไปยังถังวัด ทำให้ต้องมีการทดสอบการทำงานของ RTD ชนิด PT100 และ Temperature Transmitter ก่อน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิที่ประมาณ 85°C โดยใช้ Thermometer ในการวัดอุณหภูมิ
2. นำ RTD ชนิด PT100 มาจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85°C
3. ทดสอบการทำงานของ RTD โดยเทียบกับ Thermometer โดยจะวัดทุกๆ 10°C ตั้งแต่ 80°C, 70°C, 60°C, 50°C, 40°C ทั้งหมด 5 ค่า ค่าที่วัดจาก RTD จะส่งค่าไปที่ Temperature Transmitter เพื่อนำค่าไปแสดงบนหน้าจอ Touch Screen
4. เปิดหน้าจอ Touch Screen เลือกเมนู Plant รอให้ค่าอุณหภูมิที่ Thermometer ลดลงจนถึง 80°C บันทึกค่าอุณหภูมิบนหน้าจอ Touch Screen ที่วัดได้จาก RTD ได้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 79.82 °C ดังรูปที่ 4.29



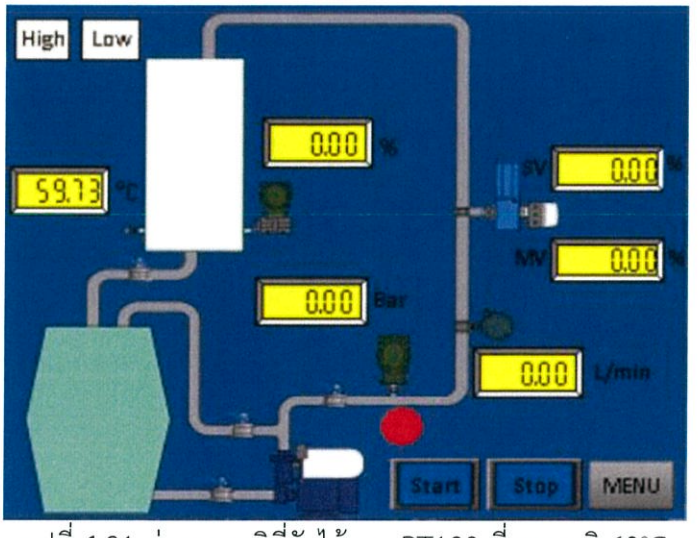
รูปที่ 4.29 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก RTD ที่อุณหภูมิ 80°C

5. รอให้ค่าอุณหภูมิที่ Thermometer ลดลงจนถึง 70°C บันทึกค่าอุณหภูมิบนหน้าจอ Touch Screen ที่วัดได้จาก RTD **ได้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 69.67 °C ดังรูปที่ 4.30**



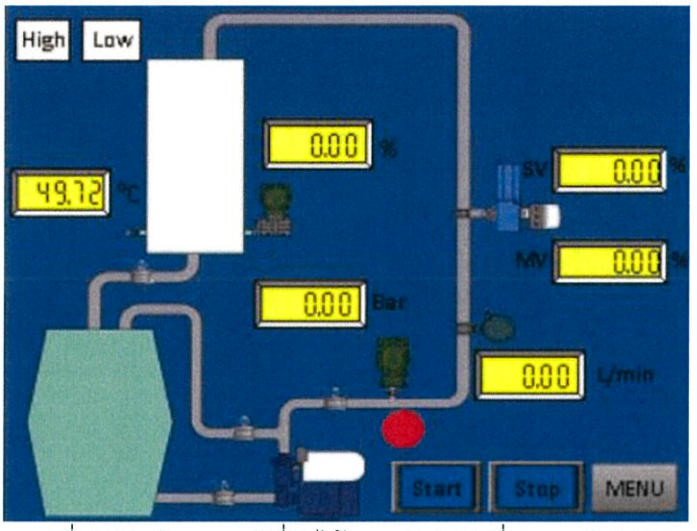
รูปที่ 4.30 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก PT100 ที่อุณหภูมิ 70°C

6. รอให้ค่าอุณหภูมิที่ Thermometer ลดลงจนถึง 60°C บันทึกค่าอุณหภูมิบนหน้าจอ Touch Screen ที่วัดได้จาก RTD **ได้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 59.73 °C ดังรูปที่ 4.31**



