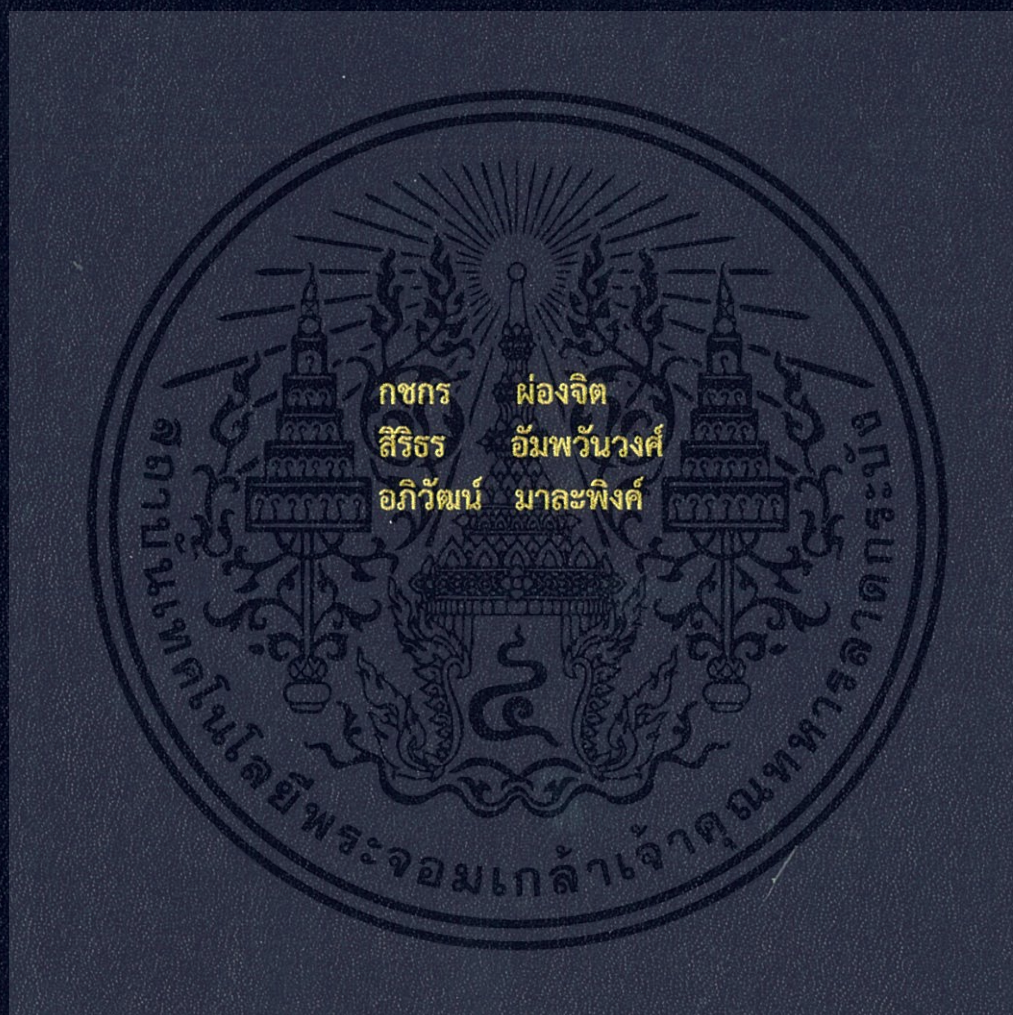


การควบคุมกระบวนการแช่ส้มโดยใช้ PLC  
PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การควบคุมกระบวนการแช่แข็งโดยใช้ PLC  
PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR



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 LARDKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2016

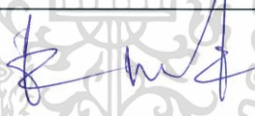
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การควบคุมกระบวนการแช่ส้มโดยใช้ PLC  
PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวชกร ผ่องจิต รหัสนักศึกษา 56010002  
นางสาวสิริธร อัมพวันวงศ์ รหัสนักศึกษา 56011323  
นายอภิวัฒน์ มาละพิงค์ รหัสนักศึกษา 56011413

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมกระบวนการแช่ส้มโดยใช้ PLC PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวกชกร	ผ่องจิต	รหัสนักศึกษา 56010002
	นางสาวสิริธร	อัมพวันวงศ์	รหัสนักศึกษา 56011323
	นายอภิวัฒน์	มาละพิงค์	รหัสนักศึกษา 56011413
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่		
ปีการศึกษา	2559		

### บทคัดย่อ

การแช่ส้มเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมาก ทั้งในอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ไปจนถึงผู้ประกอบการระดับท้องถิ่น เนื่องจากมีกรรมวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ใช้ต้นทุนต่ำ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมานั้นมีคุณภาพไม่เป็นมาตรฐาน รสชาติไม่คงที่ ใช้ระยะเวลาในการผลิตแต่ละครั้ง ดังนั้นโครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีการควบคุมขั้นตอนกระบวนการอย่างเป็นระบบโดยควบคุมอุณหภูมิ ความดัน ความเข้มข้นของสารละลาย อุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ เช่น ปัมป์สุญญากาศ ปัมป์น้ำ วาล์ว เป็นต้น ซึ่งใช้ความรู้ทั้งทางด้าน Programmable Logic Controller (PLC) โดยใช้ Modbus (RS-485) เพื่อควบคุมกระบวนการทำงาน และสามารถแสดงผลผ่าน Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) โครงการนี้มีการควบคุมอย่างเป็นระบบจึงส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น และปริมาณของผลิตภัณฑ์เพียงพอกับความต้องการของตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	PLC CONTROLLED IMPULSIVE VACUUM OSMOTIC DEHYDRATOR
<b>Authors</b>	Ms. Kodchakorn Pongjit Ms. Siritorn Umpawanwong Mr. Apiwat Malaping
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Chuae Nokyoo
<b>Year</b>	2016

## ABSTRACT

Crystallization is a widely used preservation method in large industries as well as local enterprises. However this preservation method poses a number of limitations, including varying degrees of taste and elongated production times. This project thus applies the process control system methodologies, including temperature control, pressure control and concentration control. In this respect, a programmable logic control system via Modbus (RS-485) is used to implement the process control. Supervisory Control and Data acquisition is carried out by a SCADA system. The proposed control systems approach to crystallization results in a better quality commercial grade crystallized mango products.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่  
ปรึกษาปริญญาบัตร ซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่ อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมการวัด  
คุม ผู้ให้การชี้แนะและคำแนะนำในการทำงาน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านได้ให้  
การสนับสนุนและคำปรึกษาในงานวิจัยจนสำเร็จตามจุดประสงค์

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในสาขาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้ทั้งความรู้  
และการเอื้อเฟื้อเครื่องมือการทดลอง รวมไปถึงการช่วยเหลือต่างๆในระหว่างการทำงาน

ขอขอบพระคุณทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการสนับสนุน  
การดำเนินงานวิจัย และโอกาสที่ทำให้ทางคณะผู้จัดทำได้รับในการศึกษาหาความรู้ ทางคณะผู้จัดทำ  
ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ศิษย์เก่าวิศวกรรมการวัดคุมรุ่นที่ 26 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในอุปกรณ์ที่  
ใช้ในการดำเนินงานและคอยให้คำปรึกษา รวมไปถึงการช่วยเหลือต่างๆในระหว่างการทำงาน

ขอบคุณเพื่อนๆในความช่วยเหลือต่างๆ และเพื่อนร่วมกลุ่มในงานวิจัยที่ช่วยเหลือกันทำงาน  
และคอยให้กำลังใจ ช่วยกันแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณและระลึกอยู่เสมอ ถึงความสำเร็จต่างๆในชีวิตคณะ  
ผู้จัดทำ ด้วยความรัก ความเข้าใจ และกำลังใจจากพระผู้มีพระคุณที่คอยให้การสนับสนุนทั้งในด้าน  
การดำเนินชีวิตและการศึกษาของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงบุคคล  
ในครอบครัวเป็นอย่างสูงที่ให้ความเมตตาเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การเชื่อมและการควบคุม.....	3
2.1 การถนอมอาหาร.....	3
2.1.1 กระบวนการเชื่อม.....	4
2.1.1.1 กระบวนการเชื่อมแบบเร็ว.....	4
2.1.1.2 กระบวนการเชื่อมแบบช้า.....	4
2.1.2 การถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส.....	5
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในกระบวนการเชื่อม.....	5
2.1.3.1 ชนิดและความเข้มข้นของตัวถูกละลาย.....	6
2.1.3.1.1 ชนิดของตัวถูกละลาย.....	6
2.1.3.1.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก.....	6
2.1.3.2 ลักษณะของผลไม้.....	6
2.1.3.3 การเตรียมผลไม้ขั้นต้น.....	6
2.1.3.3.1 การลวก.....	6
2.1.3.3.2 การใช้สภาวะสุญญากาศ.....	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.3.4 อุณหภูมิและเวลา.....	7
2.1.3.4.1 อุณหภูมิ.....	7
2.1.3.4.2 เวลา.....	7
2.1.3.5 ปัจจัยอื่น.....	7
2.1.4 การวัดความเข้มข้น.....	7
2.1.4.1 การจำแนกตามค่าออกติวิตีของน้ำ (Water Activity).....	8
2.2 ระบบควบคุม.....	8
2.2.1 ความแตกต่างของระบบควบคุมไม่อัตโนมัติและระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	9
2.2.2 รูปแบบของระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	9
2.2.2.1 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Close Loop Control System).....	10
2.2.2.2 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด (Open Loop Control System).....	10
2.3 เครื่องมือวัด.....	11
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 สัญญาณนิวมิติกส์.....	12
2.3.2.1 สัญญาณทางไฟฟ้า.....	12
2.3.3 ระบบหน่วยวัด.....	12
2.3.4 อุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.....	13
2.3.4.1 เซนเซอร์.....	13
2.3.4.2 ทรานสดิวเซอร์.....	13
2.3.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ.....	14
2.3.5.1 หน่วยของอุณหภูมิ.....	14
2.3.5.2 อาร์ทีดี (RTD).....	14
2.3.6 อุปกรณ์วัดความดัน.....	15
2.3.6.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ.....	16
2.3.6.2 อาร์ทีดี (RTD).....	16
2.4 การควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์.....	16
2.4.1 การแปลงรูปแบบของสัญญาณ.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1.1 สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal).....	17
2.4.1.2 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal).....	18
2.4.2 โครงสร้างของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล.....	19
2.4.3 ส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล.....	19
2.4.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit).....	19
2.4.3.2 อินพุต/เอาต์พุต (Input Output หรือ I/O).....	19
2.4.3.3 อุปกรณ์โปรแกรม (Programming Device).....	20
2.4.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล.....	20
2.4.4.1 LD (Ladder Diagram).....	21
2.4.4.2 FBD (Function Block Diagram).....	21
2.4.4.3 IL (Instruction List).....	21
2.4.4.4 ST (Structure Text).....	21
2.4.4.5 SFC (Sequential Function Chart).....	21
2.5 การแสดงผลผ่านหน้าจอด้วยระบบสกาตา.....	21
2.5.1 องค์ประกอบของระบบสกาตา.....	22
2.5.2 ส่วนประกอบของระบบสกาตา.....	22
2.5.2.1 เครื่องมือวัด (Field Instrumentation).....	22
2.5.2.2 สถานีระยะไกล (Remote Station).....	23
2.5.2.3 เครือข่ายการสื่อสาร.....	23
2.5.3 โครงสร้างของระบบสกาตา.....	24
2.5.3.1 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์.....	24
2.5.3.2 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์.....	24
2.5.3.3 เครือข่ายการสื่อสาร.....	24
2.5.3.4 โครงสร้างอินเทอร์เน็ต.....	24
2.5.3.5 โครงสร้างความสามารถในการขยายระบบ.....	25
2.5.3.6 โครงสร้างการสำรองระบบ.....	25
2.5.4 หน้าี่การทำงานของสกาตา.....	25
2.5.4.1 การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์.....	25
2.5.4.2 ระบบแสดงผลแบบ MMI (Man Machine Interface).....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2.2 วิธีแก้ไขปัญหา .....	76
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	76
บรรณานุกรม .....	77
ภาคผนวก .....	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดซีทีเตอร์ขดวงกลม .....	30
3.1 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC .....	40
3.2 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการตั้งค่าพารามิเตอร์ Temperature Controller .....	41
3.3 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้..... Temperature Controller	45
3.4 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้..... Temperature Controller ใน Rung ที่ 0	46
3.5 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้..... Temperature Controller ใน Rung ที่ 1	47
3.6 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้..... Temperature Controller ใน Rung ที่ 8	47
3.7 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของบล็อกของ PID .....	49
3.8 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Ladder ที่แสดงการทำงานของปั๊ม.....	50
3.9 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา.....	51
3.10 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา.....	52
3.11 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา.....	53
4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1 .....	67
4.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 .....	69
4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 .....	72
ก.1 ข้อมูลทั่วไปของ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF .....	80
ก.2 สัญลักษณ์ต่างๆของ Controller .....	83
ก.3 แสดงสัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของการถนอมอาหาร .....	3
2.2 ลักษณะการทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว .....	4
2.3 ลักษณะการทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า .....	4
2.4 การถ่ายเทมวลสารระหว่างผลิตภัณฑ์และสารละลายภายนอกจากหลักการออสโมซิส .....	5
2.5 อุปกรณ์วัดความหวาน Refractometer .....	8
2.6 ระบบควบคุมอุณหภูมิในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน .....	10
2.7 ระบบควบคุมของตูอบไมโครเวฟ .....	11
2.8 ระบบควบคุมการทำน้ำผลไม้ปั่นในหนึ่งครั้ง .....	11
2.9 กราฟคุณสมบัติของวัสดุของอาร์ทีดีทีที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิ .....	14
2.10 กราฟของอาร์ทีดี ชนิด PT100 .....	15
2.11 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น .....	16
2.12 ลักษณะการวัดความดันที่เกิดจาก Static Head .....	16
2.13 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก .....	17
2.14 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก .....	18
2.15 การแปลงข้อมูลแบบ DAC .....	18
2.16 การแปลงข้อมูลแบบ ADC .....	18
2.17 โครงสร้างของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล .....	19
2.18 อุปกรณ์ไทมเมอร์ (Timer) ซึ่งเป็นหน่วยอินพุต .....	20
2.19 อุปกรณ์ที่เป็นขดลวดความร้อนซึ่งเป็นหน่วยเอาต์พุต .....	20
2.20 องค์ประกอบของระบบสกาดา .....	22
2.21 ตัวอย่างของเครื่องมือวัดการไหล .....	23
2.22 ตัวอย่างของ RTU .....	23
2.23 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B .....	26
2.24 ข้อมูลทั่วไปของ Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40 .....	27
2.25 การเชื่อมต่อ Phase Angle .....	28
2.26 การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control .....	28
2.27 ส่วนประกอบของฮีตเตอร์ .....	29
2.28 ฮีตเตอร์ขดวงกลม .....	30
3.1 อุปกรณ์การทำงานของเครื่องแช่อิ่ม .....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์พืช .....	32
3.3 การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการแช่แข็ง .....	33
3.4 การควบคุมความดันในถังแช่แข็ง .....	34
3.5 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ในการทำเครื่องแช่แข็ง .....	35
3.6 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ในการทำเครื่องแช่แข็ง .....	35
3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ภายในตู้ควบคุม .....	36
3.8 โปรแกรม TwidoSuite .....	36
3.9 การสร้าง New Project ในโปรแกรม TwidoSuite .....	37
3.10 ข้อมูลของโปรเจกใหม่ que สร้างขึ้น .....	37
3.11 การเริ่มต้นสร้างโปรแกรมในโปรเจกใหม่ของ TwidoSuite .....	38
3.12 การเริ่มต้นสร้างโปรแกรมในโปรเจกใหม่ของ TwidoSuite .....	38
3.13 คำสั่งต่างๆใน TwidoSuite .....	39
3.14 การ Insert a link .....	39
3.15 การ Delete link .....	39
3.16 พอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC .....	40
3.17 การตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของ Temperature Controller .....	41
3.18 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการรับข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ .....	43
3.19 รูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล .....	43
3.20 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ .....	44
3.21 Function Box สำหรับ Modbus Protocol ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller .....	45
3.22 Function Box สำหรับ Modbus Protocol ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller .....	46
3.23 Function Box ของเคาเตอร์ .....	47
3.24 บล็อกของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID .....	48
3.25 บล็อกของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID .....	49
3.26 Ladder ที่แสดงการทำงานของปั๊ม .....	50
3.27 Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา .....	51
3.28 Ladder ที่ใช้ควบคุมความดัน .....	52
3.29 Ladder การทำงานของปั้มน้ำและปั้มสุญญากาศ .....	54
3.30 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและ .....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (1)	
3.31 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิ.....	55
และค่าความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (2)	
3.32 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและ .....	56
ความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (2)	
3.33 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและ .....	56
ความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (3)	
3.34 ส่วนแสดงผลของกระบวนการเชื่อมต่อ.....	58
3.35 ส่วนของการเปลี่ยนแปลงสถานะของปั๊มสุญญากาศ.....	58
3.36 ส่วนแสดงผลของค่าที่อ่านได้จากกระบวนการเชื่อมต่อ.....	59
3.37 การเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้ผ่านจอแสดงผล.....	59
3.38 ส่วนการควบคุมความดันและอุณหภูมิ.....	59
3.39 การทำงานของปั๊มสุญญากาศในระบบควบคุมความดัน.....	60
3.40 การทำงานของปั๊มน้ำในระบบควบคุมอุณหภูมิขณะที่มีการควบคุมความดันร่วมด้วย.....	60
3.41 ส่วนแสดงผลของกระบวนการเชื่อมต่อพร้อมกราฟแสดงค่าของกระบวนการ.....	61
3.42 การบันทึกค่าของกระบวนการ.....	61
3.43 ค่าที่บันทึกได้ของความดันในกระบวนการเป็นไฟล์ Excel.....	62
3.44 มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง.....	62
3.45 การแบ่งตัวอย่างมะม่วงและน้ำเชื่อมเพื่อนำมาตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำตาล.....	63
3.46 การวัดความเข้มข้นภายในของมะม่วงและน้ำเชื่อมในแต่ละช่วงเวลา.....	64
3.47 การผึ่งมะม่วงเพื่อนำไปอบและมะม่วงที่ได้จากการอบแห้งตามลำดับ.....	64
4.1 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิ.....	65
4.2 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป.....	65
4.3 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป (ต่อ).....	66
4.4 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป (ต่อ).....	67
4.5 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 1.....	68
4.6 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 1.....	68
4.7 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1.....	69
4.8 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 2.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 2 .....	71
4.10 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 .....	71
4.11 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 3 .....	73
4.12 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 3 .....	73
4.13 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 .....	74
4.14 ความแตกต่างระหว่างการแช่ส้มโดยมีควบคุมและการแช่ส้มแบบปกติ .....	74
4.15 ผลการควบคุมผ่านระยะไกลด้วยสกาดา .....	75
ก.1 ลักษณะของอุปกรณ์ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF .....	80
ก.2 การเชื่อมต่อ TWDLCAE40DRF กับเครื่องคอมพิวเตอร์ .....	81
ก.3 ลักษณะโครงสร้างของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B .....	81
ก.4 ข้อมูลทั่วไปของ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B .....	82
ก.5 ส่วนการแสดงผลของการเปิดเครื่อง .....	84
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 .....	86
ก.10 ข้อมูลทั่วไปของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0 .....	86
ก.11 FY800 Terminals (48mm x 96mm , DIN 1/8) .....	87
ก.12 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Controller .....	88
ก.13 การเชื่อมต่อของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0 .....	88
ก.14 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Pressure Transmitter .....	89
ข.1 การรับส่งข้อมูลผ่านระบบสกาดา .....	90
ข.2 โครงสร้างของ VJC .....	90
ข.3 การแพร่กระจายเครือข่ายของ VJC .....	91
ข.4 หน้าต่างของ Citect Explorer .....	91
ข.5 หน้าต่างของ Graphics Builder .....	91
ข.6 หน้าต่างของ Project Editor .....	92
ข.7 การไม่พบข้อผิดพลาดจากการ Compile .....	92
ข.8 ข้อมูลในแถบเมนู Sever .....	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.9 การทำงานของ Sever เมื่อมีสัญญาณเตือนภัย.....	93
ข.10 การกำหนด Sever ในการเชื่อมต่อ.....	94
ข.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตกับ Sever .....	95
ข.12 แถบข้อมูลการสื่อสาร .....	95
ข.13 การกำหนดการสื่อสารในการเชื่อมต่อ .....	96
ข.14 การกำหนดชื่อสัญญาณในแต่ละการทำงาน .....	97
ข.15 รายชื่อในที่ถูกเก็บไว้ในโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรล .....	97
ข.16 ที่อยู่สำหรับแต่ละสัญญาณกรณีเป็น MODNET .....	97
ข.17 การติดต่อสื่อสารกับอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์เพื่อต้องการทราบค่าสัญญาณ.....	98
ข.18 การตอบกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์อินพุต/เอาต์พุต .....	98
ข.19 รายละเอียดในการกำหนดการติดตามตัวแปร.....	98
ข.20 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรการทำงานของปีม .....	99
ค.1 วงจรไฟฟ้าของกระบวนการทำงาน.....	100
ค.2 วงจรไฟฟ้าของชุดควบคุมอุณหภูมิ.....	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันระบบเศรษฐกิจในสังคมโลกมีการพัฒนาและขยายตัวใหญ่ขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้สายอาชีพได้รับการพัฒนาจนเกิดเป็นอาชีพที่มีความหลากหลาย และมีลักษณะเฉพาะเจาะจงกับสายงานมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของสังคมในปัจจุบัน ซึ่งอาชีพของประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยนั้น ยังคงเป็นอาชีพเกษตรกรรมอันเป็นอาชีพดั้งเดิมตั้งแต่สมัยก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคตะวันออกของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ สามารถเพาะปลูกพืชผักรวมไปถึงผลไม้ชนิดต่างๆได้ดีและมีคุณภาพ ส่งผลให้ผลผลิตในบางฤดูกาลมีปริมาณที่มากเกินไปเกินต่อความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานมีคุณภาพลดลงหรือเกิดการเน่าเสียจึงจำเป็นต้องมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้สามารถเก็บไว้บริโภคนอกฤดูกาล เพื่อลดความเสียหายและรวมไปถึงการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการแปรรูปมีได้หลากหลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการใช้กระบวนการแช่แข็งซึ่งเป็นวิธีการถนอมอาหารดั้งเดิมของชาวไทย ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับระบบเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในสมัยใหม่ จึงได้มีการประยุกต์ใช้การถนอมอาหารแบบดั้งเดิมกับการควบคุมการผลิตแบบระบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มอัตราในการผลิตรวมไปถึงการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ทั้งยังสามารถใช้ได้ตั้งแต่การทำธุรกิจขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ สามารถจัดส่งจำหน่ายได้ทั้งภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศในลักษณะอาหารว่างและอาหารรับประทานเล่น [1]

