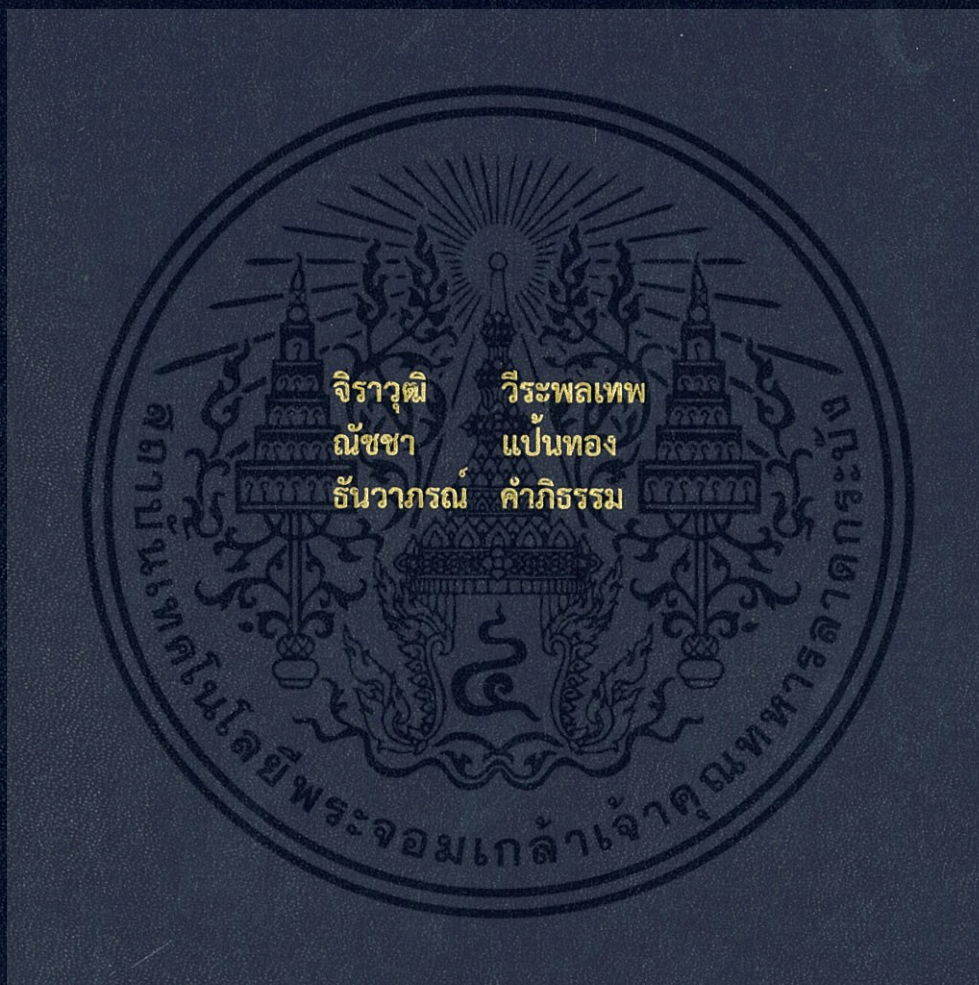


การพัฒนาการควบคุมกระบวนการถนอมอาหารด้วย PLC ผ่าน HMI
FOOD PRESERVATION PROCESS DEVELOPMENT CONTROLLED
BY PLC THROUGH HMI



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาการควบคุมกระบวนการถนอมอาหารด้วย PLC ผ่าน HMI
FOOD PRESERVATION PROCESS DEVELOPMENT CONTROLLED
BY PLC THROUGH HMI



b00264524
T800008

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOOD PRESERVATION PROCESS DEVELOPMENT CONTROLLED
BY PLC THROUGH HMI



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


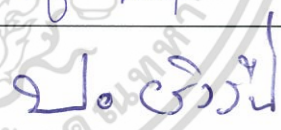
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาการควบคุมกระบวนการถนอมอาหารด้วย PLC ผ่าน HMI
FOOD PRESERVATION PROCESS DEVELOPMENT CONTROLLED
BY PLC THROUGH HMI

นักศึกษาผู้จัดทำ นายจิราวุฒิ วีระพลเทพ รหัสนักศึกษา 57010205
 นางสาวณัชชา แป้นทอง รหัสนักศึกษา 57010383
 นางสาวธันวารณ์ คำภีธรรม รหัสนักศึกษา 57010616

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภาส เรืองริน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาการควบคุมกระบวนการถนอมอาหารด้วย PLC ผ่าน HMI			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจิราวุฒิ	วีระพลเทพ	รหัสนักศึกษา	57010205
	นางสาวณัชชา	แป้นทอง	รหัสนักศึกษา	57010383
	นางสาวฉันทวารณ์	คำภีธรรม	รหัสนักศึกษา	57010616
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ	นกออยู่		
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภาส	เริงรีน		
ปีการศึกษา	2560			

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้สามารถเก็บไว้บริโภคนอกฤดูกาล เพื่อสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ โดยใช้กระบวนการถนอมอาหารแบบดั้งเดิมมาทำการพัฒนาโดยหลักๆคือการแช่แข็ง โดยจะทำการพัฒนาให้สามารถทำการถนอมอาหารแบบอื่นๆควบคู่ไปกับการควบคุมกระบวนการผลิตแบบระบบอัตโนมัติ เพื่อให้มีความสอดคล้องกันกับระบบเศรษฐกิจและเทคโนโลยีสมัยใหม่ และประยุกต์ใช้ในครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม โดยมีการควบคุมขั้นตอนกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยทำการควบคุมอุณหภูมิ ความดัน ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ เช่น บีมสุญญากาศ โซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น ซึ่งใช้ความรู้ทั้งทางด้านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) โดยใช้ Modbus (RS-485) เพื่อควบคุมกระบวนการทำงาน และสามารถแสดงผลและปรับเปลี่ยนค่าผ่าน Human Machine Interface (HMI) โดยโครงการนี้มีการควบคุมอย่างเป็นระบบจึงส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น จึงสามารถรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างสม่ำเสมอ และเพิ่มปริมาณการผลิตได้เพียงพอกับความต้องการของตลาด

Thesis Title	FOOD PRESERVATION PROCESS DEVELOPMENT CONTROLLED BY PLC THROUGH HMI	
Authors	Mr. Jirawut	Veraponthep
	Ms. Nutch	Panthong
	Ms. Thanwaporn	Khampitham
Thesis Advisor	Asst. Prof. Chuae	Nokyoo
	Asst. Prof. Prapas	Roengruen
Year	2017	

ABSTRACT

This project is designed to study the processing of products that can be stored for off-season consumption. It can decrease profit of product by developing traditional preservation process. One of the preservation process we use is crystallized. It will be developed to provide other types of food preservation along with automatic process control. This project thus applied the process control system methodologies, including temperature control, pressure control. It have equipment that related to this project such as vacuum pump, solenoid valve. In this respect, a programmable logic control system via Modbus (RS-485) is being used for implement the process control. Human Machine Interface (HMI) is being used for demonstrate all valuable and also change all valuable on screen. The proposed control system approach to crystallization results in a better quality commercial grade crystallized product.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีอย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ประภาส เรืองริน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้กำกับดูแล ปริญญานิพนธ์ ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง และชี้แนะแนวทาง เพื่อให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ได้รับเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวชื่อนาม ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทาง การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน ดูแลเลี้ยงดู และให้กำลังใจในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสาร บทความ และเจ้าของตำราทุกเล่มที่ผู้จัดทำใช้ในการสืบค้น ข้อมูล เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงในการจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และก๊อปปี้ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การเชื่อมต่อและระบบการควบคุม.....	3
2.1 การถนอมอาหาร.....	3
2.1.1 การถนอมอาหารโดยการเชื่อมต่อ.....	4
2.1.1.1 การทำผลไม้เชื่อมแบบเร็ว.....	4
2.1.1.2 การทำผลไม้เชื่อมแบบช้า.....	4
2.1.2 การถนอมอาหารโดยใช้กระบวนการออสโมซิส.....	5
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส.....	6
2.1.3.1 ลักษณะของผักและผลไม้.....	6
2.1.3.1.1 ชนิด พันธุ์ และความสุข.....	6
2.1.3.1.2 รูปร่างและขนาดของชิ้นอาหาร.....	6
2.1.3.2 การเตรียมชิ้นต้น.....	7
2.1.3.2.1 การลวกวัตถุดิบ.....	7
2.1.3.2.2 การใช้สภาวะสุญญากาศ.....	7
2.1.3.3 ลักษณะของสารละลายออสโมติก.....	8
2.1.3.3.1 ชนิดของสารละลายออสโมติก.....	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.3.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก.....	8
2.1.3.4 อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิส.....	9
2.1.3.5 ปัจจัยอื่นๆ.....	9
2.2 ระบบควบคุม.....	10
2.2.1 ความหมายของระบบควบคุม.....	10
2.2.2 โครงสร้างของระบบควบคุม.....	10
2.2.2.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open loop control system).....	10
2.2.2.2 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Closed Loop Control).....	11
2.3 เครื่องมือวัด.....	12
2.3.1 รูปแบบของการวัด.....	12
2.3.1.1 การวัดทางตรง.....	12
2.3.1.2 การวัดทางอ้อม.....	12
2.3.2 สัญญาณมาตรฐานของการวัด.....	12
2.3.2.1 สัญญาณนิวเมติกส์.....	12
2.3.2.2 สัญญาณทางไฟฟ้า.....	13
2.3.3 ระบบหน่วยวัด.....	13
2.3.4 เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.....	13
2.3.4.1 เซนเซอร์.....	13
2.3.4.2 ทรานสดิวเซอร์.....	13
2.3.5 การวัดอุณหภูมิ.....	14
2.3.6 หน่วยการวัดอุณหภูมิ.....	15
2.3.7 การวัดความดัน.....	15
2.3.7.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ.....	15
2.3.7.2 ความดันที่เกิดจากระดับของเหลว.....	16
2.3.8 รูปแบบของความดัน.....	16
2.4 อุปกรณ์ในกระบวนการควบคุม.....	17
2.4.1 RTD.....	17
2.4.2 TAIE FY Series Digital PID Controller FY800.....	19
2.4.3 ขดลวดฮีตเตอร์.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3.1 ส่วนประกอบหลักๆของฮีตเตอร์.....	20
2.4.3.2 รายละเอียดฮีตเตอร์ขดวงกลม.....	21
2.4.4 โซลีนอยด์วาล์ว.....	22
2.4.5 Digital Pressure Controller DPC-L100.....	23
2.4.6 Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40.....	24
2.4.6.1 ข้อมูลทางเทคนิคของ Phase Angle Control.....	24
2.4.6.2 การต่อใช้งาน.....	25
2.4.6.3 สัญญาณเอาต์พุต.....	26
2.4.7 Schneider TWDLCAE40DRF compact PLC.....	27
2.5 การควบคุมระบบประมวลผลด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล.....	27
2.5.1 การแปลงรูปแบบของสัญญาณ.....	28
2.5.1.1 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal).....	28
2.5.1.2 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal).....	28
2.5.2 ส่วนประกอบของ PLC.....	30
2.5.2.1 ภาคอินพุต.....	30
2.5.2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)	31
2.5.2.3 หน่วยความจำของPLC.....	32
2.5.2.3.1 แรม.....	32
2.5.2.3.2 อีพรอม.....	32
2.5.2.3.3 อีอีพรอม.....	32
2.5.2.4 ภาคเอาต์พุต.....	33
2.5.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล.....	33
2.5.3.1 LD (Ladder diagram).....	33
2.5.3.2 FBD (Function block diagram).....	34
2.5.3.3 IL (Instruction list).....	34
2.5.3.4 ST (Structure text).....	35
2.5.3.5 SFC (Sequential function chart).....	35
2.6 การแสดงผลและปรับค่าด้วย HMI (Human Machine Interface).....	36
2.6.1 คุณสมบัติของ HMI.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1.1 Communicate (การสื่อสาร).....	37
2.6.1.2 Collect (การเก็บค่า).....	37
บทที่ 3 หลักการควบคุมและวิธีการทดลองกระบวนการเชื่อม.....	38
3.1 กล่าวนำ.....	38
3.1.1 การควบคุมความดัน.....	39
3.1.2 การควบคุมอุณหภูมิ.....	40
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ.....	42
3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง.....	43
3.3.1 โปรแกรมควบคุมกระบวนการเชื่อม.....	43
3.3.1.1 การสร้าง New Project.....	43
3.3.1.2 การเริ่มต้นการเขียนโปรแกรม.....	45
3.3.2 การเขียนแลตเตอร์ควบคุมการทำงาน.....	47
3.3.2.1 การตั้งค่าให้ PLC รับส่งข้อมูลกับ Temperature Controller.....	48
3.3.2.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานผ่านหน้าจอ HMI.....	49
3.3.2.3 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการรับข้อมูล.....	51
การควบคุมอุณหภูมิ	
3.3.2.4 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการส่งข้อมูล.....	52
การควบคุมอุณหภูมิ	
3.3.2.5 Function Box สำหรับใช้ส่งค่าไปยัง Temperature Controller.....	53
3.3.2.6 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของปั๊มกด.....	56
3.3.2.7 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานในส่วนของความดัน.....	57
3.3.2.8 แลตเตอร์การทำงานของปั๊มสุญญากาศ.....	58
3.3.2.9 Function Box ควบคุมเวลา.....	59
3.3.2.10 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว.....	60
3.3.3 การสั่งการและแสดงผลผ่านหน้าจอ HMI.....	60
3.3.3.1 การออกแบบกราฟฟิกหน้าจอและการแสดงผล.....	61
3.3.3.2 การทำงานของอุปกรณ์และการเก็บข้อมูลตามเวลาจริง.....	63
3.4 วิธีการทดลองกระบวนการเชื่อม.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของเลมอนสด.....	65
3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง.....	65
3.4.3 การเตรียมอุปกรณ์และส่วนประกอบ.....	66
3.4.3.1 การสไลด์เลมอน.....	66
3.4.3.2 การเก็บรักษา.....	66
3.4.3.3 เตรียมสารละลายและการเชื่อม.....	66
3.4.3.4 การใช้ระบบสุญญากาศ.....	67
3.4.4 การเชื่อม.....	68
3.4.5 การวิเคราะห์คุณภาพ.....	68
3.4.5.1 ความเป็นกรด-เบส (pH).....	68
3.4.5.2 Total Soluble Solids.....	69
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	70
4.1 การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ.....	70
4.2 การทดสอบการทำงานของกระบวนการเชื่อม.....	72
4.2.1 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า Brix ของเลมอน).....	72
4.2.2 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า Brix ของสารละลาย).....	72
4.2.3 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า pH ของเลมอน).....	73
4.2.4 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า pH ของสารละลาย).....	73
4.3 ผลของการแสดงผลผ่านทาง HMI.....	74
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	75
5.1 สรุปผล.....	75
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข.....	75
5.2.1 ปัญหาที่พบ.....	75
5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา.....	75
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	78



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดซีตเตอร์ขดวงกลม.....	21
3.1 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC.....	49
3.2 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น.....	50
3.3 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้.....	53
Temperature Controller	
3.4 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้.....	54
Temperature Controller ใน Rung ที่ 0	
3.5 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้.....	55
Temperature Controller ใน Rung ที่ 1	
3.6 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้.....	55
Temperature Controller ใน Rung ที่ 8	
3.7 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของแลตเตอร์ที่แสดงการทำงานของปั๊มกด.....	57
3.8 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมความดัน.....	57
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุปกรณ์การใชงาน.....	66
3.10 การเชื่อมต่อ สัดส่วน และระยะเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อ.....	68
ก.1 ข้อมูลทั่วไปของ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF.....	79
ก.2 สัญลักษณ์ต่างๆของ Controller.....	82
ก.3 สัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ.....	83
ก.4 สัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์ควบคุมความดัน.....	88

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การถนอมอาหาร.....	3
2.2 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว.....	4
2.3 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า.....	5
2.4 การออสโมซิสของสารละลายความเข้มข้นสูงเข้าสู่เนื้อผลไม้.....	6
2.5 การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM.....	8
2.6 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด.....	10
2.7 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด.....	11
2.8 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System).....	11
2.9 การทำงานของทรานสดิวเซอร์.....	14
2.10 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น.....	16
2.11 ลักษณะการวัดความดันที่เกิดจาก Static Head.....	16
2.12 RTD 2 สาย.....	17
2.13 RTD 3 สาย.....	18
2.14 RTD 4 สาย.....	19
2.15 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ TAIE FY Series Digital PID Controller FY800.....	19
2.16 ส่วนประกอบของฮีตเตอร์.....	20
2.17 ฮีตเตอร์ขดวงกลม.....	21
2.18 โครงสร้างโซลีนอยด์วาล์ว.....	22
2.19 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติปิดเมื่อไม่มีการจ่ายไฟ.....	22
2.20 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติปิดเมื่อมีการจ่ายไฟ.....	22
2.21 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อไม่มีการจ่ายไฟ.....	23
2.22 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อมีการจ่ายไฟ.....	23
2.23 Digital Pressure Controller DPC-L100.....	23
with Head Separated Pressure Sensor	
2.24 โครงร่างของ Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40.....	24
2.25 ข้อมูลทั่วไปของ Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-4022.....	25
2.26 การเชื่อมต่อ Phase Angle Control.....	25
2.27 การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control.....	26
2.28 Schneider TWDLCAE40DRF compact PLC.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29	การทำงานของ Programmable Logic Controller.....27
2.30	รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบแบบดิจิทัล.....28
2.31	รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก.....29
2.32	การแปลงข้อมูลแบบ DAC.....29
2.33	การแปลงข้อมูลแบบ ADC.....29
2.34	ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี.....30
2.35	ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต.....31
2.36	ส่วนประกอบของซีพียู.....31
2.37	โครงสร้างของพีแอลซีและหน่วยความจำ.....32
2.38	ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต.....33
2.39	ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Ladder diagram.....34
2.40	ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Function block diagram.....34
2.41	ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Instruction list.....35
2.42	ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Structure text.....35
2.43	ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Sequential function chart.....36
2.44	Weintek Human Machine Interface.....36
3.1	อุปกรณ์การทำงานของเครื่องแฮอิม.....38
3.2	การควบคุมความดันในกระบวนการแฮอิม.....39
3.3	การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์.....40
3.4	การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการแฮอิม.....41
3.5	อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการแฮอิม.....42
3.6	อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการแฮอิม.....42
3.7	อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการแฮอิมส่วนของการควบคุมและแสดงผล.....43
3.8	โปรแกรม TwidoSuite.....43
3.9	การสร้าง New Project.....44
3.10	ข้อมูลของ New Project.....44
3.11	การเริ่มต้นการสร้างโปรแกรมในโปรเจคใหม่.....45
3.12	การเริ่มต้นการสร้างโปรแกรมในโปรเจคใหม่.....45
3.13	คำสั่งต่างๆใน TwidoSuite.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 การ Insert a link.....	46
3.15 การ Delete link.....	47
3.16 แผนผังการทำงานของแลตเตอร์.....	48
3.17 พอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC.....	48
3.18 การตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นผ่าน HMI ไปยัง PLC.....	49
3.19 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการรับข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ.....	51
3.20 รูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล.....	52
3.21 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ.....	52
3.22 Function Box สำหรับ Modbus Protocol..... ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller	53
3.23 Function Box สำหรับ Modbus Protocol..... ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller	54
3.24 Function Box ของเคาน์เตอร์.....	55
3.25 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของปั๊มกด.....	56
3.26 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานในส่วนของความดัน.....	57
3.27 แลตเตอร์ที่แสดงการทำงานของปั้มน้ำร้อนและปั้มสุญญากาศ.....	59
3.28 Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา.....	59
3.29 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว.....	60
3.30 โปรแกรม EasyBuilder Pro.....	61
3.31 แสดงตัวอย่างการสร้างอุปกรณ์สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล.....	61
3.32 ส่วนของการออกแบบและแสดงผลของกระบวนการเชื่อมต่อ.....	62
3.33 แสดงผลของค่าที่อ่านได้จากกระบวนการและการเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้ผ่านจอแสดงผล.....	62
3.34 แสดงการควบคุมส่วนต่างๆ ในการทำงาน of กระบวนการเชื่อมต่อ.....	63
3.35 ส่วนแสดงผลของกระบวนการเชื่อมต่อพร้อมกราฟแสดงค่าของกระบวนการ.....	64
3.36 แสดงค่าที่บันทึกได้ของอุณหภูมิในกระบวนการเป็นไฟล์ Excel.....	64
3.37 เล่มอนที่ใช้ในการแปรรูป.....	65
3.38 เล่มอนสดที่ยังไม่ผ่านการปอกเปลือก.....	66
3.39 เล่มอนที่ขัดผิวเปลือก.....	66
3.40 เล่มอนสไลด์ที่ผ่านการขัดผิว.....	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.41 การนำเลมอนลงในถังแช่เพื่อเตรียมการทำสุญญากาศ.....	67
3.42 การเตรียมสารละลาย.....	67
3.43 การปั่นเลมอนและคั้นให้ได้ของเหลว.....	68
3.44 pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany).....	68
3.45 เครื่อง refractometer (HI 96800, HANNA, Romania).....	69
4.1 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิ.....	70
4.2 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป.....	70
4.3 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป(ต่อ).....	71
4.4 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป(ต่อ).....	71
4.5 กราฟแสดงค่า Brix ของเลมอน.....	72
4.6 กราฟแสดงค่า Brix ของสารละลาย.....	73
4.7 กราฟแสดงค่า pH ของเลมอน.....	73
4.8 กราฟแสดงค่า pH ของสารละลาย.....	74
4.9 แสดงผลการควบคุมกระบวนการผ่านทาง HMI.....	74
ก.1 ลักษณะของอุปกรณ์ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF.....	79
ก.2 การเชื่อมต่อ TWDLCAE40DRF กับเครื่องคอมพิวเตอร์.....	80
ก.3 ลักษณะโครงสร้างของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B.....	80
ก.4 ข้อมูลทั่วไปของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B.....	81
ก.5 ส่วนการแสดงผลของการเปิดเครื่อง.....	83
ก.6 การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV).....	84
ก.7 การเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนค่า AL 1 Value ถึง “5.0”.....	84
ก.8 การใช้ Auto tuning ในการปรับตั้งค่า PID ของระบบ.....	84
ก.9 ลักษณะโครงสร้างของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0.....	85
ก.10 ข้อมูลทั่วไปของ Head Separated Pressure Sensor DPC-L100 Series.....	86
ก.11 Digital Pressure Controller DPC-L100.....	86
ก.12 ข้อมูลทั่วไปของ Digital Pressure Controller DPC-L100.....	87
ก.13 แสดงหน้าจอ Display ของ Pressure Controller.....	88
ก.14 ส่วนการตั้งค่าหลังจากการเปิดเครื่อง.....	89
ก.15 หน้าจอแสดงการตั้งค่า threshold.....	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.16 การเปลี่ยนแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์.....	89
ก.17 การเปลี่ยนแปลงค่า Key Lock.....	90
ก.18 การเปลี่ยนแปลงค่า MENU Setting.....	91
ก.19 FY800 Terminals (48mm x 96mm , DIN 1/8).....	92
ก.20 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Controller.....	93
ก.21 วงจรเชื่อมต่อระหว่าง Digital Pressure Controller DPC-L100..... กับ Head Separated Pressure Sensor และ I/O ภายนอก	93
ก.22 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง Digital Pressure Controller DPC-L100..... กับ Head Separated Pressure Sensor และ I/O ภายนอก	93
ข.1 การรับส่งข้อมูลผ่าน HMI.....	94
ข.2 โครงสร้างของ Utility Manager.....	94
ข.3 การเลือกรุ่นและรูปแบบของHMI.....	95
ข.4 การตั้งค่าพารามิเตอร์และข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับ HMI.....	95
ข.5 หน้าต่างหลักของ EasyBuilder Pro.....	96
ข.6 การตั้งค่าอุปกรณ์ Toggle Switch.....	96
ข.7 แสดงอุปกรณ์ Toggle Switch ในหน้าต่างหลักของ EasyBuilder Pro.....	97
ข.8 แสดงการจำลองการทำงานแบบ Off-line simulation.....	97
ข.9 แสดงการดาวน์โหลดข้อมูลลงใน HMI.....	98
ข.10 ผลการทดลองที่ถูกรับบันทึกในรูปแบบ Excel.....	98
ค.1 วงจรไฟฟ้าของกระบวนการทำงาน.....	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญญาประดิษฐ์

อุตสาหกรรมอาหาร ในปัจจุบันกำลังเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากทิศทางของการขยายตัวของสินค้าเกษตรมีมากขึ้นทำให้มีธุรกิจมีกำลังในการซื้อผลิตภัณฑ์เข้าไปในบริษัทมากขึ้นทั้งการแปรรูป และส่งออกสินค้า ล้วนแต่ต้องมีความสะอาด และปลอดภัย มาเป็นหลักในการผลิต ซึ่งในสังคมปัจจุบันนี้การควบคุมการผลิตอาหารให้มีคุณภาพ และมีมาตรฐานคงที่นั่นถือเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร จึงนิยมนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก และไม่ต้องใช้คนจำนวนมากในการทำ ทำให้ประหยัดค่าจ้างแรงงาน และยังช่วยให้การควบคุมกระบวนการมีคุณภาพคงที่อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์นี้เป็นการศึกษากระบวนการควบคุมกระบวนการแช่แข็ง โดยการออกแบบเครื่องแช่แข็งรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม การศึกษาการทำงานของโปรแกรมควบคุมการเขียนแลตเตอร์ เพื่อควบคุมกระบวนการและอุปกรณ์ต่างๆที่รับส่งค่าการเชื่อมต่อระหว่างสายอุปกรณ์การออกแบบขั้นตอนการทำงานรวมถึงการควบคุมการทำงานของกระบวนการแบบอัตโนมัติโดยสามารถกำหนดค่าและควบคุมอุณหภูมิผ่านจอแสดงผล Human Machine Interface

1.3 ขอบเขตของปัญญาประดิษฐ์

ปัญญาประดิษฐ์ฉบับนี้กล่าวถึงการควบคุมกระบวนการ เพื่อควบคุมและตรวจสอบตัวแปรที่ใช้ควบคุมในการทำงาน รวมไปถึงการแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ในแต่ละตัว และสามารถเก็บรวบรวมค่าตัวแปรต่างๆในการทำงานเพื่อทำการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขการทำงานของกระบวนการได้ โดยมีรายละเอียดของขอบเขตการทำงานดังนี้

1. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดและสามารถเปลี่ยนค่าผ่านหน้าจอแสดงผลได้
2. สามารถเก็บค่าตัวแปรในการทำงานมาทำการตรวจสอบและประเมินเพื่อควบคุมกระบวนการทำงานได้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาโครงการของปริญญาโทฉบับนี้ ได้มีการเริ่มศึกษาตั้งแต่ระบบการทำงานของกระบวนการ คู่มือของอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงการใช้โปรแกรมต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษากระบวนการถนอมอาหารด้วยวิธีการแช่แข็ง
2. ออกแบบขั้นตอนการควบคุมรวมไปถึงเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม
3. ศึกษาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Twido) และการเขียนแลดเดอร์
4. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผล (HMI)
5. ศึกษาการใช้งานควบคู่กันระหว่างโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผล (HMI)
6. ควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์และสามารถเปลี่ยนค่าผ่านอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถถนอมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีการเก็บรักษาไว้ได้นานมากยิ่งขึ้น
2. สามารถลดระยะเวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการและเพิ่มอัตราการผลิตได้มากยิ่งขึ้น
3. สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมอาหาร
4. สามารถนำหลักการควบคุมกระบวนการไปประยุกต์ใช้กับสายงานด้านอื่นๆ
5. ได้เรียนรู้การทำงานและการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถนอมอาหาร

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ การถนอมอาหารได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเนื่องจากคนส่วนใหญ่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว และต้องการเก็บรักษาอาหารไว้บริโภคได้นานๆ

การถนอมอาหาร (food preservation) หมายถึง วิธีการยืดอายุอาหารเพื่อเก็บรักษาให้มีคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับของเดิม ไม่บูดเน่าเสียหายง่าย การถนอมอาหารเป็นกระบวนการของการแปรรูป การควบคุม และการทำให้อาหารสดไม่แปรสภาพด้วยการทำลายของจุลินทรีย์ ด้วยกรรมวิธีหลายอย่าง ได้แก่ การเลือกใช้อาหารที่มีการปะปนของจุลินทรีย์น้อย การปั่นหรือกรองเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ในอาหาร การเก็บรักษาอาหารไว้ในภาชนะที่มิดชิดและเป็นสุญญากาศ เพราะฉะนั้นการแปรรูปหรือการเก็บรักษาอาหารให้คงสภาพเดิมได้นานโดยไม่บูดเน่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส กลิ่น สี และรสของอาหาร จะส่งผลทำให้อาหารมีอายุการจัดเก็บนาน ยังคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ รวมถึงรักษาสภาพคุณค่าทางโภชนาการของอาหารให้คงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ดังรูปที่ 2.1 การถนอมอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การถนอมอาหารแบบชั่วคราวและการถนอมอาหารแบบถาวร ซึ่งการถนอมอาหารแบบชั่วคราวจะยับยั้งไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต สร้างความเปลี่ยนแปลงแก่อาหารในระยะเวลาสั้นๆ เช่น การแช่เย็น การดองเค็ม การแช่อิ่ม เป็นต้น ส่วนการถนอมอาหารแบบถาวรนั้นจะยับยั้งกระบวนการย่อยสลายให้ขาดตอนลงอย่างสิ้นเชิง โดยการกำจัดน้ำจากอาหารออกโดยเด็ดขาด เช่น การตากแห้ง การใช้รังสี การใช้ความเย็นจัด เป็นต้น แต่ในโครงการนี้จะจัดทำเกี่ยวกับการแช่อิ่ม จัดทำขึ้นเพื่อลดระยะเวลาการแช่อิ่ม มีการควบคุมขั้นตอนอย่างเป็นระบบส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น การแช่อิ่มใช้น้ำตาลเป็นตัวแปรหลักในกระบวนการแปรรูปของผักและผลไม้โดยใช้วิธีการดึงน้ำออกด้วยหลักการออสโมซิส (Osmosis) [1]



รูปที่ 2.1 การถนอมอาหาร

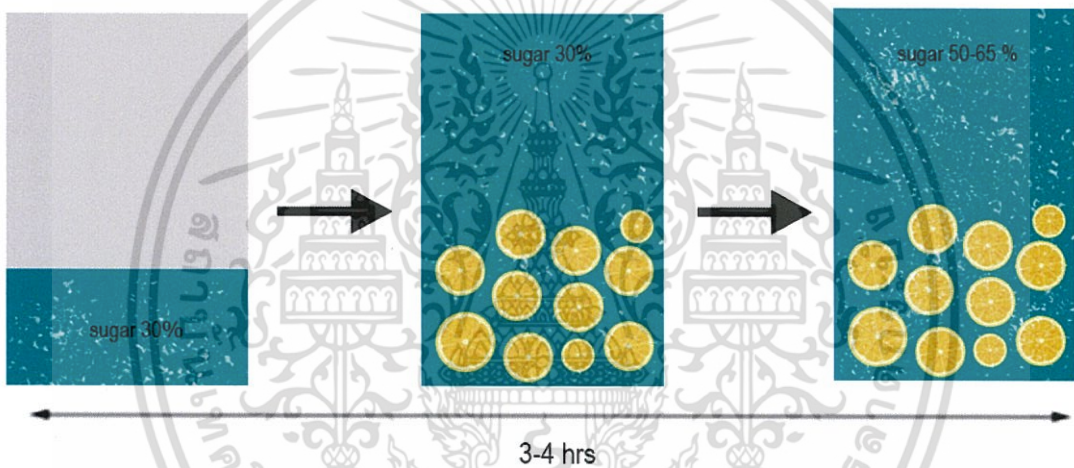
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การถนอมอาหารโดยการแช่อิ่ม

การทำผลไม้แช่อิ่มมีอยู่ 2 วิธี คือ

2.1.1.1 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว

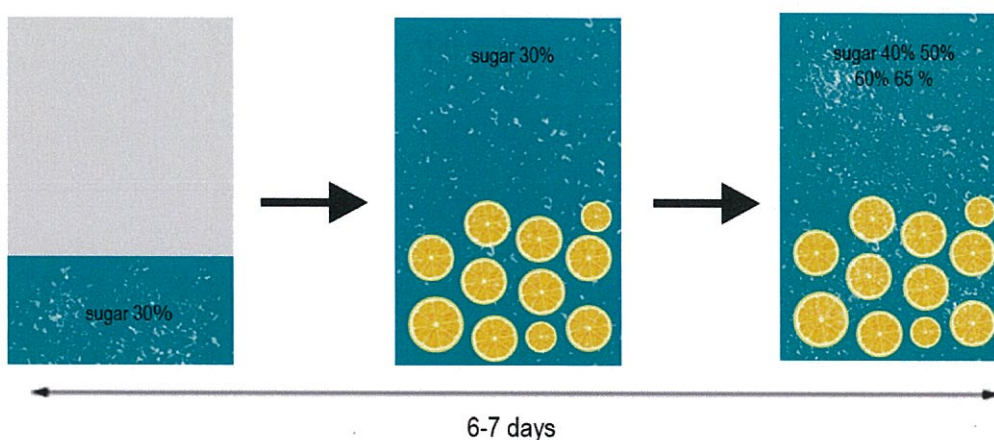
วิธีนี้จะเตรียมสารละลายให้มีความหวานเริ่มต้นร้อยละ 30 ของน้ำหนักสารละลายแล้วเคี่ยวสารละลายดังกล่าวโดยใช้ไฟอ่อนๆหรือใช้ความร้อนประมาณ 100 - 105 °C เคี่ยวจนสารละลายงวดและได้ความหวานของสารละลายประมาณร้อยละ 50 - 65 ของน้ำหนักสารละลาย การทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็วนี้ จะใช้เวลา 3 - 4 ชั่วโมงในการเคี่ยวสารละลาย ดังรูปที่ 2.2 โดยวิธีนี้ไม่เหมาะกับผลไม้ที่มีเนื้อนุ่มและละเอียดง่าย การแช่อิ่มแบบเร็วสามารถใช้เทคโนโลยีคือการเคี่ยวผลไม้ในสุญญากาศ [2]



รูปที่ 2.2 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว [2]

2.1.1.2 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า

เป็นวิธีการที่แช่ผลไม้ที่เตรียมไว้แล้วในสารละลาย โดยจะเริ่มแช่ผลไม้ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายร้อยละ 30 นานประมาณ 24 ชั่วโมงแล้วเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายจนมีความเข้มข้นร้อยละ 40, 50, 60 และ 65 ของน้ำหนักสารละลายตามลำดับ ดังรูปที่ 2.3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหวานเริ่มต้นของผลไม้แต่ละชนิด และความหวานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การแช่อิ่มผลไม้ด้วยวิธีนี้ใช้เวลานาน จึงต้องรักษาความสะอาดเป็นอย่างดี และไม่เหมาะกับผลไม้เนื้อเปื่อยยุ่ย [2]

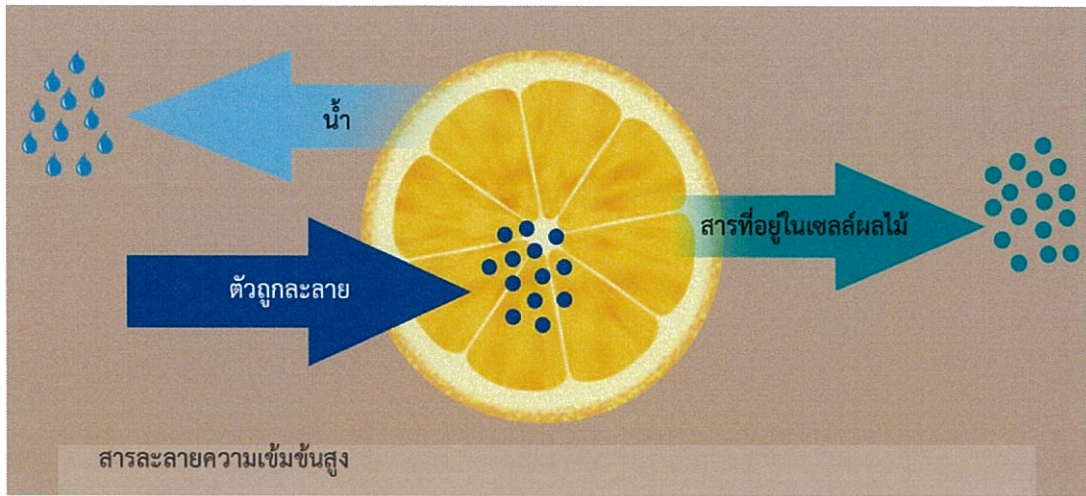


รูปที่ 2.3 การทำผลไม้แช่อิ่มแบบซ้ำ [2]

2.1.2 การถนอมอาหารโดยใช้กระบวนการออสโมซิส

จากโครงการนี้ ได้นำกระบวนการออสโมซิสมาใช้เพื่อให้ผลไม้ที่นำมาแช่อิ่มสามารถดูดซับสารละลายที่ใช้แช่ได้ การออสโมซิสคือ การแพร่ของเหลวผ่านเยื่อบางๆซึ่งหมายถึง การแพร่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติในการยอมให้สารบางชนิดผ่านได้เท่านั้น การแพร่ของน้ำจะแพร่จากบริเวณที่เจือจางกว่า (ในผลิตภัณฑ์ผักหรือผลไม้ซึ่งมีน้ำมาก) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และเข้าสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกว่า (สารละลายออสโมติกซึ่งมีน้ำน้อย) ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกจึงเกิดการดึงน้ำออก ตามปกติการแพร่ของน้ำสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสองทิศทางคือ จากบริเวณที่มีน้ำมากเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำน้อย และจากบริเวณที่มีน้ำน้อยเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำมาก แต่เนื่องจากบริเวณที่เจือจางถ่ายเทเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำน้อยได้มากกว่า จึงมักเรียกการออสโมซิสว่าเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีน้ำมากเข้าไปสู่ในบริเวณที่มีน้ำน้อยกว่า โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างการออสโมซิส ทำได้โดยแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นสูง เช่น สารละลายน้ำตาล ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างเซลล์ของชิ้นผลไม้และสารละลายในลักษณะสวนทางกันคือ น้ำภายในเซลล์ของผลไม้จะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติก ในขณะที่ตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติกจะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ผลไม้ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน ดังรูปที่ 2.4 ดังนั้นจึงสามารถกำจัดน้ำบางส่วนออกจากชิ้นผลไม้ได้ มีรายงานว่า การใช้สภาวะสุญญากาศในตอนต้นของการออสโมซิสสามารถกำจัดน้ำบางส่วนออกจากชิ้นผลไม้ได้มากขึ้น เนื่องจากสภาวะสุญญากาศ เป็นการลดความดันอากาศลง อากาศที่อยู่ภายในเซลล์ถูกดูดออก ทำให้ผนังเซลล์ มีความพรุนมากเมื่อออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศทำให้เนื้อเยื่อคลายตัว จึงเกิดการถ่ายมวลสารมากขึ้น สามารถลดปริมาณน้ำในอาหารได้มากขึ้นและส่งผลให้ลดเวลาในการแช่อิ่มได้ นอกจากนี้การแช่อิ่มในสภาวะสุญญากาศร่วมด้วยช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารได้ดีกว่าการแช่อิ่มในสภาวะบรรยากาศ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การออสโมซิสของสารละลายความเข้มข้นสูงเข้าสู่เนื้อผลไม้

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส

จากการรวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปถึงปัจจัยที่มีผลกับการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสในผักและผลไม้ที่มีต่อการถ่ายโอนมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