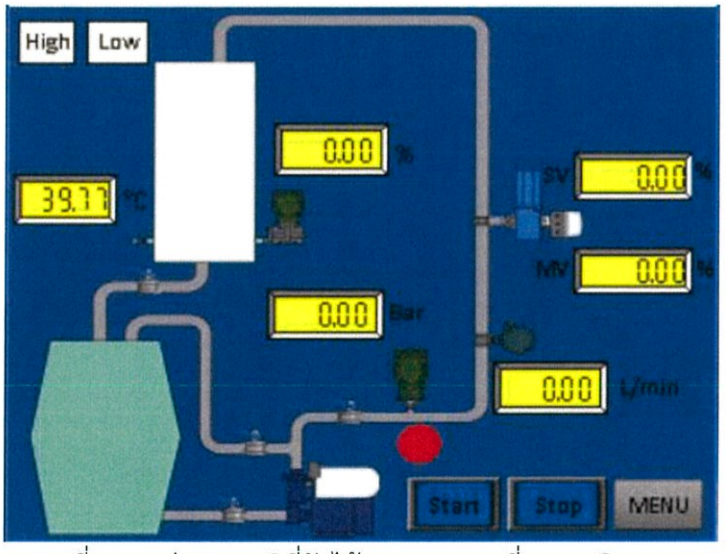
รูปที่ 4.31 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก PT100 ที่อุณหภูมิ 60°C

7. รอให้ค่าอุณหภูมิที่ Thermometer ลดลงจนถึง 50°C บันทึกค่าอุณหภูมิบนหน้าจอ Touch Screen ที่วัดได้จาก RTD **ได้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 49.72 °C ดังรูปที่ 4.32**



รูปที่ 4.32 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก PT100 ที่อุณหภูมิ 50°C

8. รอให้ค่าอุณหภูมิที่ Thermometer ลดลงจนถึง 40°C บันทึกค่าอุณหภูมิบนหน้าจอ Touch Screen ที่วัดได้จาก RTD ได้ค่าอุณหภูมิเท่ากับ 39.77 °C ดังรูปที่ 4.33

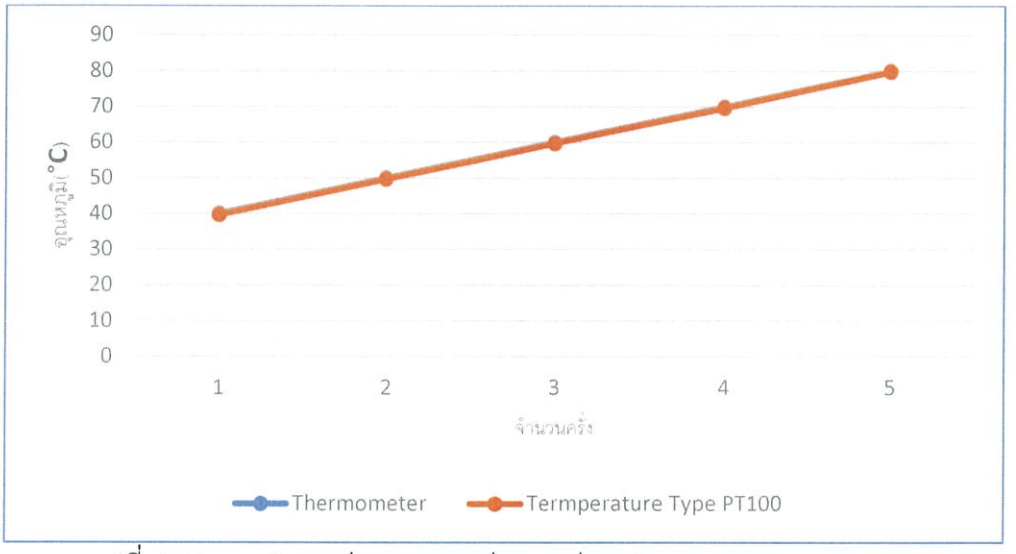


รูปที่ 4.33 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จาก PT100 ที่อุณหภูมิ 40°C

9. นำค่าอุณหภูมิแต่ล่ะค่าที่บันทึกได้จากจอ Touch Screen มาทำเป็นตารางและกราฟเพื่อดูค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จาก Thermometer และ RTD ชนิด 2 สาย