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาระบบการแช่แข็ง การออกแบบระบบการทำงาน การศึกษาคู่มือการทำงานของโปรแกรมและอุปกรณ์ต่างๆ การเชื่อมต่อระหว่างสายอุปกรณ์ รวมไปถึงการจำลองระบบควบคุมการทำงานของระบบการแบบอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดและควบคุมอุณหภูมิผ่านจอแสดงผลบนหน้าจอบทคอมพิวเตอร์ มีระบบความปลอดภัยสำหรับควบคุมความดันภายใน เพื่อให้เกิดความชำนาญในการควบคุมระบบการมากยิ่งขึ้น จึงมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษากระบวนการควบคุมลำดับการทำงานด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล
2. ศึกษาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (Twido) และการใช้งานควบคู่กับอุปกรณ์ควบคุม
3. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (TAIE: FY800-301-00) และควบคุมความดัน
4. ศึกษาการเชื่อมต่อผ่านจอแสดงผลด้วยโปรแกรมไซเทค (CitectSCADA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

ปริญญาโทฉบับนี้กล่าวถึงการจำลองการควบคุมกระบวนการ เพื่อควบคุมและตรวจสอบสถานะของตัวแปรในการทำงาน รวมไปถึงการแสดงผลสถานะของอุปกรณ์ในแต่ละตัว ซึ่งสามารถบันทึกผลการทำงานเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการได้ โดยมีรายละเอียดของขอบเขตการทำงานดังนี้

1. สามารถควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมและสามารถเปลี่ยนค่าผ่านหน้าจอแสดงผลได้
2. สามารถเก็บค่าสถิติการทำงาน และนำมาประเมินผลเพื่อควบคุมการทำงานได้

### 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาโครงการของปริญญาโทฉบับนี้ ได้มีการเริ่มศึกษาตั้งแต่ระบบการทำงานของกระบวนการ คู่มือของอุปกรณ์ รวมไปถึงการใช้โปรแกรมต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของกระบวนการและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบโครงสร้างการทำงานและศึกษาอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ต้องนำมาใช้ในการทำงาน
3. ศึกษาคู่มือการใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Twido)
4. ศึกษาการเชื่อมต่อ Twido กับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (TAIE: FY800-301-00)
5. ศึกษาคู่มือการใช้งานโปรแกรมไซเทค (CitectSCADA)
6. ศึกษาอุปกรณ์ควบคุมความดันและการทำงานของปั๊ม
7. เชื่อมต่อข้อมูลการทำงานของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Twido) ไปยังจอแสดงผลด้วยโปรแกรมไซเทค (CitectSCADA)

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถถนอมประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีการเก็บรักษาได้นานมากยิ่งขึ้น
2. สามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้มากยิ่งขึ้น ลดระยะเวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการ
3. สามารถนำศาสตร์ความรู้ในด้านวิศวกรรมการวัดคุมไปประยุกต์การศาสตร์อื่นๆ
4. สามารถนำไปใช้งานเพื่อเป็นประโยชน์ได้จริงในสังคม
5. ได้เรียนรู้การทำงานและการแก้ไขปัญหาต่างๆในระหว่างการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# การแช่แข็งและระบบการควบคุม

### 2.1 การถนอมอาหาร

เนื่องจากทางภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ สามารถเพาะปลูกพืชผักรวมไปถึงผลไม้ชนิดต่างๆได้ดีและมีคุณภาพ ส่งผลให้ผลผลิตในบางฤดูกาลมีปริมาณที่มากเกินไปเกินต่อความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานมีคุณภาพลดลงหรือเกิดการเน่าเสีย จึงจำเป็นต้องมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์หรือการถนอมอาหารให้สามารถเก็บไว้บริโภคนอกฤดูกาล เพื่อลดความเสียหายและรวมไปถึงการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

การถนอมอาหาร คือ กระบวนการการทำลายหรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่หรืออาจเกิดขึ้นใหม่เพื่อชะลอความเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ การแช่แข็งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหารและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งช่วยให้ผลไม้มีมูลค่าสูงขึ้น ทั้งยังช่วยลดปริมาณของการเน่าเสียในช่วงที่ผลไม้ล้นตลาด ซึ่งได้รับความนิยมมาก ทั้งในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ไปถึงระดับหมู่บ้านในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เนื่องจากมีกรรมวิธีขั้นตอนการทำที่ง่าย แต่ไม่เป็นระบบทำให้รสชาติที่ได้ออกมาไม่คงที่ และใช้ระยะเวลาในการแช่แข็งนาน ดังนั้นโครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อลดระยะเวลาการแช่แข็ง มีการควบคุมขั้นตอนอย่างเป็นระบบส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น การแช่แข็งใช้น้ำตาลเป็นตัวแปรหลักในกระบวนการแปรรูปของผักและผลไม้โดยใช้วิธีการดึงน้ำออกด้วยหลักการออสโมซิส (Osmosis) คือ การเคลื่อนย้ายน้ำจากน้ำภายในผักผลไม้ซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำไปยังน้ำเชื่อมที่อยู่ภายนอกซึ่งมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความดัน โดยจะทำการแช่ผักและผลไม้ลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงซึ่งเรียกว่าสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาลสารละลายเกลือหรือสารละลายผสมของน้ำตาลและเกลือ เป็นต้น ส่งผลให้สภาพของทั้งผักและผลไม้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั่วไปได้ ยกเว้นเพียงยีสต์บางชนิด จึงสามารถยืดระยะเวลาการเน่าเสียของผักผลไม้ได้ นอกจากนี้จะใช้วิธีการดึงน้ำออกด้วยหลักการออสโมซิสในการแช่แข็งแล้วยังสามารถใช้เป็นวิธีการเตรียมขั้นต้นก่อนการแปรรูปด้วยวิธีอื่นได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบระเหิด เพื่อลดเวลาการทำแห้งลงได้ [2]



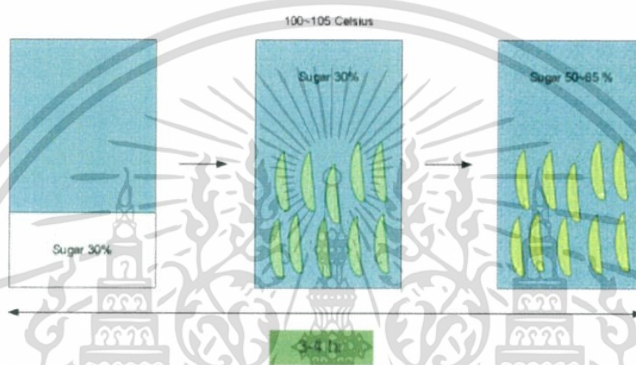
รูปที่ 2.1 ลักษณะของการถนอมอาหาร [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 กระบวนการแช่อิ่ม

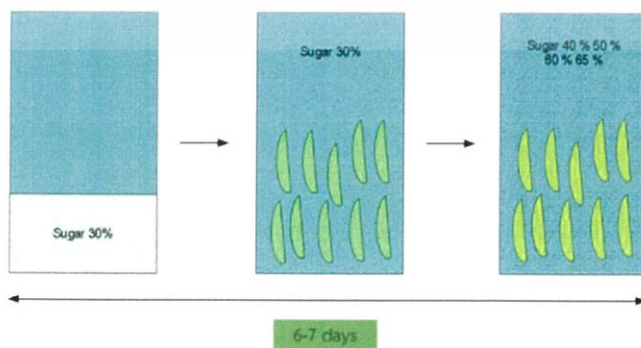
กระบวนการแช่อิ่มแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี

2.1.1.1 กระบวนการแช่อิ่มแบบเร็ว คือการใช้น้ำเชื่อมที่มีความหวานเริ่มต้นที่ประมาณ 30 องศาบริคซ์จากนั้นใช้ความร้อนเข้ามาช่วย แล้วเคี่ยวกับไฟอ่อนๆ หรืออุณหภูมิระหว่าง 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส เคี่ยวจนได้ความหวานของน้ำเชื่อมที่ 50 ถึง 65 องศาบริคซ์ ซึ่งกระบวนการนี้ใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ถึง 4 ชั่วโมง สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคล้ายสีของน้ำเชื่อม กระบวนการนี้ทำให้สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ต่างไปจากเดิม เนื่องจากความร้อนเป็นเหตุให้เกิดการออสโมซิสอย่างรุนแรง ส่งผลให้ผลไม้ไม่มีลักษณะเขียวตัวและนิ่มละ กระบวนการนี้จึงไม่เหมาะกับผลไม้ที่มีเนื้อนิ่ม [3]



รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำผลไม้แช่อิ่มแบบเร็ว

2.1.1.2 กระบวนการแช่อิ่มแบบช้า คือการทำให้ผลไม้อมตัวด้วยน้ำตาล โดยแช่ผลไม้ในน้ำเชื่อมที่มีค่าความหวานประมาณ 30 องศาบริคซ์ จากนั้นเพิ่มความหวานในน้ำเชื่อมเป็น 40, 50, 60 และ 65 องศาบริคซ์ แช่จนความหวานของน้ำตาลสูงมากพอที่จะสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน ซึ่งปกติจะมีค่าความหวานของน้ำเชื่อมไม่น้อยกว่า 65 องศาบริคซ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะหดตัวไม่มาก เนื่องจากกระบวนการนี้ไม่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง แต่จะใช้เวลานาน จึงต้องคำนึงถึงเรื่องความสะดวกในกระบวนการนี้ด้วย [3]