2.1.3.1 ลักษณะของผักและผลไม้

2.1.3.1.1 ชนิด พันธุ์ และความสุก

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบประเภทผักผลไม้ และลักษณะทางกายภาพ เช่น ความเป็นรู การเรียงตัวและโครงสร้างของเซลล์ ลักษณะเส้นใยและผิว ช่องว่างภายในเซลล์ และการยึดติดกันของเซลล์ เป็นต้น มีความแตกต่างกันเมื่อชนิด พันธุ์ และความสุกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายโอนมวลสารระหว่างเซลล์ผักผลไม้กับสารละลายออสโมติก และมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิส และความสามารถในการถ่ายโอนมวลสารระหว่างการออสโมซิส

2.1.3.1.2 รูปร่างและขนาดของชิ้นอาหาร

มีผลต่อพฤติกรรมเคลื่อนที่ระหว่างการถ่ายโอนมวลสาร ในขณะที่ออสโมซิส ซึ่งเป็นผลจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากชิ้นผักผลไม้และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติก และมีผลต่อสัดส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสกับสารละลายออสโมติก ถ้ามีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เช่น รูปร่างเป็นวงแหวนและขนาดชิ้นเล็ก น้ำจะมีโอกาสแพร่ออกมาได้มากกว่าการมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย เช่น รูปร่างเป็นแฉกและขนาดชิ้นใหญ่ โดยการมีผิวสัมผัสกับสารละลายออสโมติกมากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

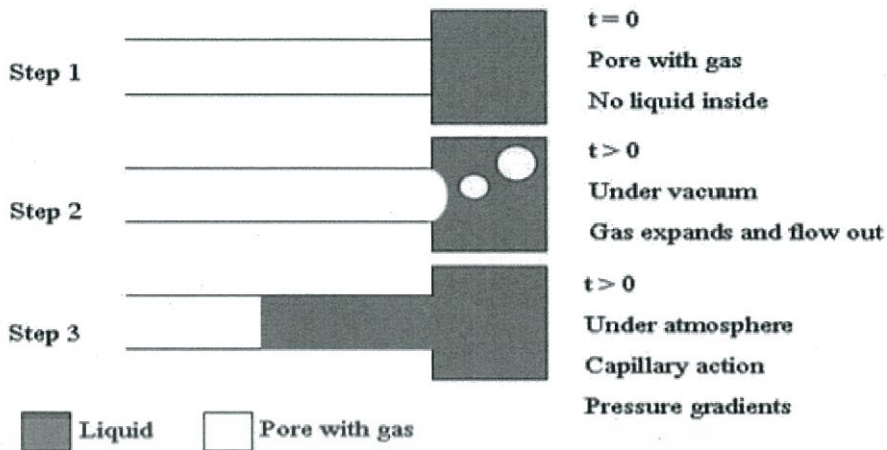
2.1.3.2 การเตรียมขั้นต้น

2.1.3.2.1 การลวกวัตถุดิบ

สามารถทำได้โดยลวกในน้ำร้อนหรือใช้น้ำร้อน การลวกจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของผักผลไม้อ่อนตัวลง เพิ่มความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ให้มากขึ้น เพิ่มโอกาสการแพร่ของน้ำออกจากเซลล์และทำให้ตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติกสามารถแพร่เข้าไปในเซลล์ได้มากขึ้น โดยพบว่าการลวกให้ผลดีกับผักผลไม้ที่มีเนื้อแข็งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ควบคุมขนาดช่องเปิดของเซลล์ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ลวก

2.1.3.2.2 การใช้สภาวะสุญญากาศ

ทำได้โดยการลดความดันอากาศลง จนทำให้เกิดสภาวะความดันสุญญากาศในภาชนะปิด เมื่อเริ่มต้นกระบวนการออสโมซิสเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะปล่อยให้กลับคืนสู่ความดันบรรยากาศ เป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนในการแพร่ของน้ำจากเนื้อเยื่อของชิ้นผักผลไม้ไปสู่สารละลายออสโมติกโดยเกิดกลไก Hydrodynamic (HDM) ดังรูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์ที่เกิดขึ้น อธิบายดังรูปที่ 2.5 ในขั้นตอนที่ 1 เมื่อเริ่มแช่ชิ้นผักผลไม้ ($t=0$) ที่สภาวะบรรยากาศ สารละลายภายนอกยังไม่มีเคลื่อนที่เข้ามาภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ ขั้นตอนที่ 2 เมื่อแช่ผักผลไม้ที่สภาวะสุญญากาศ ($t>0$) ก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์จะถูกดูดออกมาพร้อมกับ การดูดอากาศ และขั้นตอนที่ 3 เมื่อหยุดการใช้สภาวะสุญญากาศ และแช่ชิ้นผลไม้ต่อที่สภาวะความดันบรรยากาศเป็นระยะเวลาหนึ่ง ($t>0$) สารละลายแพร่ผ่านเข้ามาในช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยเข้ามาแทนที่ ก๊าซที่ถูกดูดออกไปโดยการแพร่ผ่านรูขนาดเล็ก (Capillary action) และเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ (Pressure gradients) ในขณะที่ให้ความดันสุญญากาศ ก๊าซที่อยู่ในโครงสร้างของชิ้นผักผลไม้จะถูกบีบอัดทำให้เกิดการแพร่และเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อ เมื่อความดันกลับสู่ความดันบรรยากาศ สารละลายออสโมติกก็จะแพร่เข้ามาในเนื้อเยื่อของผักผลไม้แทน โดยก๊าซที่เหลือจากการถูกบีบอัดจะเป็นตัวนำสารละลายเข้าสู่เซลล์ทางช่องว่างระหว่างเซลล์ ทำให้โอกาสการถ่ายโอนมวลสารต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น การใช้สภาวะสุญญากาศทำได้ 2 แนวทาง คือ การใช้สุญญากาศ เป็นเวลาสั้นในช่วงแรกของการออสโมซิส (Vacuum osmotic dehydration; VOD) ส่วนอีกแนวทางหนึ่งคือการใช้ สุญญากาศแบบเป็นจังหวะ (Pulse vacuum osmotic dehydration; PVOD) เป็นการใช้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลาสั้นในช่วงแรกแล้วกลับสู่สภาวะความดันบรรยากาศเป็นเวลาสั้นๆ แล้วใช้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลาสั้นอีกครั้งก่อนออสโมซิสต่อที่สภาวะบรรยากาศ โดยการใช้สภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มช่วยเพิ่มการถ่ายโอนมวลสารและช่วยรักษาคุณภาพบางประการได้



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของสารละลายในช่องว่างระหว่างเซลล์โดยกลไก HDM [4]

2.1.3.3 ลักษณะของสารละลายออสโมติก

2.1.3.3.1 ชนิดของสารละลายออสโมติก

สารละลายออสโมติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือ น้ำเชื่อมจากน้ำตาล อย่างไรก็ตามชนิดของน้ำตาลมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการถ่ายโอนมวลสาร พบว่าการใช้น้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น สารละลายฟรุกโตส สามารถเร่งการสูญเสียน้ำออกจากชิ้นกีวีได้ดี โดยมีปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น สารละลายซูโครส เนื่องจากการใช้สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงทำให้เกิดแรงดันออสโมติกต่ำ ทำให้มีการสูญเสียน้ำและทำให้ของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในการใช้สารละลายออสโมติกมักมีความพยายามที่จะใช้สารละลายผสมซึ่งเป็นการเพิ่มแรงขับในการถ่ายโอนมวลสาร นิยมเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ปริมาณเล็กน้อยลงไปในการละลายออสโมติกด้วย ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มแรงขับแล้วยังช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย การใช้น้ำที่ทำการคั้นจากผลไม้มาเตรียมเป็นสารละลายออสโมติกก็สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการออสโมซิสได้ เนื่องจากสามารถเกิดการถ่ายเทสารธรรมชาติที่มีในน้ำคั้นเหล่านั้นกลับคืนมาได้ ในผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้อาจเติมสารอื่นลงไปด้วย เช่น เติมน้ำตาลเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงรูปร่าง เนื้อสัมผัสไม่แข็งกระด้าง เป็นต้น

2.1.3.3.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก

ในการออสโมซิสต้องใช้สารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นภายในชิ้นผักผลไม้เพื่อให้เกิดความแตกต่างของแรงดัน เกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายโอนมวลสาร ระดับความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกจึงเกี่ยวข้องโดยตรงกับประสิทธิภาพการแพร่ของน้ำและตัวถูกละลาย โดยมีแนวโน้มคือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกส่งผลให้อัตราการถ่ายโอนมวลสารของน้ำและตัวถูกละลายมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายออสโมติกที่เข้มข้นมากเกินไปก็สามารถทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารลดลงได้ เนื่องจากหากสารละลายมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นมาก มักจะมีความหนืดมากและอาจเกิดชั้นบางๆที่ผิวของชั้นวัตถุ ซึ่งจะเป็นการขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำและตัวถูกละลายระหว่างการออสโมซิสได้

2.1.3.4 อุณหภูมิและเวลาการออสโมซิส

เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นจะทำให้โครงสร้างบางส่วนของผักผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป คือ เยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวลง จึงทำให้การแพร่ผ่านของน้ำและตัวถูกละลายเป็นไปได้ง่ายกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ และในกรณีการออสโมซิสโดยใช้น้ำเชื่อม การเพิ่มอุณหภูมิในการออสโมซิส มีผลให้ความหนืดของน้ำเชื่อมลดลงทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำตาลสะดวกขึ้น เป็นผลให้อัตราการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการดึงน้ำออกจากผักผลไม้ที่ชัดเจน โดยอัตราการดึงน้ำออกจะสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในการออสโมซิส อย่างไรก็ตามสำหรับการออสโมซิสผักผลไม้ แนวโน้มการเพิ่มขึ้นดังกล่าวจะจำกัดเมื่อใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของผักหรือผลไม้ถูกทำลายไป ส่งผลให้การดึงน้ำออกเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ และพบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C การแพร่ของน้ำตาลซูโครสเกือบจะคงที่ การใช้เวลาในการแช่ผักผลไม้ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลานาน มีโอกาสให้วัตถุดิบสัมผัสกับสารละลายออสโมติกมากขึ้น น้ำในวัตถุดิบสามารถแพร่ออกมาในอัตราสูงโดยเฉพาะในช่วงแรก อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งน้ำจะแพร่ออกมาในอัตราที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงแรกของการออสโมซิสจะเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างเซลล์ผักผลไม้กับสารละลายออสโมติกมาก ทำให้เกิดแรงขับสูงที่จะเกิดการถ่ายโอนมวลมากและรวดเร็ว เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น จะเกิดการสะสมของน้ำที่แพร่ออกจากผักผลไม้มากขึ้น สารละลายออสโมติกจึงมีความเข้มข้นลดลงกว่าช่วงแรก จึงทำให้แรงดันออสโมติกมีค่าน้อยลงมีผลให้เกิดแรงขับที่จะถ่ายโอนมวลน้อยและช้าลง

2.1.3.5 ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสในผักผลไม้ เช่น การคนหรือการกวนสารละลายออสโมติกในขณะที่เกิดการออสโมซิสจะทำให้ความเข้มข้นบริเวณรอบๆชิ้นอาหารจะลดลงเนื่องจากน้ำภายในชิ้นอาหารแพร่ออกมาสู่สารละลายออสโมติก จึงมีผลให้ประสิทธิภาพการออสโมซิสลดลงไปด้วย การคนหรือการกวนเป็นการทำให้สารละลายออสโมติกมีการเคลื่อนที่ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการกระจายความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้นได้ โดยสารละลายที่มีความเข้มข้นกว่าไหลมาแทนที่สารละลายที่เจือจาง ทำให้ประสิทธิภาพการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกกับผักผลไม้ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออสโมซิส โดยถ้าอัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำแพร่ออกเร็วขึ้น [4]

2.2 ระบบควบคุม

ในระบบอุตสาหกรรมปัจจุบันมักจะใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานในกระบวนการให้อยู่ภายใต้ขอบเขตของค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความดัน ควบคุมอัตราการไหล หรือการควบคุมระดับของไหล เป็นต้น เมื่อกระบวนการควบคุมมีประสิทธิภาพก็จะทำให้ต้นทุนที่ต้องใช้ในการผลิตลดลง ระยะเวลาที่ใช้สั้นลงและการผลิตสามารถเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

2.2.1 ความหมายของระบบควบคุม

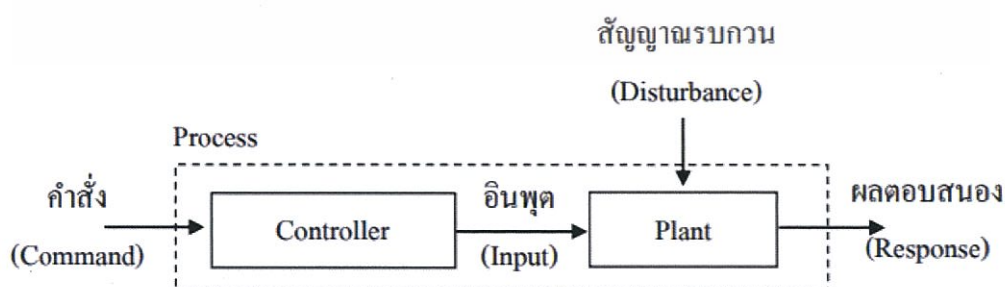
ระบบ (System) หมายถึง ส่วนหรือหน่วยที่ได้รวบรวมสิ่งต่างๆเข้าด้วยกัน ส่วนการควบคุม (Control) หมายถึง การบังคับหรือสั่งการ ดังนั้นระบบควบคุม (Control Systems) หมายถึง ส่วนหรือหน่วยที่ได้รวบรวมสิ่งต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อใช้บังคับหรือสั่งการ เพื่อให้ระบบเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งหากมีข้อมูลการกระตุ้นหรือรบกวนระบบ เรียกว่า อินพุต (input) และทราบว่าระบบจะมีการตอบสนอง หรือให้ผลลัพธ์ออกมาซึ่ง เรียกว่า เอาท์พุท (output)

2.2.2 โครงสร้างของระบบควบคุม

ระบบควบคุม (Control system) มีโครงสร้าง 2 รูปแบบคือ

2.2.2.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open loop control system)

ในการควบคุมแบบวงรอบเปิด ตัวควบคุม (Controller) จะส่งสัญญาณป้อน (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (Plant) ตามคำสั่งหรือสัญญาณอ้างอิง (Command or reference) ที่รับมา โดยที่ตัวควบคุมจะอนุมานว่า เมื่อสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้นก็ผลิตเอาท์พุทหรือผลตอบสนอง (Response) ให้ได้ตามที่คาดหวังไว้โดยไม่ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณเอาท์พุทจริงว่าเป็นไปตามคำสั่งหรือไม่ ดังรูปที่ 2.6

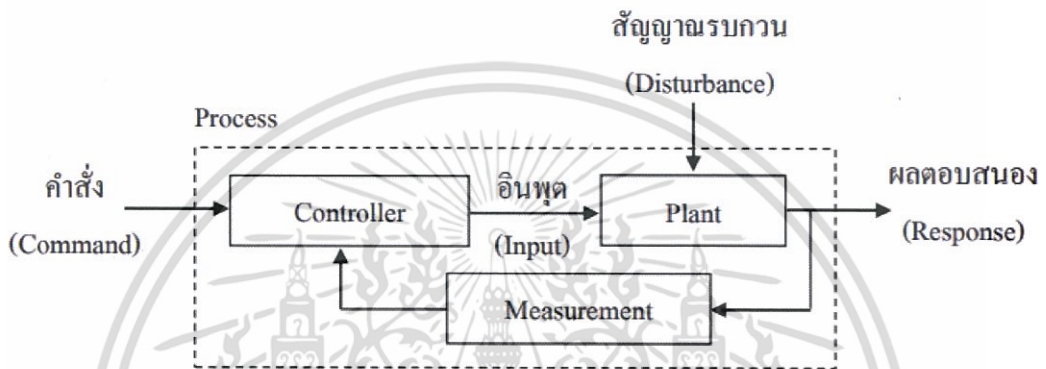


รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

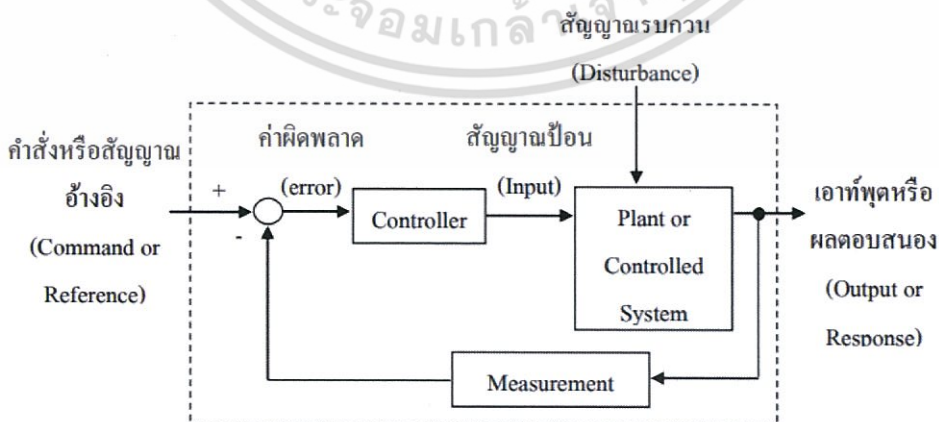
2.2.2.2 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Closed Loop Control)

ในการควบคุมแบบวงรอบปิด ตัวควบคุม (Controller) จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงหรือคำสั่ง (Reference or Command) กับสัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนอง (Output or Response) ที่ป้อนกลับมาด้วยตัวตรวจจับ (Measurement or Sensor) แล้วนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุต (Input) ให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม (System under controlled or Plant) เพื่อที่จะให้ผลผลิตเอาต์พุตหรือผลตอบสนองให้เป็นไปตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการ (Command or Reference) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด

ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดอาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ตามรูปที่ 2.8 ระบบนี้เป็นระบบควบคุมที่พยายามรักษาเอาต์พุตให้ได้ตามต้องการ โดยนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการแล้วนำค่าความแตกต่างไปใช้ในการควบคุมสัญญาณป้อนให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม [5]



รูปที่ 2.8 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดและการควบคุมมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมชนิดต่างๆ ในการวัดจะต้องอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ โดยมีเครื่องมือวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดปริมาณทางกายภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณทางกายภาพของวัตถุและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบปริมาณทางกายภาพเหล่านั้น มาตรฐานของวัตถุและเหตุการณ์นั้นได้ถูกก่อตั้งขึ้นและถูกใช้เป็นหน่วยการวัดและกระบวน การของการวัดจะได้ผลออกมาเป็นตัวเลขหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่กำลังทำการวัดอยู่นั้น และหน่วยอ้างอิงของการวัด เครื่องมือวัดและวิธีการทดสอบอย่างเป็นทางการ ซึ่งเป็นตัวกำหนดการใช้เครื่องมือเป็นวิธีการที่จะบอกความสัมพันธ์ของตัวเลขเหล่านี้ โดยเครื่องมือวัดทั้งหมดขึ้นอยู่กับปริมาณที่แปรได้ของความผิด พลาดของเครื่องมือวัดและความไม่แน่นอนในการวัด

2.3.1 รูปแบบของการวัด

รูปแบบของการวัดนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ

2.3.1.1 การวัดทางตรง

การวัดปริมาณของตัวแปรใดๆ โดยค่าที่ได้จากการวัดคือผลลัพธ์ที่ต้องการ หรือคือค่าที่สามารถนำไปใช้ต่อได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณ เปรียบเทียบหรือแปลงหน่วยอีก เช่น การวัดอุณหภูมิด้วยปรอท เป็นต้น

2.3.1.2 การวัดทางอ้อม

ส่วนใหญ่การวัดทางอ้อมนั้นจะเกี่ยวข้องกับการวัดในทางวิศวกรรม หรือทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะต้องนำมาคำนวณและทำการแปลงหน่วยก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณการวัดที่ต้องการนำไปใช้ต่อ เช่น การวัดค่าอุณหภูมิจากความดันที่เปลี่ยนแปลง การวัดค่าระดับจากความดันที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น

2.3.2 สัญญาณมาตรฐานของการวัด

รูปแบบสัญญาณที่ใช้ในกระบวนกรทางอุตสาหกรรมทั้งการวัดและควบคุม การบันทึกค่าหรือการประมวลผล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.3.2.1 สัญญาณนิวมติกส์

สัญญาณมาตรฐานที่ใช้ความดันลมในการควบคุมกระบวนกร

1. ความดันลม 3-15 psi (ระบบหน่วยอังกฤษ, BS)
2. ความดันลม 0.2-1 bar (ระบบหน่วย SI, SI)
3. ความดันลม 0.2-1 kg/cm² (ระบบหน่วยเมตริก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 สัญญาณทางไฟฟ้า

สัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

1. แรงดันไฟฟ้า 1-5 V, กระแสไฟฟ้า 4-20 mA
2. แรงดันไฟฟ้า 0-10 V, กระแสไฟฟ้า 0-100 mA

2.3.3 ระบบหน่วยวัด

ระบบการวัดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือ ระบบหน่วยพื้นฐาน SI ซึ่งเป็นระบบ การวัดแบบเมตริก “SI” ย่อมาจากคำว่า “The International System of Units” ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน่วยวัดระบบเอสไอ (SI) ประกอบด้วย

1. หน่วยพื้นฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units) เป็นหน่วยการวัดพื้นฐานของหน่วยวัดอื่นๆทั้งหมด ซึ่งสามารถสอบกลับได้ (Traceability) หน่วยพื้นฐานทั้ง 7 หน่วย
2. หน่วยอนุพันธ์เอสไอ (SI Derived Units) หน่วยอนุพันธ์เกิดจากการพิสูจน์ทางพีชคณิตระหว่างหน่วยพื้นฐานหรือระหว่างหน่วยอนุพันธ์
3. คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI Prefixes) คือ สัญลักษณ์ที่ถูกนำมาวางไว้หน้าหน่วย มีจุดประสงค์เพื่อให้การแสดงผลมีความกะทัดรัดมากขึ้น สัญลักษณ์เหล่านี้จะเข้าไปคู่กับหน่วย จึงมีผลเท่ากับการเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วย [5]

2.3.4 เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

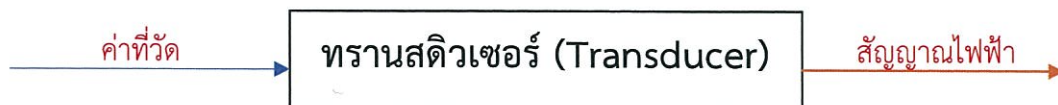
2.3.4.1 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรต่างๆ เพื่อป้อนให้กับระบบและกระบวนการ เช่น การวัดตำแหน่งและระยะเวลาเคลื่อนที่ เป็นต้น สัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากการตรวจรู้ของอุปกรณ์เซนเซอร์ที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ โดยขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบหรืออุปกรณ์ที่ต่อรวม ได้แก่ สัญญาณอนาล็อก สัญญาณดิจิทัล และสัญญาณไบนารี

2.3.4.2 ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนจากพลังงานรูปแบบหนึ่งไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 2.9 และทรานสดิวเซอร์อาจหมายถึง อุปกรณ์พิเศษที่เปลี่ยนกลไกเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนปริมาณทางวิทยาศาสตร์อื่นๆซึ่งไม่ใช่พลังงานไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ เสียง หรือแสงสว่าง ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า หน้าที่ของทรานสดิวเซอร์ ได้แก่ ตรวจจับค่าการวัดที่เกิดขึ้น เช่น

ขนาดการเปลี่ยนแปลง ความถี่ อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นองค์ประกอบ



รูปที่ 2.9 การทำงานของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Transducers) เป็นกลุ่มของทรานสดิวเซอร์ทางไฟฟ้า (electrical transducer) ที่สามารถเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งภายนอกเข้ามากระตุ้น ตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทรานสดิวเซอร์ความดันชนิดเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric pressure) เป็นต้น

2. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Transducers) เป็นกลุ่มของทรานสดิวเซอร์ (transducer) ที่ไม่สามารถเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าได้ด้วยตัวเอง จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกเข้ามากระตุ้นเพื่อให้เกิดสัญญาณทางด้านเอาต์พุต อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ประเภทพาสซีฟ ได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ชนิดวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้า (resistive transducer) เช่น อาร์ทีดี (RTD), เทอร์มิสเตอร์ (thermistor), สเตรนเกจ (strain gauge) [6]

2.3.5 การวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกระบวนการ อาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิมียหลายแบบ ขึ้นอยู่กับย่านการวัดของอุณหภูมิ ประเภทตัวกลางที่ต้องการวัด รวมไปถึงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ โดยหลักการวัดอุณหภูมิแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า อาร์ทีดี (RTD) และเทอร์มิสเตอร์ (thermistor) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เป็นต้น

2. หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี การวัดอุณหภูมิที่สูงมากๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัด (instrument) ดังกล่าวข้างต้นได้ เนื่องจากอาจทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษที่สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการวัด แต่อาศัยการวัดการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเพื่อบ่งบอกอุณหภูมิ

3. หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกล หลักการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมมิเตอร์

4. หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่สารเคมีละลายหรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต

2.3.6 หน่วยการวัดอุณหภูมิ

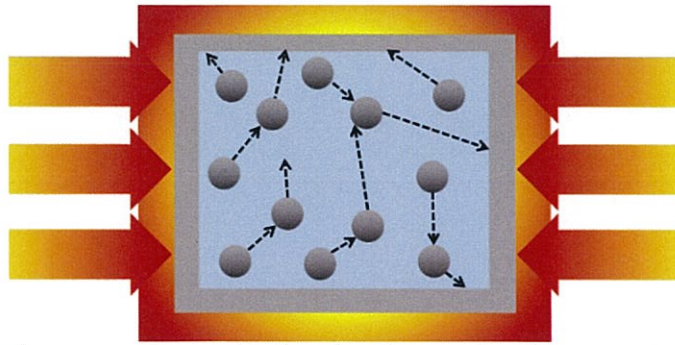
หน่วยของการวัดอุณหภูมิที่พบใช้ในส่วนมากก็คือ หน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) และเคลวิน (K) ซึ่งเคลวินเป็นหน่วยสากลของอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิก ส่วนองศาเซลเซียสเป็นหน่วยของอุณหภูมิทั่วไป

2.3.7 การวัดความดัน

การเลือกใช้เครื่องมือวัดความดันควรคำนึงถึง ย่านความดัน(range) ชนิด หรือรูปแบบของความดัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้ ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) ความดันเกจ (gauge pressure) ความดันแตกต่างหรือความดันดิฟเฟอเรนเชียล (differential pressure) และความดันต่ำกว่าบรรยากาศหรือสุญญากาศ (vacuum) และชนิดและคุณสมบัติของตัวกลางที่ทำหน้าที่ส่งผ่านแรงดันอาจอยู่ในสถานะก๊าซหรือของเหลว โดยการพิจารณาคูณลักษณะของตัวกลางนั้น ๆ เช่น ความบริสุทธิ์ของของไหล การมีสารแขวนลอยปะปน การทำปฏิกิริยา และการกัดกร่อน เป็นต้น [6]

2.3.7.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ

โมเลกุลของก๊าซแต่ละตัวเปรียบเสมือนลูกบอลเล็กๆ ที่เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาในภาชนะปิด ระหว่างที่มันเคลื่อนที่อยู่ มันจะชนกันเองและชนกับพื้นที่ผิวภายในของภาชนะ การเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เกิดการปะทะกันเองและปะทะกับพื้นที่ผิวภายในของภาชนะเช่นนี้จะเกิดความดันขึ้น เมื่อก๊าซได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซสูงขึ้น หรือเมื่อก๊าซถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลง ทำให้มีจำนวนโมเลกุลของก๊าซสูงขึ้น ผลที่ได้คือจะทำให้ความดันสูงขึ้น ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.3.7.2 ความดันที่เกิดจากระดับของของเหลว

ของเหลวมีมวลหนาแน่นกว่าก๊าซมาก ในทางปฏิบัติถือว่าของเหลวเป็นสารที่อัดตัวไม่ลง ถ้าเปรียบเทียบกับก๊าซแล้ว ก๊าซเป็นสารที่อัดตัวลง เมื่อของเหลวถูกบรรจุอยู่ในภาชนะ โมเลกุลของของเหลวจะทับถมกันลงไปเรื่อยๆ จากบนลงสู่ล่างทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามขนาดความสูงของของเหลวนั้น ความดันที่เกิดจากของเหลวลักษณะนี้เรียกว่า สแตติกเฮด (Static Head) หรือเรียกสั้นๆ ว่า เฮด (Head) ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะการวัดความดันที่เกิดจาก Static Head

2.3.8 รูปแบบของความดัน

ความดันจะจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ กันไป โดยอาศัยจุดอ้างอิงค่าศูนย์ดังนี้ [6]

1. ความดันเกจ (Gauge Pressure) โดยค่าที่แสดงผลจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศขึ้นไป ซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย ถ้าทำการวัด ณ จุดใดๆ บนพื้นโลกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5% ซึ่งในทางปฏิบัติจะถือโดยประมาณว่าเท่ากัน โดยงานส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมจะบอกเป็นความดันเกจแทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดความดันเกจนี้ จะมีหน่วยเป็น g หรือ G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความดันสุญญากาศ (Negative Pressure Vacuum Pressure) บางที่จะเรียกว่า ความดันลบ โดยค่าที่แสดงผลจะเป็นค่าที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศลงมา

3. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) มีจุดอ้างอิงค่าศูนย์ที่ Zero Pressure เป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิก เช่น การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler)

4. ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure) เป็นการบอกความดันที่แตกต่างกันระหว่างแหล่งที่วัดความดัน 2 จุด ความดันดิฟเฟอเรนเชียลจะมีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน ค่าที่กำหนดเป็นความดันแตกต่างจะมีตัวย่อต่อท้ายว่า d หรือ D

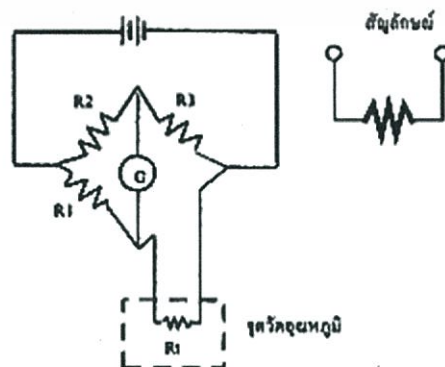
2.4 อุปกรณ์ในกระบวนการควบคุม

2.4.1 RTD

ใช้ RTD ในการวัดอุณหภูมิภายในถังที่ใช้แช่ผลิตภัณฑ์และถังน้ำร้อนที่ใช้หล่อถึงชั้นนอกของถังแช่ อาร์ที้ คือ อุปกรณ์ตรวจอุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ โดยความต้านทานของโลหะที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก (Positive Temperature Coefficient ; PTC) นอกจากนี้อาร์ที้ยังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า “เทอร์มิสเตอร์แบบค่าความต้านทาน” (Resistance Temperatures) อาร์ที้ทำจากลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งที่ 0°C จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งตามที่กำหนด ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน และต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด RTD จะถูกบรรจุอยู่ใน Metal Sheath ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์ หรืออะลูมิเนียมออกไซด์ [6]

วงจรใช้งานพื้นฐานของ RTD คือ Wheathstone Bridge โดย R_t คือ RTD ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ มีค่าความต้านทานอีก 3 ค่าในวงจร คือ R_1 , R_2 , และ R_3 ซึ่งต้องอยู่ที่อุณหภูมิห้อง และเป็นความต้านทานชนิดที่มีความถูกต้องสูง โดยมีรูปแบบการต่อใช้งานดังนี้

1. RTD 2 สาย



รูปที่ 2.12 RTD 2 สาย [6]

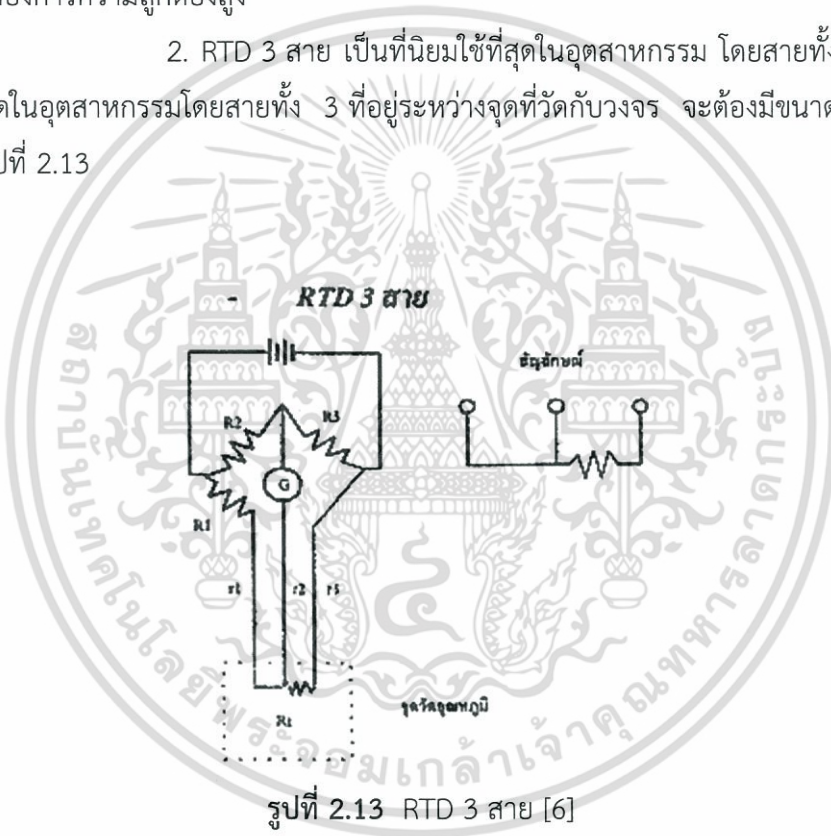
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.12 วงจร Bridge จะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ RTD (R_t) อยู่ที่ 0°C แล้วทำให้

$$\frac{R_t}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) จะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิที่ R_t สูงขึ้น ค่า R_t จะเพิ่มขึ้นทำให้ วงจร Bridge ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม RTD 2 สายเหมาะกับงานที่ RTD อยู่ใกล้กับวงจรเท่านั้น ไม่เหมาะกับงานที่ต้องลากสายยาว ๆ เนื่องจากจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จากค่าความต้านทานสะสมของสายตัวนำ ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดเพี้ยนไป RTD 2 สายจึงเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูง

2. RTD 3 สาย เป็นที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรม โดยสายทั้ง 3 เป็นแบบที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรมโดยสายทั้ง 3 ที่อยู่ระหว่างจุดที่วัดกับวงจร จะต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 RTD 3 สาย [6]

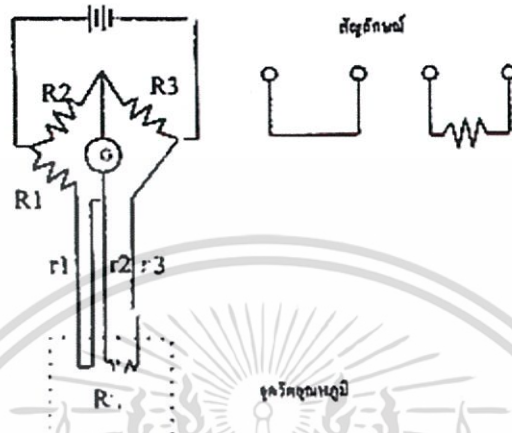
และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเพื่อให้ค่าความต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3 เปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน ด้วยขนาดที่เท่ากัน นั่นคือ

$$\frac{R_t + r_3}{R_3} = \frac{R_1 + r_1}{R_2} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เนื่องจาก r_1 เท่ากับ r_3 เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่วัดจึงขึ้นอยู่กับ R_t เพียงตัวเดียว ทำให้ RTD 3 สายมีความถูกต้องสูงกว่า RTD แบบ 2 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. RTD 4 สาย เป็นแบบที่มีความถูกต้องสูงที่สุด เนื่องจากเลื่อนจุดต่อของ Bridge ออกไปอยู่ภายนอกทั้ง 4 จุด สามารถชดเชยความต้านทานของสายตัวนำได้ทั้งหมด โดยสายทั้ง 4 ต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเหมือนกับ RTD 3 สาย ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 RTD 4 สาย [6]

2.4.2 TAIE FY Series Digital PID Controller FY800



รูปที่ 2.15 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ TAIE FY Series Digital PID Controller FY800

เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ควบคุมและตั้งค่าอุณหภูมิภายในถังแช่ฮีทและภายในถังน้ำร้อน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ โดยทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและสั่งงานเอาต์พุตเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตให้กระบวนการมีอุณหภูมิเป็นไปตามที่ต้องการ ตัวควบคุมชุด FY เป็นตัวควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งได้รับการออกแบบด้วยความถูกต้องแม่นยำสูงและมีความน่าเชื่อถือที่ดี ดังรูปที่ 2.15 (ภาคผนวก ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

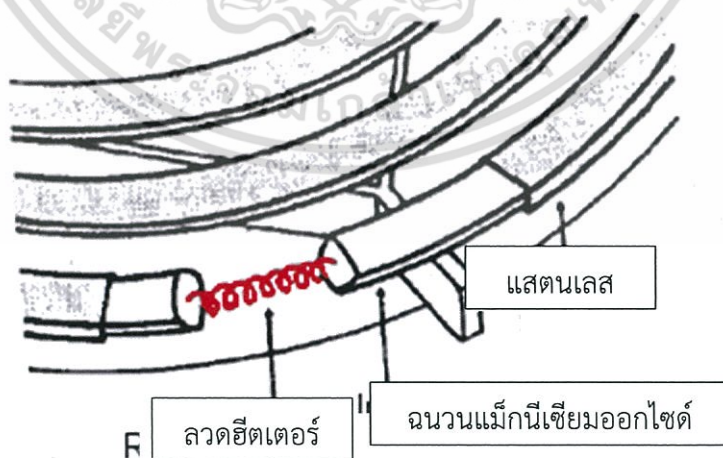
2.4.3 ขดลวดฮีตเตอร์

ขดลวดฮีตเตอร์ในที่นี้เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนภายในถึงน้ำร้อนโดยรับค่าอุณหภูมิมาจากคอนโทรลเลอร์หรือ HMI ที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ ที่มีค่าความต้านทานสูงลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง มีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูง สำหรับการผลิตฮีตเตอร์โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด, ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่างขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ

2.4.3.1 ส่วนประกอบหลักๆของฮีตเตอร์

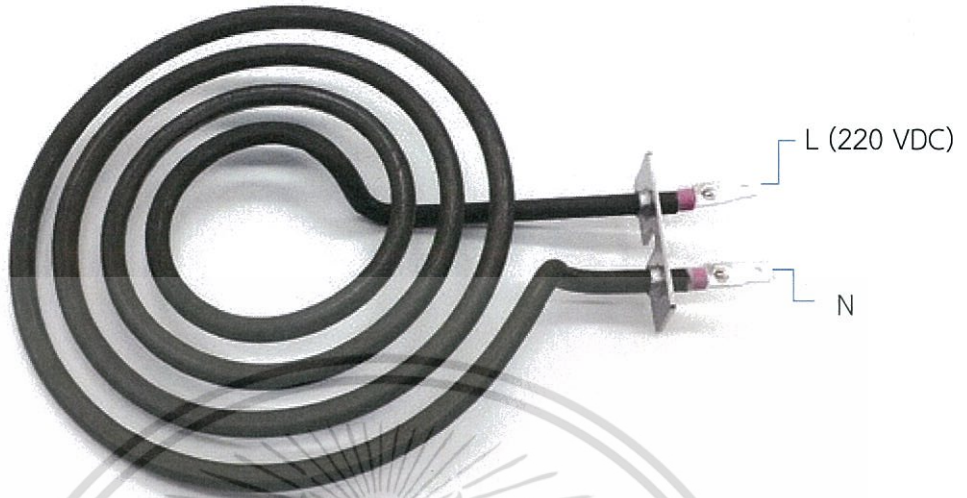
ส่วนประกอบของฮีตเตอร์แบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังรูปที่ 2.16

1. ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมาก ทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างขดลวดฮีตเตอร์กับเปลือกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่วจากขดลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ สามารถนำความร้อนแต่ไม่นำไฟฟ้า
2. ขดลวดฮีตเตอร์ (Heater) เป็นขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานใช้สำหรับเป็นวัสดุหลักในการทำฮีตเตอร์ให้เกิดความร้อน
3. สเตนเลส (Stainless) ทำหน้าที่ยึดองค์ประกอบภายในไว้ด้วยกัน
4. สายไฟทนความร้อน



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของฮีตเตอร์ [9]

2.4.3.2 รายละเอียดฮีตเตอร์ขดวงกลม



รูปที่ 2.17 ฮีตเตอร์ขดวงกลม [9]

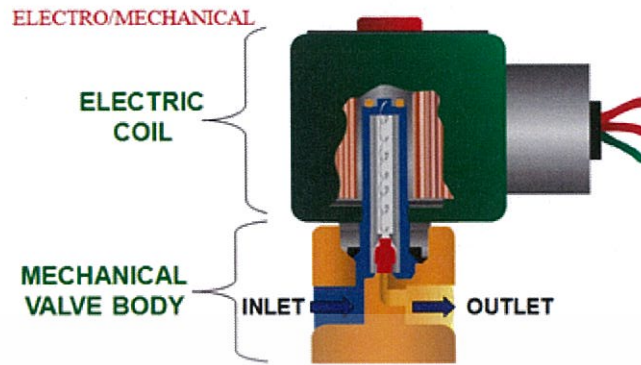
รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบของฮีตเตอร์ชนิดขดวงกลม ซึ่งในโครงการนี้ฮีตเตอร์ขดวงกลมจะต่ออยู่กับ Phase Angle Control ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ขดวงกลม โดยขาหนึ่งจะต่อกับ L (220 VDC) จาก Phase Angle Control และอีกขาจะต่ออยู่กับ N ของ Power Supply (ภาคผนวก ค.)