ตารางที่ 4.2 ค่าความแตกต่างระหว่าง Thermometer และ RTD ชนิด 2 สาย

Thermometer (°C)	RTD(°C)
40	39.77
50	49.72
60	59.73
70	69.67
80	79.82



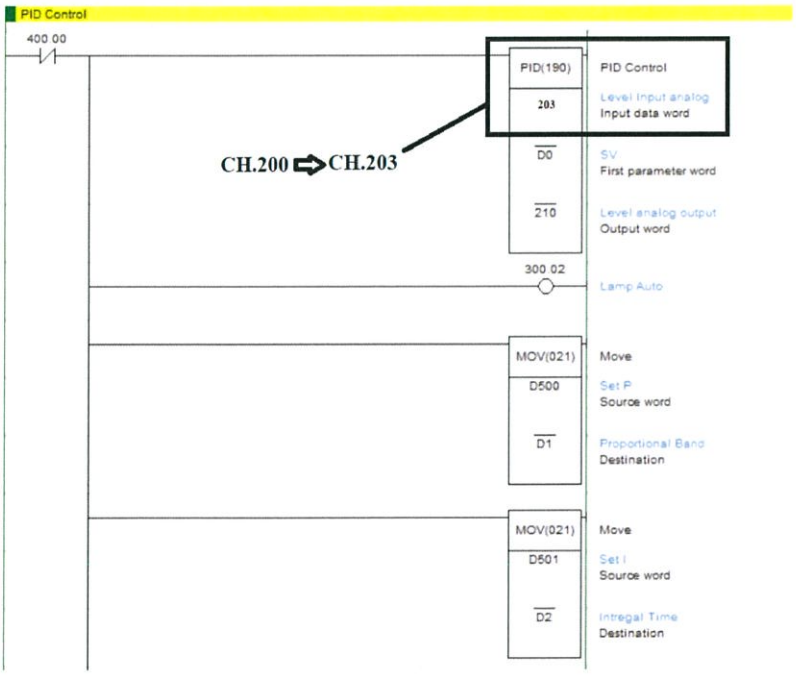
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความแตกต่างระหว่าง Thermometer และ RTD

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความแตกต่างระหว่าง Thermometer และ RTD จะเห็นว่าค่าที่วัดได้จาก Thermometer กับ RTD มีค่าต่างกันค่อนข้างมากเนื่องจาก RTD ที่ใช้เป็นชนิด 2 สาย ทำให้ค่าที่ออกมานั้นมีค่าความเที่ยงตรงที่ต่ำ เพราะ RTD ชนิด 2 สาย เป็นชนิดที่มีความเที่ยงตรงน้อยที่สุด และไม่เหมาะกับงานที่ต้องลากสายยาวๆ เนื่องจากมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากค่าความต้านทานสะสมในสายจากการลากสายยาวๆ

วิธีการแก้ไขปัญหาคือ เปลี่ยนไปใช้ RTD ชนิด 3 สาย แทนเพราะว่า ชนิด 3 สาย เป็นแบบที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรม โดยสายทั้ง 3 ที่อยู่ระหว่างจุดวัดกับวงจร จะมีขนาดความยาวเท่ากันและอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้ง 3 สายเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันด้วยขนาดที่เท่ากันและชดเชยความผิดพลาดที่เกิดจากการลากสายตัวนำที่ยาว (จากบทที่ 2 หลักการทำงานของ RTD)

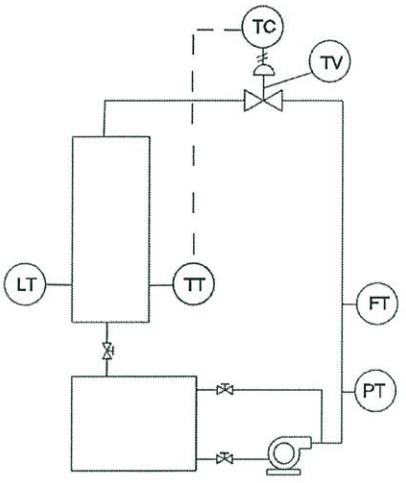
4.3.4 การแก้ไขโปรแกรมควบคุม PLC ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนระบบควบคุมระดับน้ำในถังวัดเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิน้ำในถัง

จากที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.1 ว่าในอนาคตทางบริษัทต้องการที่จะเพิ่ม Heater เข้าไปยังบริเวณถังวัดเพื่อให้ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำได้ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มตัวแปรควบคุมเข้าไปนั้นจำเป็นต้องเข้าไปแก้ไขในส่วนของโปรแกรม CX-Designer ที่เขียนไว้ จากรูปที่ 4.35 สิ่งที่ต้องแก้ไขมีแค่จุดเดียว คือ ส่วนของบล็อค PID เนื่องจากปัจจุบัน Plant Model นั้นเป็นระบบควบคุมระดับน้ำภายในถัง จากบทที่ 3 รูปที่ 3.2 Level Transmitter Loop Diagram จะเห็นว่าสัญญาณจาก Level Transmitter เข้าไปที่ Analog Input CH.200 และจากรูปที่ 3.4 PT100 Temperature Transmitter Loop Diagram สัญญาณจาก RTD เข้าไปที่ Analog Input CH.203 ดังนั้นให้เปลี่ยนจาก CH.200 ในบล็อค PID เป็น CH.203 แทน จะสามารถเปลี่ยนจากระบบควบคุมระดับน้ำในถังให้เป็นระบบควบคุมอุณหภูมิภายในถังได้