รูปที่ 2.3 ลักษณะการทำผลไม้แช่อิ่มแบบช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2 การถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส

จากกระบวนการการถนอมอาหารโดยการแช่เย็นนั้น ทำได้โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการยืดระยะเวลาให้นานขึ้นไปแช่กับสารละลายออสโมติก ในโครงการนี้จะนำไปแช่กับสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง (น้ำเชื่อม) ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (Osmotic) จึงเกิดการดึงน้ำออกโดยหลักการออสโมซิสเป็นการแพร่ของเหลวผ่านเยื่อบาง ๆ ซึ่งหมายถึง การแพร่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติในการยอมให้สารบางชนิดผ่านได้เท่านั้น การแพร่ของน้ำจะแพร่จากบริเวณที่เจือจางกว่า (ในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ซึ่งมีน้ำมาก) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และเข้าสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกว่า (สารละลายออสโมติกซึ่งมีน้ำน้อย) ตามปกติการแพร่ของน้ำสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสองทิศทาง คือ จากบริเวณที่มีน้ำมากเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำน้อย และจากบริเวณที่มีน้ำน้อยเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำมาก แต่เนื่องจากบริเวณที่เจือจางถ่ายเทเข้าสู่บริเวณที่มีน้ำน้อยได้มากกว่า จึงมักเรียกการออสโมซิสว่าเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีน้ำมากเข้าไปสู่ในบริเวณที่มีน้ำน้อยกว่า โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นระหว่างการออสโมซิส ได้แก่

- 1) น้ำภายในเซลล์ของผักผลไม้จะแพร่ออกจาก เซลล์สู่สารละลายออสโมติก
- 2) ตัวถูกละลายของสารละลายออสโมติก เช่นน้ำตาล จะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ผักผลไม้
- 3) สารตามธรรมชาติที่มีอยู่ภายในเซลล์ผักผลไม้ เช่น กรดอินทรีย์ น้ำตาลและแร่ธาตุ จะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายออสโมติกแต่จะเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การออสโมซิสจะดำเนินไปจนถึงระยะสมดุล ดังนั้นการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสทำให้ปริมาณน้ำในผักผลไม้ลดลง ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น และทำให้น้ำหนักสุทธิลดลงได้ [5]



รูปที่ 2.4 การถ่ายเทมวลสารระหว่างผลิตภัณฑ์และสารละลายภายนอกจากหลักการออสโมซิส

### 2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในกระบวนการแช่เย็น

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยในหลายๆแหล่งข้อมูล สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทมวลสารของหลักการออสโมซิสในกระบวนการแช่เย็นมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3.1 ชนิดและความเข้มข้นของตัวถูกละลาย

#### 2.1.3.1.1 ชนิดของตัวถูกละลาย

สำหรับกระบวนการแช่ขี้มั้นั้น สารที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวถูกละลายหรือ สารละลายออสโมติก คือ น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลแต่ละชนิดสามารถส่งผลให้การแช่ขี้มั้นีการถ่ายเทมวลสารที่แตกต่างกัน ตัวอย่าง การใช้น้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น สารละลายซูโครสหรือน้ำตาลทราย ไม่สามารถเร่งการสูญเสียน้ำออกได้ดีเท่าน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น สารละลายฟรักโทส เนื่องจากการใช้สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงทำให้เกิดแรงดันออสโมซิสต่ำทำให้มีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้น และทำให้ของแข็งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณเล็กน้อยนิยมทำมากเพื่อเพิ่มแรงขับในการถ่ายเทมวลสาร ทั้งยังช่วยลดค่า  $a_w$  (Activity Water) ของผลิตภัณฑ์ และช่วยป้องกันจุลินทรีย์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นาน [5]

#### 2.1.3.1.2 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก

ในกระบวนการออสโมซิส ต้องให้สารละลายภายนอกมีค่าความเข้มข้นมากกว่าสารละลายในผักผลไม้ เพื่อที่จะเกิดเป็นแรงขับและเกิดการเคลื่อนย้ายน้ำหรือสารต่างๆ ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกมีแนวโน้มแปรผกผันกับระยะเวลาในกระบวนการแช่ขี้มั้น ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า เมื่อสารละลายออสโมติกมีความเข้มข้นสูงทำให้ระยะเวลาของกระบวนการแช่ขี้มั้นลดลง แต่ความเข้มข้นที่สูงเกินไปอาจเกิดผลเสียเนื่องจากสารละลายภายนอกจะมีความหนืดสูงอาจเกิดขึ้นบางบางระหว่างสารละลายกับผลไม้ทำให้ขัดขวางการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส [5]

#### 2.1.3.2 ลักษณะของผลไม้

สำหรับรูปร่างรวมถึงขนาดของผลไม้มีผลต่อการเคลื่อนย้ายถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิส ซึ่งเป็นผลจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากชั้นผักผลไม้ และการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายจากสารละลายออสโมติก ถ้าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสและปริมาตรมีค่าสูงส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้เร็วขึ้น เช่น ผลไม้ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน และมีขนาดเล็ก ย่อมเกิดการถ่ายเทสารได้ดีเพราะมีพื้นที่สัมผัสมาก นอกจากรูปร่าง และขนาดผลไม้ทำให้เกิดปัจจัยการแช่ขี้มั้นแล้ว ยังมีชนิด พันธุ์ และความสุขที่ส่งผลกับการแช่ขี้มั้นอีกด้วย [5]

### 2.1.3.3 การเตรียมผลไม้ขั้นต้น

#### 2.1.3.3.1 การลวก

ทำได้โดยการนำผลไม้ไปลวกหรือรับไอน้ำจากน้ำร้อน จากนั้นเยื่อหุ้มเซลล์ของผลไม้จะอ่อนตัวลง ส่งผลให้เกิดการแพร่ได้ง่ายยิ่งขึ้น ทำให้เพิ่มโอกาสการถ่ายเทมวลสารจากสารละลายเข้าไปยังผลไม้ และดึงน้ำออกจากผลไม้ได้ดียิ่งขึ้น วิธีนี้เหมาะกับผลไม้ที่มีสภาพผิวแข็ง [5]

### 2.1.3.3.2 การใช้สภาวะสุญญากาศ

การใช้สภาวะสุญญากาศมีขั้นตอนทำดังนี้ เริ่มจากนำผลไม้แช่ลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เช่น น้ำเชื่อม ซึ่งอยู่ในสถานะปิด ทำการดึงอากาศออกเพื่อลดความดันให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งทำให้อากาศที่อยู่ในระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อของผลไม้ถูกดึงออกมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นจึงเพิ่มความดัน ทำให้อยู่ในสภาวะปกติ (ความดันในถังมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ) เพื่อเป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนการแพร่ของน้ำจากเนื้อเยื่อของผลไม้ไปยังสารละลายออสโมติก และแช่ผลไม้ต่อไว้ภายในถัง วิธีนี้ทำให้ขณะที่ลดความดันก๊าซที่อยู่ภายในเซลล์ของผลไม้ถูกบีบอัดเกิดการแพร่และเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อ แต่เมื่อความดันเพิ่มขึ้นเซลล์ของผลไม้จะดูดสารละลายออสโมติกเข้ามาแทน ทำให้โอกาสการถ่ายเทมวลสารเพิ่มขึ้น [5]

### 2.1.3.4 อุณหภูมิและเวลา

#### 2.1.3.4.1 อุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้เนื้อเยื่อของผลไม้อ่อนตัวลง ทำให้การแพร่ผ่านของน้ำเกิดได้ดีขึ้นกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้อุณหภูมิก็น่าจะมีผลต่อความหนืดของสารละลายด้วย เพราะที่อุณหภูมิสูงสารความหนืดของน้ำเชื่อมลดลง น้ำตาลสามารถแพร่ออกได้ดีขึ้น จึงลดระยะเวลาของกระบวนการได้ อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิสูงมากอาจเกิดผลเสียกับกระบวนการโดยอุณหภูมิที่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียสทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของผลไม้เสียหายถูกทำลาย ส่งผลถึงการดึงน้ำออกแบบไม่สมบูรณ์การแพร่ก็จะลดลง [5]

#### 2.1.3.4.2 เวลา

ในกระบวนการแช่ส้มจะเกิดการแพร่ได้ดีในระยะแรก เนื่องจากในระยะแรกมีความแตกต่างของแรงดันอยู่มาก จึงเกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายเทมวลมากและรวดเร็ว ต่อมาเมื่อระยะเวลาผ่านไปจะเกิดการสะสมน้ำที่แพร่ออกจากผลไม้มากขึ้น จึงทำให้การถ่ายเทของมวลสารน้อยและช้าลง [5]

### 2.1.3.5 ปัจจัยอื่น

นอกจากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ยังมีปัจจัยอื่นๆที่สามารถส่งผลกับกระบวนการแช่ส้มด้วย เช่น การกวนหรือคนสารละลายในระหว่างออสโมซิสทำให้สารละลายมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการแช่ส้มได้ และยังมีส่วนของชิ้นผลไม้ที่ลดลงเนื่องจากถูกดูดน้ำออกส่งผลให้การถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นได้ช้าลง [5]

### 2.1.4 การวัดความเข้มข้น

การถนอมอาหารโดยการแช่ส้มนั้น ต้องใช้น้ำตาลเป็นปัจจัยหลักซึ่งการวัดความหวานจึงเป็นส่วนหนึ่งของโครงการนี้ อีกทั้งยังต้องทราบถึงค่าแอกทิวิตี้ของน้ำ (Water Activity) ในเบื้องต้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวถึงหน่วยวัดความหวาน คือ องศาบริคซ์ ( $^{\circ}$ Brix) หน่วยที่ใช้บอกความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก มักใช้กับน้ำเชื่อม น้ำผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น เช่น น้ำเชื่อมเข้มข้น 30 บริคซ์ หมายถึง น้ำเชื่อมน้ำหนัก 100 กรัม มีน้ำตาลซูโครสละลายอยู่ 30 กรัม (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ซึ่งวัดได้โดยใช้ Refractometer [6]



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์วัดความหวาน Refractometer [6]

#### 2.1.4.1 การจำแนกตามค่าแอกติวิตีของน้ำ (Water Activity)

สามารถแบ่งอาหารตามค่า Water Activity ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. อาหารสด (Fresh Food) เป็นอาหารที่เน่าง่ายเสียมีค่า Water Activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล
2. อาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food) หมายถึง อาหารที่มีค่า Water Activity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส
3. อาหารแห้ง (Dried Food) หมายถึงอาหารที่มีค่า Water Activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง หมูหยอง [7]

## 2.2 ระบบควบคุม

งานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในปัจจุบันนิยมใช้กระบวนการควบคุมรูปแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานในกระบวนการให้อยู่ภายใต้ขอบเขตของค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความดัน ควบคุมอัตราการไหล หรือ การควบคุมระดับของไหล เป็นต้น เมื่อกระบวนการควบคุมมีประสิทธิภาพ ก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมีคุณภาพไปด้วยเช่นกัน ทำให้ต้นทุนที่ต้องใช้ในการผลิตลดลง ระยะเวลาที่ใช้สั้นลงและการผลิตสามารถเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ระบบควบคุม คือ กระบวนการที่ทำงานภายใต้การสั่งการอย่างเป็นระบบเพื่อควบคุมปริมาณทางด้านเอาต์พุตให้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณที่ต้องการจากทางด้านอินพุตให้มากที่สุด ทำให้ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานให้เหลือน้อยที่สุด [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 ความแตกต่างของระบบควบคุมไม่อัตโนมัติและระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมไม่อัตโนมัติ หมายถึง การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้ทำงานโดยมีมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง เหมือนการควบคุมการขับเคลื่อนยานพาหนะ เช่น รถยนต์ ก็ถือเป็นการควบคุมชนิดหนึ่ง โดยผู้ขับขี่เป็นผู้ควบคุมทิศทางและความเร็วด้วยตนเอง ซึ่งเป็นระบบควบคุมประเภทที่ต้องมีมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องเป็นส่วนใหญ่

ระบบควบคุมอัตโนมัติ หมายถึง การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องด้วยตัวของมันเอง สามารถทำงานแทนแรงงานมนุษย์ได้เกือบทั้งหมด สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานความผิดพลาด หรือแม้กระทั่งระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตลดน้อยลงได้อีกด้วย ทำให้อัตราการผลิตมีมากขึ้น จึงทำให้เป็นที่นิยมอย่างมากในงานอุตสาหกรรม

ดังนั้นข้อแตกต่างระหว่างระบบควบคุมไม่อัตโนมัติและระบบควบคุมอัตโนมัติ ต่างกันที่การมีส่วนร่วมของมนุษย์กับกระบวนการว่ามีมากน้อยเพียงไร ถ้ามีส่วนร่วมมากก็เป็นระบบควบคุมไม่อัตโนมัติ ถ้ามีค่อนข้างน้อยไปจนถึงไม่มีเลยก็จะเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ แต่ถ้าการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับที่เท่าๆกันก็จะกลายเป็นระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบที่มนุษย์กับระบบควบคุมอัตโนมัติทำงานร่วมกัน โดยระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติมีความปลอดภัยสูงกว่าระบบควบคุมไม่อัตโนมัติ แต่อาจมีน้อยกว่าระบบควบคุมอัตโนมัติ เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบรักษาความปลอดภัยได้

### 2.2.2 รูปแบบของระบบควบคุมอัตโนมัติ

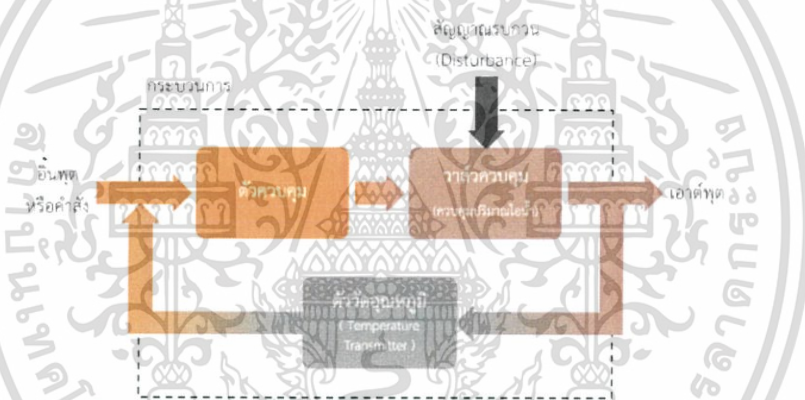
การจำแนกรูปแบบของระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถมีได้หลากหลายวิธี ซึ่งมีได้ตั้งแต่รูปแบบที่ไม่ค่อยมีความซับซ้อนไปจนถึงรูปแบบที่เริ่มมีความซับซ้อนมากขึ้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการทำงานของระบบ ลักษณะของการเลือกใช้สัญญาณต่างๆ ลักษณะการคิดวิเคราะห์และศึกษา ระบบ เป็นต้น โดยในการจำแนกรูปแบบของระบบภายใต้การจัดองค์ประกอบต่างๆที่อยู่ภายในระบบนั้นก็เพื่อให้ผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่จะอาศัยพื้นฐานทางทฤษฎีระบบเชิงเส้นมาช่วยในการคิดวิเคราะห์พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลของแต่ละองค์ประกอบของระบบพื้นฐานของระบบควบคุมมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนดังนี้ [9]

- 1) อินพุต (Input) คือปริมาณที่ต้องการใช้ในการควบคุมกระบวนการทำงาน
- 2) กระบวนการ (Process) คือขั้นตอน หรือหลักการที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ
- 3) เอาต์พุต (Output) คือค่าที่ได้รับจริงจากกระบวนการทำงาน

ในการจำแนกประเภทของการควบคุมมีด้วยกันอยู่หลายหลักเกณฑ์ ทั้งยังสามารถแบ่งออกเป็นได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการแบ่งได้ตามลักษณะงานหรือลักษณะของค่าเป้าหมาย เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลได้มีการจำแนกประเภทของการควบคุมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด และระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด [9]