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดฮีตเตอร์ขดวงกลม [9]

หัวข้อ	รายละเอียด
จำนวนคอยล์	5
วัสดุ	สแตนเลส
พลังงาน	2100 วัตต์
แรงดันไฟฟ้า	220 โวลต์
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ	6.6 มิลลิเมตร
ขนาด (D)	220 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 โซลีนอยด์วาล์ว



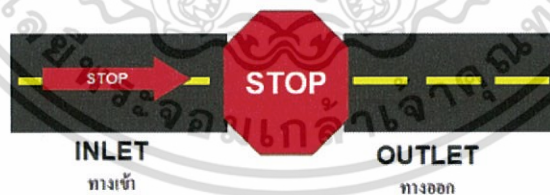
รูปที่ 2.18 โครงสร้างโซลีนอยด์วาล์ว [13]

โซลีนอยด์วาล์วใช้เพื่อควบคุมการเปิดปิดของเส้นทางที่จะส่งสารละลายเข้าสู่ถังแช่อิม เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งเอาไว้ โดยทำงานเป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนไฟเป็นตัวกำหนด การทำงานควบคุมให้ลีนกลไกเปิดหรือปิดได้ การทำงานของวาล์ว 2 ทาง มี 2 แบบคือ

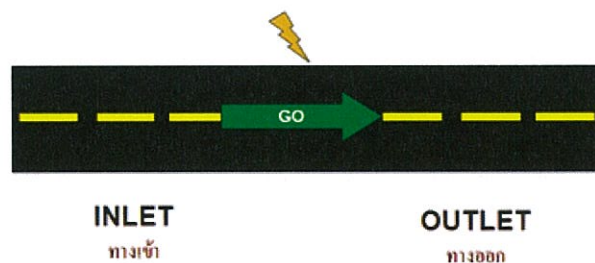
1. NORMALLY CLOSED APPLICATION (NC) ลักษณะวาล์วปกติจะปิดอยู่ เมื่อจ่ายไฟ วาล์วจะเปิด

แบบปกติปิด: ไม่มีการจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.19

แบบปกติเปิด: มีการจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติปิดเมื่อไม่มีการจ่ายไฟ [13]



รูปที่ 2.20 โซลีนอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อมีการจ่ายไฟ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. NORMALLY OPEN APPLICATION (NO) ลักษณะวาล์วปกติจะเปิดอยู่ เมื่อจ่ายไฟเข้าไป วาล์วจะปิด

แบบปกติเปิด: ไม่มีการจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.21

แบบปกติเปิด: มีการจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.22



INLET

ทางเข้า

OUTLET

ทางออก

รูปที่ 2.21 โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อไม่มีการจ่ายไฟ [13]



INLET

ทางเข้า

OUTLET

ทางออก

รูปที่ 2.22 โซลินอยด์วาล์วแบบปกติเปิดเมื่อมีการจ่ายไฟ [13]

2.4.5 Digital Pressure Controller DPC-L100 with Head Separated Pressure Sensor



รูปที่ 2.23 Digital Pressure Controller DPC-L100
with Head Separated Pressure Sensor [14]

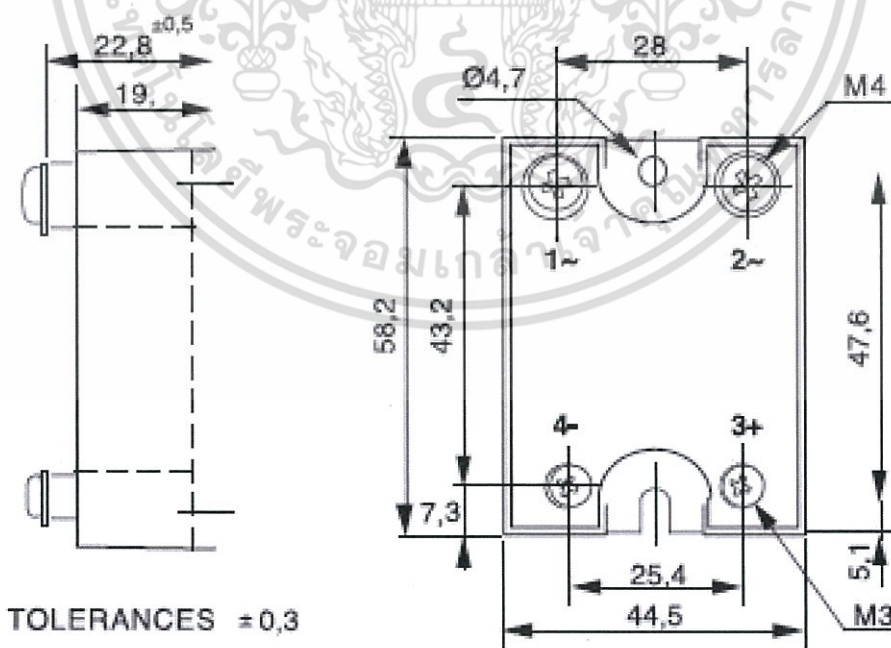
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pressure Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความดัน โดยจะต่อเข้ากับ Digital Pressure Controller เพื่อแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัล ON/OFF ดังรูปที่ 2.23 นำไปควบคุมการทำให้ภายในถังกลายเป็นสุญญากาศโดย Liquid Ring Pump ในส่วนของ Pressure Sensor นั้นสามารถวัดได้ทั้งของของเหลว เช่น แก๊ส น้ำ น้ำมัน เป็นต้น และรวมไปถึงการวัดความดันของ Pneumatic หรือลมนั่นเอง เพราะฉะนั้นการเลือกใช้งานควรเลือกให้ถูกประเภท เพื่อการใช้งานที่ถูกต้อง (ภาคผนวก ก.)

2.4.6 Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40

PSA-SERIES เป็นโซลิตสเตรจรีเลย์ ที่ทำงานเป็นแบบ Phase Angle Control ซึ่งสามารถควบคุมมุมเฟสในสัญญาณ Sine wave ทำให้กำลังไฟของโหลด มีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอินพุตที่เข้ามา เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดในการควบคุม เช่น ความสว่างของหลอดไฟหรือความร้อนของฮีตเตอร์ หรือควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้น สำหรับรุ่น PSA-01-40 สามารถต่อร่วมกับ POT ที่เป็นโวลลุ่มได้ เนื่องจากต้อง ON/OFF บ่อยครั้งและรับกระแสสูง PSA-SERIES จึงจำเป็นต้องติดตั้งกับ Heat Sink เพื่อระบายความร้อนเสมอ โดยข้อมูลทางเทคนิคของ Phase Angle Control สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.24 และ 2.25 [15]

2.4.6.1 ข้อมูลทางเทคนิคของ Phase Angle Control

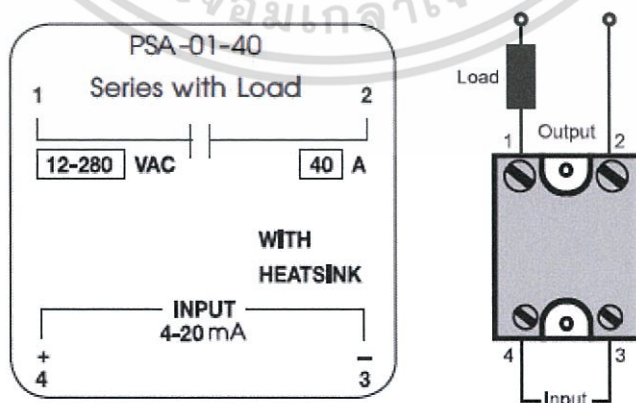


รูปที่ 2.24 โครงร่างของ Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40 [15]

Model	PSA-01-40	PSA-02-25	PSA-A1
TYPE	Phase Angle Control		Amplifier
Power Supply	-	-	220VAC
Input	Show	LED (Red Show Input Control)	
	Type	Control Current 4-20mA	Resistance 0-500k Ω
	Input Impedance	0.25k Ω	500k Ω
Output	Switching Voltage	24 to 600 VAC	12-280VAC
	Peak Voltage	800VAC	400VAC
	Switching Current	40A	25A
	Frequency	Operating Frequency Range 47 to 100 Hz	
Ambient Operation	Temperature	-10 °C to 60 °C	
	Humidity	85 % RH Non-Condensing	
Ambient Storage	Temperature	-20 °C to 80 °C	
	Humidity	85 % RH Non-Condensing	
Protection Degree	IP40		
Installation	Screw with Heat Sink	Screw with Heat Sink	DIN Rail Mounting
Material	ABS-V0		
Size	44.5 x 58.2 x 27mm.	44.5 x 58.2 x 27mm.	36 x 90 x 58mm.
Weight	90 g	90 g	160 g.

รูปที่ 2.25 ข้อมูลทั่วไปของ Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40 [15]

2.4.6.2 การต่อใช้งาน



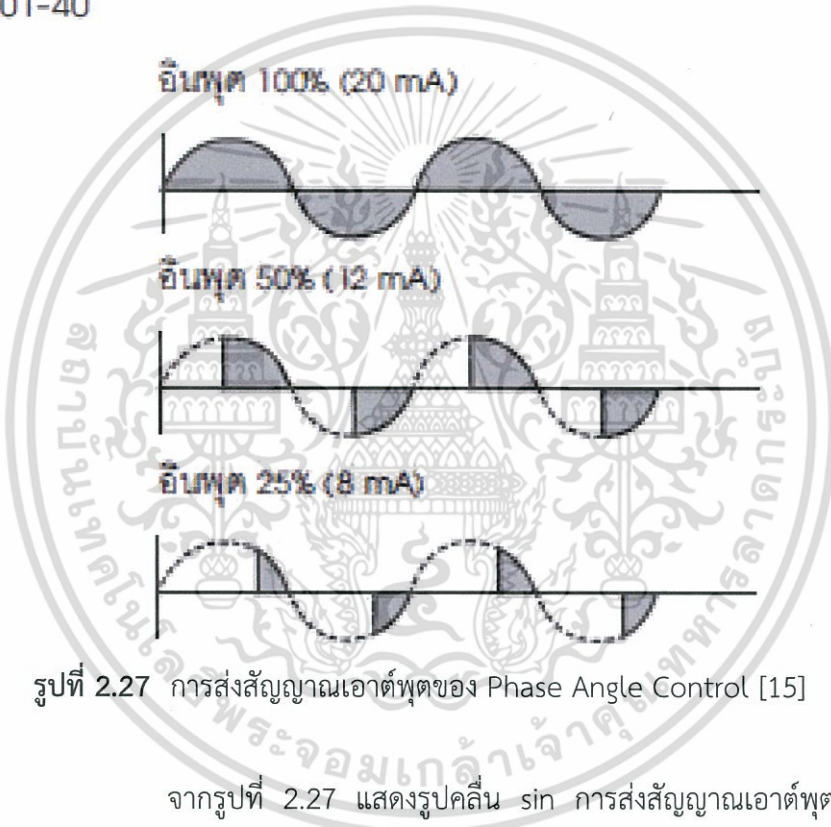
รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อ Phase Angle Control [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.25 เป็นการเชื่อมต่อของ Phase Angle Control โดย Input คือกระแสที่ส่งมาจาก Temperature Controller โดยขาที่ 4 ของ Phase Angle Control ต่อเข้ากับ ขาที่ 9 ของ Temperature Controller ตัวที่ 1 และ ขาที่ 3 ของ Phase Angle Control ต่อเข้ากับ ขาที่ 10 ของ Temperature Controller ตัวที่ 1 ส่วน Output จะต่อเข้ากับขดลวดความร้อนในขาที่ 2 ของ Phase Angle Control เพื่อจ่ายไฟให้ขดลวดทำงาน (220 VDC) และขาที่ 1 ต่อกับ L 220VDC (ภาคผนวก ค.)

2.4.6.3 สัญญาณเอาต์พุต

PSA-01-40



รูปที่ 2.27 การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control [15]

จากรูปที่ 2.27 แสดงรูปคลื่น sin การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control โดยการใช้การตัดลูกคลื่นในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ เช่น ที่อินพุต 100% (กระแสที่ได้รับสูงสุดคือ 20 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณเต็มลูกคลื่นไปยังขดลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามไปด้วย แต่ถ้าที่อินพุต 50% (กระแสที่ได้รับคือ 12 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณครึ่งลูกคลื่นไปยังขดลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะมีความเร็วลดลง อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นตามไปด้วย และถ้าที่อินพุต 25% (กระแสที่ได้รับคือ 8 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณที่น้อยกว่าครึ่งลูกคลื่นไปยังขดลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะเป็นไปอย่างช้าๆ อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นช้าๆตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 Schneider TWDLCAE40DRF compact PLC

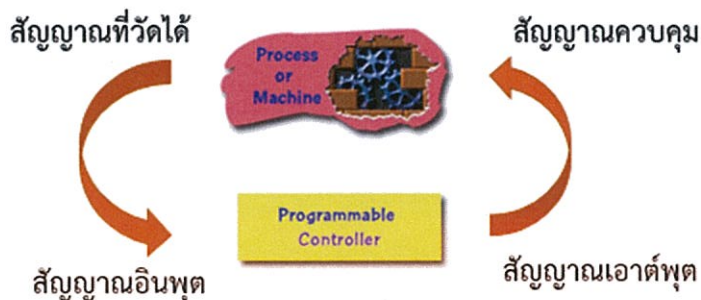


รูปที่ 2.28 Schneider TWDLCAE40DRF compact PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอก จากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.28 ในที่นี้จะต่ออุปกรณ์ PLC กับ Temperature Controller Pressure Transmitter และ HMI ผ่าน RS485 (ภาคผนวก ก.)

2.5 การควบคุมระบบประมวลผลด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือกระบวนการต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมคำสั่งที่ทำหน้าที่เหมือนวงจรรีเลย์ มีส่วนของอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อใช้งานได้ทันที ดังนั้นโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จึงถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรทำงานได้โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 การทำงานของ Programmable Logic Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาอื่นใดในชื่อของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การแปลงรูปแบบของสัญญาณ

การสื่อสารข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ สามารถสื่อสารได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นสื่อสารในรูปแบบของเสียง ข้อความตัวอักษร รูปภาพ การสนทนาผ่านสื่อต่างๆ การส่งพิมพ์งาน หรือการรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ซึ่งในแต่ละรูปแบบนั้นจะมีการส่งสัญญาณที่เป็นลักษณะจำเพาะที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารนั้นก่อน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะสัญญาณดังนี้

2.5.1.1 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal)

สัญญาณดิจิทัล จะประกอบขึ้นจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและ สัญญาณระดับต่ำสุด ดังนั้นจะมีประสิทธิภาพและ ความน่าเชื่อถือสูงกว่าแบบ Analog เนื่องจากการใช้งาน เพียง 2 ค่าเพื่อนำมาตีความหมายเป็น On/Off หรือ 1/0 เท่านั้น ดังรูปที่ 2.30 ซึ่งสัญญาณดิจิทัลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกัน ในทางปฏิบัติจะสามารถใช้เครื่องมือในการแปลงระหว่างสัญญาณทั้งสองแบบได้ เพื่อช่วยให้สามารถส่งสัญญาณดิจิทัลผ่านสัญญาณพาหะที่เป็นอนาล็อก โดยสัญญาณดิจิทัลนี้เป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและการติดต่อสื่อสาร

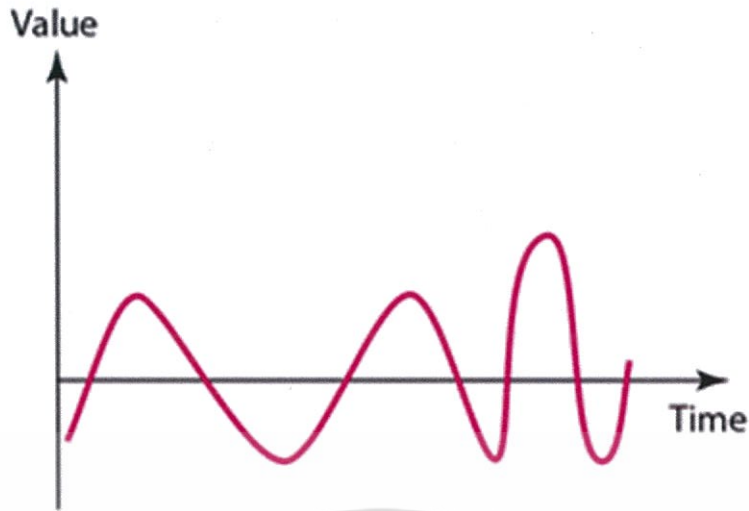


รูปที่ 2.30 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบดิจิทัล

2.5.1.2 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal)

สัญญาณแบบอนาล็อก จะเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องที่ทุกๆค่าจะเปลี่ยนแปลงไปของระดับสัญญาณจะมีความหมาย ดังรูปที่ 2.31 การส่งสัญญาณแบบ Analog จะถูกรบกวนให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่ายกว่า เนื่องจากค่าทุกค่าที่ถูกลำเอียงมาใช้กันนั่นเอง ซึ่งสัญญาณแบบอนาล็อกนี้เป็นสัญญาณที่สื่อกลาง ในการสื่อสาร ส่วนมากใช้อยู่ เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์

เอกสารเป็นต้นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก

ปกติแล้วในการรับส่งข้อมูลนั้น สัญญาณดิจิทัลจะทำการรับส่งข้อมูลที่เป็นดิจิทัล ส่วนสัญญาณอนาล็อกก็จะรับส่งข้อมูลที่เป็นอนาล็อกเช่นเดียวกัน แต่ในบางระบบการสื่อสารก็ต้องการรับส่งข้อมูลของสัญญาณที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถใช้สัญญาณดิจิทัลในการรับส่งข้อมูลที่เป็นอนาล็อกได้และใช้สัญญาณอนาล็อกในการรับส่งข้อมูลที่เป็นดิจิทัลได้เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.32 และ 2.33 ซึ่งสามารถแบ่งประเภทการแปลงรูปแบบของสัญญาณออกได้เป็น 4 แบบดังนี้

1. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล
2. การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณอนาล็อก
3. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก
4. การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 2.32 ภาพการแปลงข้อมูลแบบ DAC

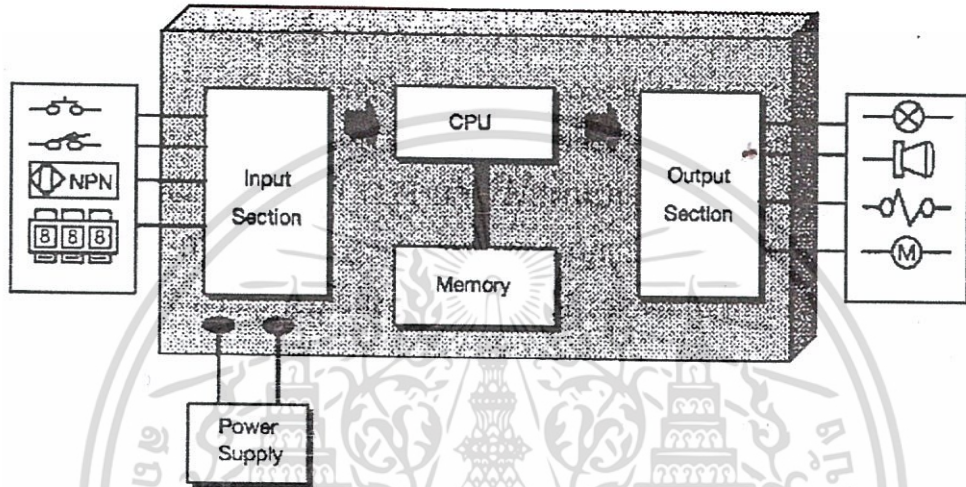


รูปที่ 2.33 ภาพการแปลงข้อมูลแบบ ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ส่วนประกอบของ PLC

พีแอลซี เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยส่วนประกอบของพีแอลซีจะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก ส่วนประกอบของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่จะสามารถแยกออกมาประกอบย่อยได้ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของพีแอลซีจะประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2.34



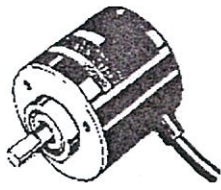
รูปที่ 2.34 ลักษณะโครงสร้างของ PLC [16]

2.5.2.1 ภาคอินพุต

ภาคอินพุต จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเพื่อทำการประมวลผลสัญญาณอินพุตต่างๆ ที่เข้ามาจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมและถูกต้องไม่เช่นนั้น ซีพียูจะเสียหายได้ โดยสัญญาณที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1. สัญญาณเข้าจะต้องได้ระดับที่เหมาะสมกับพีแอลซี
2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับซีพียูกระทำด้วยแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณทางไฟฟ้าออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้ซีพียูเสียหายเมื่ออินพุตเกิดการลัดวงจร
3. หน้าสัมผัสต้องไม่สัมผัสเเทือน

อุปกรณ์อินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะ เปิด-ปิด หรือ 0-1 จะสามารถเข้ากับพีแอลซีที่รับสัญญาณเป็นแบบดิจิทัลเท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นแบบอนาล็อกมาตรฐานต่างๆ จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของพีแอลซีที่สามารถรับสัญญาณอนาล็อกเท่านั้น โดยตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุตแสดงได้ดังรูปที่ 2.35



Rotary Encoder



Switch



Proximity Sensor

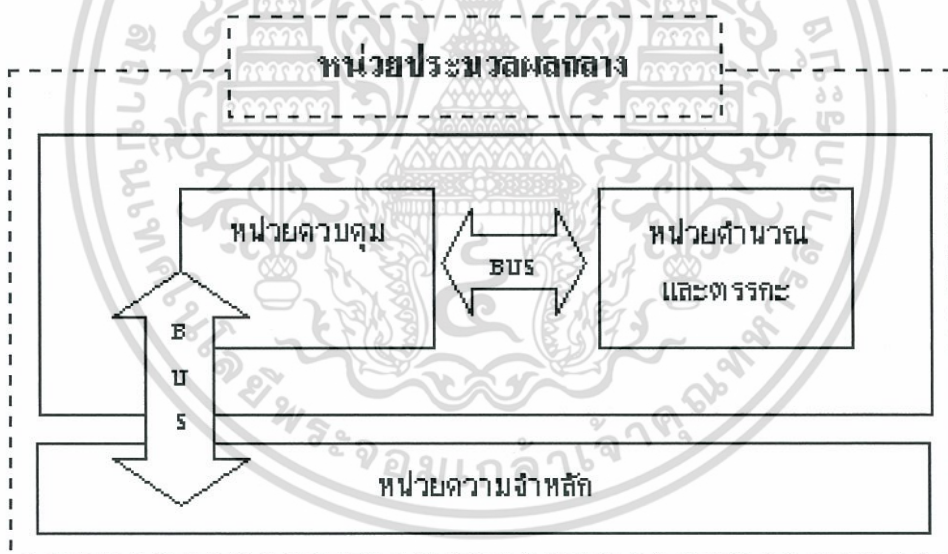


Thumbwheel Switch

รูปที่ 2.35 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต [16]

2.5.2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

ซีพียูทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุม ซึ่งเปรียบเหมือนสมองของระบบ ภายใน ซีพียูจะประกอบไปด้วยลอจิกเกทต่างๆ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบสเพื่อสำหรับออกแบบ วงจรรีเลย์แลต-เดอร์ลอจิก ซีพียูจะยอมรับข้อมูลอินพุตจากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่างๆต่อและจะทำการ เก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุม แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแส ตรงเพื่อใช้สำหรับแรงดันต่ำ



รูปที่ 2.36 ส่วนประกอบของซีพียู [16]

จากรูปที่ 2.36 เป็นซีพียูที่รวมแหล่งจ่ายไฟเข้าด้วยกัน ซึ่งจะแยก แหล่งจ่ายไฟออกมาต่างหาก นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญที่อยู่ในซีพียูอีกชุดหนึ่ง คือ โปรเซสเซอร์เมโมรี โมดูล ซึ่งถือเป็นสมองที่ควบคุมโปรแกรมภายในประกอบด้วย ไมโครเมโมรีชิพ ซึ่งทำหน้าที่เก็บและ เรียกข้อมูลจากหน่วย ความจำและติดต่อกับวงจรที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

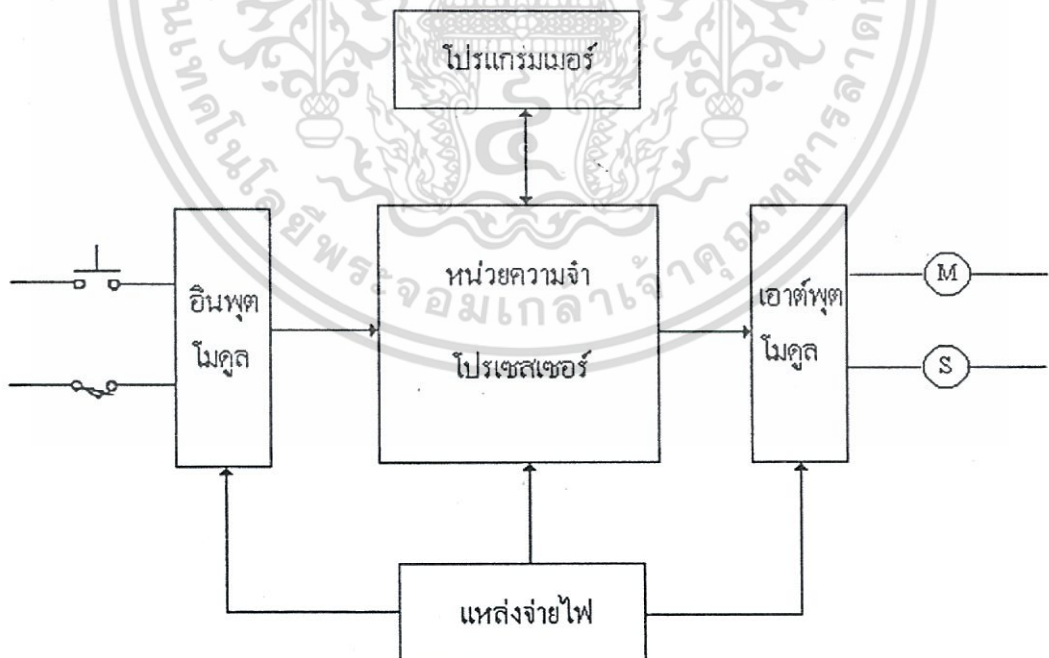
2.5.2.3 หน่วยความจำของPLC

หน่วยความจำของพีแอลซีทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกออกแบบเป็นบิตข้อมูลภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันไปแล้วแต่คำสั่ง พีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ แรมและรอม

2.5.2.3.1 แรม (RAM : Random Access Memory) หน่วยความจำนี้มีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงในแรมทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการแก้ไขโปรแกรมบ่อย

2.5.2.3.2 อีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดอีพรอมนี้ จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต มีข้อดีตรงไฟดับแล้วข้อมูลไม่หาย

2.5.2.3.3 อีอีพรอม (EEPROM : Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือนแรม ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟ รวมเอาข้อดีของแรมและอีพรอมไว้ด้วยกัน

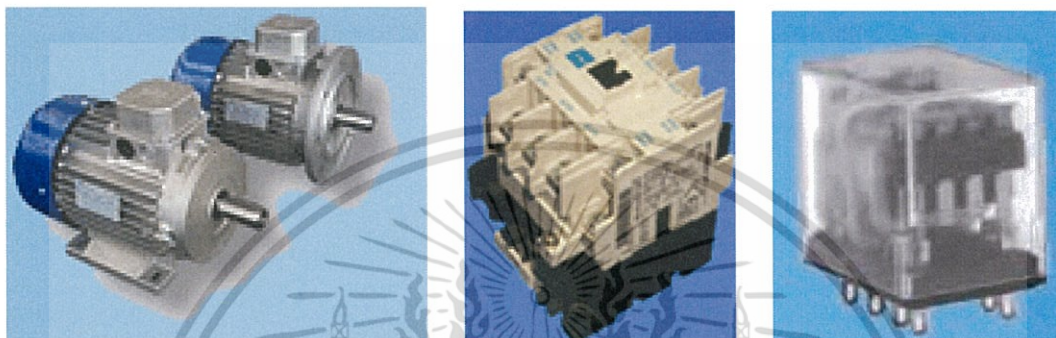


รูปที่ 2.37 โครงสร้างของพีแอลซีและหน่วยความจำ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.4 ภาคเอาต์พุต

ภาคเอาต์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาต์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ ส่วนของเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของซีพียู แล้วจะนำเอาค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน นอกจากนั้นยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) ออกจากอุปกรณ์ โดยตัวอย่างของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุตแสดงได้ดังรูปที่ 2.38



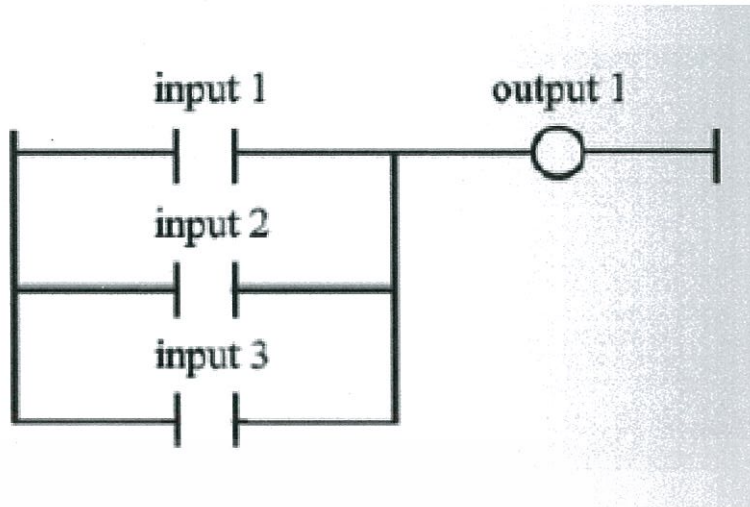
รูปที่ 2.38 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต [16]

2.5.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

โปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 5 ภาษา คือ LD (Ladder diagram), FBD (Function block diagram), IL (Instruction List), ST (Structure text), SFC (sequential Function chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของแต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131 – 3 เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร ฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม สามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยรูปแบบในการเขียนต่างๆมารวมกันได้

2.5.3.1 LD (Ladder diagram)

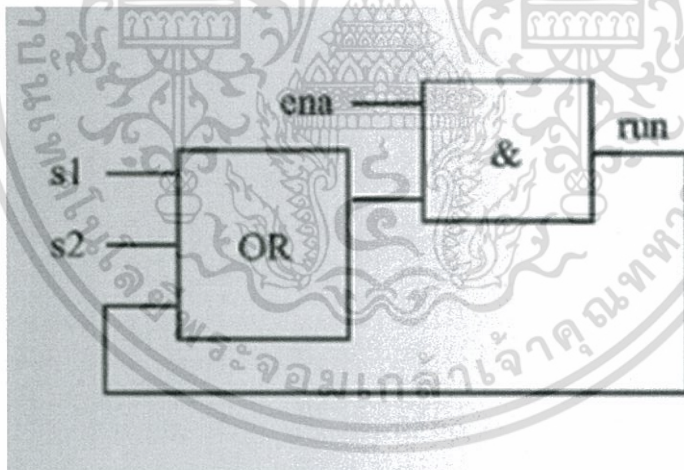
จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์ และวงจรไฟฟ้า ซึ่ง แลตเตอร์ไดอะแกรม จะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรม ดังรูปที่ 2.39 จัดเป็นสัญลักษณ์ที่สามารถดูตามโครงสร้างแล้วเข้าใจการทำงาน แต่เวลาที่ PLC ทำงานจะอาศัยชุดคำสั่ง (Instruction) ทำงานโดยวิธีการเขียนลงในหน่วยความจำ ข้อมูลในหน่วยความจำนั้น จะจัดเก็บเป็นรหัส (Code) ไม่สามารถจัดเก็บในลักษณะของ Ladder Diagram ได้โดยตรง



รูปที่ 2.39 ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Ladder diagram [17]

2.5.3.2 FBD (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชันการทำงานในรูปของกราฟิกเช่นเดียวกันและเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายดังรูปที่ 2.40 โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมมีพื้นฐานมาจากการเขียนลอจิกไดอะแกรม



รูปที่ 2.40 ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Function block diagram [17]

2.5.3.3 IL (Instruction list)

IL (Instruction list) จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษา แอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand) ดังรูปที่ 2.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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, *)
			(* result :=a1+(a2*(a3-a4) *a5) *)
	ADD	a6	(* a1+(a2*(a3-a4)*a5)+a6 *)
	ST	res	(* store current result in res *)

รูปที่ 2.41 ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Instruction list [17]

2.5.3.4 ST (Structure text)

ST จะเป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบไปด้วยนิพจน์และคำสั่งต่างๆดังรูปที่ 2.42 โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวข้องกับการเลือกทำงาน เช่น IF.....THEN..... ELSE เป็นต้น และคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR , WHILE เป็นต้น

```

FUNCTION SQUARE : INT
(*****
This function returns as its function value the square of the
input value or if there is overflow, the maximum value that
can be represented as an integer.
*****)
VAR_INPUT
  value : INT;
END_VAR
BEGIN
IF value <= 181 THEN
  SQUARE := value * value; //Calculation of function
value
ELSE
  SQUARE := 32_767; // If overflow, set maximum value
END_IF;
END FUNCTION

```

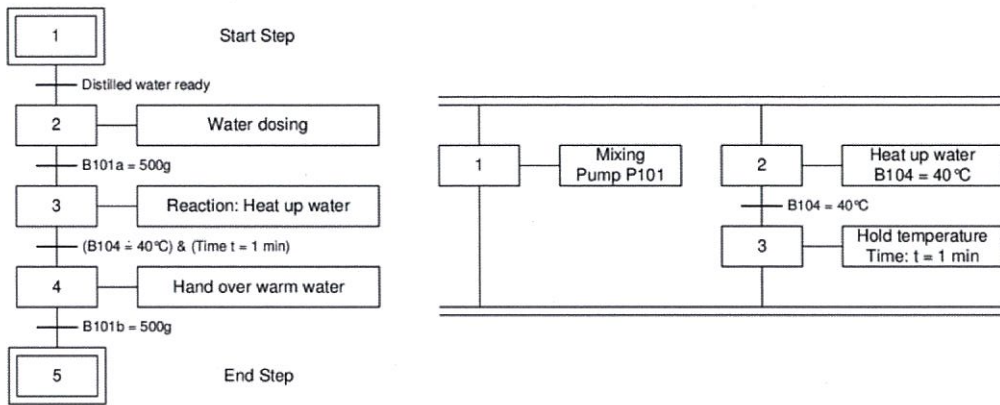
รูปที่ 2.42 ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Structure text [17]

2.5.3.5 SFC (Sequential function chart)

SFC จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบซีควเอนซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (คำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละ Step) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงาน เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence เป็นต้น ดังรูปที่ 2.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 ตัวอย่างรูปแบบการเขียน Sequential function chart [17]

2.6 การแสดงผลและปรับค่าด้วย HMI (Human Machine Interface)



รูปที่ 2.44 Weintek Human Machine Interface [18]

Human Machine Interface (HMI) คือระบบที่ใช้แสดงผลและบอกสถานะการทำงานของเครื่องจักรผ่านทางหน้าจอ Computer หรือ Touchscreen ดังรูปที่ 2.44 โดยมี Programmable Logic Control (PLC) ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแล้วส่งค่าสัญญาณต่าง ๆ มาแสดงผลที่ HMI ทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมอยู่ภายในห้องโดยไม่ต้องเข้าไปใกล้เครื่องจักร ช่วยลดความเสี่ยงและอันตรายจากเครื่องจักรแต่ Software HMI จะเป็น Software เฉพาะทางการใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า HMI (Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล HMI รวมไปถึง SCADA เกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าไปควบคุมระบบที่ PLC เป็นตัวควบคุมอยู่โดย HMI นั้น จะเป็นการนำข้อมูลจาก PLC ส่งผ่านโครงข่ายของการสื่อสารแบบต่างๆและทำการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบต่างๆเข้าด้วยกันทำให้สามารถสั่งการได้โดยผู้ เชี่ยวชาญได้อีกด้วย เมื่อนูญาติให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 คุณสมบัติของ HMI

2.6.1.1 Communicate (การสื่อสาร)

สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆในลักษณะแบบดิจิทัล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบและสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์ PLC, Meter, Controller และอีกมากมายตามการใช้งานประเภทต่างๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุมหรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่นๆที่ต่อเชื่อมอยู่ได้อย่างง่ายดายผ่านการเชื่อมต่อจากโปรโตคอลประเภทต่างๆ

2.6.1.2 Collect (การเก็บค่า)

สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่างๆในรูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data logger) ได้อีกด้วย

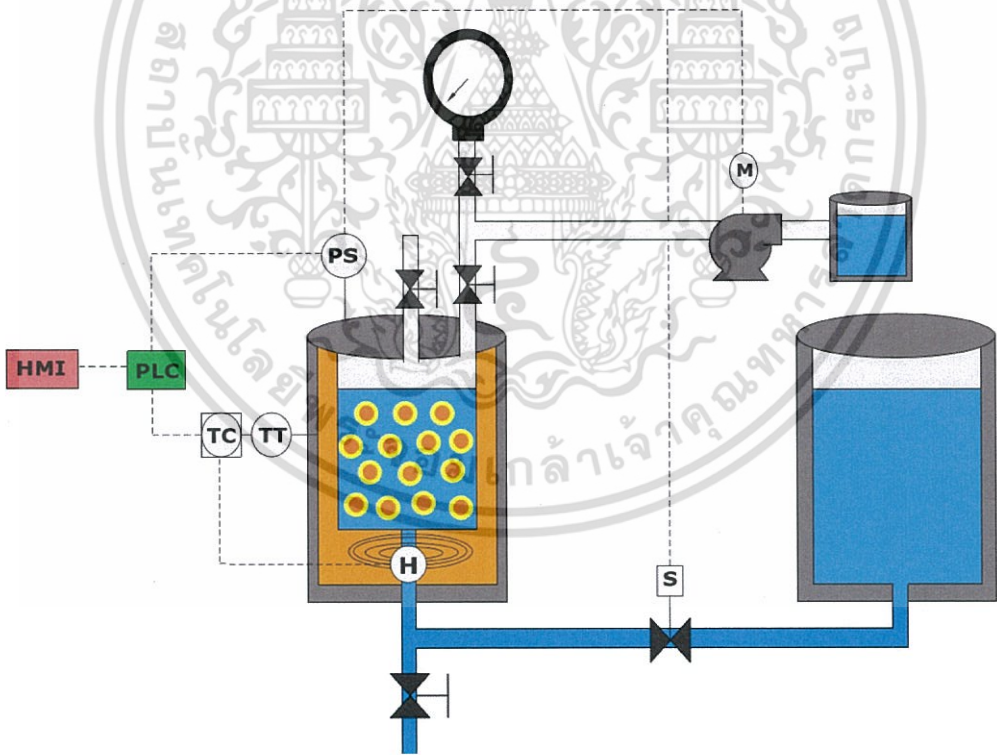


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการควบคุมและวิธีการทดลองกระบวนการแช่อบ