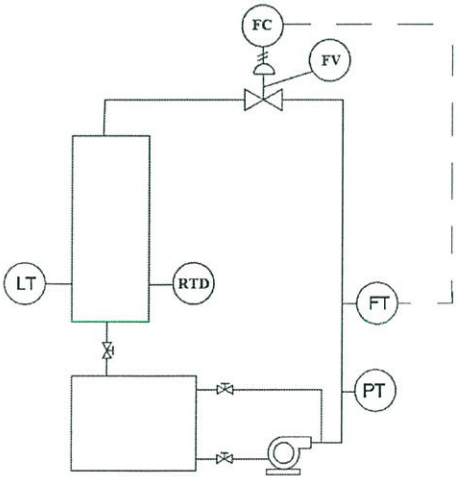
รูปที่ 4.35 การเปลี่ยนระบบจาก Level Control ให้เป็น Temperature Control

ในส่วนของ P&ID นั้นจะเปลี่ยนการลากเส้นจาก Level Transmitter ไปเป็น Temperature Transmitter แทนดังรูปที่ 4.36

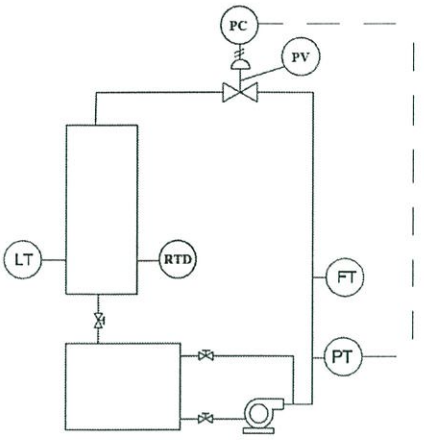


รูปที่ 4.36 P&ID ของ Temperature Control

เช่นเดียวกัน ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนให้เป็นระบบควบคุมความดันภายในท่อหรือระบบควบคุมอัตราการไหลภายในท่อ การเขียน P&ID ก็จะเปลี่ยนไปตามตัวแปรที่ต้องการควบคุม ดังรูปที่ 4.37 คือ P&ID ของ Flow Control และรูปที่ 4.38 คือ P&ID ของ Pressure Control



รูปที่ 4.37 P&ID ของ Flow Control



รูปที่ 4.38 P&ID ของ Pressure Control

4.4 การสอบเทียบเครื่องมือวัดของแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรม

เนื่องจากการทำสหกิจศึกษามีระยะเวลาจำกัด ทำให้ไม่สามารถทดสอบในส่วนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดได้ สิ่งที่สามารถทำการทดสอบได้ในภายในระยะเวลาของสหกิจมีดังนี้

1. ทดสอบระบบการวัดค่าจากเครื่องมือวัดและระบบควบคุมแบบ PID จากผลการทดสอบพบว่าสามารถทำการวัดค่าและควบคุมระดับน้ำได้ตามค่าที่ต้องการ
2. ทดสอบการทำงานของ Pressure Transmitter และ Flow Transmitter โดยทำการเปิด Control Valve ที่ 25%, 50%, 75% และ 100% และวัดค่าที่ได้ จากผลการทดสอบ พบว่าค่าที่วัดได้นั้นเป็นไปตามทฤษฎีหลักการทำงานของเครื่องมือวัดทั้ง 2 ตัว
3. ทดสอบการทำงานของ RTD ชนิด 2 สาย โดยทดสอบเทียบกับ Thermometer ที่อุณหภูมิ 40°C, 50°C, 60°C, 70°C และ 80°C จากการทดสอบพบว่า RTD สามารถวัดค่าได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จาก Thermometer แต่ยังมีความเที่ยงตรงที่ต่ำ เนื่องจาก RTD ที่ใช้เป็นชนิด 2 สาย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

แบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรมได้ถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นชุกฝึกสอนให้แก่พนักงานใหม่ของบริษัท ได้เรียนรู้หลักการทำงานของเครื่องมือวัด, พื้นฐานของระบบการวัด และควบคุมแบบอัตโน-มัติ และการสอบเทียบเครื่องมือวัด นอกจากนี้พนักงานยังสามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดและทดสอบการทำงานของเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

แบบจำลองระบบการวัดที่จัดสร้างขึ้นสามารถดูผลการเปลี่นแปลงของกระบวนการ สั่งการ และกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ผ่านทางหน้าจอ Touch Screen ทำให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาคือ จอ Touch Screen เนื่องจากจอแสดงผลที่จะใช้นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ถูกส่งไปซ่อม เพราะวงจรภายในได้รับความเสียหายจากการใช้งานในโรงงาน ทำให้เสียเวลารอของนาน เมื่อทางบริษัทที่รับซ่อมส่งจอ Touch Screen กลับมา พบว่าไม่สามารถใช้งานได้

แนวทางการแก้ปัญหาคือ ต้องไปขอยืมใช้จอ Touch Screen ที่ติดตั้งอยู่ในไลน์ที่กำลังหยุดใช้งานชั่วคราวเนื่องจากกำลังใช้งานอีกไลน์อยู่ เพื่อให้สามารถทดสอบการทำงานของแบบจำลองระบบการวัดในอุตสาหกรรมได้ระหว่างรอทางแผนกสั่งซื้อจอ Touch Screen ตัวใหม่

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบตู้ควบคุมจำเป็นต้องศึกษาข้อจำกัดของอุปกรณ์และการต่ออุปกรณ์ป้องกัน เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากใช้งาน เช่น การลัดวงจร, มอเตอร์ปั้มน้ำกินกระแสมากเกินไป เป็นต้น เพื่อให้ระบบเกิดความปลอดภัยและอุปกรณ์ที่ต่อร่วมกันอยู่ไม่เกิดความเสียหาย

เอกสารอ้างอิง

[1] ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพีแอลซี; แหล่งที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_2.htm (สืบค้นวันที่ 15 ตุลาคม 2560)

[2] ระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม; แหล่งที่มา: http://www.teacher.ssru.ac.th/somsak_me/file.php/1/PDF/1-60/book/IEM3601/Auto1.pdf (สืบค้นวันที่ 17 ตุลาคม 2560)

[3] Signal Transmitter; แหล่งที่มา: http://www.wisco.co.th/main/Articles/Signal_Transmitter (สืบค้นวันที่ 17 ตุลาคม 2560)

[4] สัญญาณ 4-20 mA คืออะไร; แหล่งที่มา: https://www.omi.co.th/th/article/สัญญาณ-4-20ma (สืบค้นวันที่ 18 ตุลาคม 2560)

[5] เครื่องมือวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็ก; แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7243/electromagnetic-flow-meter-เครื่องมือวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็ก (สืบค้นวันที่ 18 ตุลาคม 2560)

[6] อาร์ทีดี RTD (Pt100); แหล่งที่มา: http://www.tj-temp.com/rtd-pt100/12-products/หัววัดอุณหภูมิ (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2560)

[7] How to Use DP Transmitter for Level Measurement; แหล่งที่มา: http://makox.com/mechanical-engineering/how-to-use-a-dp-differential-pressure-transmitter-for-level-measurement/ (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2560)

[8] อุปกรณ์วัดความดันชนิดไดอะแฟรม; แหล่งที่มา: หนังสือเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2560)

[9] CX-Programmer; แหล่งที่มา: https://industrial.omron.eu/en/products/cx-programmer (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2560)

[10] CX-Designer; แหล่งที่มา: https://industrial.omron.eu/en/products/cx-designer (สืบค้นวันที่ 19 ตุลาคม 2560)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นายธนวัฒน์ แสนวรกิจ

วัน เดือน ปีเกิด 5 กุมภาพันธ์ 2539

ที่อยู่ 59/90 หมู่บ้านเพ็ญศิริ สุวินทวงศ์ 25 แขวงลำผักชี เขตหนองจอก กรุงเทพ 10530

E-mail Tanawat.toey@gmail.com

โทรศัพท์ 081-722-1709

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2551-2553 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์) 4
- พ.ศ. 2554-2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์) 4
- พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

- พ.ศ. 2560 นักศึกษาฝึกงานโครงการสหกิจศึกษา บริษัท อินเตอร์ แปซิฟิค เปเปอร์ จำกัด จังหวัดปราจีณบุรี