### 2.2.2.1 ระบบควบคุมแบบวงรอบปิด (Close Loop Control System)

ระบบควบคุมแบบวงรอบปิดหรือเรียกอีกอย่างว่าระบบควบคุมแบบมีการป้อนค่ากลับ ระบบนี้เป็นระบบควบคุมที่พยายามรักษาปริมาณเอาต์พุตให้ได้ตามที่ต้องการ ทำงานโดยใช้เครื่องมือวัดที่ติดตั้งไว้ทางด้านเอาต์พุตวัดปริมาณปลายทาง หลังจากนั้นเครื่องมือวัดก็จะส่งปริมาณที่วัดได้กลับไปเปรียบเทียบกับปริมาณทางด้านอินพุตว่ามีค่าเท่ากับที่ต้องการหรือไม่ โดยส่วนควบคุมจะทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างทั้งสองปริมาณ ถ้าผลการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างกันมาก ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปสั่งการอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมตัวแปรในกระบวนการ ให้ปรับการทำงานจนกระทั่งปริมาณทั้งสองใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น การควบคุมอุณหภูมิในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ซึ่งในการทำงานของอุปกรณ์จะใช้ไอน้ำเป็นตัวรักษาอุณหภูมิภายในถัง โดยใช้ปริมาณที่ได้จากปลายทาง ซึ่งจะมีตัววัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) วัดอุณหภูมิทางด้านเอาต์พุต การทำงานก็คือการนำปริมาณที่วัดด้วยตัววัดอุณหภูมิไปเปรียบเทียบกับปริมาณที่ตั้งไว้ที่อุปกรณ์ควบคุม เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมไอน้ำ โดยการควบคุมการเปิดและปิดของวาล์วควบคุม [9]

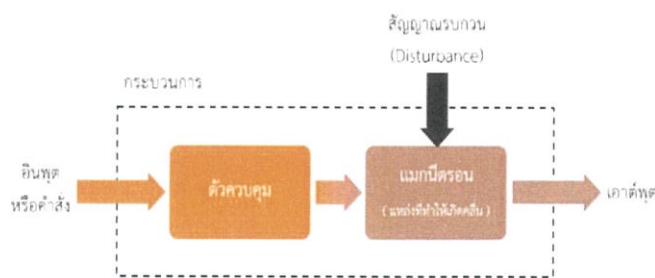


รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมอุณหภูมิในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

### 2.2.2.2 ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด (Open Loop Control System)

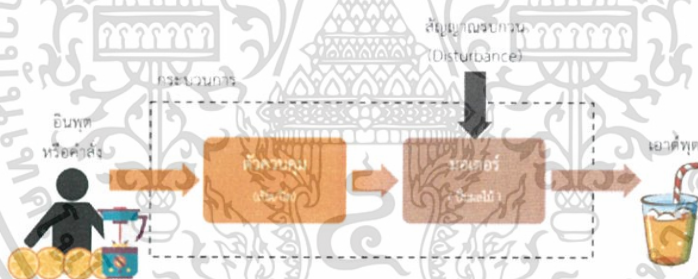
ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับระบบนี้เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและมีอุปกรณ์ภายในที่ไม่ค่อยยุ่งยาก ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จะไม่ส่งผลต่อการควบคุมกระบวนการของระบบ หรือก็คือระบบไม่มีการนำค่าเอาต์พุตที่ได้กลับมาทำการเปรียบเทียบกับค่าอินพุตอ้างอิงที่ป้อนให้กับระบบ เช่น ระบบการทำงานของเครื่องอบไมโครเวฟ ซึ่งมีลักษณะการทำงานโดยการปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยจะส่งคำสั่งจากผู้ใช้งานไปยังแมกนีตรอนซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ในการทำงานไม่มีการตรวจสอบถึงกำลังไฟฟ้าจริงที่ได้จากอุปกรณ์ว่ามีค่าเท่าไร เท่ากับที่ปรับตั้งไว้หรือไม่ จึงถือว่าการทำงานมีลักษณะแบบวงรอบเปิดในระหว่างการทำงานอาจมีปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการทำงานภายใน เช่น อุณหภูมิภายนอกเครื่องอบไมโครเวฟที่สูงหรือต่ำเกินไป ซึ่งอาจทำให้การทำงานในระบบเกิดความคาดเคลื่อนและเกิดสร้างความเสียหายให้แก่ผลิตภัณฑ์ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมของตู้อบไมโครเวฟ

นอกจากนี้ ระบบควบคุมแบบวงรอบเปิดยังสามารถนำใช้กับระบบควบคุมต่างๆ เช่น ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นระบบควบคุมแบบชุด (Batch Control) โดยระบบไม่ได้ดำเนินการทำงานตลอดเวลา เนื่องจากการทำงานจะนับเป็นที่ละชุด จบกระบวนการหนึ่งครั้งเท่ากับได้กระบวนการทำงานมาหนึ่งชุด ตัวอย่างเช่น การทำน้ำผลไม้ปั่นในแต่ละครั้ง หลังจากใส่ส่วนผสมด้วยผู้ดำเนินการแล้ว จะทำการปั่นได้ที่ละครั้งต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์ เมื่อปั่นเสร็จพร้อมดื่ม กระบวนการนี้จะนับเป็นกระบวนการทำงานหนึ่งชุด ถ้าต้องการปั่นผลไม้อีกแก้วหนึ่ง เมื่อเสร็จกระบวนการก็จะนับเป็นกระบวนการทำงานสองชุด และเป็นแบบนี้ต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งก็จะคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบควบคุมแบบเปิด [9]



รูปที่ 2.8 ระบบควบคุมการทำน้ำผลไม้ปั่นในหนึ่งครั้ง

### 2.3 เครื่องมือวัด

โดยทั่วไปในการทำงานอุตสาหกรรม กระบวนการทำงานในแต่ละส่วนจะมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อนำค่าที่วัดได้ไปใช้ในการควบคุม หรือปรับแต่งการทำงานของกระบวนการให้คงประสิทธิภาพได้สูงสุด โดยการวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือการวัดเพื่อรู้ และการวัดเพื่อควบคุม ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 ประเภทนี้คือ การวัดเพื่อรู้เป็นแค่การบันทึกค่าทางสถิติ ไม่ได้นำค่าที่วัดได้ไปใช้ควบคุมหรือประมวลผลต่อ แต่การวัดเพื่อควบคุมนั้นสามารถวัดเพื่อรู้และนำค่าที่วัดได้ไปใช้ในกระบวนการต่อ เช่น ใช้ในการควบคุมปริมาณตัวแปรต่างๆ ให้คงที่ ปรับแต่งปริมาณที่ได้จากการวัดให้เหมาะสม เป็นต้น ดังนั้นการวัดเพื่อควบคุมจะต้องการความละเอียด ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือในการวัดมากกว่าเมื่อเทียบกับการวัดเพื่อรู้ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 รูปแบบของการวัด

รูปแบบของการวัดนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ

#### 2.3.1.1 การวัดทางตรง

การวัดปริมาณของตัวแปรใดๆ โดยค่าที่ได้จากการวัดนั้นคือผลลัพธ์ที่ต้องการ หรือคือค่าที่สามารถนำไปใช้ต่อได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณ เปรียบเทียบ หรือ แปลงหน่วยอีก เช่น การวัดอุณหภูมิด้วยปรอท เป็นต้น [10]

#### 2.3.1.2 การวัดทางอ้อม

ส่วนใหญ่การวัดทางอ้อมนั้นจะเกี่ยวข้องกับการวัดในทางวิศวกรรม หรือทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะต้องนำมาคำนวณและทำการแปลงหน่วยก่อน เพื่อให้เหมาะสม กับปริมาณการวัดที่ต้องการนำไปใช้ต่อ เช่น การวัดค่าอุณหภูมิจากความดันที่เปลี่ยนแปลง การวัดค่า ระดับจากความดันที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น [10]

### 2.3.2 สัญญาณมาตรฐานของการวัด

รูปแบบสัญญาณที่ใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมทั้งการวัดและควบคุม การบันทึก ค่าหรือการประมวลผล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ [10]

#### 2.3.2.1 สัญญาณนิวเมติกส์

สัญญาณมาตรฐานที่ใช้ความดันลมในการควบคุมกระบวนการ

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

#### 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

ระบบหน่วย SI (International System of Unit; SI) เป็นหน่วยวัดมาตรฐานสากลที่ เหมาะสำหรับการวัดทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ระบบ SI ได้รับการพัฒนามาจากระบบ หน่วยเมตริกซึ่งเป็นระบบหน่วยพื้นฐานดั้งเดิมของฝรั่งเศส ดังนั้นตัวแปลงในบางตัวของทั้งสองระบบ หน่วยวัดนี้อาจมีชื่อและสัญลักษณ์ที่เหมือนกัน ซึ่งระบบ SI จะประกอบด้วยหน่วยอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน่วยพื้นฐาน
2. หน่วยเสริม
3. หน่วยอนุพันธ์

### 2.3.4 อุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ในการเลือกใช้อุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ให้มีความเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพได้สูงที่สุดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ เช่น ชนิดของตัวแปรที่ต้องการตรวจวัด ค่าปริมาณตัวแปร ย่านในการตรวจวัดตลอดจนสภาพแวดล้อมโดยรอบของตัวแปรนั้นๆ [10]

#### 2.3.4.1 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรต่างๆ เพื่อป้อนให้กับระบบและกระบวนการ เช่น การวัดตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ เป็นต้น สัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากการตรวจรู้ของอุปกรณ์เซนเซอร์ที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ โดยขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบหรืออุปกรณ์ที่ต่อรวม ได้แก่ สัญญาณอนาล็อก สัญญาณดิจิทัล และสัญญาณไบนารี [10]

#### 2.3.4.2 ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งทรานสดิวเซอร์ส่วนใหญ่มักจะครอบคลุมไปถึงเซนเซอร์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า “ทรานสดิวเซอร์ก็คือเซนเซอร์ แต่เซนเซอร์ไม่ใช่ทรานสดิวเซอร์” ซึ่งก่อนที่ทรานสดิวเซอร์จะทำการแปลงพลังงานใดๆ จะต้องมีการรับรู้หรือตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรที่ต้องการเปลี่ยนรูปพลังงานก่อนแล้วจึงค่อยทำการแปลง ดังนั้นภายในทรานสดิวเซอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับรู้พลังงาน และส่วนที่แปลงพลังงาน โดยปกติอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์สามารถให้ผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตได้ก็ต่อเมื่อมีการนำไปตรวจวัดปริมาณตัวแปรทางด้านอินพุต

ทรานสดิวเซอร์สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ [10]

##### 1. ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Transducers)

ทรานสดิวเซอร์แบบแอคทีฟ หมายถึง ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรใดๆ แล้วสามารถแปลงปริมาณของตัวแปรต่างๆเหล่านั้นให้ออกมาในรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามากระตุ้น

##### 2. ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ (Passive Transducers)

ทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ หมายถึง ทรานสดิวเซอร์ที่ทำงานภายใต้การควบคุมพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางไฟฟ้า เช่น ความต้านทาน เป็นต้น โดยต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้ามากระตุ้น เพื่อให้เกิดสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า เช่น อาร์ทีดี โพลดเซลล์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.5 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งต่อระบบและกระบวนการทำงานทางอุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรที่อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิมียุคหลายแบบ ขึ้นอยู่กับย่านการวัดของอุณหภูมิ ประเภทตัวกลางที่ต้องการวัด รวมไปถึงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ โดยสามารถแยกอุปกรณ์ออกได้เป็น 4 ประเภทตามหลักการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณสมบัติและโครงสร้าง ซึ่งมีดังนี้ [10]

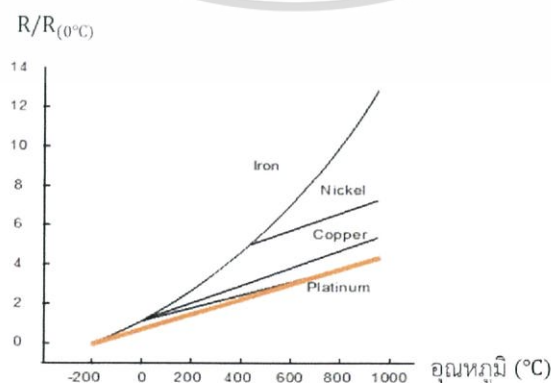
1. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล (การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ)
2. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า
3. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสี
4. หลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี (เช่น การเปลี่ยนสีของสาร เป็นต้น)

#### 2.3.5.1 หน่วยของอุณหภูมิ

หน่วยของอุณหภูมิที่นิยมใช้มีด้วยกันหลายหน่วย ได้แก่ องศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) องศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) และเคลวิน (K) ซึ่งเคลวินเป็นหน่วยสากลของอุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิก ส่วนองศาเซลเซียสเป็นหน่วยของอุณหภูมิทั่วไป

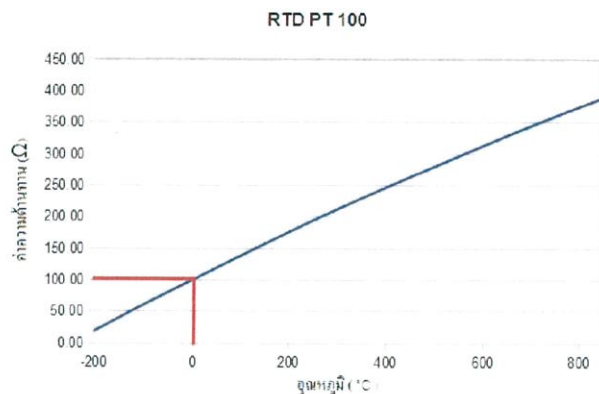
#### 2.3.5.2 อาร์ทีดี (RTD)

อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector หรือ RTD) จัดเป็นทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า เป็นทรานสดิวเซอร์แบบพาสซีฟ โดยค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทานก็จะมากขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่ออุณหภูมิลดลง ค่าความต้านทานจะน้อยลงตามไปด้วย โดยทั่วไปนิยมอาร์ทีดีที่ทำมาจากแพลทินัม เนื่องจากแพลทินัมมีความเที่ยงตรงสูงและมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุด และแพลทินัมที่นิยมใช้มากที่สุดคือ PT100 (Platinum Temperature) โดย 100 นั้นหมายถึงที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ค่าความต้านทานของอาร์ทีดีจะเท่ากับ 100 โอห์ม ( $\Omega$ ) [10]



รูปที่ 2.9 กราฟคุณสมบัติของวัสดุของอาร์ทีดีที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟของอาร์ทีดี ชนิด PT100

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของเส้นลวดตัวนำกับอุณหภูมิสามารถคำนวณได้ดังสมการข้างล่างนี้

$$R_T = R_{ref}(1 + \alpha \Delta T) \quad (2.1)$$

- เมื่อ  $R_T$  คือ ค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิ  $T$  °C ใดๆ (Ω)  
 $R_{ref}$  คือค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิอ้างอิง โดยทั่วไปคือ 0 °C (Ω)  
 $\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของโลหะตัวนำ (Ω/Ω/°C)  
 $\Delta T$  คือค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ  $T$  °C ใดๆ กับอุณหภูมิอ้างอิง 0 °C  
 (ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของโลหะตัวนำ ( $\alpha$ ) ของแพลตินัมเท่ากับ 0.00392)