3.1 กล่าวนำ

จากการศึกษากระบวนการแช่อบพบว่า การแช่อบด้วยวิธีสุญญากาศสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพมากกว่าการแช่อบด้วยวิธีการแช่อบแบบปกติ แต่เนื่องจากการแช่อบด้วยวิธีสุญญากาศแบบเก่านั้น เป็นการนำผลไม้ลงไปแช่ในสารละลายก่อนเป็นอันดับแรกแล้วจึงเปิดเครื่องเพื่อทำให้เป็นระบบสุญญากาศ การทดลองในครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนากระบวนการแช่อบขึ้นจากเดิม โดยขั้นแรกของกระบวนการจะเป็นการใส่ผลไม้ลงไป จากนั้นทำการเปิดเครื่องเพื่อทำให้เป็นระบบสุญญากาศเป็นระยะเวลาตามที่กำหนดแล้วจึงปล่อยสารละลายเข้ามาในกระบวนการ ซึ่งการคงสถานะให้เป็นระบบสุญญากาศในช่วงแรกจะช่วยดึงน้ำในผลไม้ออกมาเพื่อให้สารละลายเข้าไปแทนที่น้ำในผลไม้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าการแช่อบด้วยวิธีสุญญากาศแบบเดิม ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้



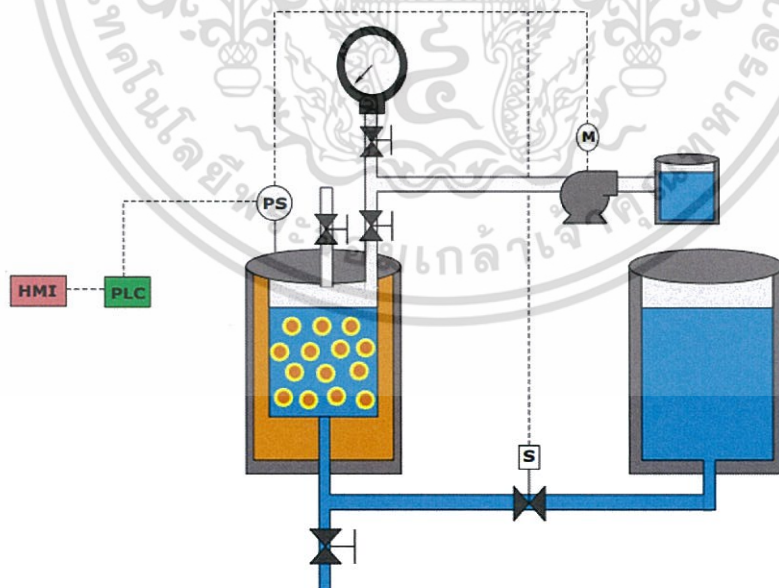
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์การทำงานของเครื่องแช่อบ

จากรูปที่ 3.1 อธิบายการทำงานได้ดังนี้ คือประกอบไปด้วยถังสแตนเลส 3 ถัง ในถังแรกจะใช้ทำความร้อน โดยมีขดลวดความร้อนที่กั้นถัง และนำน้ำร้อนที่ได้จากถังที่ 1 ไปหล่อที่ถังชั้นนอกของถังแช่อบ ดังนั้นถังแช่อบจึงต้องมีลักษณะเป็นถัง 2 ชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวกลางนำความร้อนได้สัมผัสกับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อน โดยทำอุณหภูมิภายในถังน้ำร้อน แล้วส่งมายังถังชั้นนอกของถังแช่ฮีมน้ำร้อนเป็นสื่อกลางในการควบคุมอุณหภูมิรอบถังแช่ฮีมน้ำร้อนที่ต้องการ อีกทั้งยังมีการควบคุมความดันภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อน ซึ่งจะเป็ถังที่ถูกปิดอย่างแน่นสนิเพื่อรักษาความดันให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศและคงค่าความเป็นสุญญากาศตามระยะเวลาที่กำหนดให้มีความเหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์ จากนั้นวาล์วฝั่งถังบรรจุสารละลายจะถูกเปิดออกเมื่อครบเวลาการคงค่าสุญญากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทสารละลายจากถังหนึ่งไปสู่อีกถังหนึ่งจากหลักการการเปลี่ยนแปลงความดันภายในถัง และแช่ผลิตภัณฑ์กับสารละลายในความดันบรรยากาศตามเวลาที่ต้องการ

3.1.1 การควบคุมความดัน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าการใช้ความดันสุญญากาศมาช่วยในการแช่ฮีมน้ำร้อนจะช่วยให้อัตราการออสโมซิสให้เร็วมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการดึงความดันออกจากถังแช่ฮีมน้ำร้อนกลายเป็นความดันสุญญากาศจะช่วยดึงน้ำที่มีอยู่ในชั้นเนื้อผลไม้ และเมื่อเปิดโซลินอยด์วาล์วนำสารละลายเข้ามาในถังแช่ฮีมน้ำร้อน ชั้นเนื้อผลไม้จะออสโมซิสสารละลายเข้าไปแทนที่น้ำที่ถูกดึงออกไปก่อนหน้านี้ได้ดีและรวดเร็วยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นการควบคุมความดันจึงเป็นสามารถช่วยให้การแช่ฮีมน้ำร้อนเป็นไปได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน การกำหนดค่าความดันสุญญากาศขึ้นอยู่กับความอ่อนแข็งของเนื้อผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่มีลักษณะแข็งก็สามารถใช้ความดันสูงได้ แต่ถ้าผลไม้มีเนื้ออ่อนจะลดความดันลงเพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้อ่อนจนเกินไป



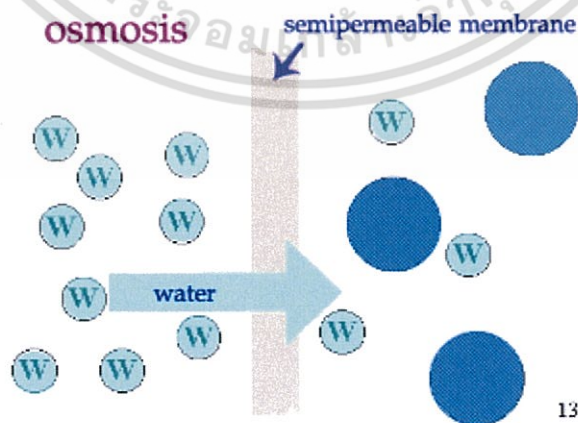
รูปที่ 3.2 การควบคุมความดันในระบบการแช่ฮีมน้ำร้อน

การควบคุมระบบควบคุมวงปิด (Closed Loop Control) ของความดันภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อนให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ จะใช้อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter, PT) ที่ติดตั้งบนถังแช่ฮีมน้ำร้อนเพื่อตรวจสอบความดันภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อน และส่งสัญญาณไปยัง PLC เพื่อควบคุมวาล์วเปิดปิดถังแช่ฮีมน้ำร้อนไม่ให้เกินค่าที่กำหนดไว้ หากความดันภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อนต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ PLC จะสั่งให้วาล์วเปิดปิดถังแช่ฮีมน้ำร้อนเพื่อปรับความดันภายในถังแช่ฮีมน้ำร้อนให้กลับสู่ค่าที่กำหนดไว้

แช่ฮีมเป็นอุปกรณ์วัดความดันภายในถังเพื่อที่จะทำการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) ให้กระบวนการซึ่งการกำหนดค่าความดันสถานะสุญญากาศในถังแช่ฮีมจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ โดยในโครงการนี้จะใช้เลม่อนในการทดลอง ความดันสุญญากาศอยู่ที่ค่า -0.5 มิลลิบาร์ จากนั้นทำการป้อนค่าความดันผ่านหน้าจอ HMI และส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยในตอนเริ่มต้นจะควบคุมความดันภายในที่กำหนดให้อยู่ในสถานะสุญญากาศ หลังจากนั้นจะรักษาสถานะสุญญากาศไว้เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาจะทำการเปิดโซลินอยด์วาล์วระหว่างถังแช่ฮีมและถังบรรจุสารละลายเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันและเกิดการไหลของสารละลายในถังบรรจุสารละลายสู่ถังแช่ฮีม ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีจากบทที่ 2 จากนั้นแช่เลม่อนทิ้งไว้ในความดันบรรยากาศเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จึงนำเลม่อนออกจากถังและวัดค่าความเป็นกรด-เบสและค่าความเข้มข้นของความหวาน ($^{\circ}\text{Brix}$) จากชิ้นเลม่อนเปรียบเทียบกับกรณีแช่ในความดันบรรยากาศโดยไม่ผ่านกระบวนการทำความดันสุญญากาศ

3.1.2 การควบคุมอุณหภูมิ

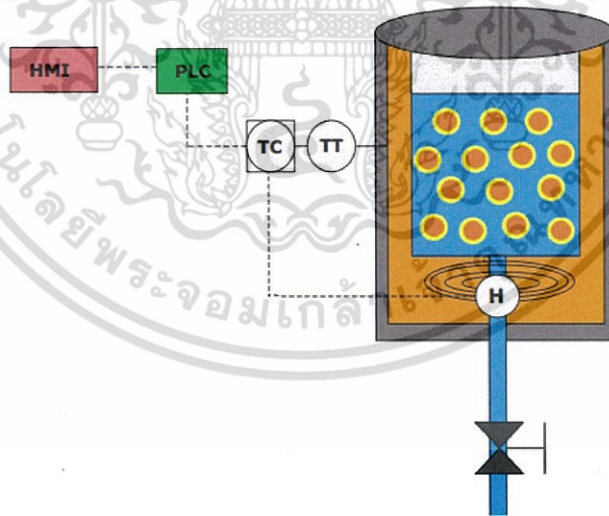
จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิมาเป็นตัวควบคุมในการแช่ฮีมส่งผลให้เนื้อเยื่อของผลไม้อ่อนตัวลงความร้อนจะเป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นจะทำให้โครงสร้างบางส่วนของผักและผลไม้เกิดการอ่อนตัวลง จึงทำให้น้ำและสารละลายสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างง่ายดาย และการเพิ่มอุณหภูมิในกระบวนการออสโมซิสจะมีผลทำให้ความหนืดของสารละลายลดลง ทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารละลายเป็นไปได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้อัตราการออสโมซิสสูงขึ้นอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในโครงการนี้ใช้อุณหภูมิคงที่ที่ 40°C กับเลม่อน เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับลักษณะชิ้นเนื้อผลไม้



รูปที่ 3.3 การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการจะทำการรักษาอุณหภูมิภายในถังแช่ฮีมและถังตัวกลางนำความร้อนชั้นนอกซึ่งจะเป็นระบบปิด (Closed Loop Control) โดยในส่วนนี้จะใช้ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter, TT) หรืออาร์ทีดีชนิด PT100 (Platinum ความต้านทาน 100 Ω ที่อุณหภูมิ 0 $^{\circ}\text{C}$) ทำการวัดอุณหภูมิภายในถังแช่ฮีมและถังตัวกลางนำความร้อนชั้นนอกอีกทั้งยังช่วยในการทำ Auto Tuning ค่า PID ที่ใช้ในการควบคุมผ่านตัวควบคุมกระบวนการ โดยตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังเฟสแองเกิล (Phase Angle) ที่ต่ออยู่ในตู้ควบคุม เพื่อเพิ่มหรือลดสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบคลื่นรูปซายน์ในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน และใช้ Modbus RS485 ในการสื่อสารกันระหว่าง Temperature Controller กับ PLC เพื่อที่จะใช้ค่า PID จากการ Auto Tuning ของตัวควบคุมกับกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยเริ่มจากการกำหนดให้น้ำภายในถังน้ำร้อนมีอุณหภูมิ 40 $^{\circ}\text{C}$ จึงตั้งค่าอุณหภูมิ Set Point (SV) ที่ 40 $^{\circ}\text{C}$ จากใน HMI และ HMI ก็จะนำค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller ได้แก่ ค่า Process Value (PV) , ค่า Set Point (SV) มาแสดง เนื่องจากในการทำงานจะใช้ความร้อนจากถังตัวกลางนำความร้อนชั้นนอกวนอยู่รอบถังแช่ฮีมซึ่งเป็นถัง 2 ชั้นโดยชั้นนอกจะถ่ายเทน้ำร้อนจากถังน้ำร้อนที่จะใช้ขดลวดความร้อนเป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สาเหตุที่ต้องใช้ถัง 2 ชั้นโดยมีถังตัวกลางนำความร้อนชั้นนอกในการแพร่ความร้อนไปยังถังแช่ฮีมนั้น เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน หากสัมผัสกับความร้อนโดยตรงอาจทำให้มีโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เสียรูป

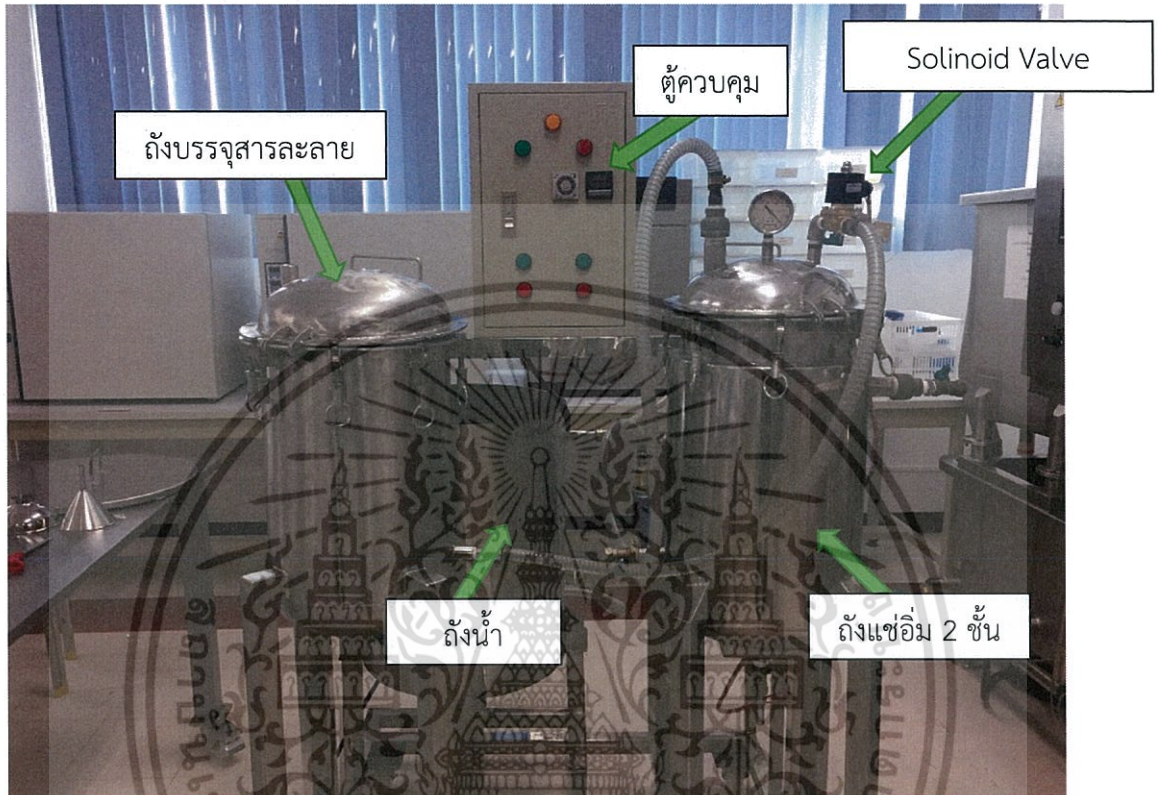


รูปที่ 3.4 การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการแช่ฮีม

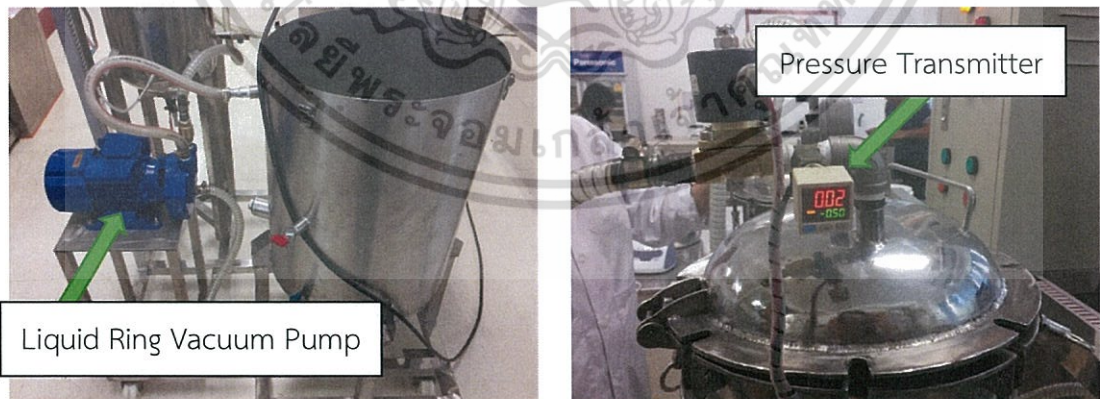
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

กล่าวถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมการทำงานของกระบวนการแช่แข็งแสดงในรูปที่ 3.5-3.7 โดยสามารถดูข้อมูลของอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าเพิ่มเติมได้ในบทที่ 2 และภาคผนวก



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการแช่แข็ง



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



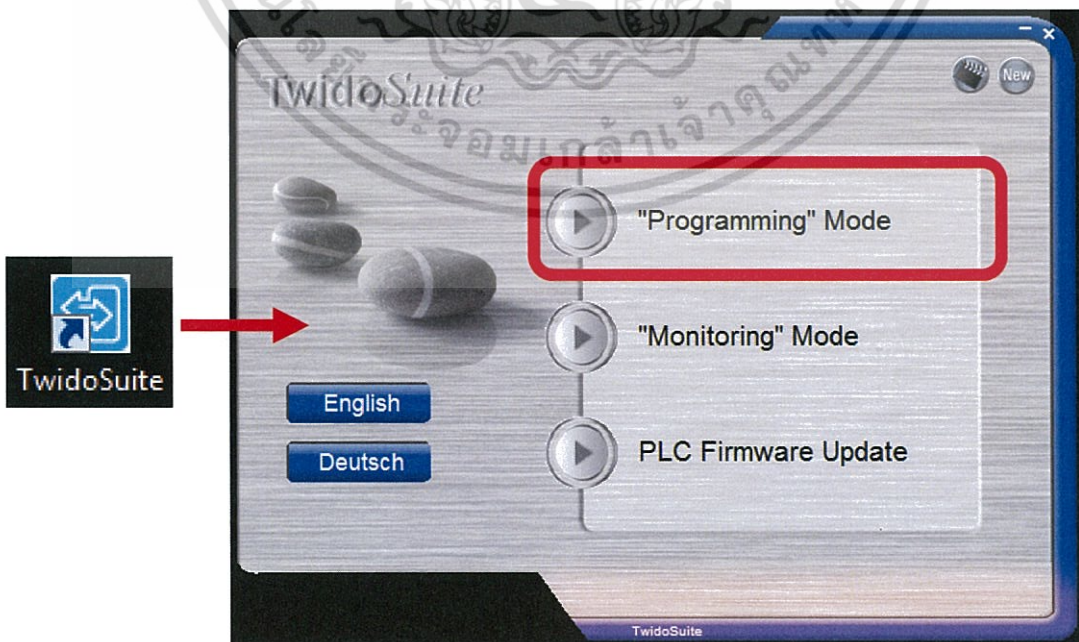
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการเชื่อมส่วนของการควบคุมและแสดงผล

3.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 โปรแกรมควบคุมกระบวนการเชื่อม

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการเชื่อมจะใช้โปรแกรม TwidoSuite ในการเขียนโปรแกรม โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมจะเลือกใช้แลตเตอร์ไดอะแกรมเป็นรูปแบบในการเขียน

3.3.1.1 การสร้าง New Project



รูปที่ 3.8 โปรแกรม TwidoSuite

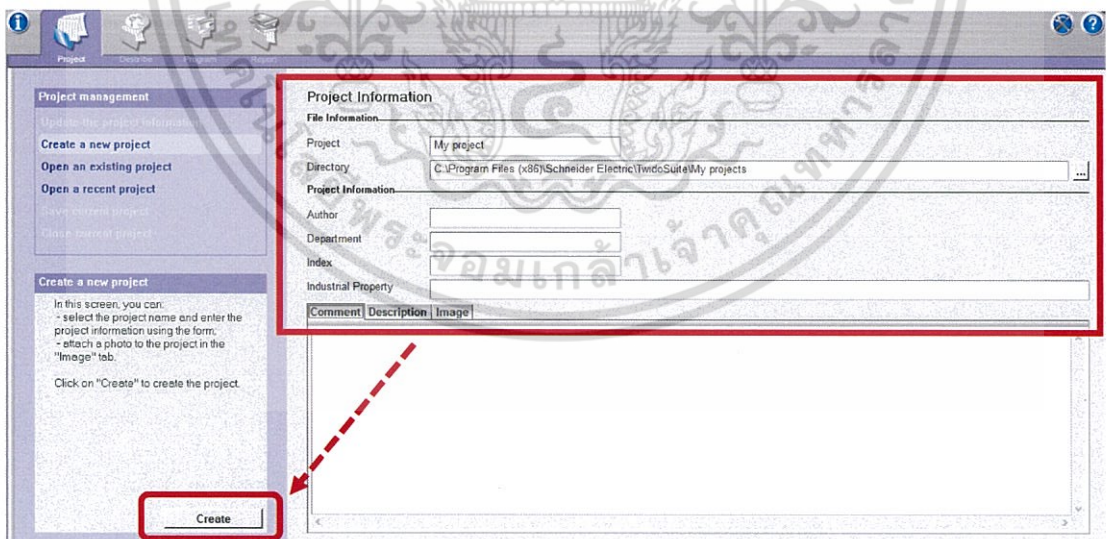
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 แสดงการเปิดโปรแกรม TwidoSuite ขึ้นมา หลังจากนั้นทำการเลือกที่ Programming Mode เพื่อเริ่มการสร้างโปรแกรมใหม่



รูปที่ 3.9 การสร้าง New Project

จากรูปที่ 3.9 แสดงหน้าจอหลักเมื่อเข้าสู่ Programming Mode จากนั้นทำการเลือกที่ Create a new project เพื่อทำการสร้าง New Porject

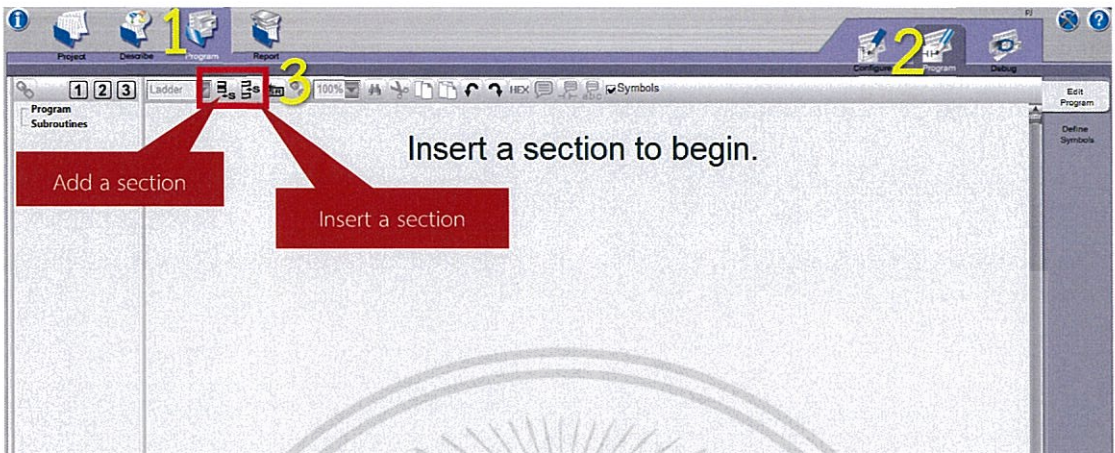


รูปที่ 3.10 ข้อมูลของ New Project

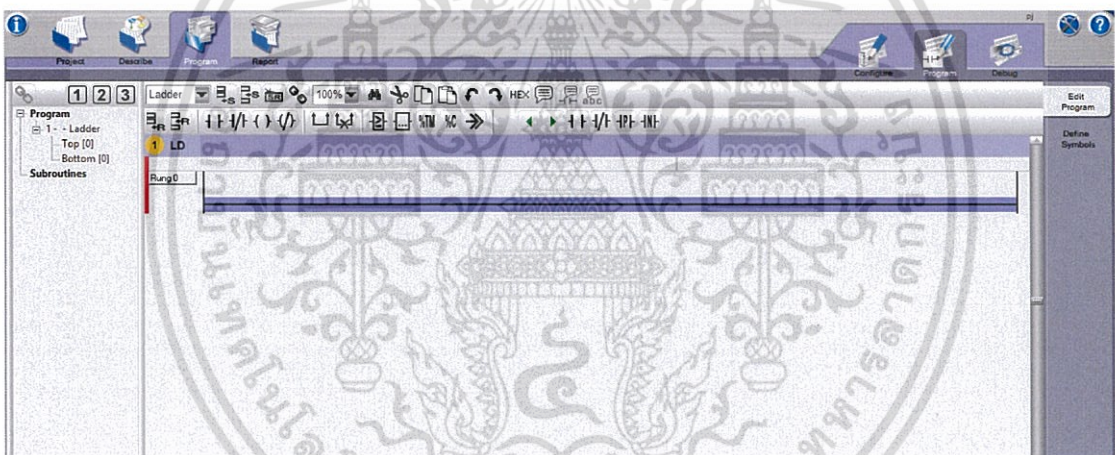
จากรูปที่ 3.10 แสดงหน้าจอการกำหนดรายละเอียดของโปรเจกต์ที่กำลังสร้างขึ้นใหม่ ประกอบด้วย ชื่อโปรเจกต์ (Project) การกำหนดสถานที่จัดเก็บโปรเจกต์ (Directory) ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้สร้างโปรเจกต์ (Author) แผนกหรือหน่วยงาน (Department) เมื่อทำการกำหนดรายละเอียดข้อมูลครบแล้วจึงกด Create



รูปที่ 3.11 การเริ่มต้นการสร้างโปรแกรมในโปรเจกต์ใหม่

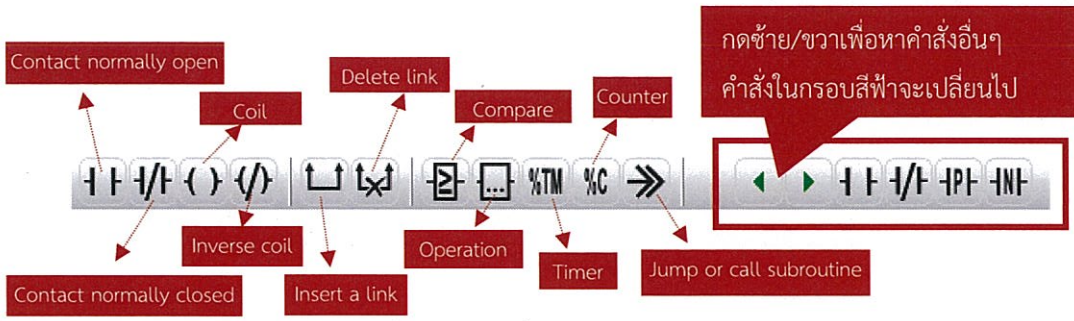


รูปที่ 3.12 การเริ่มต้นการสร้างโปรแกรมในโปรเจกต์ใหม่

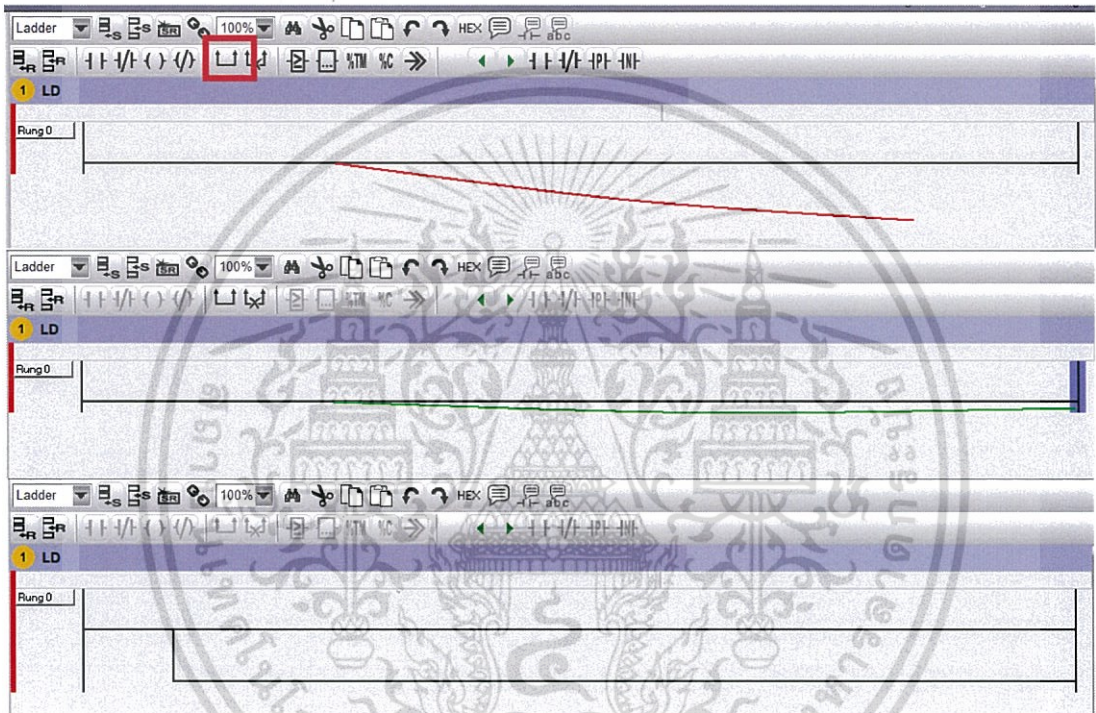
หลังจากกด Create แล้ว ให้กดตามรูปที่ 3.11 เลขที่ 1 (Program) เพื่อเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรม และเลขที่ 2 (Program) เพื่อเข้าสู่หน้าต่างของการสร้างโปรแกรม จากนั้นกดที่เลขที่ 3 เพื่อสร้างแถวสำหรับสร้างโปรแกรมขึ้น โดยการเลือกที่ Add a section จะเป็นการสร้างแถวต่อไปเรื่อยๆ ส่วน Insert a section จะเป็นการแทรกแถวระหว่างกลาง เมื่อกดอันใดอันหนึ่งจะแสดงดังรูปที่ 3.12

3.3.1.2 การเริ่มต้นการเขียนโปรแกรม

ในการเขียนโปรแกรมของ TwidoSuite จะใช้การเขียนโปรแกรมแบบแลตเตอร์ โดยชุดคำสั่งของการเขียนโปรแกรมจะปรากฏหลังจากสร้างแถวขึ้นมาแล้วดังรูปที่ 3.12 ซึ่งในชุดคำสั่งจะประกอบไปด้วยคำสั่งต่างๆในรูปที่ 3.13 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



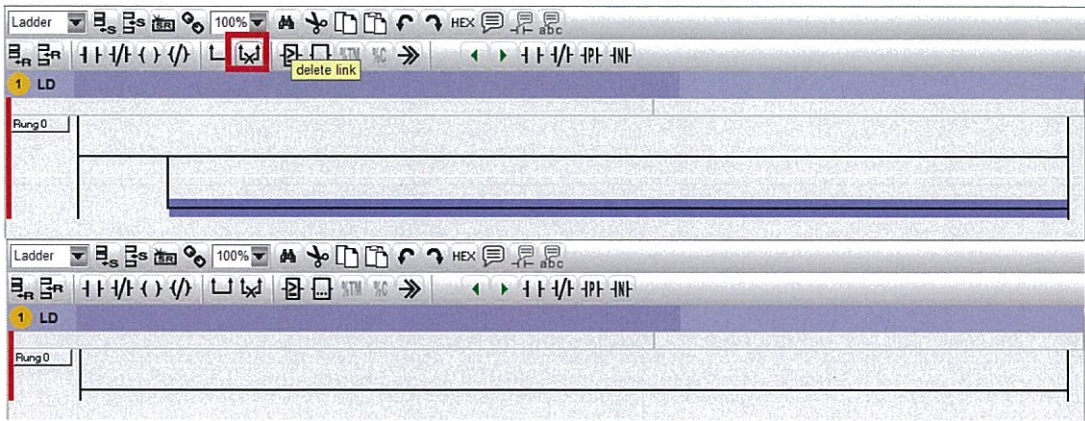
รูปที่ 3.13 คำสั่งต่างๆใน TwidoSuite



รูปที่ 3.14 การ Insert a link

ในรูปที่ 3.14 จะเป็นตัวอย่างในการใช้คำสั่ง Insert a link โดยเมื่อคลิกที่คำสั่งแล้ว จะปรากฏเส้นสีแดงออกมา เมื่อนำลากไปติดกับแท็บข้างหลังจะได้เป็นสีเขียว เมื่อทำการคลิกแล้วจะปรากฏแถวเพิ่มอีก 1 แถวใน Rung 0

ในรูปที่ 3.15 กรณีที่ไม่ต้องการแถวที่ได้จากการ Insert a link ให้ทำการคลิกไปที่เส้นที่ต้องการลบ จากนั้นคลิกคำสั่ง Delete link แถวที่ได้จากการ Insert a link ก็หาย



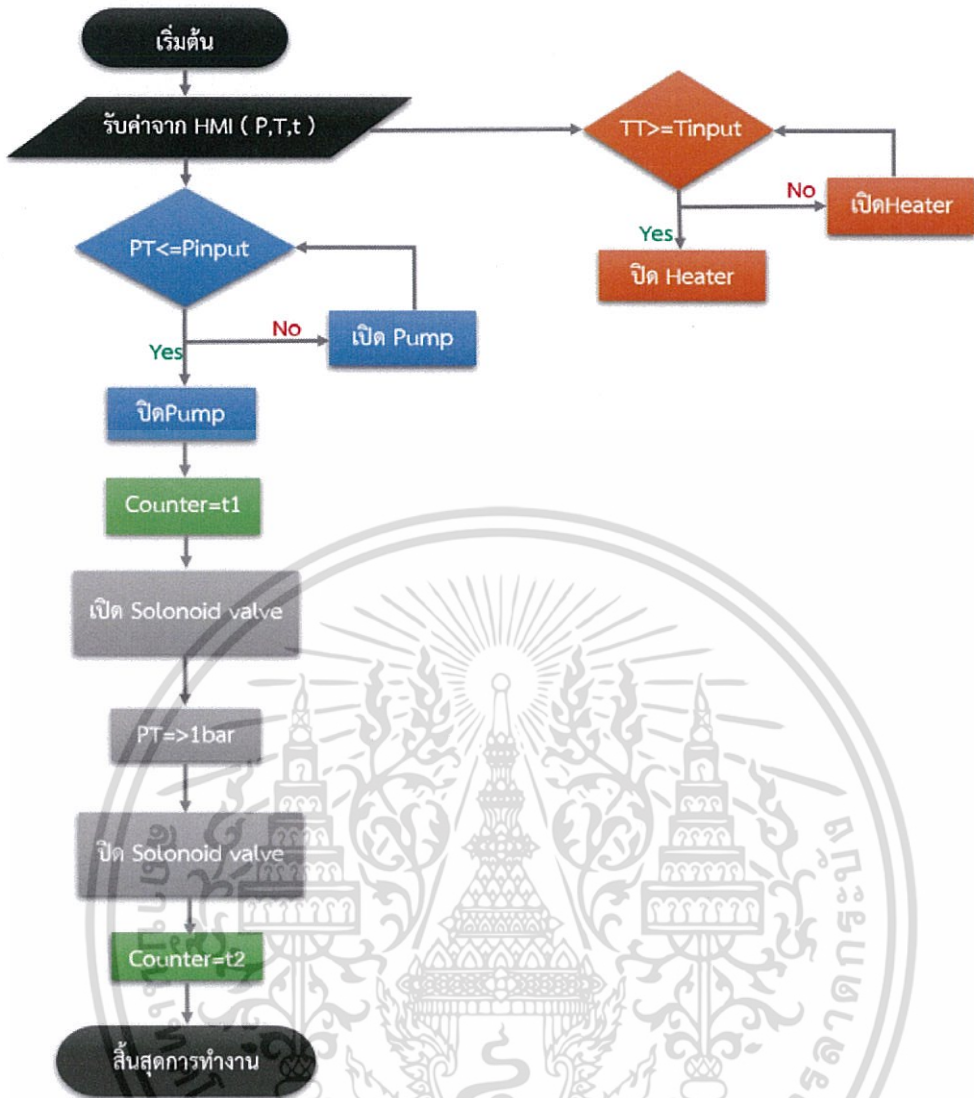
รูปที่ 3.15 การ Delete link

3.3.2 การเขียนแลตเตอร์ควบคุมการทำงาน

ในการออกแบบการเขียนแลตเตอร์ควบคุมการทำงานของกระบวนการเชื่อม จะอ้างอิงจากวิธีการเชื่อมที่นำปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของแผนผังการทำงานได้ดังรูปที่ 3.16

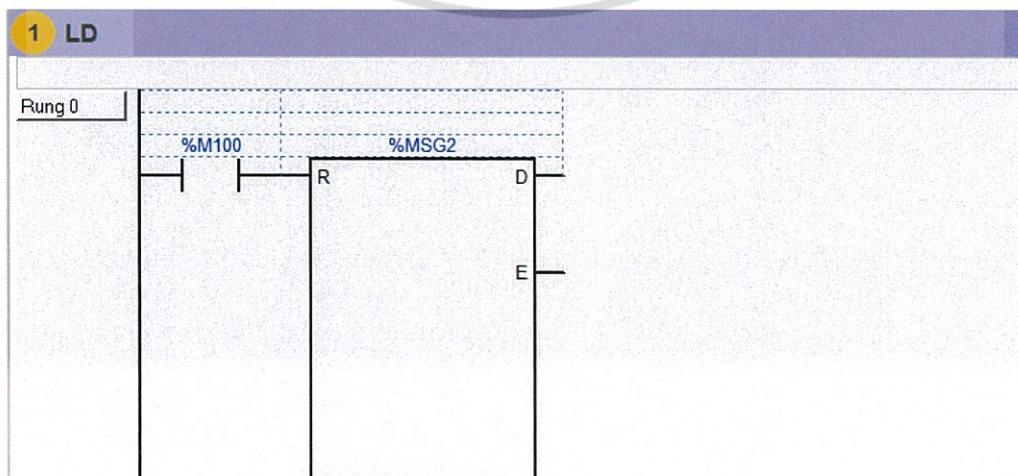
เริ่มต้นการเขียนโปรแกรม TwidoSuite ในส่วนของชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยการนำค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller มาประมวลผลยัง PLC ได้แก่ ค่า SV (Set Value), ค่า PV (Process Value), ค่าสูงสุดขอบบน (Upper Limit Range) และค่าต่ำสุดขอบล่าง (Lower Limit Range) ด้วยการสื่อสารแบบ Modbus Protocol หลังจากนั้นตั้งค่าตั้งต้นของตัวแปรต่างๆ ผ่านหน้าจอ HMI ด้วยการสื่อสารแบบ Modbus Protocol เช่นกัน เมื่อเริ่มต้นประมวลผล PLC ในครั้งแรก