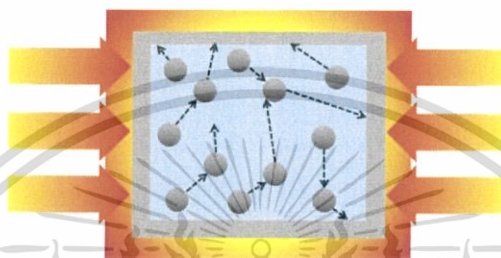
### 2.3.6 อุปกรณ์วัดความดัน

ความดันเป็นอีกตัวแปรที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องต่อระบบทำงาน ซึ่งในการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์วัดและแปลงค่าความดัน ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมจะต้องคิดคำนึงถึงส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักๆ ดังนี้ ย่านของความดัน รูปแบบหรือชนิดของความดัน ตลอดจนตัวกลางที่ทำให้เกิดค่าความดัน เช่น ความดันที่เกิดจากของเหลว เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความดันจะต้องได้รับการตรวจสอบและสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการตรวจสอบว่าค่าที่อุปกรณ์วัดออกมาได้ ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมหรือไม่ เนื่องจากผลกระทบจากความดันสามารถส่งผลอันตรายได้ถึงชีวิต หากความดันสูงเกินที่ตั้งไว้หรือเกินขีดจำกัดของถังบรรจุ อาจทำให้ถังบรรจุระเบิดได้ (ในกรณีที่ควบคุมความดันสูงๆ) ซึ่งสามารถแบ่งหลักการทำงานได้ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ เครื่องมือตรวจวัดความดัน ซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนแปลงเชิงกล และทรานสดิวเซอร์ความดัน ซึ่งจะใช้หลักการทางไฟฟ้าร่วมกับทางกล เพื่อนำค่าความดันที่ได้จากตรวจวัดซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าไปควบคุมกระบวนการต่อไป [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ

การเปลี่ยนแปลงความดันของก๊าซภายในถังบรรจุ สามารถเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ แรงจากภายนอกที่มากระทำกับถังบรรจุและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปโดยรอบของถังบรรจุ เมื่ออุณหภูมิรอบๆของถังบรรจุสูงขึ้น ความดันภายในถังบรรจุจะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้มวลโมเลกุลของก๊าซภายในเคลื่อนที่อย่างไม่สมมาตรกัน จึงทำให้เกิดการชนกันของแต่ละโมเลกุล ทั้งชนกันเองและชนการผนังของถังบรรจุ โดยความเร็วในการเคลื่อนที่จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป [10]



รูปที่ 2.11 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

### 2.3.6.2 ความดันที่เกิดจากระดับของเหลว

ค่าของความดันที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับของความสูง เรียกว่า Static Head โดยค่าความดันที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ก้นถังบรรจุ ความดันที่วัดได้จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงโดยพิจารณาความแรงโน้มถ่วงของโลกด้วย [10]



รูปที่ 2.12 ลักษณะการวัดความดันที่เกิดจาก Static Head

## 2.4 การควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุม ที่มีหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรม สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งได้รับการพัฒนาเพื่อนำมาใช้แทนวงจรรีเลย์ เนื่องจากความต้องการอุปกรณ์ควบคุมราคาถูก สามารถใช้งานได้ง่าย และมีความทนทานประสงค์ จากวงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

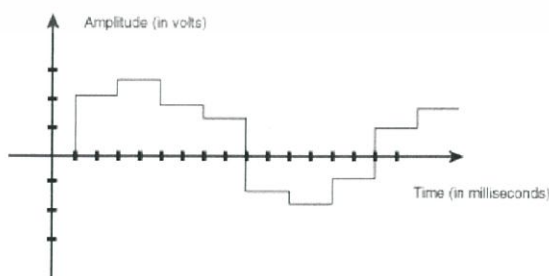
ที่มีสภาวะการทำงานเพียงแค่เปิด/ปิด (ON/OFF) ซึ่งมีการทำงานที่เป็นแบบลอจิกหรือดิจิตอล เมื่อนำมาพัฒนาและกลายเป็นโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ จะสามารถรับและส่งสัญญาณได้ทั้งที่เป็นดิจิตอล (ลอจิก 0 และ 1) และอนาล็อก (สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนที่ของข้อมูลแบบต่อเนื่อง) นอกจากนี้การใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อกระบวนการผลิตมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนแปลงหรือต้องลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ก็สูงและยังทำให้เสียเวลาอีกด้วย แต่เมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น [11]

#### 2.4.1 การแปลงรูปแบบของสัญญาณ

การสื่อสารข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ สามารถสื่อสารได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นสื่อสารในรูปแบบของเสียง ข้อความตัวอักษร รูปภาพ การสนทนาผ่านสื่อต่างๆ การส่งพิมพ์งาน หรือการรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ซึ่งในแต่ละรูปแบบนั้นจะมีการส่งสัญญาณที่เป็นลักษณะจำเพาะที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารนั้นก่อน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะสัญญาณดังนี้ [12]

##### 2.4.1.1 สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)

สัญญาณดิจิตอล เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ไม่มีความต่อเนื่อง สัญญาณมีนั้นมีความถี่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดสัญญาณดิจิตอลนั้นสามารถมีจำนวนระดับสัญญาณได้มากกว่า 2 ระดับ โดยในแต่ละระดับสามารถส่งบิตได้มากกว่าหนึ่งบิตสัญญาณจะถูกลดทอนเมื่อการส่งมีระยะที่ไกล ซึ่งในการส่งข้อมูลไปในระยะไกลๆ นั้น สัญญาณอนาล็อกสามารถส่งได้ดีกว่า แต่ในเรื่องของสัญญาณรบกวนนั้น สัญญาณดิจิตอลจะทนได้ดีกว่าสัญญาณอนาล็อก และยังสามารถจำแนกระหว่างข้อมูลกับสัญญาณได้ง่ายกว่า

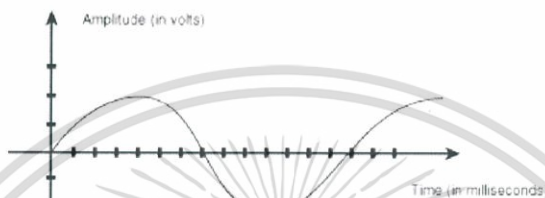


รูปที่ 2.13 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1.2 สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal)

สัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว สัญญาณจะแกว่งขึ้นหรือลงตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ได้รับ โดยค่อยๆ เปลี่ยนแปลงตามการแปรผันของเวลา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดและสามารถรับสัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น 0-10 VDC, 1-5V และ 4-20 mA เป็นต้น สัญญาณอนาล็อกถูกรบกวนได้ง่ายจากสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งจะส่งผลให้การส่งข้อมูลส่งได้ช้าลงทำให้การจำแนก หรือตัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลต้นฉบับทำได้ยาก



รูปที่ 2.14 รูปแบบของการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก

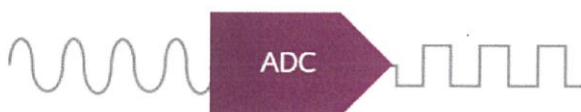
ปกติแล้วในการรับส่งข้อมูลนั้น สัญญาณดิจิทัลจะรับส่งข้อมูลที่เป็นดิจิทัล ส่วนสัญญาณอนาล็อกก็จะรับส่งข้อมูลที่เป็นอนาล็อกเช่นเดียวกัน แต่ในบางระบบ การสื่อสารก็ต้องการการรับส่งข้อมูลของสัญญาณที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถใช้สัญญาณดิจิทัลในการรับส่งข้อมูลที่เป็นอนาล็อกได้และใช้สัญญาณอนาล็อกในการรับส่งข้อมูลที่เป็นดิจิทัลได้เช่นกันซึ่งสามารถแบ่งประเภทการแปลงรูปแบบของสัญญาณออกได้เป็น 4 แบบดังนี้ [12]

1. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล
2. การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณอนาล็อก
3. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital To Analog Converter; DAC)



รูปที่ 2.15 ภาพการแปลงข้อมูลแบบ DAC

4. การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog To Digital Converter; ADC)

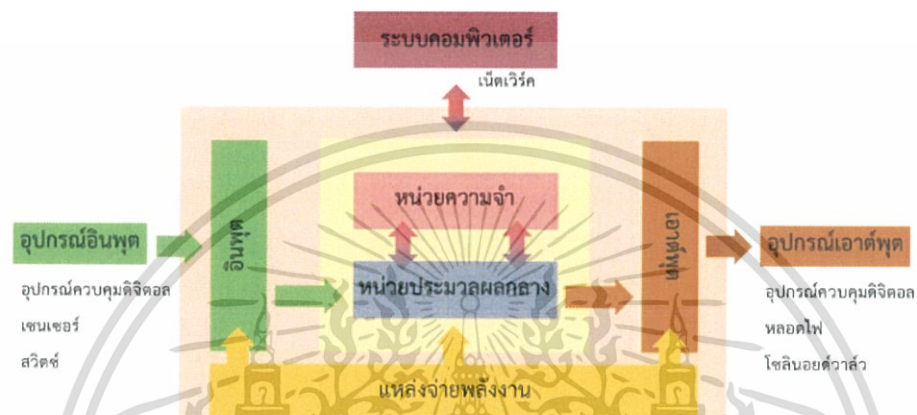


รูปที่ 2.16 ภาพการแปลงข้อมูลแบบ ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 โครงสร้างของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หรืออินพุต หน่วยส่งข้อมูลหรือเอาต์พุต และหน่วยป้อนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลขนาดเล็ก ส่วนประกอบทั้งหมดของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้ [11]



รูปที่ 2.17 โครงสร้างของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

## 2.4.3 ส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลแบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกัน คือ

### 2.4.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit หรือ CPU)

ซีพียูทำหน้าที่เพื่อประมวลผลและควบคุม ซึ่งเปรียบเหมือนสมองของระบบที่อยู่ภายใน ซีพียูจะประกอบไปด้วยลอจิกเกตต่างๆ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบสเพื่อสำหรับออกแบบวงจรรีเลย์แลตเตอร์ลอจิก ซีพียูจะยอมรับข้อมูลอินพุตจากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่างๆต่อจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ โดยข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงเพื่อใช้สำหรับแรงดันต่ำ [11]

### 2.4.3.2 อินพุต/เอาต์พุต (Input Output หรือ I/O)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อรวมอยู่กับชุดควบคุมเพื่อรับสัญญาณชนิดต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณแล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางเพื่อประมวลผล เมื่อหน่วยประมวลผลกลางประมวลผลแล้วจะส่งข้อมูลต่อไปให้กับหน่วยของเอาต์พุตต่อ เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่ได้โปรแกรมเอาไว้ [11]

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่ รับสัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์ และตัวที่ใช้ตรวจจับชนิดต่างๆนั้นจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะ เป็น AC หรือ DC เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง ดังนั้นสัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้วจะส่งผลให้ประมวลผลกลางเสียหายได้ จึงต้องมีการแปลงรูปแบบของสัญญาณ เพื่อปรับสัญญาณให้เหมาะสมกับหน่วยประมวลผลกลาง เช่น กรณีที่หน่วยอินพุตรับรูปแบบสัญญาณมาในรูปสัญญาณดิจิทัล แต่หน่วยประมวลผลกลางรับสัญญาณที่เป็นอนาล็อก จึงต้องมีการแปลงข้อมูลดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก



รูปที่ 2.18 อุปกรณ์ไทมเมอร์ (Timer) ซึ่งเป็นหน่วยอินพุต

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่ รับค่าสภาวะหรือสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลางแล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หลอดไฟ ขดลวดความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลางออกจากอุปกรณ์เอาต์พุตอีกด้วย



รูปที่ 2.19 อุปกรณ์ที่เป็นขดลวดความร้อนซึ่งเป็นหน่วยเอาต์พุต

#### 2.4.3.3 อุปกรณ์โปรแกรม (Programming Device)

อุปกรณ์โปรแกรม ทำหน้าที่ ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (PLC) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจการปฏิบัติงานของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย [11]

#### 2.4.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมมาตรฐาน IEC61131-3 ประกอบด้วย LD, FBD, IL, ST และ SFC ในแต่ละภาษามีส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรมที่มีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร เป็นต้น [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.4.1 LD (Ladder Diagram)

แลตเตอร์ไดอะแกรมจะเขียนอยู่ในรูปของกราฟฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลตเตอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวาของไดอะแกรมเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต [11]

#### 2.4.4.2 FBD (Function Block Diagram)

ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม เป็นภาษาที่ฟังก์ชันการทำงานในรูปแบบของกราฟฟิกและมีการเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยพื้นฐานการเขียนฟังก์ชันโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม เช่น AND OR XOR เป็นต้น [11]

#### 2.4.4.3 IL (Instruction List)

IL เป็นภาษาที่เขียนในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ภาษาเครื่อง และส่วนที่ถูกดำเนินการ [11]

#### 2.4.4.4 ST (Structure Text)

ST เป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal คำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงานเช่น IF... ,THEN... ,ELSE และคำสั่งเกี่ยวข้องกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR , WHILE เป็นต้น [11]

#### 2.4.4.5 SFC (Sequential Function Chart)

SFC เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับ ซึ่งจะประกอบด้วยปฏิบัติการย่อยและเงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่งย่อย [11]

### 2.5 การแสดงผลผ่านหน้าจอด้วยระบบสกาตา

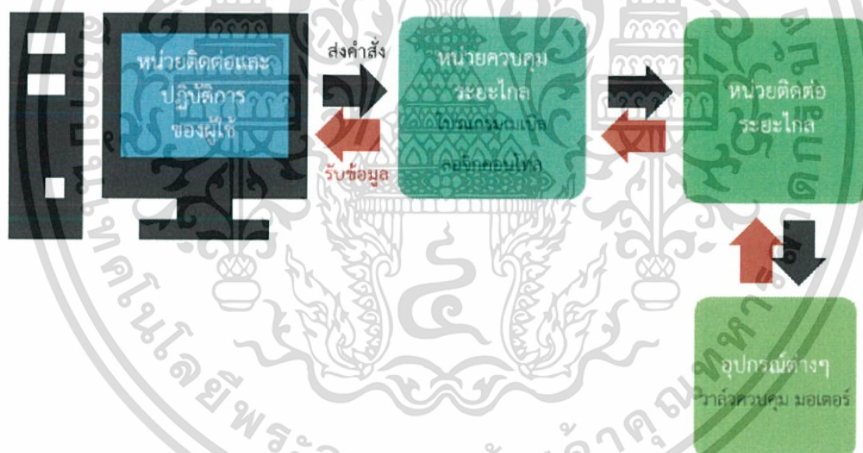
ในส่วนแสดงข้อมูลผ่านจอแสดงผล เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลของกระบวนการเพื่อแสดงค่าผ่านโปรแกรมแสดงผล ทั้งยังสามารถเปลี่ยนค่าผ่านจอแสดงผลเพื่อส่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลในการเปลี่ยนแปลงค่าที่ต้องการได้ในระบบ

สกาตา หรือ SCADA ย่อมาจาก Supervisory Control And Data Acquisition ซึ่งเป็นระบบเครื่องมืออัตโนมัติที่ใช้สำหรับตรวจสอบเก็บรวบรวมข้อมูล และบริหารการควบคุมระบบของกระบวนการผลิต ซึ่งสกาตามีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน ในส่วนแรกนั้นประกอบด้วยหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ และส่วนที่สองคือหน่วยควบคุมระยะไกลและหน่วยติดต่อระยะไกล ระบบสกาตาเป็นระบบที่สามารถนำสัญญาณจากเครื่องมือวัด ที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณจากพลังงานแบบอื่นมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลที่แสดงออกมาเป็นตัวเลข เพื่อนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อ

การทำงานกับผู้ปฏิบัติงานในระยะไกล ซึ่งอุปกรณ์วัดจะทำหน้าที่วัดข้อมูลต่างๆ เช่น โวลต์ อัตราการไหล อุณหภูมิ เป็นต้น แล้วส่งข้อมูลที่ได้ผ่านสื่อกลางต่างๆ เช่น สายเคเบิล คลื่นวิทยุ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์วัดต่างๆจะถูกนำมารวมกันในระบบสกาดา สกาดาจะทำหน้าที่เก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจริงในลักษณะเวลาจริง (Real Time) [13]

### 2.5.1 องค์ประกอบของระบบสกาดา

สกาดามีองค์ประกอบหลักๆอยู่ 2 องค์ประกอบ หากนำมาจำแนกเป็นส่วนที่นิยมใช้ควบคุมระบบการทำงาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประการ ได้แก่หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ หน่วยควบคุมระยะไกลและหน่วยติดต่อระยะไกลซึ่งเมื่อนำทั้งสามส่วนนี้มาทำงานร่วมกัน จะเริ่มการทำงานในส่วนของผู้ติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ก่อน เพื่อใช้ในการป้อนคำสั่งหรือตรวจสอบการทำงานที่ต้องการให้กับระบบผ่านสกาดา ซึ่งต่อมาสกาดาได้รับข้อมูลแล้วส่งไปยังหน่วยควบคุมระยะไกล เพื่อทำหน้าที่ติดต่อและสั่งงานกับหน่วยติดต่อระยะไกลด้วยการสื่อสารแบบดิจิทัลในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ [13]



รูปที่ 2.20 องค์ประกอบของระบบสกาดา

### 2.5.2 ส่วนประกอบของระบบสกาดา

ส่วนประกอบของระบบสกาดามีด้วยกันอยู่ 3 ส่วนดังนี้ [14]

#### 2.5.2.1 เครื่องมือวัด (Field Instrumentation)

เครื่องมือวัดหรือเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ที่ต้องการที่จะควบคุมหรือถูกตรวจสอบ ซึ่งเครื่องมือวัดนี้จะเปลี่ยนรูปแบบการส่งสัญญาณที่ได้จากการวัดต่างๆ เช่น อัตราการไหลความเร็ว ระดับของของไหลให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้าหรือกระแสซึ่งสามารถอ่านค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์สถานีระยะไกลส่วนผลลัพธ์ที่ได้เป็นได้ทั้งอนาล็อกและดิจิทัล [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างของเครื่องมือวัดการไหล

### 2.5.2.2 สถานีระยะไกล (Remote Station)

สถานีระยะไกล เป็นส่วนที่รวบรวมข้อมูลที่ได้จากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ด้วย Remote Terminal Unit (RTU) หรือ Programmable Logic Controller (PLC) แล้วส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางระบบสกาดาซึ่ง RTU คืออุปกรณ์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณจากเครื่องมือวัดหรือเซ็นเซอร์ แล้วส่งสัญญาณข้อมูลให้ตัวควบคุมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ส่วน PLC นิยมใช้เป็นอุปกรณ์ภาคสนามเพราะราคาที่ถูกมีความทนทานประสมค์ยัดหย่นและกำหนดค่าได้ดีกว่า RTU ที่มีวัตถุประสงค์พิเศษเฉพาะเจาะจง [14]



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างของ RTU

### 2.5.2.3 เครือข่ายการสื่อสาร

เครือข่ายการสื่อสารเปรียบเสมือนศูนย์กลางของระบบสกาดา โดยนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผลและแสดงผลของกระบวนการผ่านจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ซึ่งสำหรับการสื่อสารนั้นจะมีโปรโตคอลเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ระบบสกาดานั้นมีมาตรฐานโปรโตคอลมากกว่า 200 โปรโตคอลทั่วโลกที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่าง Central Computer และ Remote RTUs, PLCs และ Flow Computer Standard มาตรฐานโปรโตคอลใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 5 แบบ [13]

1. ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
2. CAP (Compressed ASCII Protocol) ซึ่งเป็น RTU Protocol ที่ดีที่สุด

เนื่องจากเป็นภาษาที่มนุษย์สามารถอ่านเข้าใจได้มีความน่าเชื่อถือรวดเร็ว และมีความปลอดภัยสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Modbus เป็น Point-to-Point PLC Protocol ที่ที่นิยมใช้กัน แต่มีข้อเสียคือเป็นภาษาที่มนุษย์ไม่สามารถอ่านเข้าใจได้
4. Modbus X เป็นส่วนที่พัฒนามาจาก Modbus Protocol ที่ทำให้ผู้ใช้ Modbus สามารถอ่านและสามารถสร้างจำนวนบวกและลบได้
5. IEEE 32-bit Single Format Floating Point

### 2.5.3 โครงสร้างของระบบสกาดา

#### 2.5.3.1 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์

คอมพิวเตอร์ที่รับและส่งข้อมูลไปยัง Data Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมเช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือน เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น ฝั่ง Client สามารถสั่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณไปยัง PLC DCS หรืออุปกรณ์ควบคุมอีกทอดหนึ่ง ส่วน Data Server จะทำหน้าที่ติดต่อกับ PLC DCS อุปกรณ์ควบคุมหรือ RTU ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์ PLC และ อุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ส่วนใหญ่ติดต่อกันระหว่าง Client และ Data Server จะติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย Ethernet [13]

#### 2.5.3.2 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์

ในส่วนของ SCADA Server นั้น การติดต่อกับ PLC หรือ Controller นั้น ทำได้ทั้งผ่าน Driver หรือ OPC โดยที่ OPC และ Driver สามารถรับคำสั่งแบบ Read / Write เพื่ออ่านข้อมูลจาก PLC หรือ เขียนข้อมูลเพื่อสั่งงานไปยัง PLC ได้โดยทั่วไปก็จะมีเครื่องมือในการสร้างและจัดการกราฟิก (Graphic Editor) เครื่องมือในการจัดการโปรเจกต์ที่สร้างขึ้นมา (Project Editor) มีเครื่องมือในการนำเข้าและส่งออก Text file ที่เก็บค่าคอนฟิกเรชั่นของการติดต่อกับ Driver ไว้ [13]

#### 2.5.3.3 โครงสร้างด้านการสื่อสาร

การสื่อสารระหว่าง Client กับ Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลโดยทั่วไป เช่น TCP/IP โดย Client จะติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายใน Server ที่บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามความต้องการ เช่นมีการส่งค่าจาก Server ไปยัง Client เมื่อค่าของ I/O ของ PLC มีการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น [13]

#### 2.5.3.4 โครงสร้างอินเทอร์เฟซ

การติดต่อระหว่าง Data Server กับอุปกรณ์หรือระหว่าง Data Server และ Data Server และกับ Client นั้น มีการผลิตเป็น Driver ที่นำใช้เป็นเทคโนโลยีในการสื่อสารกับฮาร์ดแวร์ เช่น PLC DCS เป็นต้น ออกมามากมายตามเทคนิคเฉพาะของแต่ละผู้ผลิต จึงมีการกำหนดมาตรฐานของอินเทอร์เฟซขึ้นออกมาเป็น OPC (OLE for Process Control) เพื่อยุติปัญหาการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีเฉพาะด้านในการสื่อสารข้อมูลซึ่ง OPC มีความสามารถในการบริการข้อมูลให้กับ Client ที่รวดเร็วและมีเสถียรภาพ [13]

#### 2.5.3.5 โครงสร้างความสามารถในการขยายระบบ

ความสามารถในการรองรับและต่อขยายระบบสกาดากับส่วนต่างๆ เช่น I/O ของอุปกรณ์ควบคุม และจำนวนเครื่องของ SCADA Client ที่เพิ่มมากขึ้น หรือการต่อพ่วงกับระบบสกาดาของยี่ห้ออื่นๆ เป็นต้น [13]

#### 2.5.3.6 โครงสร้างการสำรองระบบ

SCADA Software ส่วนใหญ่มีความสามารถในการสำรองระบบของ Data Server โดยที่เมื่อ Data Server เกิดความขัดข้องก็จะสั่งงานให้ Data Server อีกตัวหนึ่งทำงานแทนที่ โดยจะมีการกำหนดคอนฟิกเรชั่นไว้ที่ Client ว่าจะให้เลือกติดต่อกับ Data Server ตัวไหนเมื่อเกิดความขัดข้องเกิดขึ้น ในบางครั้งโมดูลที่ทำหน้าที่จัดการทางด้าน Redundancy นี้อาจจะทำหน้าที่อีกประการหนึ่งคือเป็นจุดพักข้อมูลที่ได้รับมาจาก Data Server เพื่อนำไปส่งให้กับ Client ต่างๆเนื่องจากในกรณีที่มี Client จำนวนมากติดต่อกับ Data Server ตัวเดียวนั้นอาจมีความล่าช้าในการบริการข้อมูลของ Data Server [13]

### 2.5.4 หน้าที่การทำงานของสกาดา

หน้าที่การทำงานของสกาดามีด้วยกันหลักๆอยู่ 5 ประการดังนี้ [13]

#### 2.5.4.1 การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์

ความสามารถในการเข้าถึงกลุ่มของพารามิเตอร์ในอุปกรณ์เช่น I/O ของ PLC เป็นต้น ความสามารถของ Data Server ในการกำหนดว่าพารามิเตอร์ใด อ่านได้อย่างเดียว เขียนได้อย่างเดียว หรือทั้งอ่านทั้งเขียน เป็นต้น

#### 2.5.4.2 ระบบแสดงผลแบบ MMI (Man Machine Interface)

ความสามารถในการแสดงผลจากการทำงานของอุปกรณ์ โดยมีรูปแบบที่มีความหลากหลาย เช่น กราฟิก ข้อความ สัญลักษณ์ เป็นต้น โดยสามารถเชื่อมโยงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกราฟิกเหล่านี้กับพารามิเตอร์จาก Data Server ได้ ความสามารถในการสั่งงานผ่านระบบกราฟิกเช่น การปิด/เปิดสวิตช์บนจอมอนิเตอร์ส่งผลไปยัง I/O ของ PLC เป็นต้น

#### 2.5.4.3 ระบบแสดงกราฟสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Trending)

ความสามารถในการแสดงการพล็อตกราฟอย่างต่อเนื่องบนจอแสดงผล เพื่อแสดง ค่าสัญญาณจาก Data Server โดยอาจจะสามารถพล็อตสัญญาณได้หลายสัญญาณเช่น 8 – 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ พร้อมกันในหน้าต่างเดียว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสัญญาณที่พล็อตได้ และไม่จำกัดว่าจะสร้างหน้าต่างพล็อตจำนวนเท่าใด

#### 2.5.4.4 ระบบแจ้งเตือน (Alarm)

SCADA Software ส่วนใหญ่มีระบบแจ้งเตือนโดย Alarm Display จะรับสัญญาณมาจาก Alarm DB ในฝั่ง SCADA Server โดย Alarm DB สามารถที่จะทำการกำหนดคอนฟิกูเรชันว่าจะนำสัญญาณตัวใดมาเป็นตัวพารามิเตอร์ในการแจ้งเตือนบ้าง

#### 2.5.4.5 การทำงานแบบ (Automation)

ความสามารถที่ SCADA ทำหน้าที่ต่างๆ ตามที่กำหนด เช่น ส่งอีเมล แสดงข้อความแบบ Instance Message บนหน้าจอเปิดไปยังหน้าจออื่นๆ เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล เปิดโปรแกรม หรือรันคำสั่งสคริปต์ เป็นต้น ตามสัญญาณที่ได้รับจาก Data Server และข้อกำหนดที่สร้างขึ้น

## 2.6 อุปกรณ์สำหรับควบคุมอุณหภูมิ

### 2.6.1 Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B

Controller TAIE เป็นอุปกรณ์ควบคุม ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและสั่งงานเอาต์พุต เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตให้กระบวนการมีอุณหภูมิเป็นไปตามที่ต้องการ โดยกระบวนการควบคุมมีด้วยกันหลากหลายรูปแบบ เช่น ON-OFF Control, PID Control และ Fuzzy Logic Control (สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก.)



รูปที่ 2.23 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ Controller TAIE รหัสรุ่น FY 800-301-00B

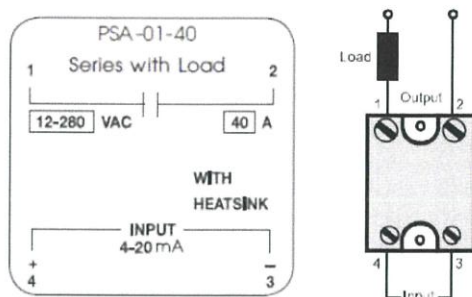
### 2.6.2 Phase Angle Control รหัสรุ่น PSA-01-40

PSA-SERIES เป็นโซลิตสเตรจีเลย์ ที่ทำงานเป็นแบบ Phase angle control ซึ่งสามารถควบคุมมุมเฟสในสัญญาณ Sine wave ทำให้กำลังไฟของโหลด มีการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอินพุตที่เข้ามา เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดในการควบคุม เช่น ความสว่างของหลอดไฟหรือความร้อนของฮีตเตอร์ หรือควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้น สำหรับรุ่น PSA-01-40 สามารถต่อร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



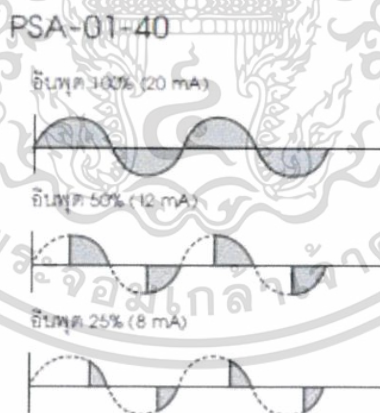
### 2.6.2.2 การต่อใช้งาน



รูปที่ 2.25 การเชื่อมต่อ Phase Angle Control [15]

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

### 2.6.2.3 สัญญาณเอาต์พุต



รูปที่ 2.26 การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control [15]

จากรูปที่ 2.26 แสดงรูปคลื่น sin การส่งสัญญาณเอาต์พุตของ Phase Angle Control โดยใช้การตัดลูกคลื่นในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ เช่น ที่อินพุต 100% (กระแสที่ได้รับสูงสุดคือ 20 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณเต็มลูกคลื่นไปยังขดลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามไปด้วย แต่ถ้าที่อินพุต 50% (กระแสที่ได้รับคือ 12 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณครึ่งลูกคลื่นไปยังขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

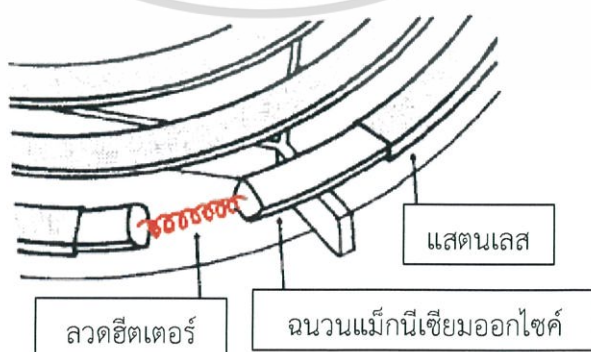
ลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะมีความเร็วลดลง อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นตามไปด้วย และถ้าที่อินพุต 25% (กระแสที่ได้รับคือ 8 mA) Phase Angle Control จะส่งสัญญาณที่น้อยกว่าครึ่ง ลูกคลื่นไปยังขดลวดความร้อน การเพิ่มความร้อนของขดลวดจะเป็นไปอย่างช้าๆ อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นช้าๆตามไปด้วย

### 2.6.3 ฮีตเตอร์ขดวงกลม

เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในงานอุตสาหกรรม โดยมีหลักการทำงานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่างขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นข้อควรระวังคือห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวงจรขึ้นได้ หากผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้าพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวฮีตเตอร์ [16]

#### 2.6.3.1 ส่วนประกอบหลักๆของฮีตเตอร์

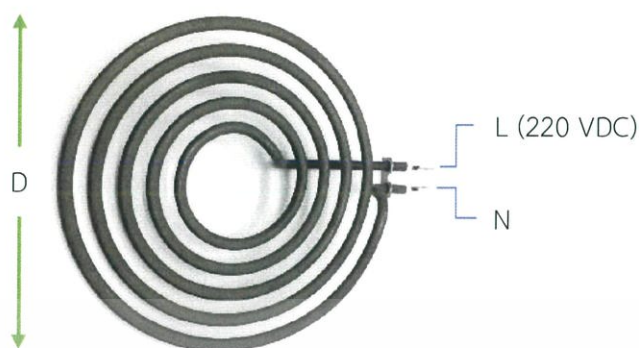
1. ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดี ทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างขดลวดฮีตเตอร์กับเปลือกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสรั่วจากขดลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ สามารถนำความร้อนแต่ไม่นำไฟฟ้า [16]
2. ขดลวดฮีตเตอร์ (Heater) เป็นขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานใช้สำหรับเป็นวัสดุหลักในการทำฮีตเตอร์ให้เกิดความร้อน ประโยชน์การนำขดลวดฮีตเตอร์ไปใช้งาน เช่น ใช้กับงานขึ้นรูป ฮีตเตอร์แบบต่างๆ และใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น พลาสติก ชุบโลหะ ชุบแข็ง เป็นต้น [16]
3. แสตนเลส (Stainless) ทำหน้าที่ยึดองค์ประกอบภายในไว้ด้วยกัน [16]
4. สายไฟทนความร้อน [16]



รูปที่ 2.27 ส่วนประกอบของฮีตเตอร์ [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3.2 รายละเอียดฮีตเตอร์ขดวงกลม



รูปที่ 2.28 ฮีตเตอร์ขดวงกลม

รูปที่ 2.28 แสดงรูปแบบของฮีตเตอร์ชนิดขดวงกลม ซึ่งในโครงการนี้ฮีตเตอร์ขดวงกลมจะต่ออยู่กับ Phase Angle Control ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ขดวงกลม โดยขาหนึ่งจะต่อกับ L (220 VDC) จาก Phase Angle Control และอีกขาจะต่ออยู่กับ N ของ Power Supply (สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมการต่อวงจรไฟฟ้าได้ในภาคผนวก ค.)