เขียนแลตเตอร์ตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในกระบวนการและแสดงค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller เนื่องจาก PLC มี Port RS-485 เพียง 1 พอร์ต ดังนั้นจึงต้องใช้การเชื่อมต่อแบบใช้สายสื่อสารเพียงสายเดียว แต่สามารถเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลได้หลายๆเครื่องหรือหลายจุดเข้าด้วยกัน หรือเรียกว่าการเชื่อมต่อแบบ Multidrop หลังจากนั้นทำการกำหนดแอดเดรสของ HMI กับ Temperature Controller ให้แตกต่างกัน



รูปที่ 3.16 แผนผังการทำงานของแลตเตอร์

3.3.2.1 การตั้งค่าให้ PLC รับส่งข้อมูลกับ Temperature Controller



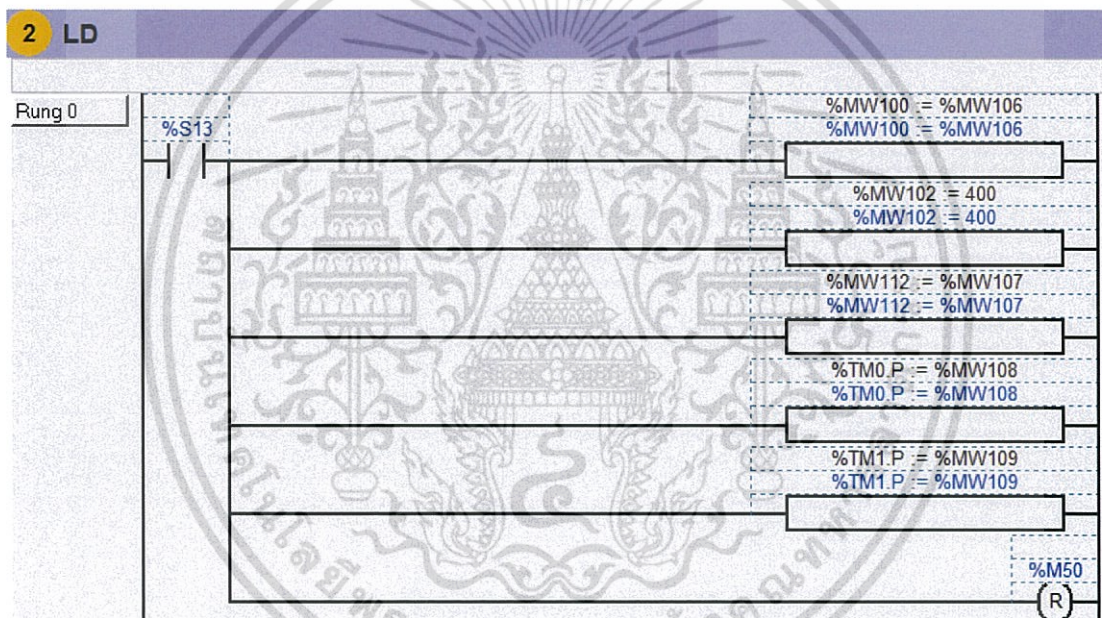
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.17 พอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC ที่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%M100	Set Point Temperature ของ Temperature Controller
%MSG2	Exchange Control Function Block 2

จากรูปที่ 3.17 เป็นการตั้งค่าให้ PLC รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลพอร์ตที่ 2 (Exchange Control Function Block 2 หรือ %MSG2) โดยที่ขา R (Reset) กำหนดให้มีค่าเริ่มต้นเป็น 0 โดยจะกำหนดให้ Set Point Temperature ของ Temperature Controller คือ %M100 เป็นอินพุตให้กับขา R ของ %MSG

3.3.2.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานผ่านหน้าจอ HMI



รูปที่ 3.18 การตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นผ่าน HMI ไปยัง PLC

จากรูปที่ 3.18 เป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานในกระบวนการต่างๆของโปรแกรมควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature), ความดัน (Pressure) และเวลา (Timer) ผ่าน HMI ในการเปิดเครื่อง PLC ครั้งแรก โดยจะใช้ %S13 เป็น Start Bit ซึ่งคือ Scan Time ที่ 1 วินาที เนื่องจากการตั้งค่าพารามิเตอร์เป็นการตั้งค่า Set Point ให้กับ Temperature Controller ดังนั้นความไวในการรับส่งข้อมูลจึงมีผลอย่างมากต่อกระบวนการ การรับส่งข้อมูลในรูปแบบ Modbus Protocol จะมีการส่งข้อมูลเป็นแบบวงรอบ (Cycle) ข้อมูลที่มีการส่งขณะที่ Modbus Protocol ยังทำงานไม่ครบวงรอบจะต้องรอจนกว่า Modbus Protocol รับส่งข้อมูลในวงรอบนั้นเสร็จก่อน จึงจะถูกส่งไปในวงรอบใหม่ ซึ่งถ้าเป็นการเปลี่ยน Set Point ความไวในการส่งจะมีต่อการทำงาน เช่น กรณีที่ต้องการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 20 °C เป็น 40 °C ภายในระยะเวลา 30 วินาที ไม่อย่างนั้นผลิตภัณฑ์จะไม่ผ่านการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ผลตามที่ต้องการ หากการรับส่งข้อมูลเกิดการล่าช้า ต้องรอรอบการส่งข้อมูลครั้งต่อไป กว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 40 °C ระยะเวลาที่อาจมากกว่า 30 วินาที ดังนั้นจึงมีการใช้ %S เข้ามาเพื่อให้การส่งข้อมูลเป็นแบบ Interrupt กล่าวคือ ไม่ว่า Modbus Protocol จะส่งข้อมูลครบรอบหรือยัง หากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใน %S เช่น ค่า Set Point แล้ว Modbus Protocol จะให้ความสำคัญกับข้อมูลนี้ก่อน โดยการหยุดรับส่งข้อมูลที่ทำอยู่แล้วส่งข้อมูลใน %S ก่อน เมื่อส่งเสร็จสิ้นแล้วจึงจะกลับมาทำการรับส่งข้อมูลที่หยุดไปต่อ

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%S13	First cycle in RUN
%MW100	Set Point Temperature ของ Temperature Controller
%MW102	Upper Range Temperature
%MW112	Set Point ของโปรแกรมในส่วนควบคุมระบบความดัน
%TM0.P	Set Point Timer 0 ของโปรแกรมในส่วนควบคุมเวลา
%TM1.P	Set Point Timer 1 ของโปรแกรมในส่วนควบคุมเวลา
%MW106	ค่า Set Point Temperature ที่ได้รับมาจาก HMI
%MW107	ค่า Set Point Pressure ที่ได้รับมาจาก HMI
%MW108	ค่า Set Point Timer 0 ที่ได้รับมาจาก HMI
%MW109	ค่า Set Point Timer 1 ที่ได้รับมาจาก HMI
%M50	Reset ทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC

%S13 คือ Scan Time แอดเดรสที่ 13 ซึ่งจะมี Function การทำงานคือ First cycle in Run เนื่องจากการ Run PLC ในครั้งแรกหลังจาก Stop PLC ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เคยตั้งค่าให้กับ Temperature Controller โดยการใช้ Modbus จะถูกรีเซ็ตให้มีค่าเป็น “0” โดยอัตโนมัติ เนื่องจากไม่ได้มีการใส่แบตเตอรี่ไว้ใน PLC เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการป้อนค่าหรือ Move ค่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในการทำงานหรือค่าพารามิเตอร์พื้นฐานตั้งต้นไปไว้ในแอดเดรสต่างๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

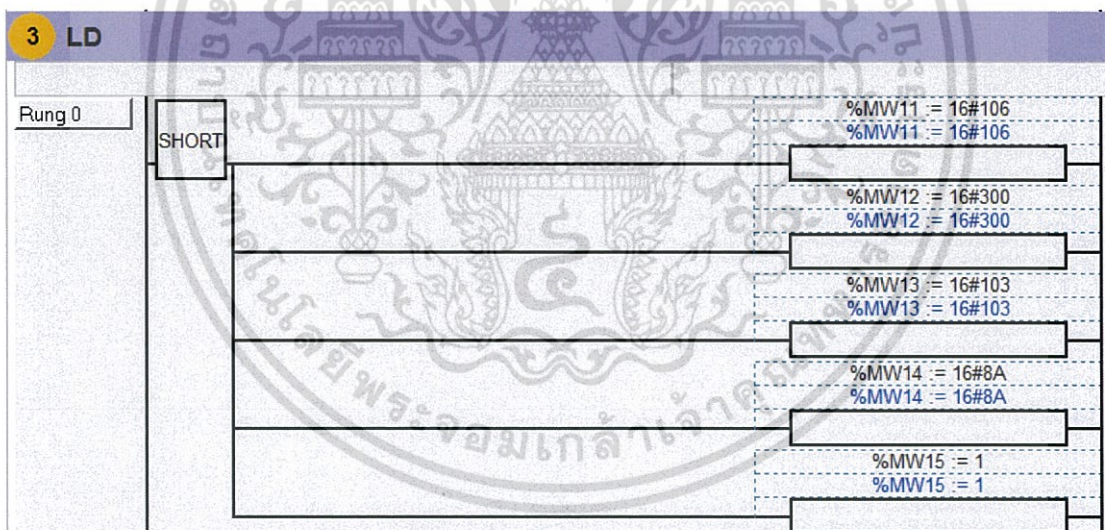
- %MW100 คือ Set Point Temperature ของ Temperature Controller สามารถป้อนค่าผ่านทางหน้าจอ HMI โดยใช้แอดเดรส %MW106 ทุกครั้งที่ Run PLC
- %MW102 คือ Upper Range Temperature ของ Temperature Controller กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 400 เนื่องจากที่กล่าวมาในข้างต้น เมื่อ Run PLC ทุกครั้ง ค่าที่ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการกำหนดจะถูกรีเซ็ตให้เป็น “0” จึงไม่ต้องกำหนด Lower Range Temperature เพราะค่า Lower Range Temperature ที่ใช้มีค่าเท่ากับ “0”

- %MW112 คือ Set Point ของโปรแกรมควบคุมในส่วนระบบความดัน สามารถป้อนค่าผ่านทางหน้าจอ HMI โดยใช้แอดเดรส %MW107 ซึ่งค่าเหล่านี้จะสามารถปรับเปลี่ยนได้หลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
- %TM0.P คือ Set Point ของโปรแกรมควบคุมในส่วนของเวลาตัวที่ 1 สามารถป้อนค่าผ่านทางหน้าจอ HMI โดยใช้แอดเดรส %MW108 ซึ่งค่าเหล่านี้จะสามารถปรับเปลี่ยนได้หลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
- %TM1.P คือ Set Point ของโปรแกรมควบคุมในส่วนของเวลาตัวที่ 2 สามารถป้อนค่าผ่านทางหน้าจอ HMI โดยใช้แอดเดรส %MW109 ซึ่งค่าเหล่านี้จะสามารถปรับเปลี่ยนได้หลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
- %M50 (Reset) คือ การรีเซ็ตทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC

3.3.2.3 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการรับข้อมูลการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการรับข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.19 เป็นการเชื่อมต่อด้วย Modbus Protocol จาก PLC ไปยัง Temperature Controller โดยจะใช้ %MW ของค่าต่างๆเป็นพื้นที่การเก็บฟังก์ชันในการเชื่อมต่อกับ Controller ในรูปของเลขฐาน 16 โดยใช้คำสั่ง SHORT ซึ่งคือการคงสถานะของอินพุตให้มีค่าเท่ากับ “1” ตลอดเวลา เนื่องจากเป็นการรับข้อมูลจึงไม่มีการระบุค่าให้กับอินพุตค่าพื้นฐานของโปรแกรมจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 1 โดยมีฟังก์ชันในการรับค่าต่างๆ เช่น

- %MW13 := 16#103

%MW13 หรือที่ Memory word ที่แอดเดรส 13 มีฟังก์ชัน 1 หรือ 01 คือ Slave Address และ 03 คือการอ่านค่าจาก Modbus (Read Holding Registers)

- %MW14 := 16#8A

%MW14 := 16#8A โดยที่เลข 8A จะเป็นการอ่านแอดเดรสที่ 008A ของ Modbus Protocol ใน Temperature Controller ที่ต้องการนำมาใช้งาน ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบของเลขฐาน 16 จะเปลี่ยนแปลงตามอุปกรณ์เชื่อมต่อที่นำมาใช้งาน

- %MW15 := 1

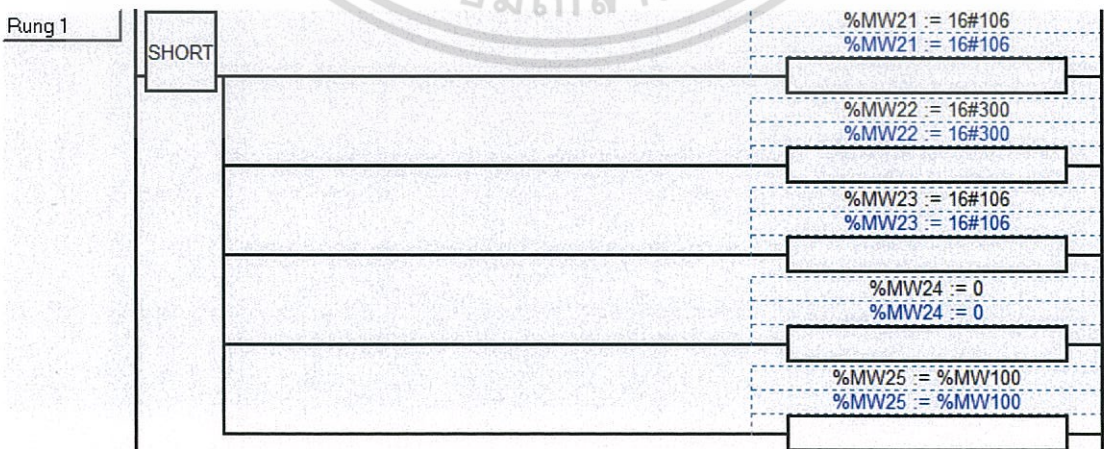
%MW15 := 1 คือการอ่านค่าออกมาและให้แสดงค่าที่ bit ที่ 1

```
[%MW0:=16#0106] 01 SEND/RECEIVE 06 NUMBER OF BYTES OF THE MODBUS STRING
[%MW1:=16#0300] 03 OFFSET (ANSWER) 00 OFFSET (TRANSMISSION)
[%MW2:=16#0103] 01 SLAVE ADDRESS 03 READING WORDS
```

รูปที่ 3.20 รูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล

จากคู่มือการเขียนโปรแกรมของ TwidoSuite ได้กำหนดให้มีรูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล ซึ่งจะมีการรับข้อมูลแบบ Half Duplex ประกอบไปด้วยข้อมูลดังรูปที่ 3.20 โดยเลขของ %MW0 , %MW1 หรือ %MW2 สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำหนดแอดเดรสแต่ละตัวขึ้นมา สาเหตุที่การรับข้อมูลไม่จำเป็นต้องมี %S เนื่องจาก การอ่านข้อมูลนั้นมีการอ่านอยู่ตลอดเวลาอยู่แล้วแต่ การส่งข้อมูลจะเปลี่ยนไปก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่ตั้งไว้ (SV)

3.3.2.4 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการส่งข้อมูลการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.21 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.21 เป็นการเชื่อมต่อด้วย Modbus Protocol จาก PLC ไปยัง Temperature Controller เหมือนดังรูปที่ 3.19 แตกต่างกันในรูปที่ 3.19 จะเป็นการรับข้อมูล แต่รูปที่ 3.21 จะเป็นการส่งข้อมูล โดยจะมีฟังก์ชันในการส่งค่าต่างๆ เช่น

- %MW23 := 16#0106

%MW23 := 16#0106 โดยที่ 01 ยังคงเป็น Slave Address แต่จะเห็นว่าค่าที่ตามมาจะเปลี่ยนจาก 03 เป็น 06 ซึ่ง 06 คือ Preset Single Registers หรือการส่งค่าให้กับ Temperature Controller %MW13

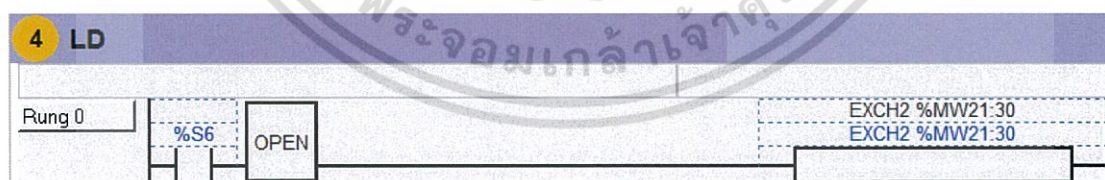
- %MW24 := 0

%MW24 := 0 คือการเขียนหรือส่งค่าให้กับแอดเดรสที่ 0 ของ Modbus Protocol ของค่าใน Temperature Controller ที่ต้องการนำมาใช้งาน โดยจะเปลี่ยนแปลงตามอุปกรณ์เชื่อมต่อที่นำมาใช้งาน

- %MW25 := %MW100

%MW25 := %MW100 คือการเขียนค่าและส่งให้กับ Temperature Controller โดยมี %MW100 เป็น Buffer Memory Word ใ้กับการส่งค่า เพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนแปลงค่าที่ส่งให้กับ %MW25 ได้ เนื่องจากถ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่าให้กับ %MW25 โดยตรง จะไม่สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลง เพราะจะต้องไปทำการเปลี่ยนแปลงโดยตรงที่ Block Function ดังนั้นจึงมีการใช้ %MW100 ที่เป็น Buffer เป็นตัวกลางการเปลี่ยนแปลงค่า โดยเปลี่ยนค่าที่ Memory Word แทนที่จะไปเปลี่ยนที่ Block Function โดยตรง

3.3.2.5 Function Box สำหรับใช้ส่งค่าไปยัง Temperature Controller



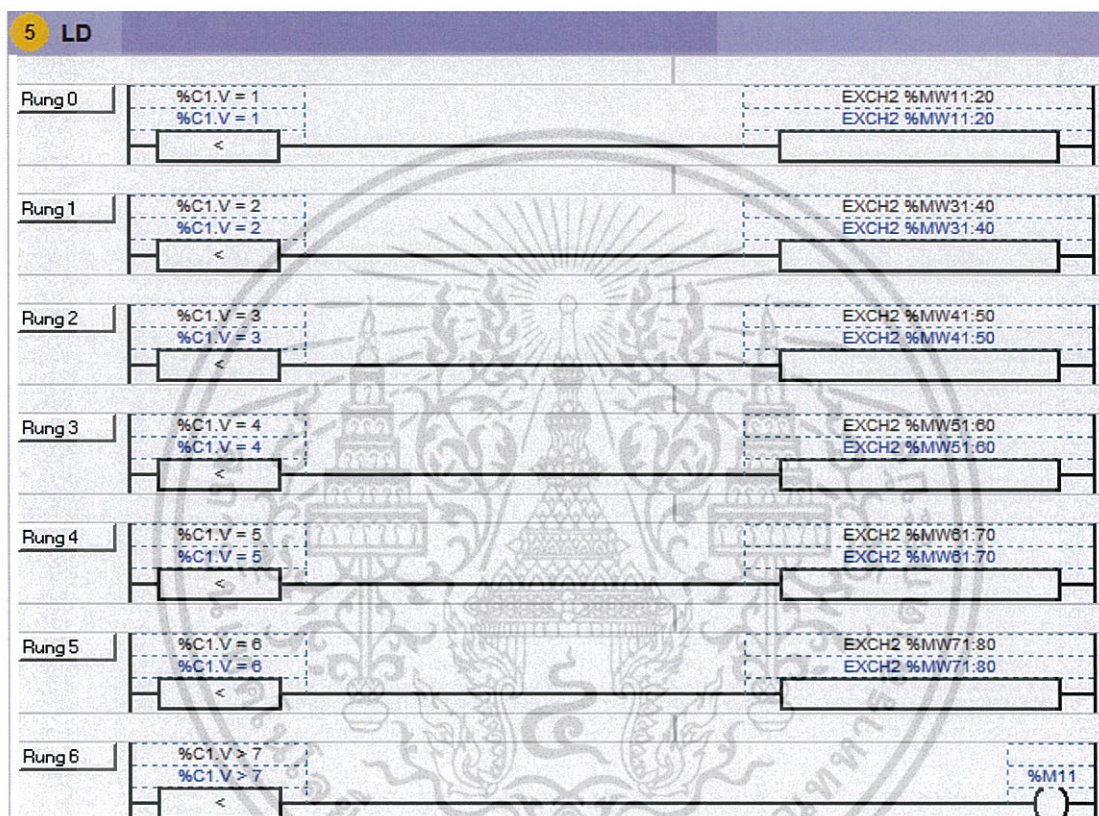
รูปที่ 3.22 Function Box สำหรับ Modbus Protocol ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller

ตารางที่ 3.3 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้ Temperature Controller

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%S6	Scan Time ที่ 1 วินาที แอดเดรสที่ 6
EXCH2 %MW21:30	การแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 21 ถึง 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกำหนดพื้นที่ในการเก็บค่าจาก Temperature Controller แล้วในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ดังรูปที่ 3.19 และ 3.21 เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน จึงต้องมีการเรียกค่าเหล่านั้นขึ้นมาแสดงเพื่อตรวจสอบว่าค่าดังกล่าวนั้นตรงกับความเป็นจริงหรือไม่ โดยในรูปที่ 3.22 นี้จะเป็นการเจาะจงการตรวจสอบค่าที่ส่งให้กับ Temperature Controller และเพื่อความรวดเร็วในการส่งค่า จึงใช้ %S6 ที่มีระยะเวลา Scan Time ที่ 1 วินาที เพื่อให้มีการตอบสนองต่อการส่งค่าได้โดยทันทีที่ต้องการส่ง



รูปที่ 3.23 Function Box สำหรับ Modbus Protocol ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller

ตารางที่ 3.4 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้ Temperature Controller ใน Rung ที่ 0

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%C1.V=1	อ่านข้อมูลใน 10 แอดเดรส (EXCH2 %MW11:20) ในวินาทีที่ 1
EXCH2 %MW11:20	การแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 11 ถึง 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

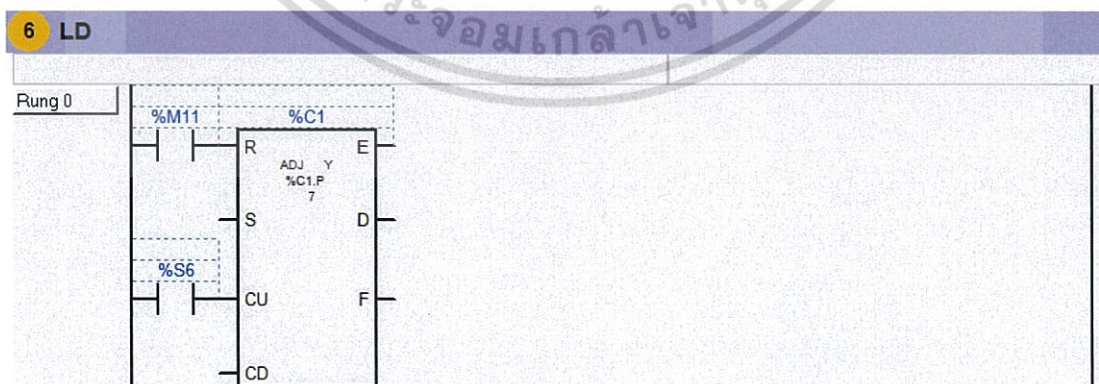
ตารางที่ 3.5 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้ Temperature Controller ใน Rung ที่ 1

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%C1.V=2	อ่านข้อมูลใน 10 แอดเดรส (EXCH2 %MW31:40) ในวินาทีที่ 2
EXCH2 %MW31:40	การแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 31 ถึง 40

ตารางที่ 3.6 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้ Temperature Controller ใน Rung ที่ 8

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%C1.V>9	เมื่ออ่านข้อมูลในวินาทีที่ 9 ขึ้นไป ข้อมูลจากถูกส่งต่อไปยัง %M11
%M11	เอาต์พุตของคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.22 และ 3.23 เป็นส่วนของคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เพื่อรับค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีการวนลูบไปตามจำนวนข้อมูลที่ต้องการอ่าน โดยแต่ละ %C1.V จะใช้เวลาในการอ่านข้อมูลใน 10 แอดเดรสภายในเวลา 1 วินาที เช่น %C1.V=1 มี EXCH2 %MW11:20 หมายความว่า มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 11 ถึง 20 จะมีการอ่านครบรอบภายในวินาทีที่ 1 แล้วนับต่อไปที่ %C1.V=2 ที่มี EXCH2 %MW31:40 คือมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 31 ถึง 40 จะมีการอ่านครบรอบภายในวินาทีที่ 2 แล้วนับต่อไปเรื่อยๆจนถึง %C1.V>7 และมีการกำหนดคอนโทรลเลอร์ให้ทำการหยุดอ่านค่า โดยให้เป็น %M11 เข้ามาแทน EXCH2 ในบรรทัดสุดท้าย ซึ่ง %M11 จะนำไปใช้งานต่อเป็นอินพุตของ Function Box คอนโทรลเลอร์ในรูปที่ 3.24



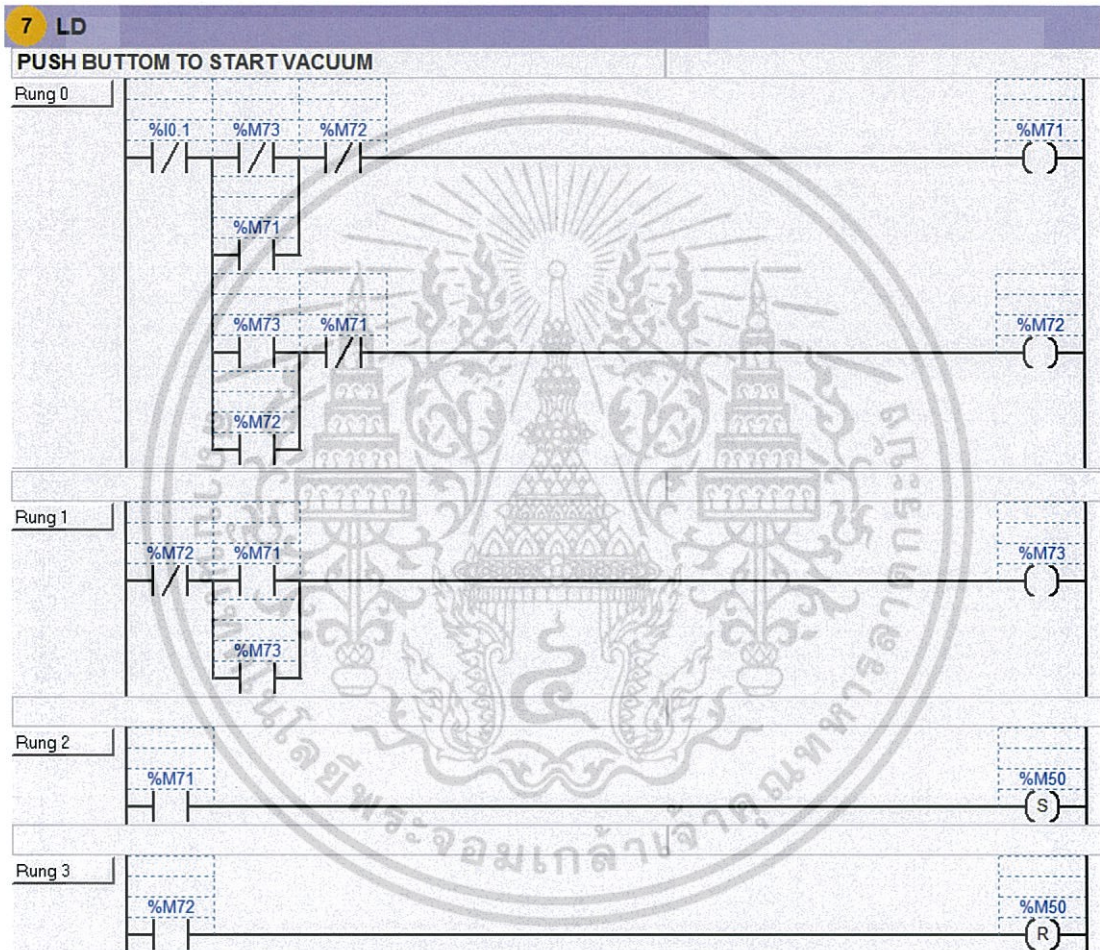
รูปที่ 3.24 Function Box ของคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.24 คือรูป Function box ของคอนโทรลเลอร์นำค่า %M11 จากคอนโทรลเลอร์ในบรรทัดสุดท้ายในรูปที่ 3.22 มาเป็นขา R (Reset) ให้กับ Function Box ของ %C1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะวนลูปรอ่านค่าได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีขา CU (Count Up) ซึ่งจะใช้ %S6 เข้ามาเพื่อให้เป็นตัวนับเวลาให้กับ Function Box เมื่อ %S6 เริ่มนับไปเรื่อยๆจาก %C1.V=1 ไป %C1.V=2 จนถึง %C1.V=7 จากรูปที่ 3.22 เมื่อ %C1.V>7 จะหยุดอ่านค่าและส่งไปยัง %M11 เมื่อ %M11 ได้รับข้อมูลขา R (Reset) ก็จะทำงาน %S6 ก็จะเริ่มนับจาก %C1.V=1 ใหม่ไปเรื่อยๆอีกครั้ง จากรูปที่ 3.23 %C1.P ใน Block คือ 7 ซึ่งหมายถึงเวลา (วินาที) ในแต่ละลูปรการทำงานของคอนเตอร์

3.3.2.6 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของปั๊มกด



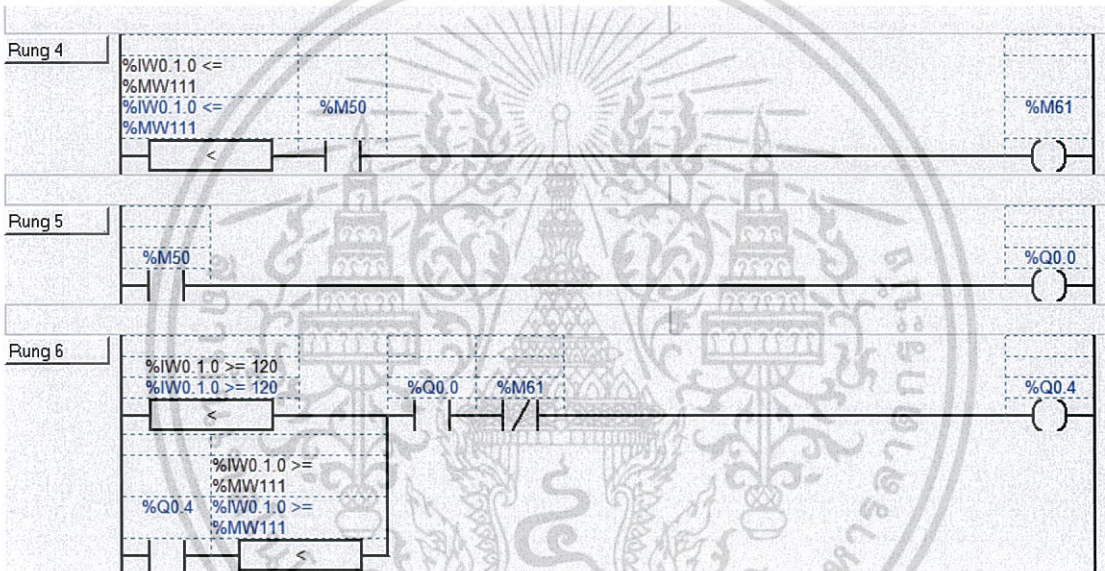
รูปที่ 3.25 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของปั๊มกด

จากรูปที่ 3.25 จะมีการนำตัวแปรของ %M73 มาช่วยในการสร้างเงื่อนไขของการทำงานของปั๊มกด จาก Rung ที่ 1 เป็นการนำ %M71 และ %M72 มา And กัน โดยปกติถ้า %M71 ทำงาน %M72 จะไม่ทำงาน ดังนั้น %M73 จะมีสถานะเป็น 1 อยู่ตลอดเวลา โดยแลตเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของปั๊มกดของปั๊มสุญญากาศ

ตารางที่ 3.7 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของแลตเตอร์ที่แสดงการทำงานของปั๊มกด

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%I0.1	Input ที่ได้รับจากปุ่มหน้าตู้ควบคุม
%M71	ON ปั๊มให้ระบบควบคุมความดันทำงาน
%M72	OFF ปั๊มให้ระบบควบคุมความดันหยุดทำงาน
%M73	เป็นการนำสมการบูลีนมาสร้างตัวแปรสมมติ
%M50	Reset ทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC

3.3.2.7 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานในส่วนของความดัน



รูปที่ 3.26 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานในส่วนของความดัน

ตารางที่ 3.8 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมความดัน

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%IW0.1.0	ค่าความดันที่วัดได้จาก Pressure Transmitter
%MW111	ค่าอินพุต (SV) ที่รับมาจากผู้ใช้งานเพื่อที่จะควบคุมความดันตามความเหมาะสม
%M50	Reset ทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
%M61	สัญญาณเอาต์พุตของ Timer
%Q0.0	เอาต์พุตที่ได้จากกดปุ่มเพื่อเริ่มต้นการทำงาน
%Q0.4	เอาต์พุตจากการควบคุมที่นำมาทำ Self-Holding (การคงสถานะของเอาต์พุต) และค่าเอาต์พุตนั้นไปควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ

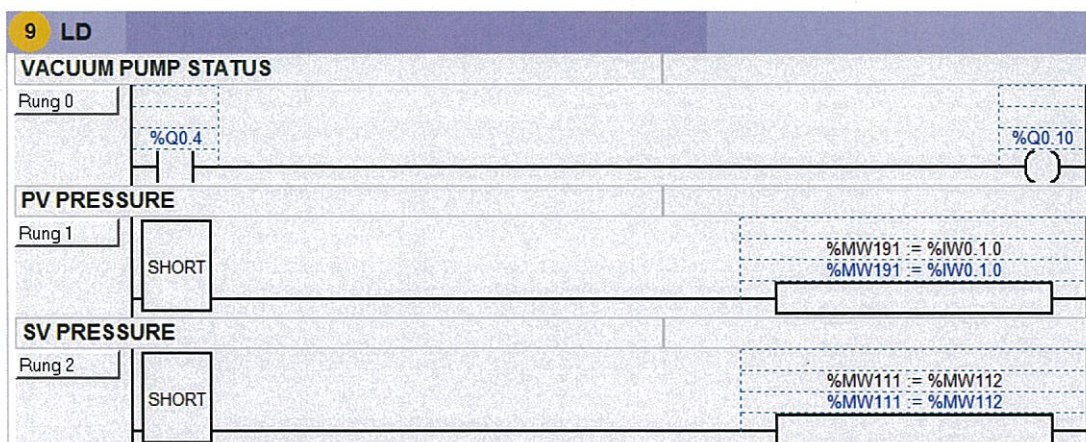
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.26 การควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศเพื่อควบคุมความดันภายในถัง มีหลักการการทำงานคือ %IW0.1.0 จะรับค่ามาจาก Pressure Transmitter มาในรูปแบบสัญญาณ 4-20 mA และ PLC จะทำการนำค่าสัญญาณ 4-20 mA ที่ได้ขึ้นมาแสดงอยู่ในช่วงของค่าที่ทำการสเกลค่าไว้ ในที่นี้สเกลค่าไว้ที่ 0-2000 โดยมีการสร้างบล็อกเปรียบเทียบขึ้นมา 2 บล็อก ระหว่างค่าที่ได้อ่านได้จาก Pressure Transmitter กับค่าที่ถูกกำหนดไว้จากผู้ใช้งาน คือ %IW0.1.0 >= 120 และ %IW0.1.0 >= %MW111 สาเหตุที่ต้องมีบล็อกการเปรียบเทียบ 2 บล็อกโดยบล็อกที่ใช้ควบคุมคือ %IW0.1.0 >= %MW111 เนื่องมาจากตัวถังแช่เอมนี้ไม่สามารถปิดกั้นความดันจากภายนอกไม่ให้เข้าไปภายในถังควบคุมได้ 100% จึงทำให้ค่าความดันที่ตั้งค่าไว้ไม่สามารถควบคุมให้ตรงตามที่ต้องการได้ตลอดเวลา ทำให้วงจรรีเลย์ที่ใช้อยู่ใน PLC ที่ควบคุมปั๊มสุญญากาศนั้นทำงานติดดับสลับกันไปมา ทำให้ปั๊มสุญญากาศทำงานหนักร้อยตลอดเวลาและส่งผลให้วงจรรีเลย์ภายในของ PLC เสียหาย จึงเป็นสาเหตุให้ต้องสร้างบล็อกเปรียบเทียบขึ้นมาอีก 1 บล็อกคือ %IW0.1.0 >= 120 เพื่อรักษาสภาพของวงจรรีเลย์ภายในตัว PLC เพื่อไม่ให้เกิดภาระในการทำงานมากเกินไป และปั๊มสุญญากาศจะไม่ต้องทำงานตลอดเวลาแต่จะทำงานเฉพาะเมื่อความดันภายในถังสูงเกินกว่าค่าที่ถูกตั้งเอาไว้ เนื่องจากนำบล็อกทั้ง 2 บล็อกมาทำการ OR กัน กล่าวคือ เมื่อความดันต่ำกว่าบล็อกเปรียบเทียบที่ 2 แต่ยังไม่ต่ำกว่าบล็อกที่ 1 ปั๊มจะยังไม่หยุดการทำงาน แต่เมื่อความดันในถังต่ำกว่าค่า Set Point ที่ตั้งไว้ในบล็อกที่ 1 การทำงานของปั๊มก็จะหยุดลงทำให้ความดันภายในถังเป็นไปตามค่าที่กำหนด จากที่กล่าวมาในตอนต้นของคำอธิบายนี้ เมื่อปั๊มหยุดการทำงาน และถึงที่ควบคุมมีการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้าไปทำให้ความดันภายในถังสูงขึ้นถ้าไม่มีการทำบล็อกเปรียบเทียบที่ 2 ขึ้นมาจะทำให้ปั๊มทำงานทันทีที่ความดันมากกว่าหรือเท่ากับค่า Set Point แต่ถ้ามีบล็อกการเปรียบเทียบที่ 2 นั้นจะทำให้ปั๊มไม่ทำงานทันทีที่ความดันไม่เท่ากับ Set Point ซึ่งค่าความดันที่กำหนดในบล็อกการเปรียบเทียบที่ 2 นั้นถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ทดลอง แต่จะต้องเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการทดลอง เพราะเนื่องจากแต่จากการทดลองที่ทำการรั่วซึมที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับวิธีการปิดผนึกถังในแต่ละครั้งของการทดลอง เช่น เมื่อตั้งค่า Set Point ไว้ที่ 80 เมื่อปั๊มหยุดทำงานรวมกับการรั่วซึมของถังแล้ว ค่าที่อ่านได้จะมีค่าประมาณ 81-83 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำมาก

3.3.2.8 แลตเตอร์การทำงานของปั๊มสุญญากาศ

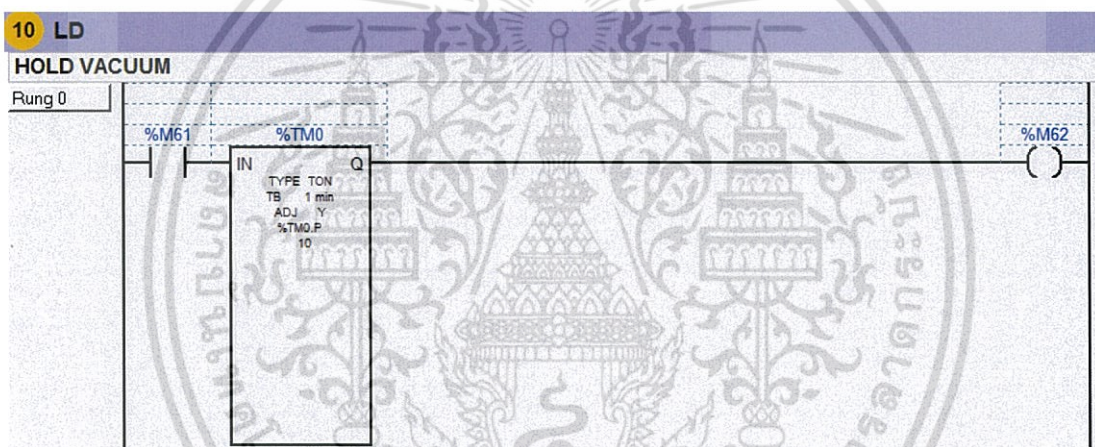
แลตเตอร์แสดงการทำงานของปั๊มสุญญากาศดังรูปที่ 3.27 เป็นส่วนที่นำค่าที่ได้จากเอาต์พุตของการควบคุมปั๊มสุญญากาศมาแสดงไฟสถานะที่อยู่หน้าตู้ควบคุม โดยมีการนำเอาต์พุต คือ %Q0.1.0 ไปต่อกับไฟแสดงสถานะโดยมี %Q0.4 เป็นอินพุตที่สามารถแสดง ลอจิก “0” หรือ “1” เพื่อใช้แสดงสถานะของเอาต์พุต %Q0.1.0 โดย ลอจิก “0” จะแทนสถานะปั๊มไม่ทำงาน และ ลอจิก “1” จะแทนสถานะปั๊มทำงาน ส่วนใน Rung 1 และ Rung 2 จะเป็นการกำหนด Buffer ตัวกลางการเปลี่ยนแปลงค่า Process Value และค่า Set Value ของความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 แลตเตอร์ที่แสดงการทำงานของปั๊มสุญญากาศ

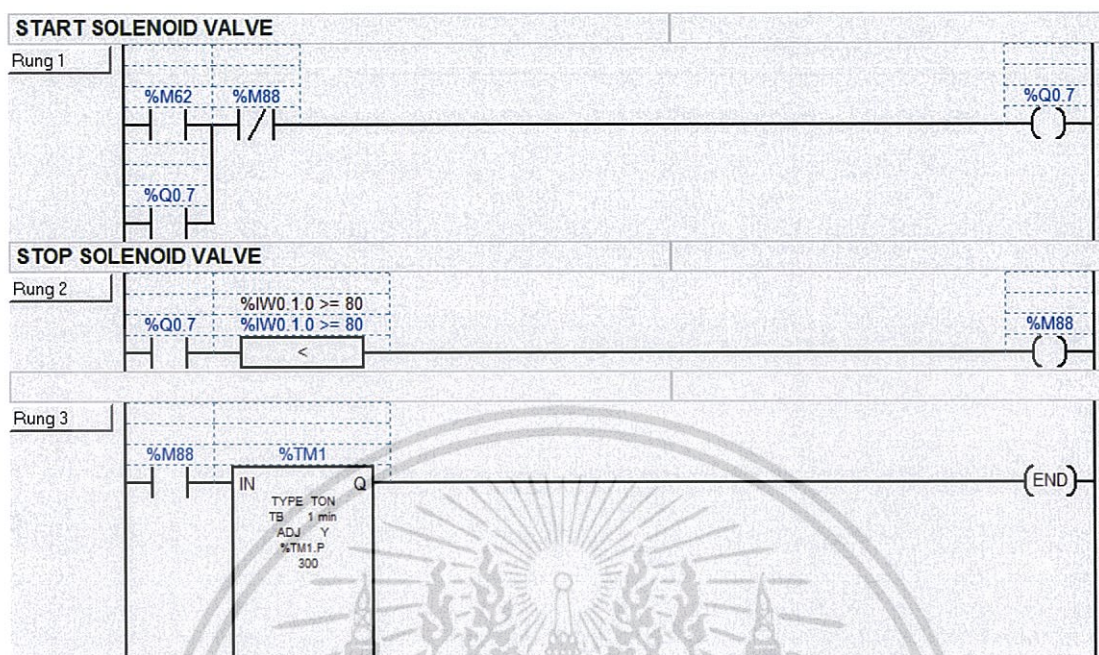
3.3.2.9 Function Box ควบคุมเวลา



รูปที่ 3.28 Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา

จากรูปที่ 3.26 เมื่อค่าความดันต่ำกว่าค่าตั้งต้นที่ผู้ใช้กำหนดในครั้งแรกจะส่งเอาต์พุตไปยัง %M61 เพื่อหยุดการทำงานของปั๊มสุญญากาศเพื่อควบคุมความดันภายในถัง หลังจากนั้นจึงนำ %M61 มาเป็นอินพุตของ %TMO ดังรูปที่ 3.28 เพื่อทำการนับเวลาในการคงสถานะความดันไว้ตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนดไว้ในตอนแรกผ่านหน้าจอ HMI และเมื่อทำการนับเวลาเสร็จแล้วจึงส่งเอาต์พุตไปยัง %M62 เพื่อใช้ในส่วนของการทำงานของโซลินอยด์วาล์วในรูปถัดไป

3.3.2.10 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 3.29 แลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

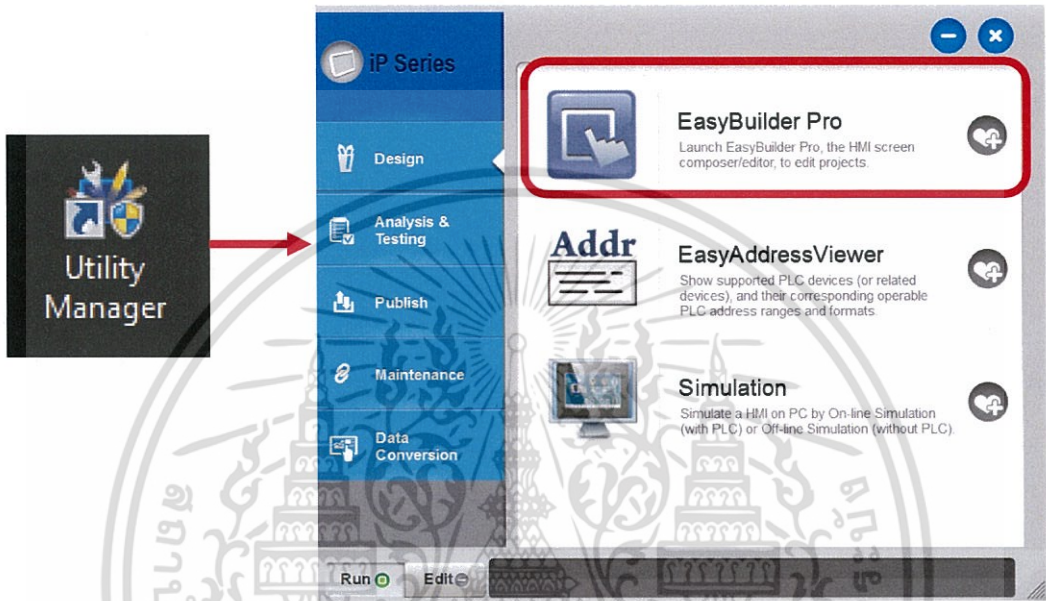
จากรูปที่ 3.29 แสดงแลตเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว โดยเมื่อได้รับค่าอินพุตของ %M62 จากรูปที่ 3.28 มาแล้ว จะทำการส่งเอาต์พุตไปยัง %Q0.7 เพื่อไปสั่งการเปิดโซลินอยด์วาล์วและคงสถานะไว้ เพื่อทำการตรวจสอบสถานะจากถังบรรจุสารละลายเข้าสู่ถังสุญญากาศจนเมื่อสารละลายเข้าสู่ถังจนหมดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความดันขึ้น จึงได้สร้างบล็อกเปรียบเทียบ %IW0.1.0 >= 80 ซึ่งค่าที่นำมาใช้เปรียบเทียบมาจากการวัดค่าความดันที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นขณะที่สารละลายถูกดูดเข้าสู่ถังจนหมดทำให้มีอากาศปนเข้าสู่ถังแช่ฮีตด้วยจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของความดันเกิดขึ้น โดยเมื่อค่าความดันเปลี่ยนแปลงถึงค่าที่กำหนด จึงจะส่งเอาต์พุตไปยัง %M88 เพื่อไปทำการปิดโซลินอยด์วาล์ว จากนั้นจะทำการคงสถานะนี้เอาไว้โดยใช้ %TM1 เป็นฟังก์ชันจับเวลา โดยเวลาที่ใช้ในการคงสถานะแช่ฮีตนี้ จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานผ่านหน้าจอ HMI ในตอนแรกก่อน PLC จะเริ่มทำงาน

3.3.3 การสั่งการและแสดงผลผ่านหน้าจอ HMI

ในส่วนของการสั่งการและการแสดงผลผ่านหน้าจอ HMI จะเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลกันระหว่างโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลกับ HMI ซึ่งสามารถสั่งการค่าตั้งต้นพื้นฐานในกระบวนการแช่ฮีตผ่านหน้าจอสัมผัสเพื่อส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล และสามารถรับข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลกลับมาเพื่อแสดงผลยังหน้าจอสัมผัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

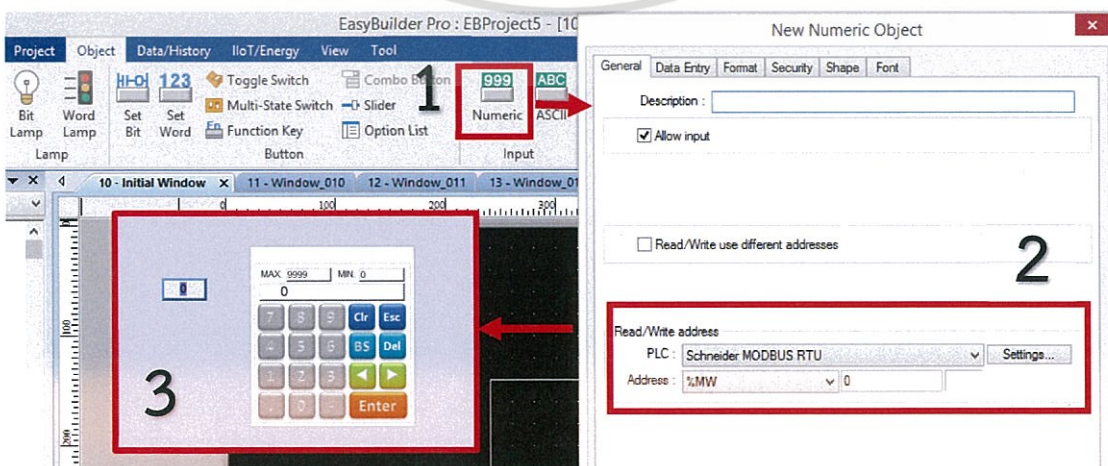
ในการเขียนโปรแกรมสั่งการและแสดงผลของกระบวนการเชื่อมต่อ จะใช้โปรแกรม EasyBuilder Pro ในการเขียนโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.30 และใช้การสื่อสารแบบ Modbus Protocol RS-485 เชื่อมต่อกับ PLC โดยในส่วนของโปรแกรมเบื้องต้นจะประกอบไปด้วยการออกแบบกราฟฟิกหน้าจอสัมผัส การกำหนดแอดเดรสรับส่งข้อมูล และการเก็บค่าที่อ่านได้จากกระบวนการเป็นเอกสารในรูปแบบ Excel ได้



รูปที่ 3.30 โปรแกรม EasyBuilder Pro

3.3.3.1 การออกแบบกราฟฟิกหน้าจอและการแสดงผล

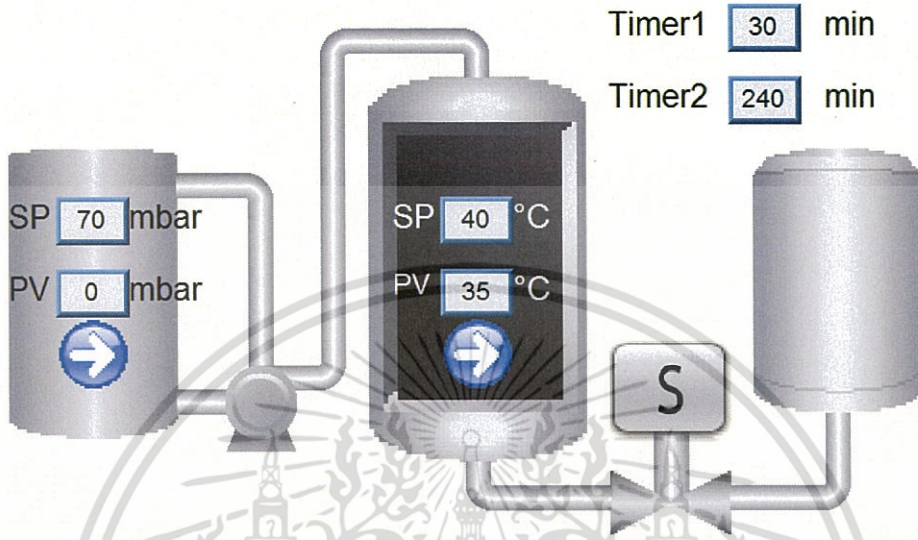
ขั้นแรกทำการวางแผนการทำงานและระบุอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วยอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ โดยอ้างอิงถึงรูปแบบของกระบวนการทำงานในระบบ ในหัวข้อ 3.1 มาใช้ในการออกแบบกราฟฟิกหน้าจอ



รูปที่ 3.31 แสดงตัวอย่างการสร้างอุปกรณ์สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล

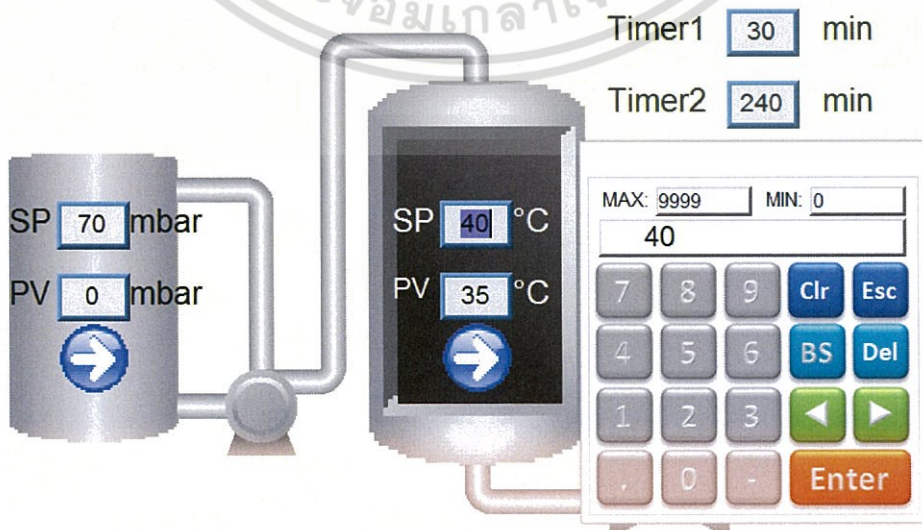
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ที่ออกโดยบริษัท Schneider Electric จำกัด เมื่อผู้ดูแลระบบใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.31 เป็นตัวอย่างการสร้างอุปกรณ์สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล โดยมีการกำหนดแคดเรสที่ใช้เขียนหรืออ่าน เพื่อให้มีความสอดคล้องกับการทำงานของแลตเตอร์ควบคุม กระบวนการในโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล



รูปที่ 3.32 ส่วนของการออกแบบและแสดงผลของกระบวนการเชื่อม

จากรูปที่ 3.32 แสดงการออกแบบกราฟฟิกหน้าจอและแสดงผลค่าที่อ่านได้จากกระบวนการ จะแสดงให้เห็นถึงค่าที่ตั้งไว้ของตัวแปรแต่ละตัวแปร (Set Point, SP) ซึ่งสามารถทำการเปลี่ยนแปลงค่าที่ต้องการได้ในส่วนนี้ และค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัด (Process Value, PV) สามารถเปิดหน้าต่าง Number Pad เพื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายได้โดยกดที่ตัวเลข SP จากนั้นใส่ตัวเลขที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม Enter ดังรูปที่ 3.33

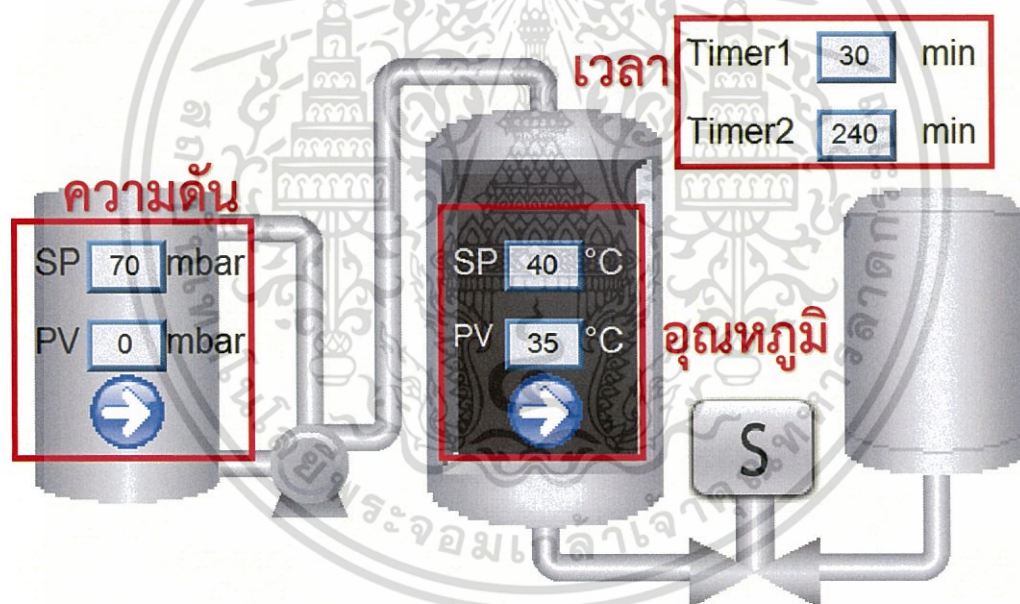


เอกสารรูปที่ 3.33 แสดงผลของค่าที่อ่านได้จากกระบวนการและการเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้ผ่านจอแสดงผล การดำเนินการนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 การทำงานของอุปกรณ์และการเก็บข้อมูลตามเวลาจริง

ในกระบวนการแช่ฮีโมจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนในการทำงาน คือส่วนที่ใช้ในการควบคุมความดัน ส่วนที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ และส่วนที่ใช้ในการควบคุมเวลา ดังรูปที่ 3.34

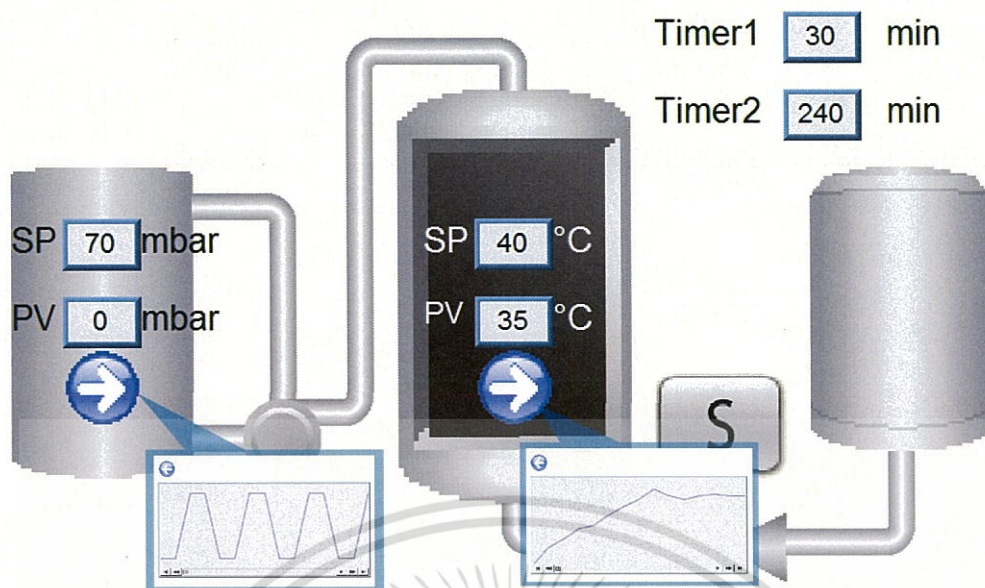
1. ส่วนการควบคุมความดัน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดความดันที่ส่งค่าที่วัดได้ผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือปั๊มสุญญากาศและแสดงสถานะทำงานของปั๊มสุญญากาศผ่านจอแสดงผล
2. ส่วนการควบคุมอุณหภูมิ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ส่งค่าที่วัดได้ผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือขดลวดความร้อนที่อยู่ภายในถังที่บรรจุตัวกลางนำความร้อน
3. ส่วนการควบคุมเวลา จะเป็นส่วนที่จะทำการกำหนดค่าขึ้นมาเพื่อเป็นอินพุตเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อควบคุมระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการในส่วนต่างๆ



รูปที่ 3.34 แสดงการควบคุมส่วนต่างๆ ในการทำงานของกระบวนการแช่ฮีโม

จากนั้นสร้างฟังก์ชันแสดงการอ่านค่าในกระบวนการทำงานหรือค่า PV ในรูปแบบของกราฟ (Trend) ตามเวลาจริง (Real Time) โดยแยกเป็นส่วนของกราฟการแสดงผลการอ่านค่าความดัน และเป็นส่วนของกราฟการแสดงผลการอ่านค่าอุณหภูมิทั้งในถังแช่ฮีโมดังรูปที่ 3.35 เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและตรวจสอบข้อบกพร่องและความผิดพลาดของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 ส่วนแสดงผลของกระบวนการเชื่อมพร้อมกราฟแสดงค่าของกระบวนการ

สามารถทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ตามเวลาจริงเพื่อทำการตรวจสอบข้อผิดพลาด และใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อปรับปรุงการทำงานในอนาคตในรูปแบบ Excel โดยสามารถบันทึกค่าลงใน USB disk ได้อัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.36

	A	B	C	D	E	F	G
1	Date	Time	Millisecond	16-bit Unsigned	16-bit Unsigned	16-bit Unsigned	
2	21/5/2018	0:01:18	560	0	0	0	
3	21/5/2018	0:01:23	770	15	0	0	
4	21/5/2018	0:01:28	540	20	0	0	
5	21/5/2018	0:01:33	700	25	0	0	
6	21/5/2018	0:01:38	540	28	0	0	
7	21/5/2018	0:01:43	710	31	0	0	
8	21/5/2018	0:01:48	550	31	0	0	
9	21/5/2018	0:01:53	660	34	0	0	
10	21/5/2018	0:01:58	530	35	0	0	
11	21/5/2018	0:02:03	710	38	0	0	
12	21/5/2018	0:02:08	530	40	0	0	
13	21/5/2018	0:02:13	690	42	0	0	
14	21/5/2018	0:02:18	540	44	0	0	
15	21/5/2018	0:02:23	830	43	0	0	
16	21/5/2018	0:02:28	540	41	0	0	
17	21/5/2018	0:02:33	700	39	0	0	
18	21/5/2018	0:02:38	550	40	0	0	
19	21/5/2018	0:02:43	680	40	0	0	
20	21/5/2018	0:02:48	520	40	0	0	
21	21/5/2018	0:02:53	720	40	0	0	
22	21/5/2018	0:02:58	540	40	0	0	
23	21/5/2018	0:03:03	700	40	0	0	
24	21/5/2018	0:03:12	860	40	0	0	

20180521

READY

รูปที่ 3.36 แสดงค่าที่บันทึกได้ของอุณหภูมิในกระบวนการเป็นไฟล์ Excel เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลองกระบวนการแช่ส้ม

ในการทดลองในโครงการนี้จะใช้เลมอนสดในการแช่ส้มเป็นเลมอนพันธุ์เรก้าจากจังหวัดนครราชสีมาดังรูปที่ 3.37

3.4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของเลมอนสด

เลมอนที่ทดลองมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้ มีความยาวเฉลี่ย 9.23 ± 1.32 cm ความกว้าง 5.33 ± 0.30 cm และความหนา 5.13 ± 0.32 cm ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 7.8 °Brix ค่า pH 2.88 และมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อลูกอยู่ที่ 101-145 g ต่อลูก



รูปที่ 3.37 เลมอนที่ใช้ในการแปรรูป

3.4.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.4.2.1 การเตรียมเลมอน

เลมอนพันธุ์เรก้าจากจังหวัดนครราชสีมาที่ได้นำมาล้างให้สะอาดและผ่านการเตรียมวัตถุดิบดังนี้

- เลมอนที่ปอกเปลือกชั้นนอกหมด เลมอนถูกนำไปปอกเปลือกด้วยมีดปอกเปลือกสำหรับผลไม้ โดยจะปอกเปลือกผิวสีเขียวและเหลืองบริเวณด้านนอกออกทั้งหมดให้เหลือเพียงผิวชั้นในที่มีสีขาวหรือเขียวอ่อนเท่านั้นดังรูปที่ 3.38
- เลมอนที่ขัดผิวที่เปลือก เลมอนถูกนำไปขัดกับกระดาษทรายเบอร์ 800 (Waterproof, TOA, Japan) และหากมีบริเวณที่ตกกระก็จะใช้มีด ขูดบริเวณกระหรือรอยคล้ำที่บริเวณผิว โดยตั้งใบมีดให้ตั้งฉากกับผิวเพื่อให้เนื้อเลมอนออกน้อยที่สุดดังรูปที่ 3.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 เลมอนสดที่ยังไม่ผ่านการปอกเปลือก



รูปที่ 3.39 เลมอนที่ขีดผิวเปลือก

3.4.3 การเตรียมอุปกรณ์และส่วนประกอบ

ตารางที่ 3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือวัตถุดิบประสงค์การใช้งาน

เครื่องมือหรือส่วนประกอบ	วัตถุดิบประสงค์ที่ใช้
มีด	ขีดผิว
เครื่องสไลด์	หั่นเลมอนให้มีขนาดเท่ากันทุกชิ้น
ตู้แช่	เก็บรักษาเลมอน
น้ำตาลทรายขาวตรามิตรผล	แช่อิ่ม
เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิของอาหาร	วัดอุณหภูมิหลังเตรียมสารละลาย จนกว่าจะ 40 °C
กรดซิตริก (กรดมะนาว)	เพิ่มรสชาติเปรี้ยว
กลีเซอรอล	ปรับเนื้อสัมผัสของเลมอนหลังการอบแห้งและลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเลมอน

3.4.3.1 การสไลด์เลมอน

เลมอนที่ผ่านการเตรียมในแต่ละขั้นตอนจะถูกหั่นตัดบริเวณหัวและท้ายก่อนนำมาสไลด์ด้วยเครื่องสไลด์ให้มีความหนา 8 มิลลิเมตรตัวรูปที่ 3.40

3.4.3.2 การเก็บรักษา

เลมอนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างและสไลด์จะถูกนำมาแช่เยือกแข็งในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -18°C เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำไปทำการแช่อิ่ม

3.4.3.3 เตรียมสารละลายและการแช่อิ่ม

ต้มน้ำจนเดือดและใส่น้ำตาลลงไปตามความเข้มข้นที่ต้องการจากนั้น ทิ้งไว้

ให้อุณหภูมิลดลงเป็น 40°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 เลมอนสไลด์ที่ผ่านการขัดผิว

3.4.3.4 การใช้ระบบสุญญากาศ

- เตรียมตัวอย่างสำหรับใส่ในหม้อระบบสุญญากาศ ที่ความดัน -0.5 มิลลิบาร์ ด้วยระยะเวลา 5 นาที ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 นำเลมอนลงในถังแช่แข็งเพื่อเตรียมการทำสุญญากาศ

- เตรียมสารละลายใส่ในถังบรรจุสารละลาย เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด สารละลายจะถูกดูดไปยังถังระบบสุญญากาศและปล่อยทิ้งไว้ที่ความดันบรรยากาศปกติ ดังรูปที่ 3.42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพ **รูปที่ 3.42** เตรียมสารละลายก่อนอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การแช่ส้ม

นำเลมอนที่แช่เยือกแข็งและสารละลายออสโมติกมาชั่งน้ำหนักเพื่อทำการแช่ส้มโดยให้มีอัตราส่วนเลมอน ต่อสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการแช่ส้มเป็น 1 : 1.2 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.10 การแช่ส้ม สัดส่วน และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ส้ม

สารละลายออสโมติก	สัดส่วน	น้ำ : น้ำตาล หรือ น้ำ : กลีเซอรอล	เลมอน : สารละลายออสโมติก
60 บริกซ์ + 0.1% กรดซิตริก	35 : 65	2.34 : 1.26	1:1.2

3.4.5 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.4.5.1 ความเป็นกรด-เบส (pH)

เลมอนที่ผ่านกระบวนการแช่ส้มแต่ละเวลามาผ่านการปั่นด้วยเครื่องปั่น จากนั้นคั้นเนื้อเพื่อให้ได้ของเหลวดังรูปที่ 3.43 และนำของเหลวที่ได้มาวัดค่า pH ด้วย pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany) ดังรูปที่ 3.44



รูปที่ 3.43 การปั่นเลมอนและคั้นให้ได้ออกของเหลว



รูปที่ 3.44 pH meter (Lab 855, SI Analytics, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2 Total Soluble Solids

นำของเหลวที่ได้จากการคั้นเช่นเดียวกับข้อ 3.4.5.1 มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยเครื่อง refractometer (HI 96800, HANNA, Romania) ดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 เครื่อง refractometer (HI 96800, HANNA, Romania)

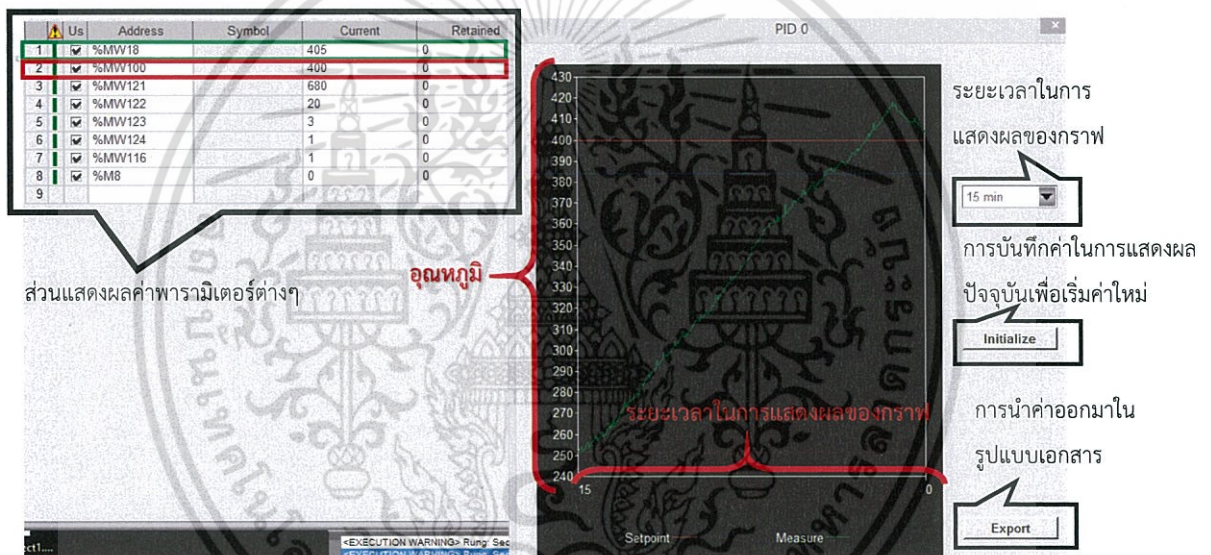
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

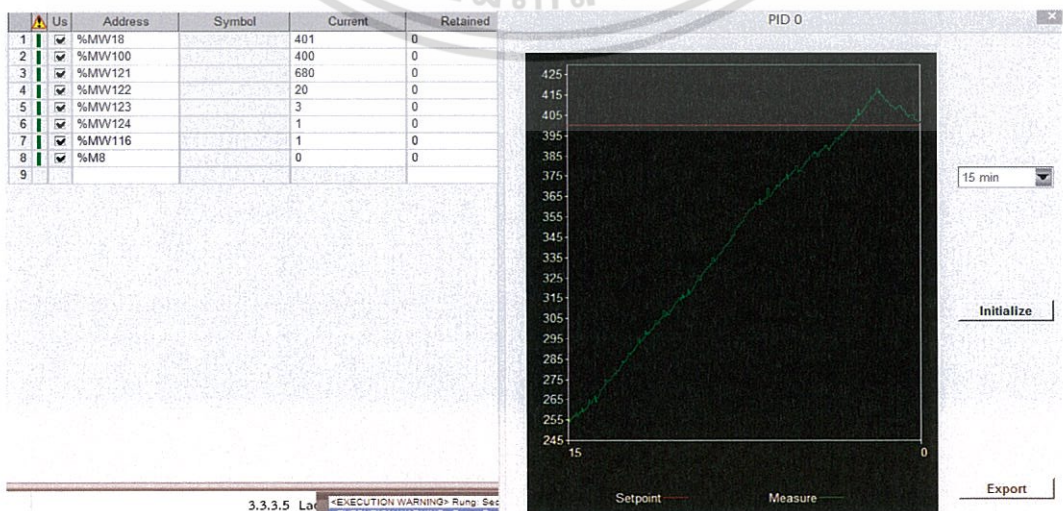
ผลการทดลอง

4.1 การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

โครงการนี้ได้ทำการเก็บค่าของการทดลองในกระบวนการ เพื่อนำมาตรวจสอบวิเคราะห์และปรับปรุงการทำงาน เพื่อให้กระบวนการเป็นไปตามเงื่อนไข ซึ่งได้มีการเก็บค่าของการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการ และทำการแสดงในรูปของกราฟโดยเมื่อพิจารณาเส้นกราฟจะพบเส้นกราฟ 2 เส้นคือ สีแดง หมายถึง ค่าเป้าหมาย (SV) หรือ %MW100 และสีเขียว หมายถึง ค่าที่วัดได้จากกระบวนการ (PV) หรือ %MW18 ซึ่งจะแสดงดังในรูปต่อไปนี้

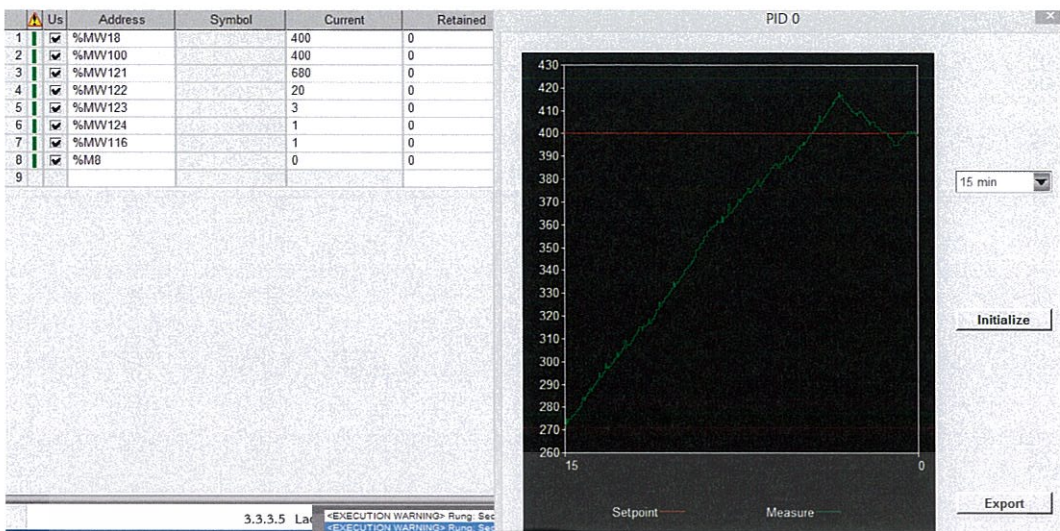


รูปที่ 4.1 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4.2 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย



รูปที่ 4.3 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป(ต่อ)



รูปที่ 4.4 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป(ต่อ)

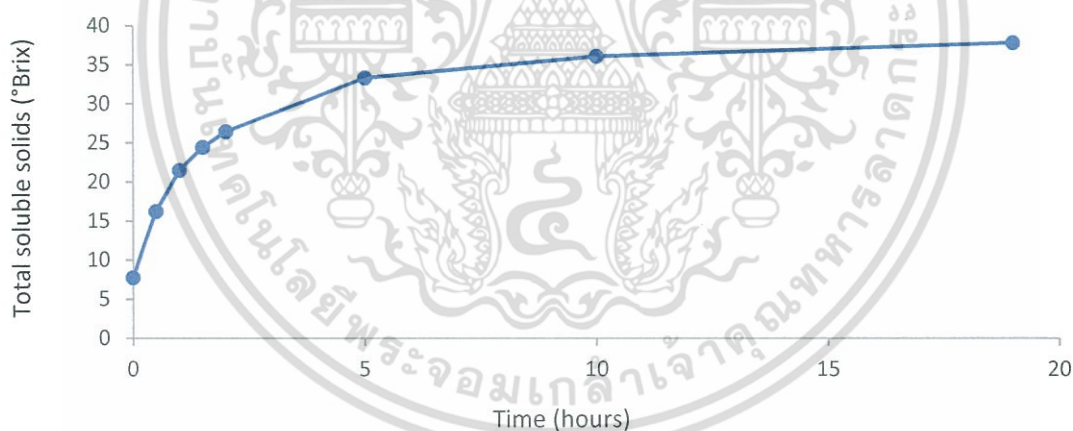
จากรูปที่ 4.1 ถึง 4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการควบคุมอุณหภูมิในการทดลองซึ่ง เป็นการตั้งค่า Set Point ที่อุณหภูมิ 40 °C ตลอดการทดลอง โดยให้สัญญาณเอาต์พุตส่งคำสั่งไปยังขดลวดความร้อน ให้เปิดเมื่ออุณหภูมิยังไม่ถึงค่า Set Point และปิดเมื่ออุณหภูมิเกินค่า Set Point แล้ว และจะกลับมาเปิดใหม่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่า Set Point เมื่อดูจากกราฟ ค่าตัวแปรของกระบวนการจะค่อยๆ เข้าสู่ค่าเป้าหมาย และเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่าเป้าหมาย ค่าจะค่อยๆ ลดลงให้ค่ากลับเข้าสู่ค่าเป้าหมายอีกครั้ง เพื่อรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 40 °C โดยค่า 400 ที่แสดงนั้นเป็นค่าภายใน Controller ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับ 40 °C และเป็นการควบคุมแบบ PID Control โดยการควบคุมจะใช้ Temperature Controller เป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุม โดยค่า P, I, D จะใช้ฟังก์ชัน Auto tuning ของ Temperature Controller เป็นตัวกำหนด ซึ่งจะได้ค่า P เท่ากับ 3, I เท่ากับ 240, และ D เท่ากับ 60 เมื่อพิจารณาจากกราฟจะพบว่ามี Rise Time (ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงค่า Over Shoot สูงสุด) อยู่ที่ประมาณ 13-14 นาที และ Setting Time (ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงค่าคงที่เท่ากับค่า Set Point) อยู่ที่ประมาณ 17-18 นาที ส่วนการควบคุมความดันจะเป็นการควบคุมแบบ ON-OFF จึงทำให้ไม่มีการแสดงกราฟจากการทดลองควบคุม

4.2 การทดสอบการทำงานของกระบวนการแช่แข็ง

4.2.1 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า Brix ของเลมอน)