#### ตารางที่ 2.1 รายละเอียดฮีตเตอร์ขดวงกลม

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

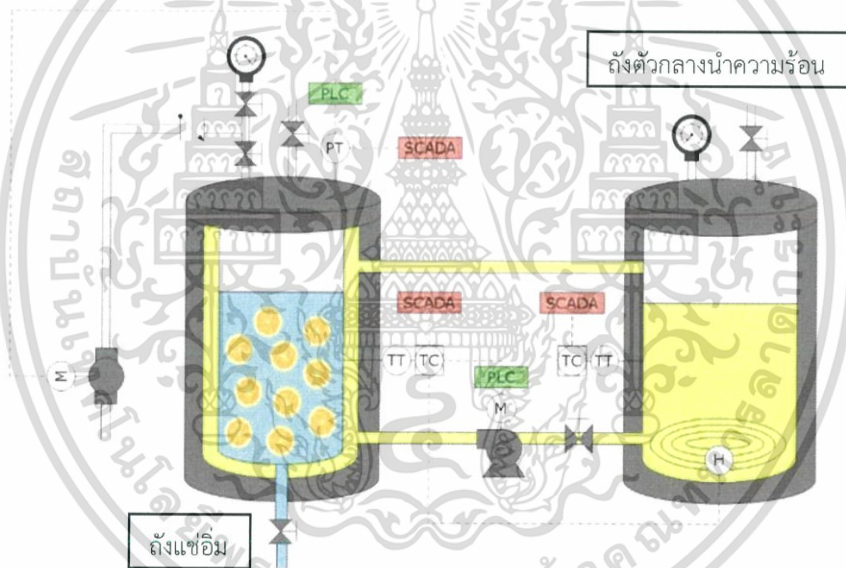
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# หลักการควบคุมและวิธีการทดลองกระบวนการแช่ต้ม

### 3.1 กล่าวนำ

จากการศึกษากระบวนการแช่ต้มในเบื้องต้นได้เลือกใช้วิธีสัญญาณภาคในการแช่ต้ม ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีปกติ คือ วิธีปกติจะใช้อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศในการแช่ต้ม ซึ่งจะทำให้ใช้เวลานานกว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้ง แต่เมื่อมีการควบคุมอุณหภูมิและความดัน จะช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ต้มลงไปได้หลายเท่า โดยในการควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิภายในถังตัวกลางนำความร้อน และการควบคุมความดันภายในถังแช่ต้มให้อยู่ในสภาวะสัญญาณภาค ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้



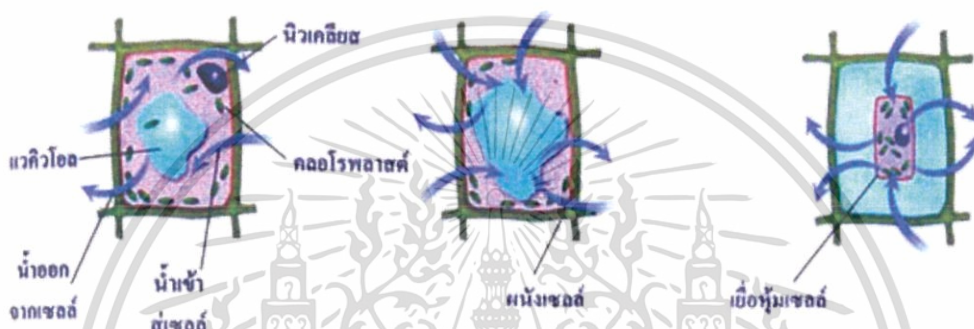
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์การทำงานของเครื่องแช่ต้ม

จากรูปที่ 3.1 เนื่องจากภายในถังตัวกลางนำความร้อนจะมีขดลวดนำความร้อนซึ่งทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ ดังนั้นถังแช่ต้มจึงต้องมีลักษณะเป็นถัง 2 ชั้น เพื่อไม่ให้ตัวกลางนำความร้อนได้สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาแช่ต้ม ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิภายในถังแช่ต้มจะใช้ตัวกลางนำความร้อนเป็นสื่อกลางในการควบคุมอุณหภูมিরอบถังแช่ต้มให้เป็นไปตามที่ต้องการ อีกทั้งยังมีการควบคุมความดันภายในถังแช่ต้มซึ่งจะเป็นถังที่ถูกปิดอย่างแน่นสนิท เพื่อรักษาความดันให้อยู่ในสภาวะสัญญาณภาค และวาล์วจะถูกเปิดออกเมื่อต้องการให้ความดันภายในถังแช่ต้มอยู่ในสภาวะบรรยากาศ สาเหตุที่ควบคุมความดันในลักษณะนี้เพื่อเป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนการแพร่ของน้ำ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีจากบทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 การควบคุมอุณหภูมิ

จากการศึกษาพบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิมาเป็นตัวควบคุมในการแช่แข็งส่งผลให้เนื้อเยื่อของผลไม้อ่อนตัวลง ทำให้การแพร่ผ่านของน้ำเกิดได้ดีขึ้นทั้งยังมีผลต่อความหนืดของสารละลายด้วย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การแช่แข็งเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีค่าแตกต่างกันออกไปทั้งขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในโครงการนี้ได้มีการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมกับมะม่วงที่ต้องการแช่แข็ง โดยทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีช่วงเวลาการแช่แข็งและเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



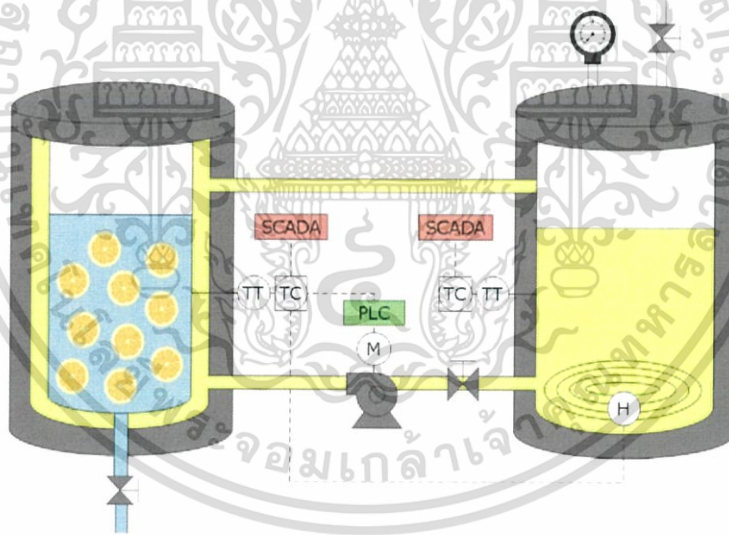
รูปที่ 3.2 การแพร่ผ่านของน้ำ (การออสโมซิส) ในเซลล์พืช

การควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการจะทำให้อุณหภูมิของถังแช่แข็ง และถังตัวกลางนำความร้อนมีค่าคงที่ตลอดการทำงานซึ่งเป็นระบบปิด (Closed Loop Control) โดยในส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter, TT) หรืออาร์ทีดีชนิด PT100 (Platinum ความต้านทาน 100 โอห์ม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส) ทำการวัดอุณหภูมิภายในถังแช่แข็งและถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนอีกทั้งยังเป็นส่วนช่วยในการทำ Auto Tuning ค่า PID ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังเฟสแองเกิล (Phase Angle) ที่ต่ออยู่ในตัวควบคุมเพื่อเพิ่ม หรือลดสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบคลื่นรูปซายน์ในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อน ต่อมาจะมีการนำค่า PID ดังกล่าว มาประมวลผลและแสดงกราฟในสกาตา และใช้ Modbus RTU มาช่วยในการสื่อสารกันระหว่าง Temperature Controller กับ PLC เพื่อนำค่า PID มาประมวลผล ตัวอย่างการทดลองจากโครงการนี้ได้นำมาประมวลผลเข้าสู่กระบวนการแช่แข็ง โดยต้องการควบคุมอุณหภูมิภายในการแช่แข็งให้เท่ากับความต้องการของผู้ทดลอง (ที่ 30 หรือ 40 องศาเซลเซียส) ดังนั้นอุณหภูมิภายในถังตัวกลางนำความร้อนต้องควบคุมให้ค่าตามความต้องการของผู้ทดลอง เนื่องจากในการทำงานจะใช้ตัวกลางนำความร้อนวนอยู่รอบถังแช่แข็ง ซึ่งเป็นถึง 2 ชั้น โดยชั้นนอกใช้ในการวนรอบถังของตัวกลางนำความร้อน ส่วนชั้นในจะใช้ในการแช่แข็งภายในถังที่เป็นตัวกลางนำความร้อนจะใช้ขดลวดความร้อนเป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สาเหตุที่ต้องใช้ตัวกลางนำความร้อนในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่ความร้อนไปยังถังแช่เย็นนั้น เนื่องจากโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน หากสัมผัสกับความร้อนโดยตรงอาจทำให้มีโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เสียรูป โดยจะมีผลมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับความอ่อนและแข็งของเนื้อผลิตภัณฑ์

การใช้ Box function PID ใน PLC ในการควบคุมอุณหภูมินั้นสามารถทำได้ แต่จำเป็นต้องมีการดาวน์ล็อกอินพุตเฉพาะของ RTD เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งการดาวน์ล็อกค่อนข้างสูง ทางอาจารย์ที่ปรึกษาได้แนะนำให้มีการนำ Temperature Controller ที่มีจากโครงการเดิมมาประยุกต์มาใช้แทน จากนั้นทดลองโดยใช้ Temperature Controller ทำการเชื่อมต่อกับ RTD และขดลวดความร้อน โดยผ่าน Modbus Protocol (โพรโตคอลชนิดหนึ่งที่ใช้ในการสื่อสารระหว่าง PLC และอุปกรณ์ควบคุม) เมื่อนำค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller ได้แก่ ค่า Process Value (PV) , ค่า Set Point (SV) และค่า P, I, D มาเป็นค่าของตัวแปรที่ใช้งานในบล็อก PID ของ PLC พบว่าการควบคุมอุณหภูมิของระบบไม่มีความเสถียรมากพอ เนื่องจากค่าตัวแปรเหล่านั้นก่อนที่จะนำเข้าบล็อกของ PLC นั้นต้องผ่านการเชื่อมต่อแบบ Modbus Protocol มาก่อน ทำให้เวลาในการส่งข้อมูลมีเวลาที่มากขึ้น ข้อมูลที่รับส่งมีความล่าช้า การเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายแต่ละครั้งใช้เวลานาน ทำให้การควบคุมเป็นไปได้ยาก



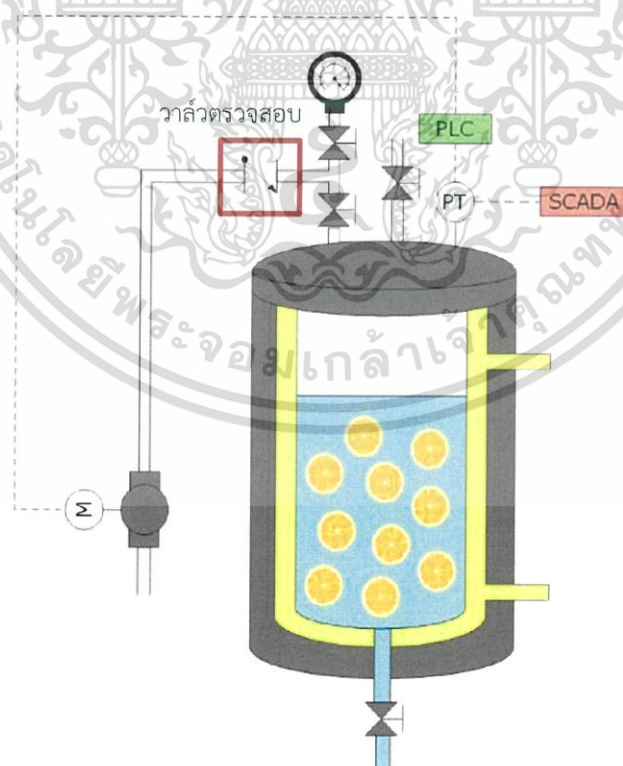
รูปที่ 3.3 การควบคุมอุณหภูมิในระบบการแช่เย็น

### 3.1.2 การควบคุมความดัน

จากการศึกษาพบว่า เมื่อมีการใช้ความดันเข้ามาช่วยในการแช่เย็น ซึ่งความดันในที่นี้เป็น การควบคุมแบบสุญญากาศ จะช่วยเร่งอัตราในการออสโมซิสให้เร็วมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการควบคุมความดันจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การแช่เย็นยิ่งเป็นไปได้เร็วมากยิ่งขึ้นเช่นกัน การกำหนดค่าความดันขึ้นอยู่กับความอ่อนแข็งของเนื้อผลไม้ ซึ่งผลไม้ลักษณะแข็งก็สามารถใช้ความดันสูงได้ แต่ถ้าผลไม้มีเนื้ออ่อนจะลดความดันลงเพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความดันภายในถังแช่ส้มให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งเป็นระบบควบคุมวงปิด (Closed Loop Control) เช่นเดียวกับขั้นตอนของการควบคุมอุณหภูมิ โดยในส่วนนี้จะใช้อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter, PT) ที่ติดตั้งบนถังแช่ส้มเป็นอุปกรณ์วัดความดันภายในถังเพื่อทำการควบคุมแบบป้อนกลับให้กระบวนการ ซึ่งในโครงการนี้กำหนดค่าความดันสภาวะสุญญากาศในถังแช่ส้มไว้ที่ 93 kPa ในกรณีที่เนื้อผลไม้มีลักษณะแข็ง หรือกำหนดค่าความดันสภาวะสุญญากาศในถังแช่ส้มไว้ที่ 87 kPa ในกรณีที่เนื้อผลไม้มีลักษณะที่อ่อนกว่า โดยค่าความดันที่วัดได้จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ การควบคุมจะควบคุมแบบเป็นจังหวะ โดยในตอนเริ่มต้นจะควบคุมความดันภายในให้เท่ากับค่าที่กำหนดที่อยู่ในสภาวะสุญญากาศ หลังจากนั้นจะรักษาสภาวะสุญญากาศไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจะทำการเปิดวาล์วของถังแช่ส้มเพื่อให้ความดันกลับมาอยู่ในสภาวะบรรยากาศเป็นเวลาอีก 1 ชั่วโมง ทำสลับสภาวะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้มีการบิบและคลายตัวออกเป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มอัตราการขับเคลื่อนการแพร่ของน้ำ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีจากบทที่ 2 จนกระทั่งวัดความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อผลไม้และในน้ำเชื่อมมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และในขณะทำงานระบบต้องการให้ถังแช่ส้มอยู่ในสภาวะสุญญากาศ โดยการคอยดึงอากาศออกเพื่อรักษาระบบการให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ แต่อุปกรณ์ในถังแช่ส้มที่ใช้ไม่สามารถป้องกันการรั่วไหลของความดันได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องมีวาล์วตรวจสอบ (Check Valve) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ความดันไหลย้อนกลับเข้าไปในถังแช่ส้ม