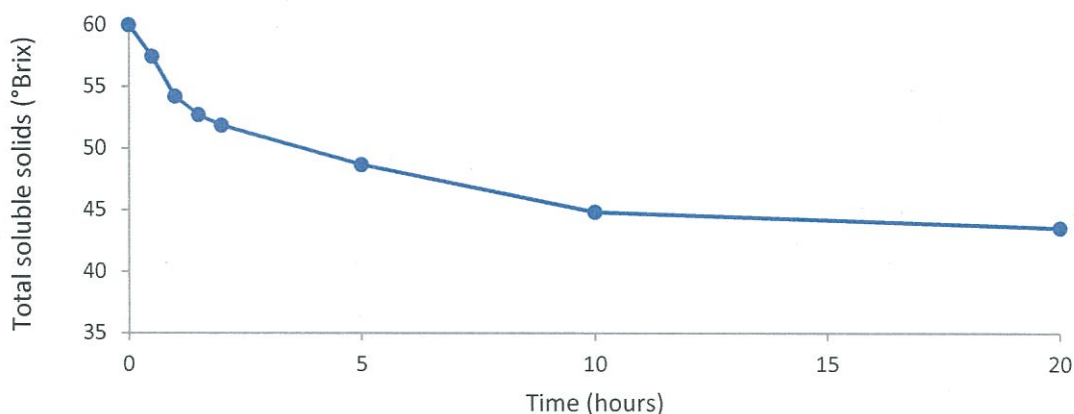
จากรูปที่ 4.5 แสดงค่า Brix ของเลมอนที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลา 20 ชั่วโมง โดยจะเห็นว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกจะทำการวัดค่า Brix ทุกครึ่งชั่วโมง เนื่องจากช่วงนี้จะเป็นช่วงที่เกิดการออสโมซิสสูงที่สุดได้ค่า Brix เท่ากับ 26.5 ต่อมาเมื่อเวลาของกระบวนการแช่แข็งผ่านไป 5 ชั่วโมง จะได้ค่า Brix เท่ากับ 33.36 ซึ่งหลังจากผ่านไป 5 ชั่วโมงไปแล้วค่า Brix จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อแช่แข็งเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะได้ค่า Brix เท่ากับ 37.83 จะเห็นได้ว่าค่า brix ในเลมอนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจาก เกิดการออสโมซิสของสารละลายเข้าไปในเลมอน



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า Brix ของเลมอน

4.2.2 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า Brix ของสารละลาย)

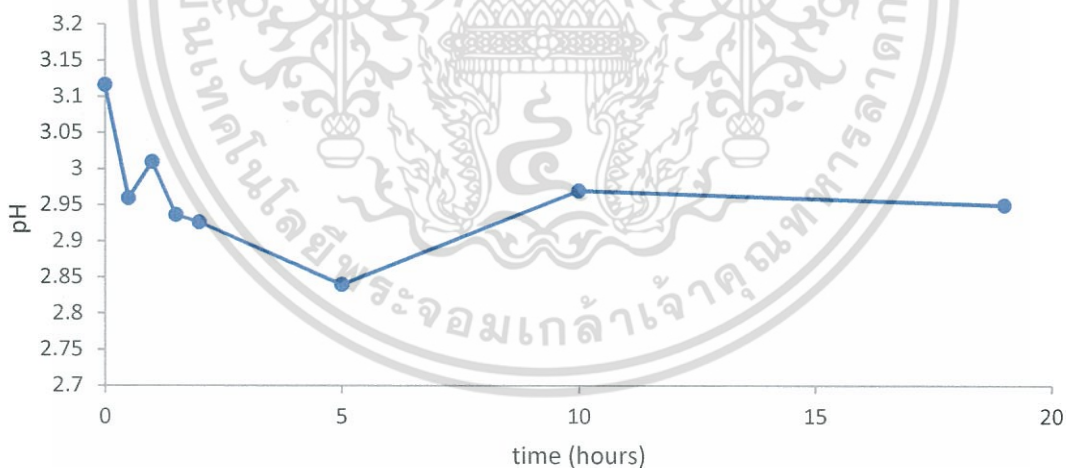
จากรูปที่ 4.6 เริ่มทดลองที่สารละลายมีค่าเท่ากับ 60 Brix ค่า Brix มีค่าลดลงเรื่อยๆ โดยไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง และเมื่อจบกระบวนการแช่แข็งที่ 20 ชั่วโมง ค่า brix ในสารละลายเท่ากับ 43.533 จะเห็นได้ว่าค่า brix ในน้ำเชื่อมมีค่าลดลงเนื่องจากเกิดการออสโมซิสเข้าไปในเนื้อของเลมอนที่ทำการแช่แข็ง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า Brix ของสารละลาย

4.2.3 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า pH ของเลม่อน)

จากรูปที่ 4.7 แสดงค่า pH ของเลม่อนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ค่า pH ของเลม่อน ก่อนทำการแช่คือ 3.11 และเมื่อเวลาผ่านไป 20 ชั่วโมง ค่า pH เท่ากับ 2.95 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมงค่า pH เท่ากับ 2.84 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดสูงที่สุด หลังจาก 10 ชั่วโมงเป็นต้นไปค่า pH จะคงที่อยู่ที่ประมาณ 2.95 ถึง 2.97 เนื่องจากในสารละลายไม่ได้มีส่วนผสมแค่น้ำตาลเพียงอย่างเดียว แต่มีกรดซิตริกเป็นส่วนผสมด้วย จึงทำให้ค่า pH เกิดการเปลี่ยนแปลง

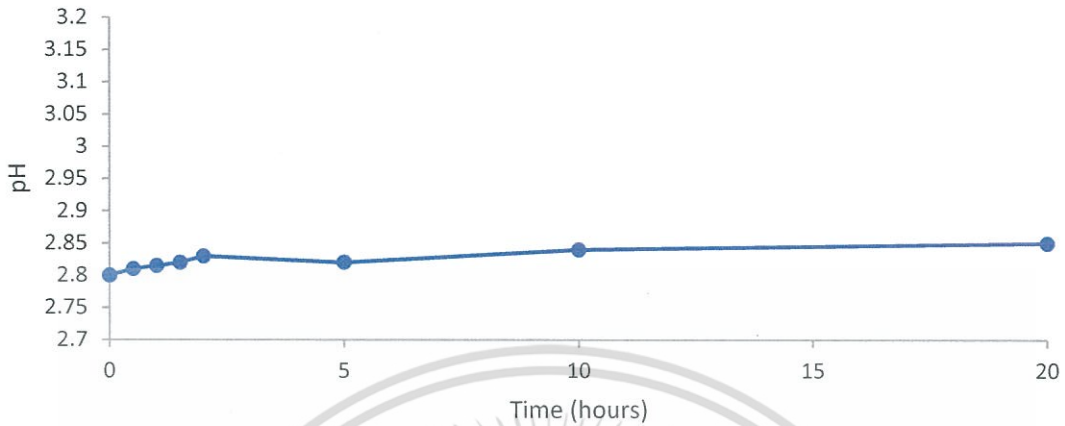


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า pH ของเลม่อน

4.2.4 ผลการทดลองที่สภาวะสุญญากาศ (วัดค่า pH ของสารละลาย)

จากรูปที่ 4.8 แสดงค่า pH ของสารละลายเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งค่า pH ในสารละลายไม่ได้เปลี่ยนแปลงมากนัก ค่า pH ก่อนทำการแช่คือ 2.78 เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมงค่า pH มีค่าลดลง จนถึงชั่วโมงที่ 5 ค่า pH จึงกลับมาขึ้นอีกครั้ง หลังจาก 10 ชั่วโมงเป็นต้นไปค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 2.84 ถึง 2.85 และเมื่อเวลาผ่านไป 20 ชั่วโมง ค่า pH เท่ากับ 2.85 เนื่องจากในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

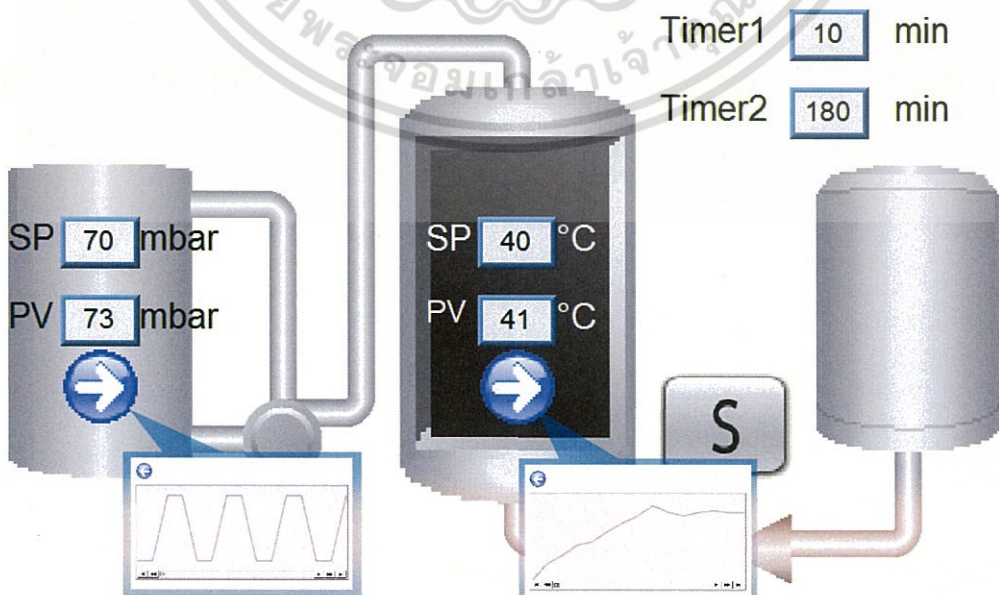
สารละลายไม่ได้มีส่วนผสมแค่น้ำตาลเพียงอย่างเดียว แต่มีกรดซิตริกเป็นส่วนผสมด้วย จึงทำให้ค่า pH เกิดการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า pH ของสารละลาย

4.3 ผลของการแสดงผลผ่านทาง HMI

เนื่องจากโครงการนี้มีการควบคุมอุณหภูมิและความดันภายในถังแช่ อีกรังยังสามารถปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นและแสดงค่าในกระบวนการต่างๆผ่านทางหน้าจอสัมผัส HMI ได้ โดยอ้างอิงการทำงานการสั่งการและแสดงผลในหัวข้อที่ 3.3.3 ซึ่งส่วนนี้ผู้ทดลองสามารถทำการควบคุมและดูผลการทำงานผ่านทางหน้าจอสัมผัส ทำให้เกิดความสะดวกรสบาย ไม่ต้องทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ให้ยุ่งยาก และสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้งานอีกด้วย อีกทั้งหน้าจอ HMI ยังสามารถเก็บค่าในกระบวนการลงใน USB disk อัตโนมัติและแสดงเป็นกราฟการควบคุมต่างๆได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงผลการควบคุมกระบวนการผ่านทาง HMI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การควบคุมกระบวนการเชื่อมในสภาวะสุญญากาศนี้แบ่งเป็นการควบคุมอุณหภูมิ และความดัน ซึ่งชุดควบคุมสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบได้และสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้จากหน้าจอสัมผัส Human Machine Interface (HMI) โดยปกติการเชื่อมจะใช้เวลาประมาณ 144 ชั่วโมงหรือ 6 วัน แต่เมื่อเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความดัน ทำให้สามารถลดระยะเวลาของกระบวนการเหลือเพียงไม่ถึง 20 ชั่วโมงเท่านั้น

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. เนื่องจากการจัดทำเครื่องเกิดความล่าช้า ทำให้การเขียนโปรแกรมบางส่วนไม่สามารถทำได้ทันที
2. การจัดทำเครื่องเชื่อม ผู้จัดทำชุดควบคุมไม่ได้คุยกับช่างโดยตรง ทำให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารในการทำเครื่อง
3. งบประมาณมีจำกัด ทำให้ได้อุปกรณ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการทั้งหมด

5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. เขียนโปรแกรมในส่วนที่สามารถทำได้ให้สำเร็จก่อน
2. หาอุปกรณ์ที่มีราคาถูกลงกว่าที่สามารถทดแทนกันได้เพื่อประหยัดงบประมาณ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ปรับปรุงการดำเนินงานต่างๆ ให้ชัดเจนทั้งเรื่องรายละเอียดทั้งหมด และเวลาการดำเนินงาน

บรรณานุกรม

- [1] “ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตกระเทียมโทนดองน้ำผึ้ง”, 2554. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://cmuir.cmu.ac.th/jspui/handle/6653943832/8914> (31 ตุลาคม 2560).
- [2] “ผลไม้แช่อิ่ม”, 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process_fruit_sp.html (7 พฤศจิกายน 2560).
- [3] “ผลของการแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้สภาวะสุญญากาศร่วมด้วยต่อคุณภาพของกล้วยไข่กิ่งแห้ง”, 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://kukr.lib.ku.ac.th/db/kukr/search_detail/result/13696 (7 พฤศจิกายน 2560).
- [4] “ปัจจัยที่มีผลต่อการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้”, 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://digital_collect.lib.buu.ac.th/ojs/index.php/science/article/download/2698/137 (8 พฤศจิกายน 2560).
- [5] “ระบบควบคุม Control Systems”, 2555. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://suchart.rmutl.ac.th/04-220-308/Control.pdf> (11 พฤศจิกายน พ.ศ.2560).
- [6] “เครื่องมือวัด”, 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องมือวัด> (14 พฤศจิกายน 2560).
- [7] “ทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์ (Transducer & Sensor)”, 2555. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://stcontrol.blogspot.com/2012/06/transducer-sensor.html> (16 พฤศจิกายน 2560).
- [8] นวภัทรา หนูนาค และทวีพล ซื่อสัตย์, “การวัดและเครื่องมือวัด การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร”, กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล, 2555.
- [9] “ฮีตเตอร์ดวงกลม”, 2555. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.vaicharohenheater.com> (21 พฤศจิกายน 2560).
- [10] “HMI Programming”, 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.energyscopethai.com/hmi-programming/> (3 ธันวาคม 2560)
- [11] กชกร ผ่องจิต, สิริธร อัมพวันวงศ์ และอภิวัฒน์ มาละพิงค์, “การควบคุมกระบวนการแช่อิ่มโดยใช้ PLC”, ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2559
- [12] “หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว”, 2560. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://ahql.org/archives/9> (10 มกราคม 2561).
- [13] “โครงสร้างของโซลินอยด์วาล์ว”, 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=110> (10 มกราคม 2561).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] “DPC-L100/DPH-L100 Pressure Sensor”, 2560. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.panasonic-electric-works.com/se/dpc-l-100-dph-l100-pressure-sensor.htm> (15 มกราคม 2561).
- [15] “PHASE ANGLE SOLID STATE RELAY”, 2558. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.pm.co.th/Files/Name2/CONTENT5840858666.pdf> (22 มกราคม 2561).
- [16] “โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์”, 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/plc/unit_2.htm (25 มกราคม 2561).
- [17] “ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC”, 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://xn--12c3bl6a3a1fd7g.com/plc-programing/> (25 มกราคม 2561).
- [18] “WEINTEK iP Series”, 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.weintek.com/globalw/Product/Product_ip.aspx (30 มกราคม 2561).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

1. การทำงานของอุปกรณ์

1.1 PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF



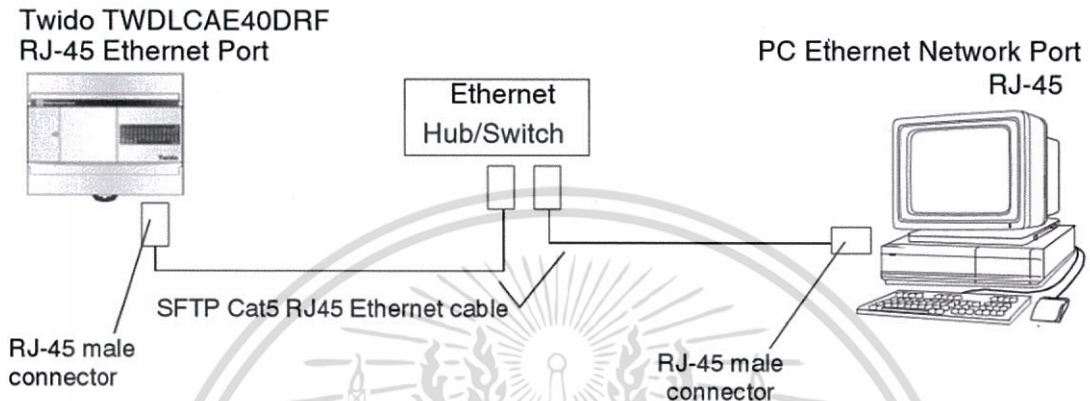
รูปที่ ก.1 ลักษณะของอุปกรณ์ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF

Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Concept	Transparent Ready
Discrete I/O number	40
Discrete input number	24
Discrete input voltage	24V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	14 for delay 2 for transistor
[Us] rated supply voltage	100...240V AC
Number of I/O expansion module	7
Use of slot	Memory cartridge
Data backed up	Internal RAM (external battery TSXPLP01) 3 years
Integrated connection type	Ethernet TCP/IP RJ45 , 1/100 Mbit/s, 1 twisted pair transparent ready class A10 Serial link interface adapter (RS232C/RS485) Non isolated serial link mini DIN, Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII (RS485) half duplex , 38, 4 kbit/s
Complementary function	Event processing PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

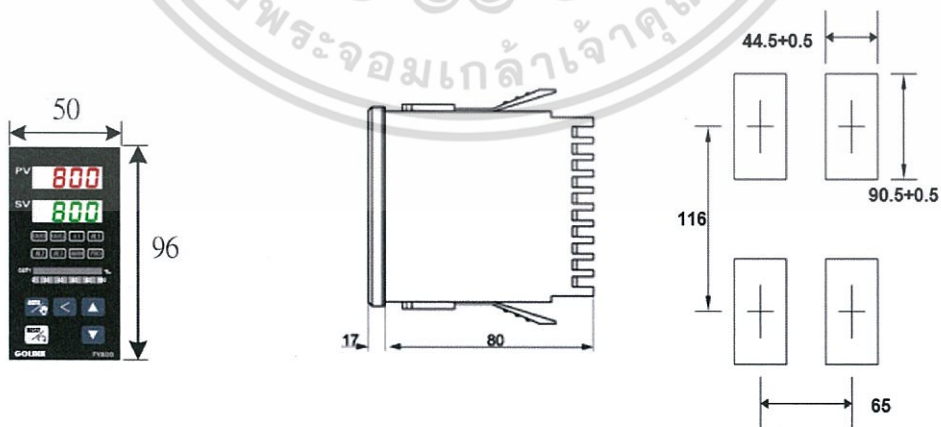
การเชื่อมต่อระหว่าง PLC Schneider (TWDLCAE40DRF) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยการนำ RJ45 Ethernet Cable ที่ต่อออกมาจากพอร์ต RJ-45 Ethernet ของ TWIDOTWDLCAE40DRF ไปเชื่อมต่อเข้ากับ Ethernet Hub ก่อนจะนำสาย Lan อีกเส้นมาต่อกับ RJ-45 ของพอร์ต PC Ethernet Network เพื่อนำไปใช้งานในส่วนของการเขียนชุดควบคุมในลำดับต่อไป



รูปที่ ก.2 การเชื่อมต่อ TWDLCAE40DRF กับเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 การทำงานของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B

การทำงานจะมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ หรือ Temperature Sensor ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิ และส่งสัญญาณไปยัง Temperature Controller หากอุณหภูมิที่วัดได้ไม่ตรงตามปริมาณที่ตั้งไว้ Temperature Controller จะจ่ายแรงดันไปควบคุมขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อเพิ่มหรือลด อุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ ก.3 ลักษณะโครงสร้างของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● Standard spec.

Model	FY400	FY600	FY700	FY800	FY900	
Dimension	48X48mm	96X48mm	72X72mm	48X96mm	96X96mm	
Supply voltage	AC 85~265V · DC 15~50V (Option)					
Frequency	50 / 60 HZ					
Power consumption	approx 3VA	approx 4VA	approx 3VA	approx 4VA	approx 4VA	
Input	Accuracy	0.2 % FS ± 1digit				
	Sample time	250ms				
	TC	K, J, R, S, B, E, N, T, W5Re/W26Re, PLII, U, L				
	RTD	PT100, JPT100, JPT50				
	mA dc mV / V dc	4~20mA, 0~20mA 0~1V, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V -10~10mV, 0~10mV, 0~20mV, 0~50mV, 10~50mV				
Decimal point position	0000, 000.0, 00.00, 0.000 Available for linear input (mA / mV / V)					
Output 1	Relay	SPST type	SPDT type	SPST type	SPDT type	
	Voltage pulse	3A, 220V, electrical life: 100,000 times or more (under rated load) For SSR drive. ON : 24V, OFF : 0V, max load current : 20mA				
	mA dc	4~20mA, 0~20mA. Maximum load resistance: 500 Ω				
	Voltage dc	0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V. Max load current: 20mA				
Alarm 1	3A, 220V, electrical life: 100,000 times or more (under rated load)					
Control algorithm	PID · PI · PD · P · ON / OFF (P=0) · FUZZY ·					
PID range	P: 0.0 ~ 200.0 % · I: 0~3600s · D: 0~900s					
Isolation	Output terminals (control output, alarm, transmission) and input terminals are isolated separately					
Isolated resistance	10MΩ or more between input and case (ground) at DC 500 V 10MΩ or more between output and case (ground) at DC 500 V					
Dielectric strength	1000V AC for 1 minute between input terminal and case (ground) 1500V AC for 1 minute between output terminal and case (ground)					
Operating temperature	0~50℃					
Humidity range	20~90%RH					
Weight	150g	225g	225g	225g	300g	
Display Height	PV: 7mm SV: 7mm	PV: 7mm SV: 7mm	PV: 14mm SV: 10mm	PV: 7mm SV: 7mm	PV: 14mm SV: 10mm	

● Optional Spec.

Model	FY400	FY600	FY700	FY800	FY900
Output 2	For heating and cooling control use. Relay, SSR, 4~20mA, 0~20mA, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V				
Alarm 2	SPST type	SPDT type	SPST type	SPDT type	SPDT type
	3A, 220V, electrical life: 100,000 times or more (under rated load)				
Alarm 3	Not available	Available	Available	Available	Available
	SPST type	SPST type	SPST type	SPST type	SPST type
Heater Break Alarm (HBA)	3A, 220V, electrical life: 100,000 times or more (under rated load)				
	Display range of heater current : 0.0~99.9A, Accuracy : 1%FS				
	Included CT : SC-80-T Alarm relay : AL1				
Transmission	Available for PV or SV transmission 4~20mA, 0~20mA, 0~1V, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V				
Remote SV	4~20mA, 0~20mA, 0~1V, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V				
Communication	Protocol : MODBUS RTU, MODBUS ASCII, TAIE RS232, RS485, TTL Baud rate: 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 bps. Data bits : 8, Stop bit : 1 or 2bit, Odd or Even parity.				
Water/Dust proof	IP65				

● Special control output (OUT1)

Model	FY400	FY600	FY700	FY800	FY900
1φ zero crossing control (1φ SSR)	Available	Not available	Available	Not available	Available
3φ zero crossing control (3φ SSR)	Not available				Available
Motor valve control	Available				
1φ phase angle control (1φ SCR)	Not available	Available			
3φ phase angle control (3φ SCR)	Not available				Available

รูปที่ ก.4 ข้อมูลทั่วไปของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 คำอธิบายการใช้งาน

อธิบายการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยอธิบายฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ ของอุปกรณ์ ดังข้างล่างจะเป็นการอธิบายการใช้งานปุ่มกด และการเข้าถึงฟังก์ชันการทำงาน



ตารางที่ ก.2 สัญลักษณ์ต่างๆของ Controller

สัญลักษณ์	ชื่อ	ฟังก์ชันการทำงาน
PV	1 Measured value (PV)	แสดงค่า PV (สีแดง)
SV	2 Set value (SV)	แสดงค่า SV (สีเขียว)
	3 Set key	สำหรับเรียกค่า Parameter ต่างๆขึ้นมาเพื่อตั้งค่า
	4 Auto/Manual key	เลือกการทำงานระหว่าง Auto(PID) mode หรือ Manual mode
	5 Shift key	เลื่อนตำแหน่งเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่า
	6 Down key *Program hold	ลดค่าที่แสดง (-1000,-100,10,-1) *Program hold
	7 Up key *Program run	เพิ่มค่าที่แสดง (+1000,+100,+10,+1) *Program run (Programmable controller)
OUT1	8 OUT 1 lamp	แสดงไฟสีเขียวเมื่อ OUT1 ทำงาน
OUT2	9 OUT 2 lamp	แสดงไฟสีเขียวเมื่อ OUT2ทำงาน
AT	10 Auto tuning lamp	แสดงไฟสีส้มเมื่อ Auto tuning ทำงาน
AL1	11 Alarm 1 lamp	แสดงไฟสีแดงเมื่อ Alarm 1 ทำงาน
AL2	12 Alarm 2 lamp	แสดงไฟสีแดงเมื่อ Alarm 2 ทำงาน
AL3	13 Alarm 3 lamp	แสดงไฟสีแดงเมื่อ Alarm 3 ทำงาน
MAN	14 Manual output lamp	แสดงไฟสีส้มเมื่อ Manual output ทำงาน
PRO	15 *Program running lamp	*แสดงไฟเมื่อโปรแกรมทำงาน
OUT1%	16 OUT% bar-graph display	แสดง %OUTPUT บน LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 รหัสข้อผิดพลาด

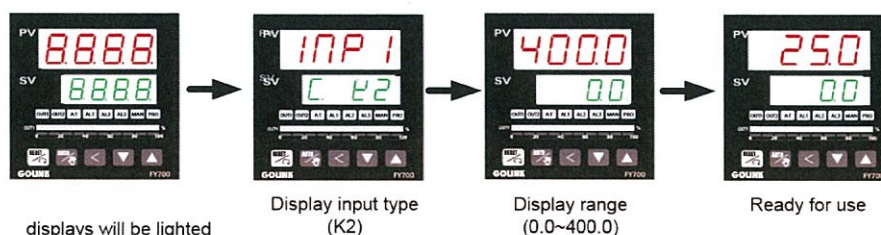
ตารางที่ ก.3 สัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

แสดงผล	คำอธิบาย
1E1E	Open circuit of main control sensor. (INP1)
* AdCF	A/D convert failed.
* CjCE	Cold junction compensation failed.
1E2E	Open circuit of sub control sensor. (Remote SV)
UVUV	PV exceeds USPL.
UVUV	PV under LSPL.
UVUV2	Input signal of sub control exceeds the upper limit. (Remote SV)
UVUV2	Input signal of sub control under the lower limit. (Remote SV)
* RAUF	RAM failed.
1EUF	Interface failed.
AUUF	Auto tuning failed.

1.2.3 การใช้งานอุปกรณ์

1.2.3.1 เริ่มเปิดเครื่อง

เมื่อเริ่มต้นเปิดอุปกรณ์ ส่วนแสดงผลของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะปรากฏดังรูปเมื่อสามารถเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรมได้แล้ว

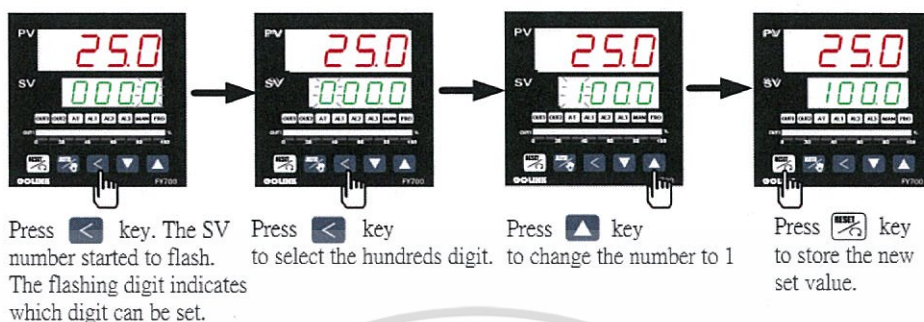


รูปที่ ก.5 ส่วนการแสดงผลของการเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV)

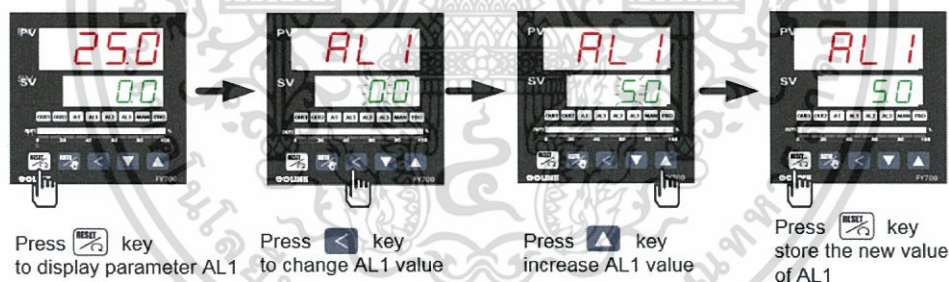
การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV) ที่ต้องการได้จากการเปลี่ยนบน ส่วนแสดงผลของอุปกรณ์โดยตรง



รูปที่ ก.6 การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV)

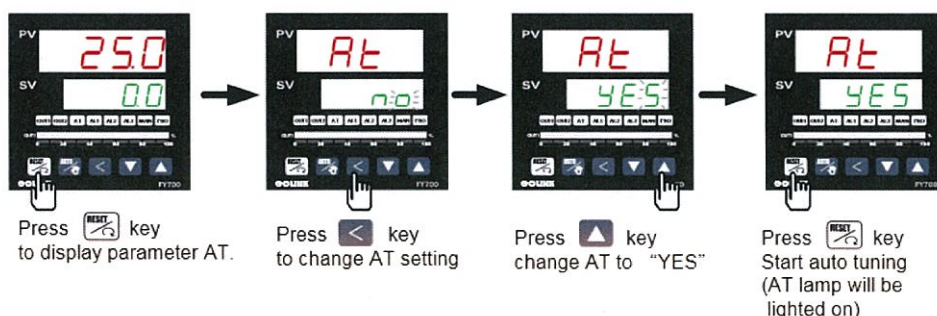
1.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่า Alarm Value

การเปลี่ยนแปลงค่า Alarm Value เพื่อแจ้งเตือนบนส่วนแสดงผลของอุปกรณ์ ดังรูปข้างล่าง โดยตั้งให้ AL 1 แจ้งเตือนเมื่อค่า Process Value (PV) สูงเกินกว่าค่า Set Value (SV) ที่ตั้งไว้ 5.0 ซึ่ง AL มีทั้งหมด 16 แบบ สามารถหาดูเพิ่มเติมได้ในคู่มืออุปกรณ์



รูปที่ ก.7 การเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนค่า AL 1 Value ถึง “5.0”

1.2.3.4 Auto tuning (AT)



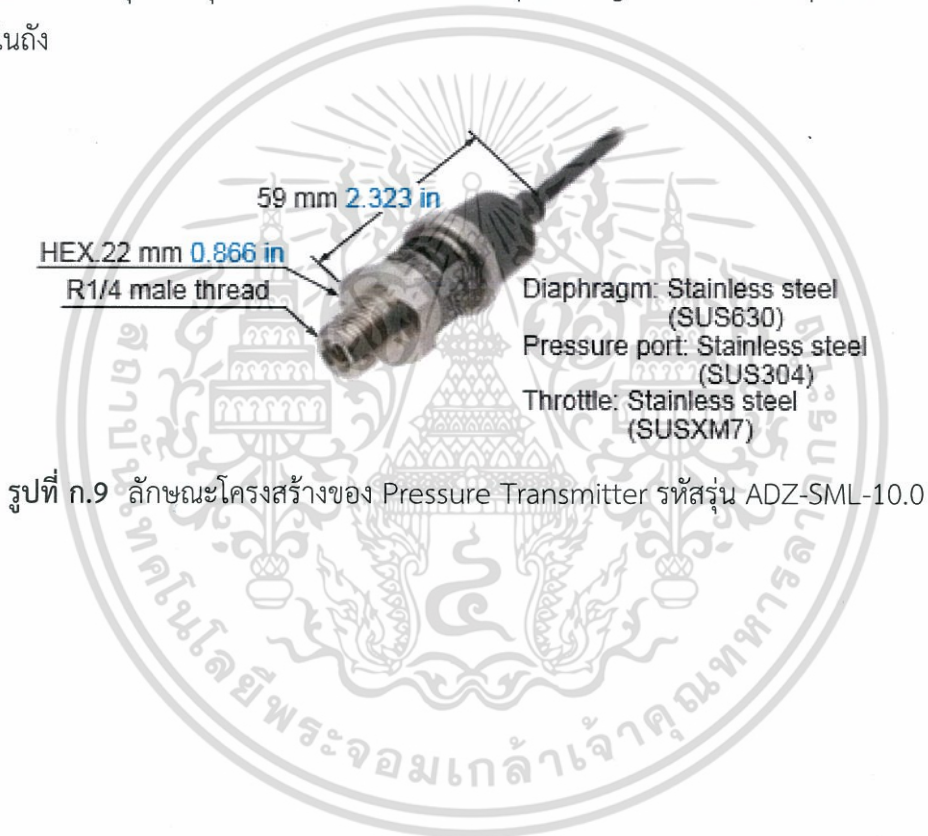
รูปที่ ก.8 การใช้ Auto tuning ในการปรับตั้งค่า PID ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 Digital Pressure Controller DPC-L100 with Head Separated Pressure Sensor

1.3.1 Head Separated Pressure Sensor DPC-L100 Series

เซนเซอร์อนาล็อกวัดความดันในช่วง -0.1 ถึง $+1.0$ MPa เซนเซอร์ที่ใช้งานนี้สามารถทนต่อแรงดันสูงสุดป้องกันการกระแทกและการสั่นสะเทือน มีความไวต่อแรงสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ใช้กับอุณหภูมิในการทำงานได้ในช่วง -20 ถึง $+70$ °C Supply Voltage เท่ากับ 9 ถึง 36 V DC. เอาต์พุต Analog Voltage 1 ถึง 5 VDC. เป็นระบบป้องกัน IP67 ตามมาตรฐาน IEC ชิ้นส่วนและปลอกที่มีการสัมผัสกับวัสดุทำมาจาก Stainless Steel ทำหน้าที่วัดความดันและส่งค่าที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าไปที่ชุดควบคุมเพื่อสั่งการทำงานของ Liquid Ring Vacuum Pump ในการปรับความดันภายในถัง



รูปที่ ก.9 ลักษณะโครงสร้างของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor heads

Type	Compound pressure		Positive pressure			
	-0.1 to 1 MPa type	1 MPa type	3.5 MPa type	10 MPa type	50 MPa type	
Item	Model No.	DPH-L113V	DPH-L113	DPH-L133	DPH-L114	DPH-L154
CE marking directive compliance	EMC Directive, RoHS Directive					
Type of pressure	Sealed gauge pressure (Note 4)					
Rated pressure range	-0.1 to +1 MPa	0 to +1 MPa	0 to +3.5 MPa	0 to +10 MPa	0 to +50 MPa	
Pressure withstandability	2 MPa	2 MPa	7 MPa	20 MPa	75 MPa	
Applicable fluid	Gases and fluids that do not corrode stainless steel SUS630, SUS304, or SUSXM7					
Supply voltage	9 to 36 V DC [9 to 32 V DC when using the attached connector (e-CON)]					
Current consumption	20 mA or less					
Analog voltage output	Output voltage: 1 to 5 V DC (over rated pressure range) Accuracy: $\pm 1.0\%$ F.S. (at $+23 \pm 2^\circ\text{C}$ $+73.4 \pm 35^\circ\text{F}$) $\pm 2.0\%$ F.S. (at -20 to $+70^\circ\text{C}$ -4 to $+158^\circ\text{F}$) (including linearity, hysteresis and repeatability)		Output voltage: 1 to 5 V DC (over rated pressure range) Accuracy: $\pm 1.0\%$ F.S. (at $+23 \pm 2^\circ\text{C}$ $+73.4 \pm 35^\circ\text{F}$) $\pm 2.0\%$ F.S. (at -20 to $+125^\circ\text{C}$ -4 to $+257^\circ\text{F}$) (including linearity, hysteresis and repeatability)			
Response time	1 ms or less					
Protection	IP67 (IEC)					
Ambient temperature	-20 to $+70^\circ\text{C}$ -4 to $+158^\circ\text{F}$ (No dew condensation or icing allowed), Storage: -30 to $+70^\circ\text{C}$ -22 to $+158^\circ\text{F}$		-20 to $+80^\circ\text{C}$ -4 to $+176^\circ\text{F}$ (Pressure port: -20 to $+125^\circ\text{C}$ -4 to $+257^\circ\text{F}$, No dew condensation or icing allowed), Storage: -30 to $+100^\circ\text{C}$ -22 to $+212^\circ\text{F}$ [e-CON connector (accessory): -20 to $+75^\circ\text{C}$ -4 to $+167^\circ\text{F}$ (Storage: -30 to $+75^\circ\text{C}$ -22 to $+167^\circ\text{F}$)]			
Ambient humidity	35 to 85 % RH, Storage: 35 to 85 % RH					
Medium temperature range	-20 to $+70^\circ\text{C}$ -4 to $+158^\circ\text{F}$		-20 to $+125^\circ\text{C}$ -4 to $+257^\circ\text{F}$			
Voltage withstandability	150 V AC for one min. between all supply terminals connected together and enclosure					
Insulation resistance	100 M Ω , or more, with 50 V DC megger between all supply terminals connected together and enclosure					
Vibration resistance	10 to 2,000 Hz frequency, acceleration 200 m/s ² , in X direction for four hours, in Y and Z directions for two hours each (Note 5)					
Shock resistance	1,000 m/s ² acceleration in X, Y and Z directions three times each					
Grounding method	Capacitor earth (Enclosure-supply terminal)					
Pressure port	R1/4 male thread (throttle embeded)					
Material	Diaphragm: Stainless steel (SUS630), Pressure port: Stainless steel (SUS304), Throttle: Stainless steel (SUSXM7)					
Connecting method	Connector					
Cable	0.2 mm ² 3-core heat resistant cabtyre cable 2 m 3.562 ft long					
Cable extension	Extension up to total 10 m 32.808 ft is possible with 0.2 mm ² , or more, cable.					
Weight	Net weight: 100 g approx., Gross weight: 150 g approx.					
Accessory	Connector (e-CON): 1 pc.					

Notes: 1) Where measurement conditions have not been specified precisely, the conditions used were an ambient temperature of $+23^\circ\text{C}$ $+73.4^\circ\text{F}$.
 2) The sensor head can be used independently.
 3) Oil is used in the factory inspection process for models DPH-L114 and DPH-L154. There may be some residual oil inside the pressure port.
 4) The sensor's internal mechanism is sealed based on an air pressure of 1,013 hPa.
 5) The X, Y, and Z directions are defined as follows:

รูปที่ ก.10 ข้อมูลทั่วไปของ Head Separated Pressure Sensor DPC-L100 Series

1.3.2 Digital Pressure Controller DPC-L100



รูปที่ ก.11 Digital Pressure Controller DPC-L100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานจะต่อกับ Head Separated Pressure Sensor ทำหน้าที่นำสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตจาก Pressure Sensor มาแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และส่งสัญญาณ ON/OFF ไปยัง Liquid Ring Vacuum Pump ให้เปิดหรือปิดเพื่อเพิ่มหรือลดความดันภายในถังแช่ฮีม

18 SPECIFICATIONS

Type	NPN output type		PNP output type	
	For inside of Japan	For outside of japan	For inside of Japan	For outside of japan
Model No.	DPC-L101Z	DPC-L101	DPC-L101Z-P	DPC-L101-P
Applicable pressure sensor head	DPH-L113V, DPH-L113, DPH-L133, DPH-L114, DPH-L154			
Rated pressure range	-0.1 to 1MPa / 0 to 1MPa / 0 to 3.5MPa / 0 to 10MPa / 0 to 50MPa			
Set pressure range	-1.177 to 1.177MPa / -1.070 to 1.070MPa / -3.74 to 3.74MPa / -10.70 to 10.70MPa / -53.5 to 53.5MPa			
Supply voltage	12 to 24V DC $\pm 10\%$ Ripple P-P 10% or less			
Power consumption (Note 2)	Normal operation: 960mW or less (current consumption 40mA or less at 24V supply voltage) ECO mode (STD): 720mW or less (current consumption 30mA or less at 24V supply voltage) ECO mode (FULL): 600mW or less (current consumption 25mA or less at 24V supply voltage)			
Sensor head supply voltage	Same as supply voltage			
Input	Pressure sensor head input	Input voltage range: 1 to 5V DC (within the rated pressure range)		
	External input	<ul style="list-style-type: none"> •ON voltage: 0.4V DC or less •OFF voltage: 5 to 30V DC or open •Input impedance: Approx. 10kΩ •Input time: 1ms or more 	<ul style="list-style-type: none"> •ON voltage: 5V to +V DC •OFF voltage: 0.6V DC or less or open •Input impedance: Approx. 10kΩ •Input time: 1ms or more 	
Comparative output (Comparative output 1/2)	NPN open-collector transistor <ul style="list-style-type: none"> •Maximum sink current: 50mA •Applied voltage: 30V DC or less (between comparative output and 0V) •Residual voltage: 1V or less (at 50mA sink current) 	PNP open-collector transistor <ul style="list-style-type: none"> •Maximum source current: 50mA •Applied voltage: 30V DC or less (between comparative output and +V) •Residual voltage: 1V or less (at 50mA source current) 		
Output operation	Selectable either N.O. or N.C., with key operation			
Hysteresis	Minimum 1 digit			
Repeatability	Within $\pm 0.2\%$ F.S.			
Response time	5ms, 10ms, 25ms, 50ms, 100ms, 250ms, 500ms, 1,000ms or 5,000ms selectable with key operations			
Analogue output	<Analogue voltage output> <ul style="list-style-type: none"> • Output voltage: 1 to 5V • Output impedance: Approx. 1kΩ • Zero point: Within 1V $\pm 0.5\%$ F.S. (DPH-L113V: Within 1.364V $\pm 0.5\%$ F.S.) • Span: Within 4V $\pm 0.5\%$ F.S. • Linearity: Within $\pm 0.1\%$ F.S. 	<Analogue current output> <ul style="list-style-type: none"> • Output current: 4 to 20mA • Load resistance: 250Ω (MAX.) • Zero point: within 4mA $\pm 1\%$ F.S. (DPH-L113V: within 5.455mA $\pm 1\%$ F.S.) • Span: Within 16mA $\pm 1.5\%$ F.S. • Linearity: Within $\pm 0.1\%$ F.S. 		
Ambient temperature	-10 to +50°C (No dew condensation or icing allowed), Storage: -10 to +60°C			
Ambient humidity	35 to 85% RH, Storage: 35 to 85% RH			
Material	Enclosure: PBT (with glass fiber), LCD display: Acrylic Mounting screw section: Brass (nickel-plated), Switch: Silicon rubber			
Weight (Main body only)	Approx. 25g			
Accessories	CN-66A-C2 (Cable with a connector, 2m long) (Optional for J type): 1 pc. Unit switching label: 1 pc.			

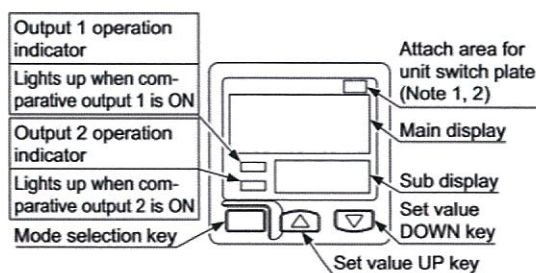
- Notes: 1) The cable with connector is not enclosed with models that have "-J" at the end of the model names.
2) Excluding the current consumption of analogue output current and applying pressure sensor head.
3) The specified value is only for controller. Refer to attached instruction manual of pressure sensor head of used as combination for specified value.

รูปที่ ก.12 ข้อมูลทั่วไปของ Digital Pressure Controller DPC-L100

1.3.2.1 คำอธิบายการใช้งาน

อธิบายการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความดัน โดยอธิบายฟังก์ชันการทำงานต่างๆของอุปกรณ์ ดังข้างล่างจะเป็นการอธิบายการใช้งานปุ่มกด และการเข้าถึงฟังก์ชันการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 แสดงหน้าจอ Display ของ Pressure Controller

1.3.2.2 รหัสข้อผิดพลาด

ตารางที่ ก.4 สัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

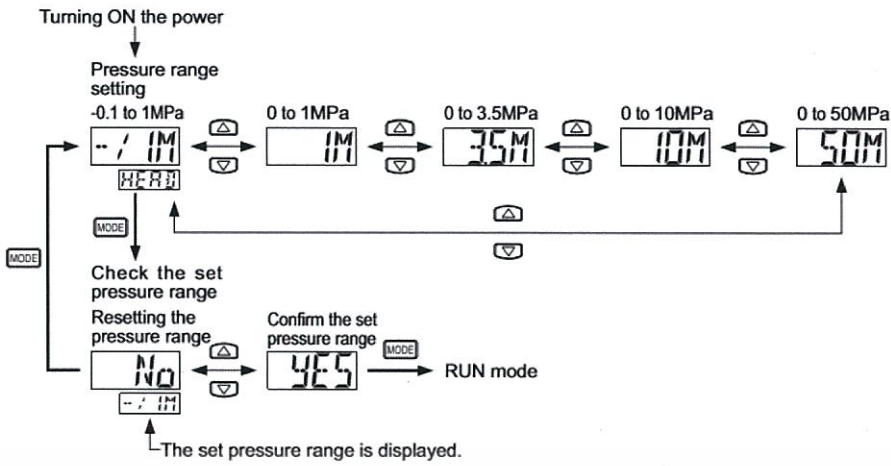
แสดงผล	คำอธิบาย
E-0	<ul style="list-style-type: none"> - The controller and the pressure sensor head are not correctly connected. - The pressure sensor head is damaged.
E-1	The load is short-circuited causing an over.
E-3	Pressure is applied during zero-point adjustment.
E-4	External input is carried out outside the rated pressure range.
E-5	Communication error (Disconnection, faulty connection, etc.)
E-6	Communication error (Incorrect model.)
***	The applied pressure exceeds the upper limit of the display pressure range.
--***	The applied pressure exceeds the lower limit of the display pressure range.

1.3.2.3 การใช้งานอุปกรณ์

1.3.2.3.1 เริ่มเปิดเครื่อง

เมื่อเริ่มต้นเปิดอุปกรณ์ตั้งค่าช่วงความดันของเซ็นเซอร์ความดันที่นำมาต่อกับ Controller ค่าจะถูกจำไว้ภายใน Controller และจะแสดงทุกครั้งที่มีการเปิดอุปกรณ์ หลังจากนั้นไปที่ Run Mode หากมีการเปลี่ยนเซ็นเซอร์ความดันจะต้องมีการตั้งค่าใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



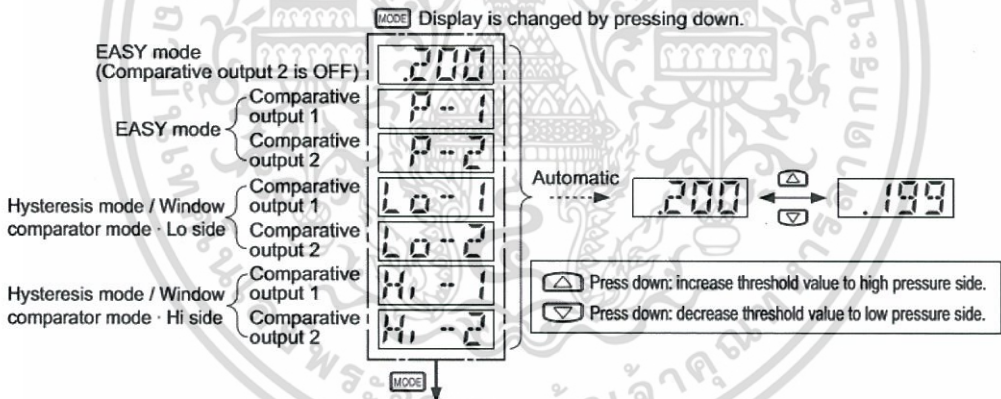
รูปที่ ก.14 ส่วนการตั้งค่าหลังจากการเปิดเครื่อง

1.3.2.3.2 RUN MODE

- การตั้งค่า threshold

จอแสดงผลย่อยจะแสดงค่า threshold จอแสดงผลหลัก

ไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ ก.15 หน้าจอแสดงการตั้งค่า threshold

- ฟังก์ชัน Zero-adjustment

ฟังก์ชัน Zero Adjustment จะบังคับค่าความดันให้

"ศูนย์" เมื่อเปิดพอร์ตแรงดัน



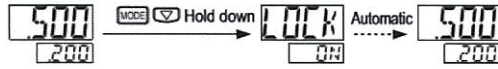
รูปที่ ก.16 การเปลี่ยนแปลงค่าเข้าสู่ศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

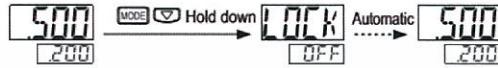
- ฟังก์ชัน Key lock

ฟังก์ชัน Key lock ป้องกันการทำงานพลาด เพื่อให้เงื่อนไขที่ตั้งไว้ในแต่ละโหมดการตั้งค่าจะไม่ได้รับการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ได้ตั้งใจ

<Key lock set>



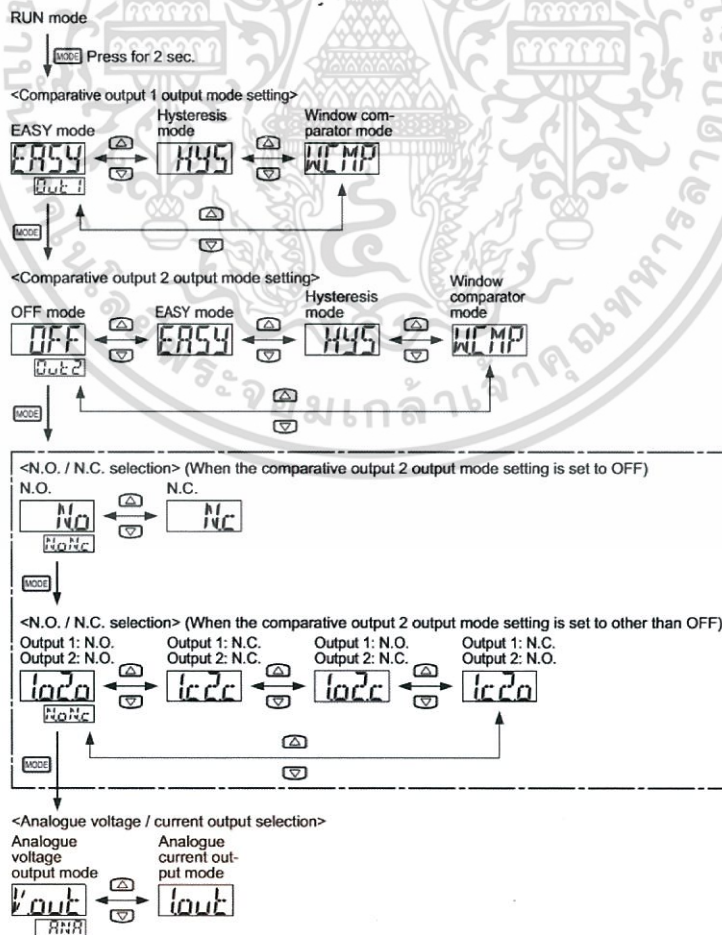
<Key lock released>



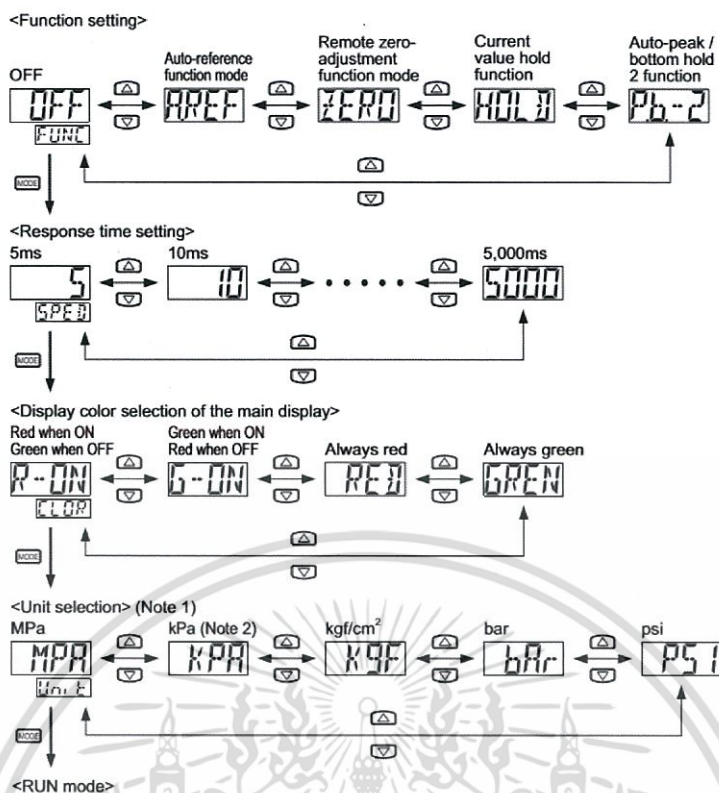
รูปที่ ก.17 การเปลี่ยนแปลงค่า Key Lock

1.3.2.3 MENU SETTING MODE

โหมดนี้จะเปลี่ยนเป็นโหมด RUN เมื่อกดปุ่มเลือกโหมด ในระหว่างกระบวนการตั้งค่านี ในการทำเช่นนี้รายการที่เปลี่ยนแปลงแล้วก่อนที่จะกดปุ่มเลือกโหมดค้างเอาไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



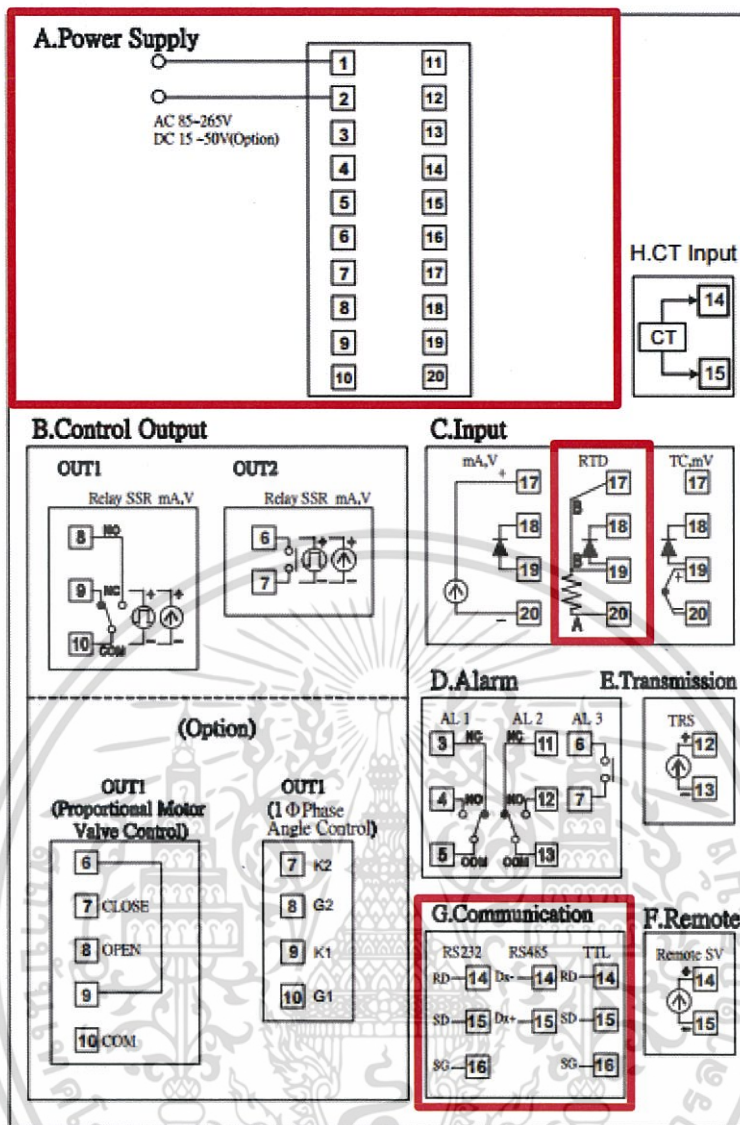
รูปที่ ก.18 การเปลี่ยนแปลงค่า MENU Setting

2. การเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

2.1 การจัดการพอร์ตเชื่อมต่อ Controller กับ PLC และ RTD

ทำการตั้งค่าค่าต่างๆใน Controller เป็นดังต่อไปนี้

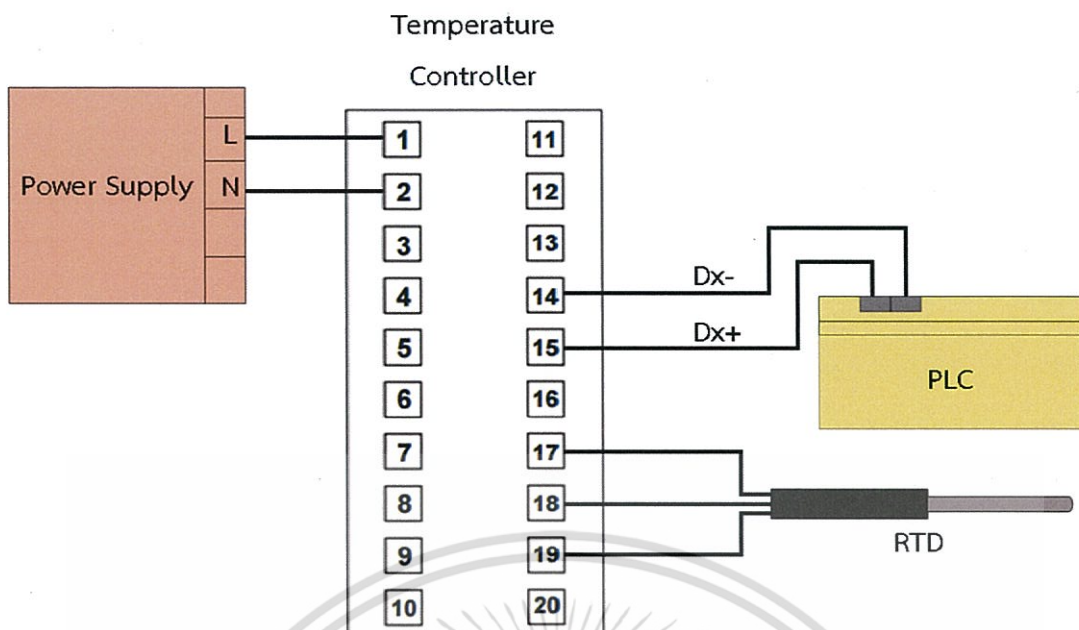
1. Protocol : MODBUS RTU
2. RS485
3. Baud rate: 9600 bps.
4. Data bits : 8 , Stop bit : 1 , Even parity



รูปที่ ก.19 FY800 Terminals (48mm x 96mm , DIN 1/8)

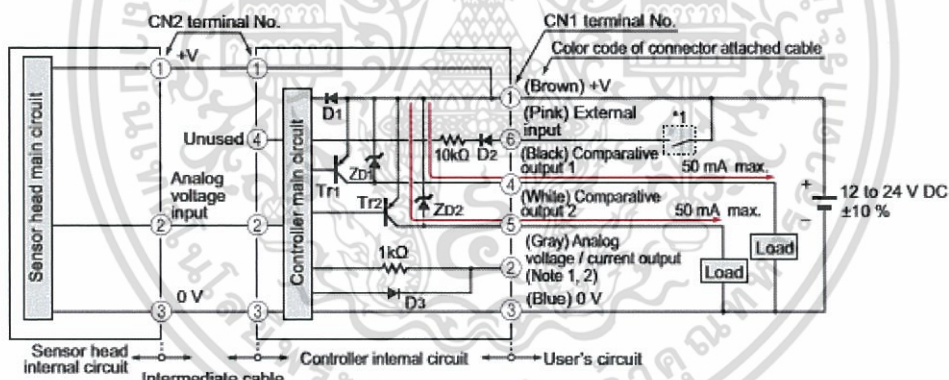
จากรูปแสดง FY800 Terminals ส่วนแรกเป็นการเชื่อมต่อ Controller กับ Power Supply จะเชื่อมต่อขา 1 (L) และ 2 (N) ส่วนที่สองเป็นการเชื่อมต่อการสื่อสารของ Controller กับ PLC ซึ่งใช้ RS485 (MODBUS Protocol) เชื่อมต่อ D_x- ที่ขา 14 และ D_x+ ที่ขา 15 และส่วนที่สามเป็นการเชื่อมต่อ Controller กับ RTD โดย RTD 3 สายจะเชื่อมต่อที่ขา 17, 19 และ 20 ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ RTD วัดได้จะส่งสัญญาณอินพุตเข้าขา 17 โดยขาที่ 19 และ 20 เป็นการชดเชยอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้ RTD จะส่งสัญญาณข้อมูลเข้า Controller แล้วส่งค่าออกไปเป็น MODBUS เข้าไปยัง PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

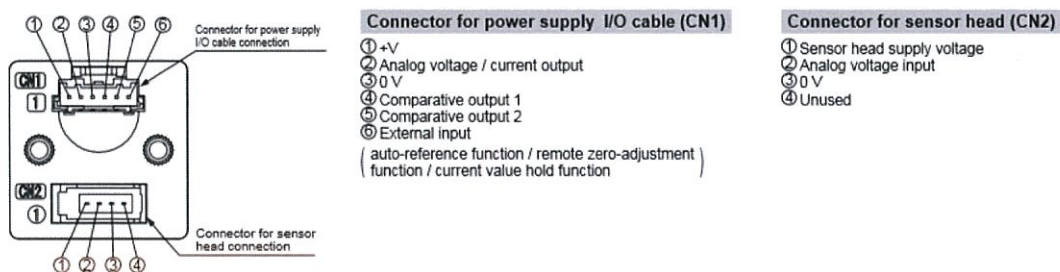


รูปที่ ก.20 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Controller

2.2 การจัดการพอร์ตเชื่อมต่อ Pressure Transmitter กับ PLC



รูปที่ ก.21 วงจรเชื่อมต่อระหว่าง Digital Pressure Controller DPC-L100 กับ Head Separated Pressure Sensor และ I/O ภายนอก



รูปที่ ก.22 พอร์ตเชื่อมต่อระหว่าง Digital Pressure Controller DPC-L100 กับ Head Separated Pressure Sensor และ I/O ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

1. การใช้โปรแกรมHMI

1.1 วัตถุประสงค์ของHMI

ดึงข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลให้ปรากฏบนหน้าจอ และส่งคำสั่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลล เพื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆของกระบวนการดังรูปที่ ข.1

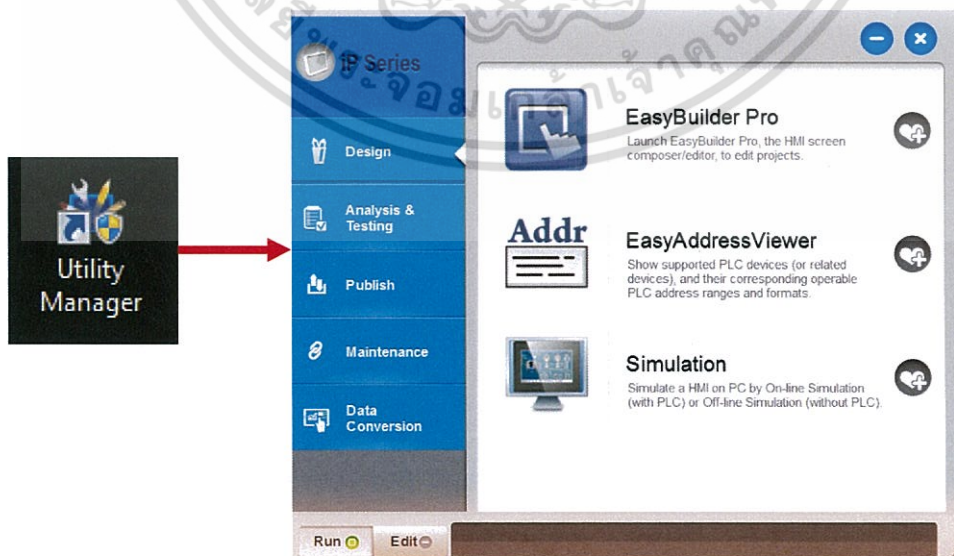


รูปที่ ข.1 การรับส่งข้อมูลผ่าน HMI

1.2 โครงสร้างของ Utility Manager

แบ่งออกเป็นโปรแกรมที่แตกต่างกันประกอบด้วยกับ 3 ส่วน ดังรูปที่ ข.2

1. Easy Builder Pro: เปิด EasyBuilder Pro เพื่อแก้ไขโปรเจค
2. Easy Address Viewer: ตรวจสอบที่อยู่และรูปแบบของ PLC ที่สามารถใช้ได้
3. Simulation: จำลอง HMI บนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการจำลองแบบ On-line (with PLC) หรือการจำลองแบบออฟไลน์



รูปที่ ข.2 โครงสร้างของ Utility Manager

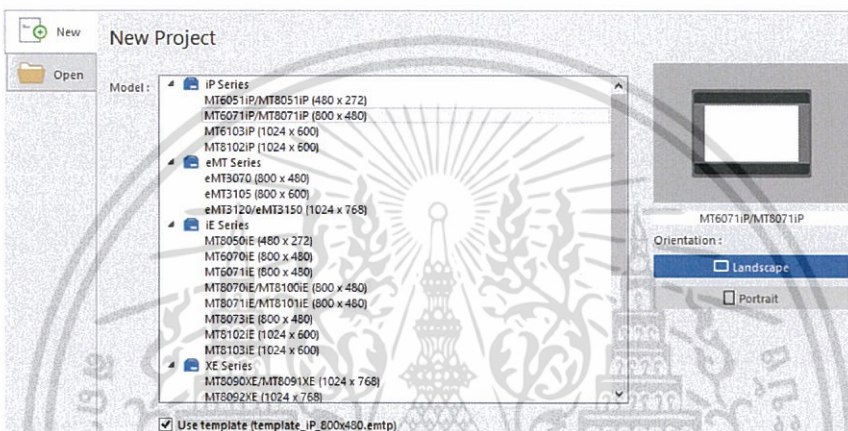
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การเริ่มต้นใช้งาน Easy Builder Pro

โดยเราใช้งาน Easy Builder Pro เพื่อสร้างโครงการใหม่ แก้ไขโครงการ บันทึกและตรวจสอบโครงการ จำลองโครงการทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ และดาวน์โหลดไฟล์โครงการลง HMI

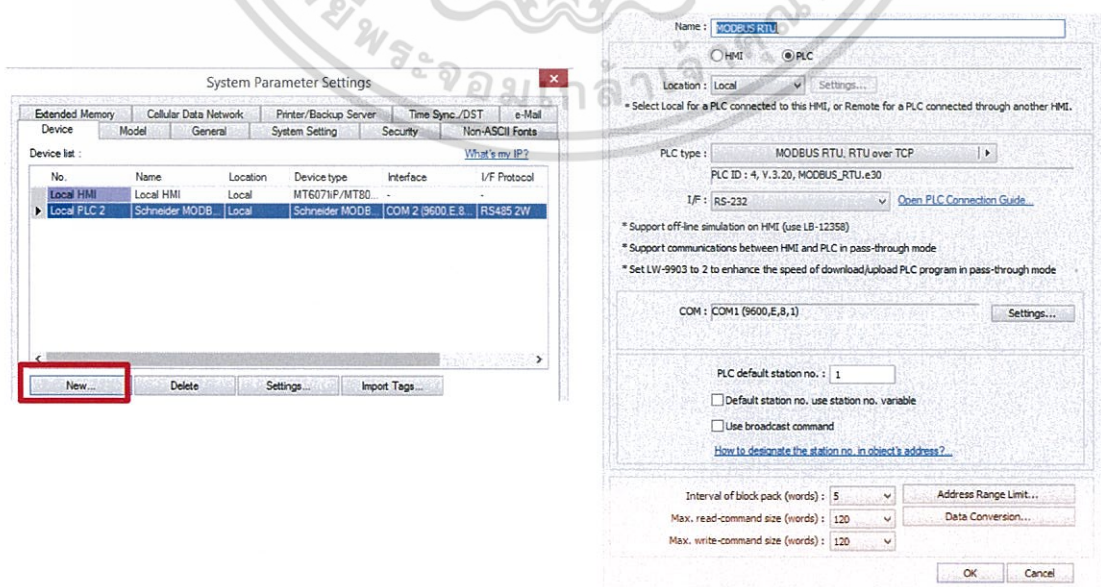
1.3.1 การสร้าง New Project

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างให้ทำการเลือกรุ่นและรูปแบบของ HMI ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 การเลือกรุ่นและรูปแบบของ HMI

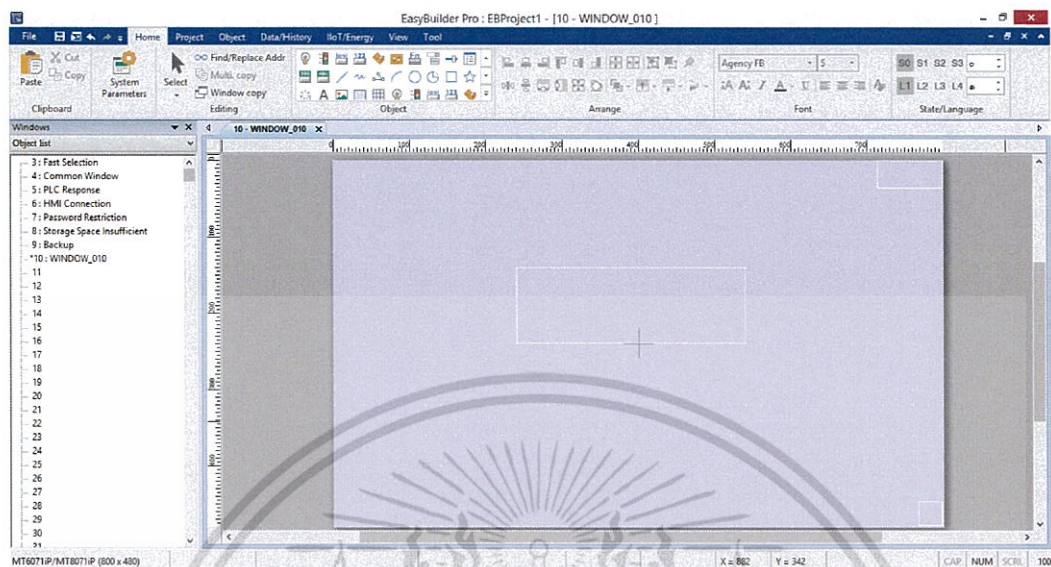
จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างให้ทำการตั้งค่าพารามิเตอร์และข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับ HMI ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 การตั้งค่าพารามิเตอร์และข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับ HMI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

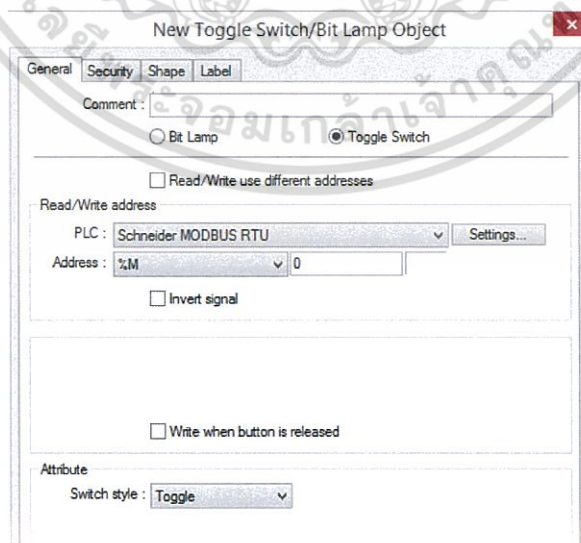
เมื่อตั้งค่าเริ่มต้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่หน้าต่างหลักที่ใช้ในการดำเนินงานของโปรแกรมดังรูปที่ ข.5



รูปที่ ข.5 หน้าต่างหลักของ EasyBuilder Pro

1.3.2 Graphics Builder

กราฟฟิกหรืออุปกรณ์ที่ใช้ออกแบบจะอยู่ในแถบ Object ด้านบนของแถบเครื่องมือ โดยจากนี้จะเป็นตัวอย่างการสร้าง Toggle Switch โดยเริ่มต้นคลิกที่ Toggle Switch ในแถบ Object จะปรากฏหน้าต่างเพื่อให้ทำการตั้งค่ารูปแบบการทำงาน กราฟฟิก และแอตเตรส ดังรูปที่ ข.6

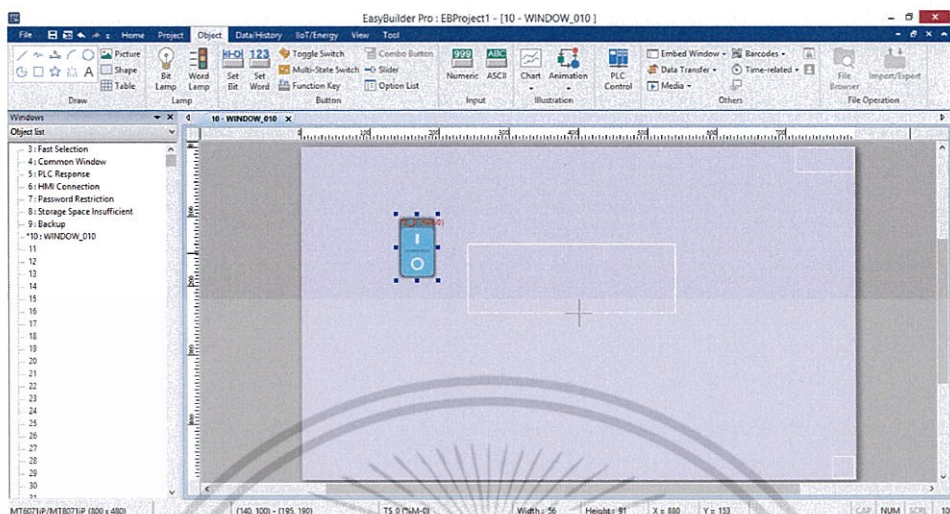


รูปที่ ข.6 การตั้งค่าอุปกรณ์ Toggle Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการตั้งค่าเสร็จแล้วจะปรากฏอุปกรณ์ Toggle Switch ในหน้าต่างหลัก

ดังรูปที่ ข.7



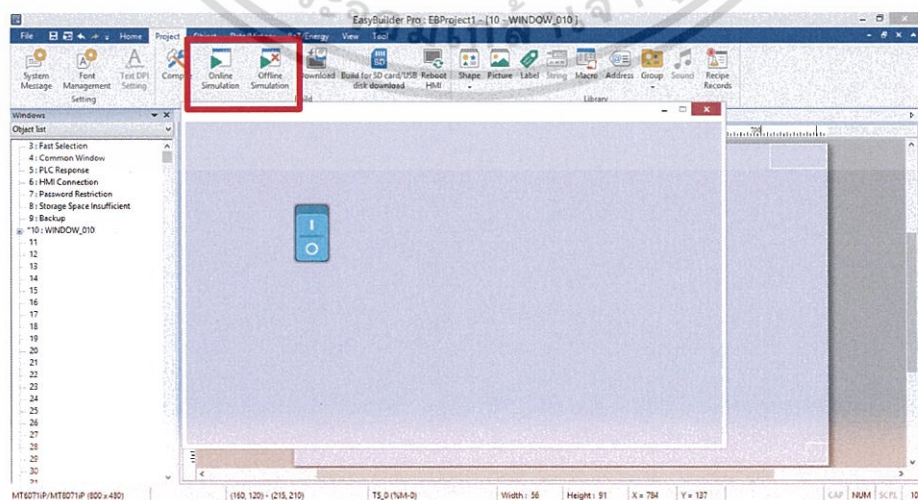
รูปที่ ข.7 แสดงอุปกรณ์ Toggle Switch ในหน้าต่างหลักของ EasyBuilder Pro

1.4 การถ่ายโอนข้อมูล

1.4.1 การจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงานของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- Off-line simulation: จะเป็นการจำลองการทำงานบน PC โดยไม่ต้องทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ใดๆ ดังรูปที่ ข.8
- On-line simulation: จะเป็นการจำลองการทำงานบน PC โดยจะต่อ PLC เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรง

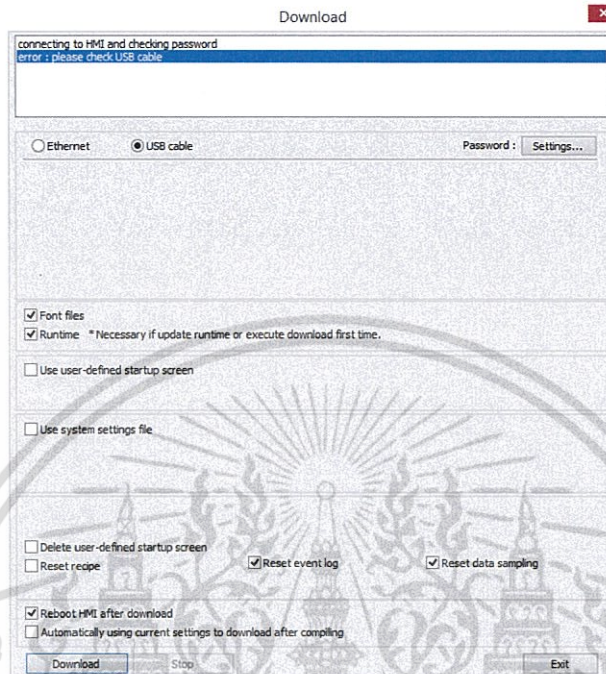


รูปที่ ข.8 แสดงการจำลองการทำงานแบบ Off-line simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 การดาวน์โหลดข้อมูลลงใน HMI

การดาวน์โหลดข้อมูลลงใน HMI สามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อ HMI เข้ากับ PC ด้วยสาย Ethernet หรือ USB Cable จากนั้นทำการกดดาวน์โหลดจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ข.9



รูปที่ ข.9 แสดงการดาวน์โหลดข้อมูลลงใน HMI

1.5 การเก็บบันทึกข้อมูล

ในการเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดลอง จะสามารถกำหนดระยะเวลาในการบันทึกย้อนหลังได้ โดยสามารถทำการบันทึกค่าผลการทดลองลงใน USB disk อัตโนมัติ และสามารถทำการเปิดดูย้อนหลังเพื่อทำการตรวจสอบและปรับปรุงกระบวนการให้เป็นที่พอใจตามที่ต้องการ ดังรูปที่ ข.10

	A	B	C	D	E	F
	Date	Time	Millisecond	16-bit Unsigned	16-bit Unsigned	16-bit Unsigned
1						
2	21/5/2018	0:01:18	560	0	0	0
3	21/5/2018	0:01:23	770	15	0	0
4	21/5/2018	0:01:28	540	20	0	0
5	21/5/2018	0:01:33	700	25	0	0
6	21/5/2018	0:01:38	540	28	0	0
7	21/5/2018	0:01:43	710	31	0	0
8	21/5/2018	0:01:48	550	31	0	0
9	21/5/2018	0:01:53	660	34	0	0
10	21/5/2018	0:01:58	530	35	0	0
11	21/5/2018	0:02:03	710	38	0	0
12	20180521	0:02:08	530	40	0	0
13	21/5/2018	0:02:13	690	42	0	0
14	21/5/2018	0:02:18	540	44	0	0
15	21/5/2018	0:02:23	830	43	0	0
16	21/5/2018	0:02:28	540	41	0	0
17	21/5/2018	0:02:33	700	39	0	0
18	21/5/2018	0:02:38	550	40	0	0
19	21/5/2018	0:02:43	680	40	0	0
20	21/5/2018	0:02:48	520	40	0	0
21	21/5/2018	0:02:53	720	40	0	0
22	21/5/2018	0:02:58	540	40	0	0
23	21/5/2018	0:03:03	700	40	0	0
24	21/5/2018	0:03:12	860	40	0	0

รูปที่ ข.10 ผลการทดลองที่ถูกบันทึกในรูปแบบ Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๑.1 วงจรไฟฟ้าของระบบการทดลอง