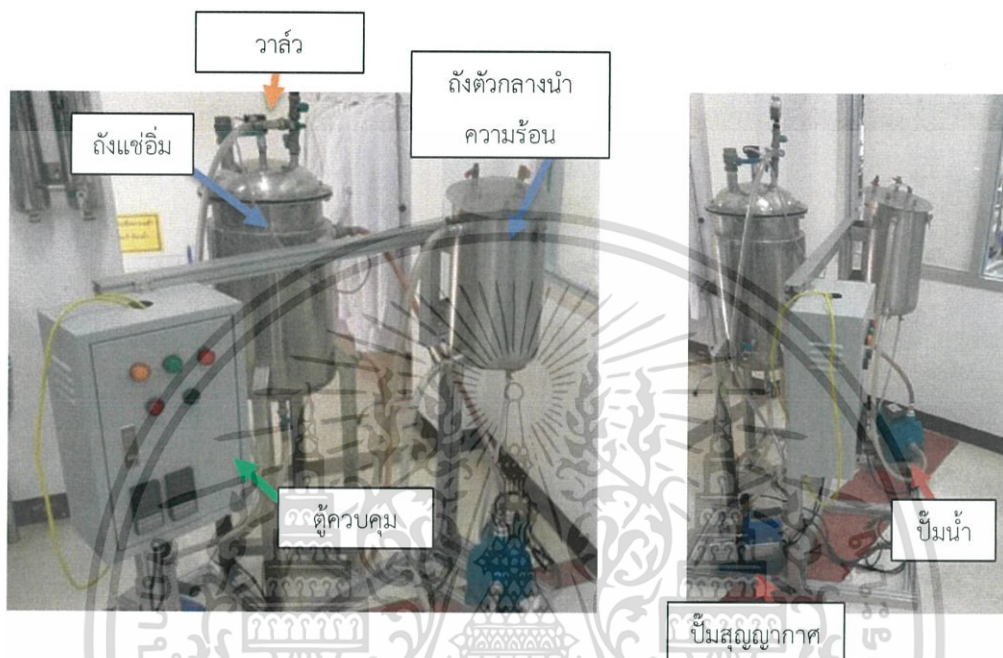
รูปที่ 3.4 การควบคุมความดันในถังแช่ส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการและซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

#### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

กล่าวถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของกระบวนการแช่แข็ง สามารถดูข้อมูลของอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าเพิ่มเติมได้ในบทที่ 2 และภาคผนวก

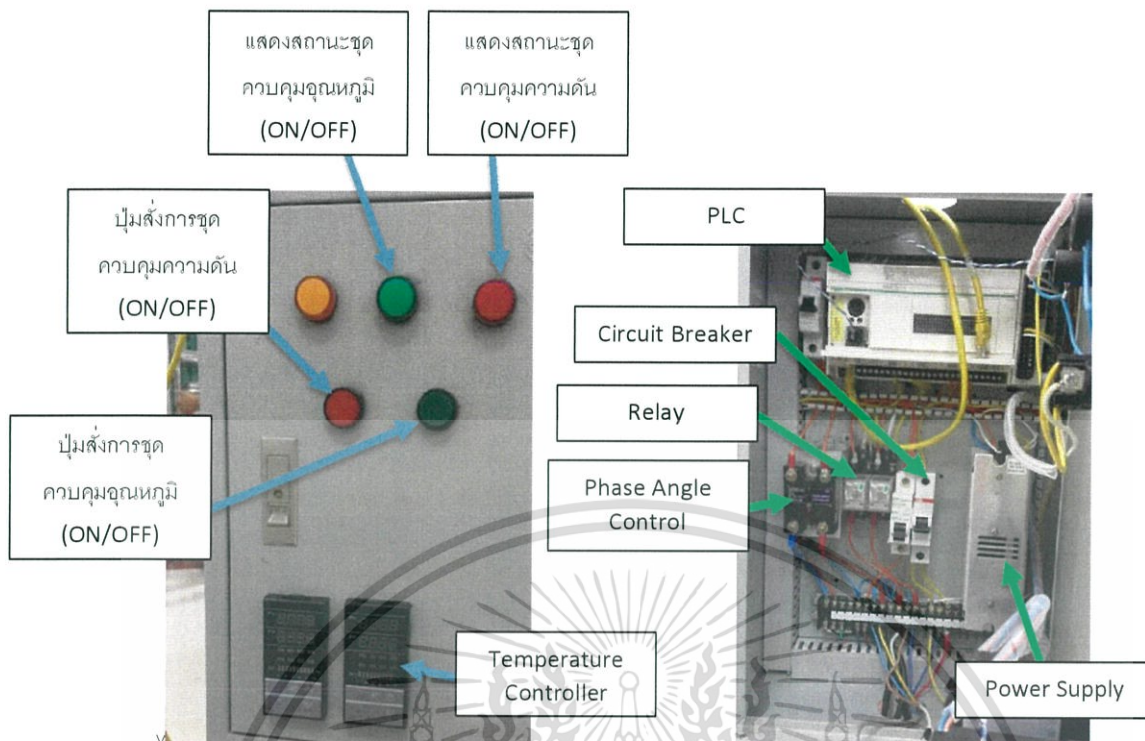


รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ในการทำเครื่องแช่แข็ง



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ในการทำเครื่องแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

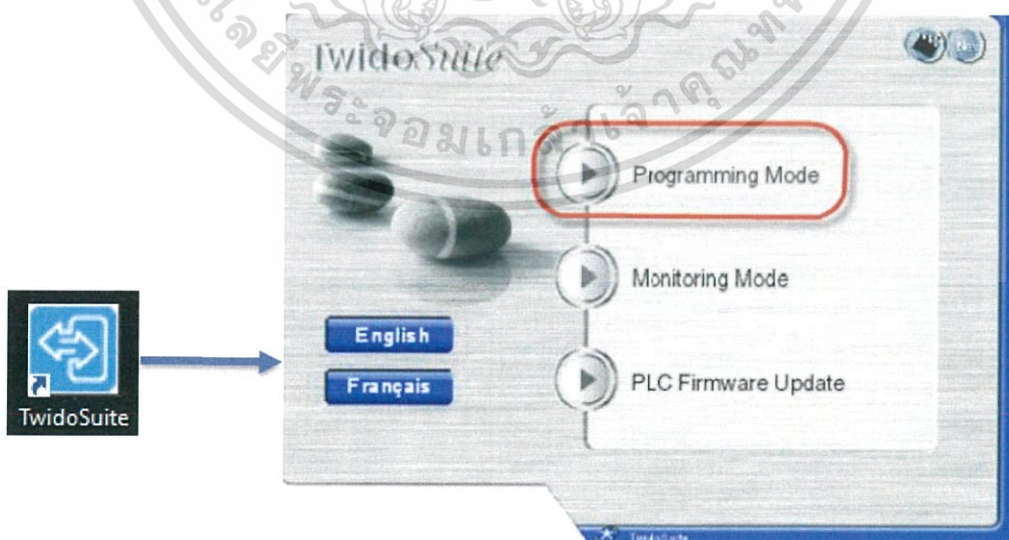


รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ภายในตู้ควบคุม

### 3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการแช่อบ จะใช้โปรแกรม TwidoSuite ในการเขียนโปรแกรม โดยเลือกใช้แลตเตอร์ไดอะแกรมเป็นรูปแบบในการเขียน

#### 3.2.2.1 การสร้าง New Project



รูปที่ 3.8 โปรแกรม TwidoSuite

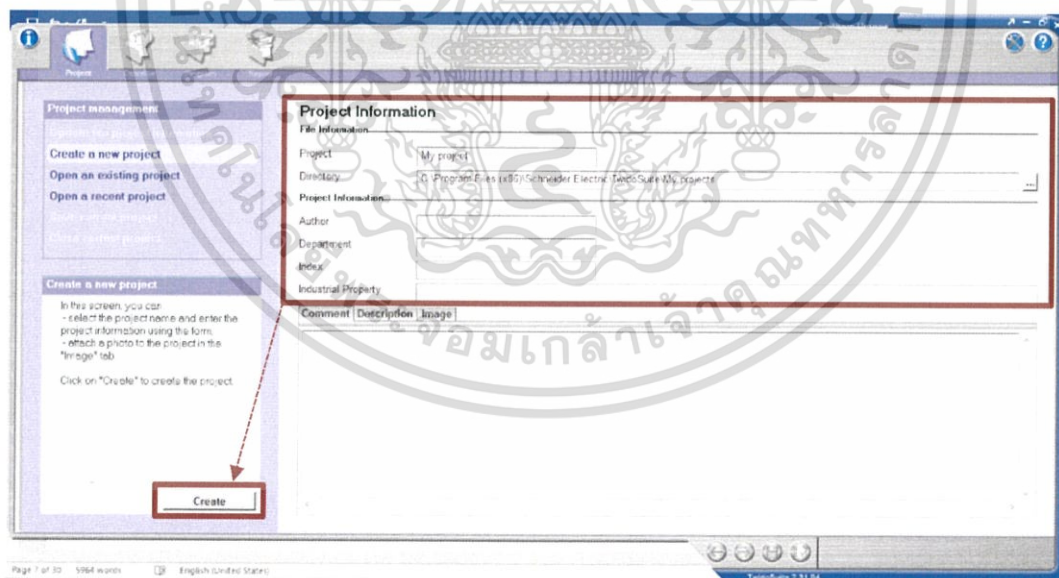
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แสดงการเปิดโปรแกรมของ TwidoSuite ขึ้นมา หลังจากนั้นเลือกที่ Programming Mode ขึ้นมาเพื่อเริ่มสร้างโปรแกรมใหม่



รูปที่ 3.9 การสร้าง New Project ในโปรแกรม TwidoSuite

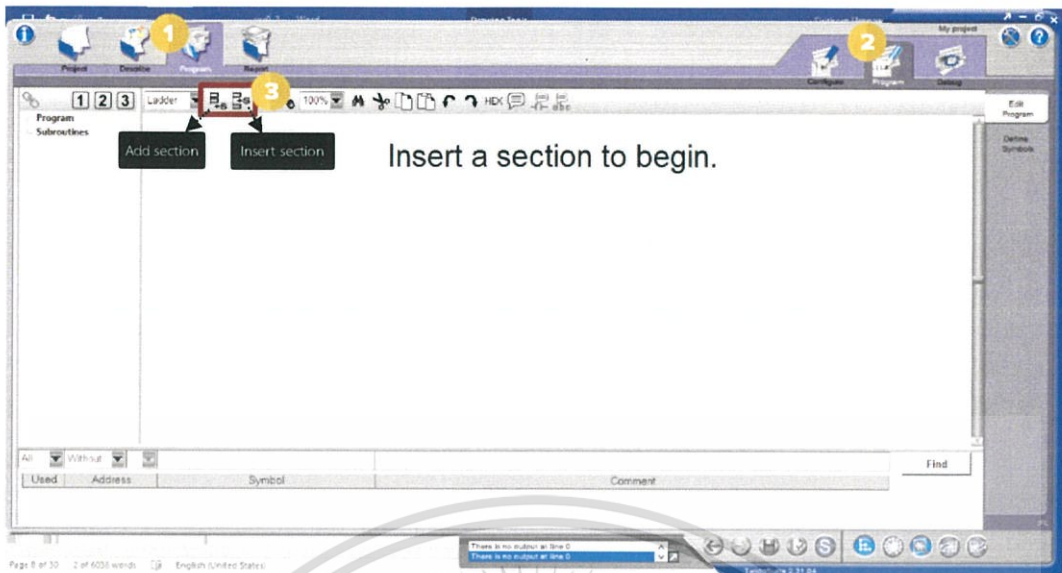
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าจอหลังจากเข้า Programming Mode แล้วเลือกที่ Create a new project เพื่อทำการสร้าง New Project



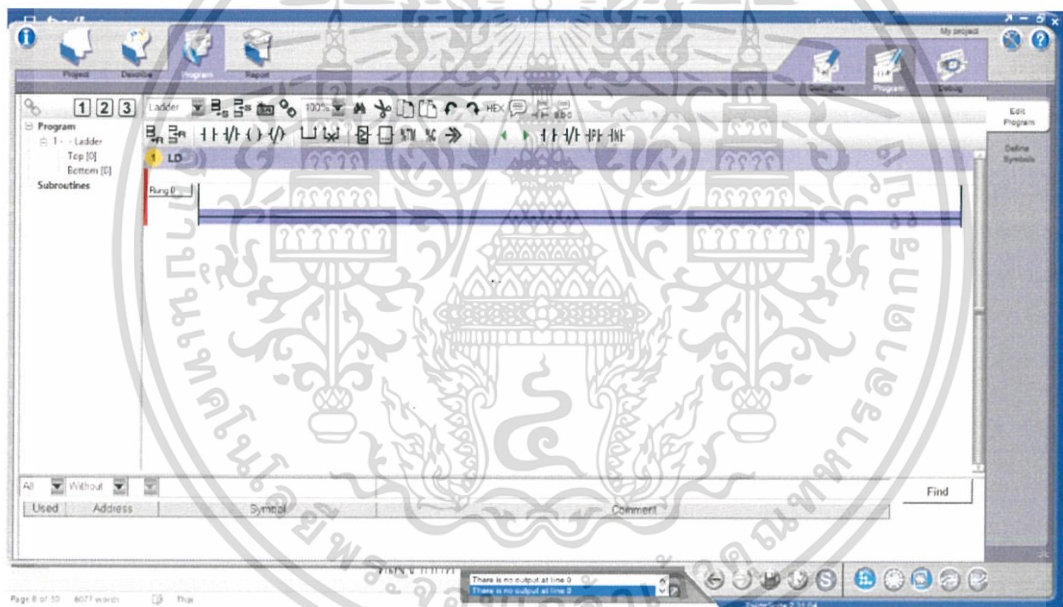
รูปที่ 3.10 ข้อมูลของโปรเจกต์ใหม่ที่สร้างขึ้น

รูปที่ 3.10 แสดงหน้าจอการกำหนดรายละเอียดของโปรเจกต์ที่กำลังสร้าง ประกอบด้วย ชื่อโปรเจกต์ (Project) การกำหนดสถานที่จัดเก็บโปรเจกต์ (Directory) ชื่อผู้สร้างโปรเจกต์ (Author) แผนกหรือหน่วยงาน (Department) เมื่อกำหนดข้อมูลครบตามต้องการแล้วจึงกด Create

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การเริ่มต้นสร้างโปรแกรมในโปรเจกใหม่ของ TwidoSuite



รูปที่ 3.12 การเริ่มต้นสร้างโปรแกรมในโปรเจกใหม่ของ TwidoSuite

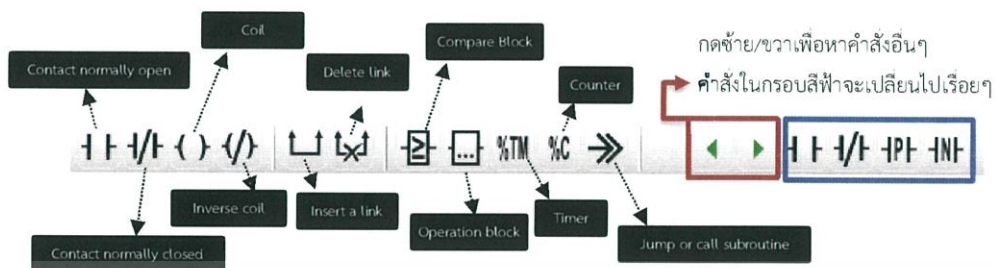
หลังจากกด Create แล้ว ให้กดตามรูปที่ 3.11 เลขที่ 1 (Program) และเลขที่ 2 (Program) เพื่อเข้าสู่หน้าของการสร้างโปรแกรม หลังจากนั้นกดที่เลขที่ 3 เพื่อสร้างแถวในการสร้าง Rung 0 ขึ้นมา สามารถเลือกได้ระหว่าง Add Section กับ Insert section แตกต่างกันว่า Add จะเป็นการสร้างแถวต่อเนื่องไปเรื่อยๆ แต่ Insert จะเป็นการแทรกแถวระหว่างกลาง เมื่อกดอันใดอันหนึ่งแล้ว จะได้ดังรูปที่ 3.12

### 3.2.2.2 การเริ่มต้นการเขียนโปรแกรม

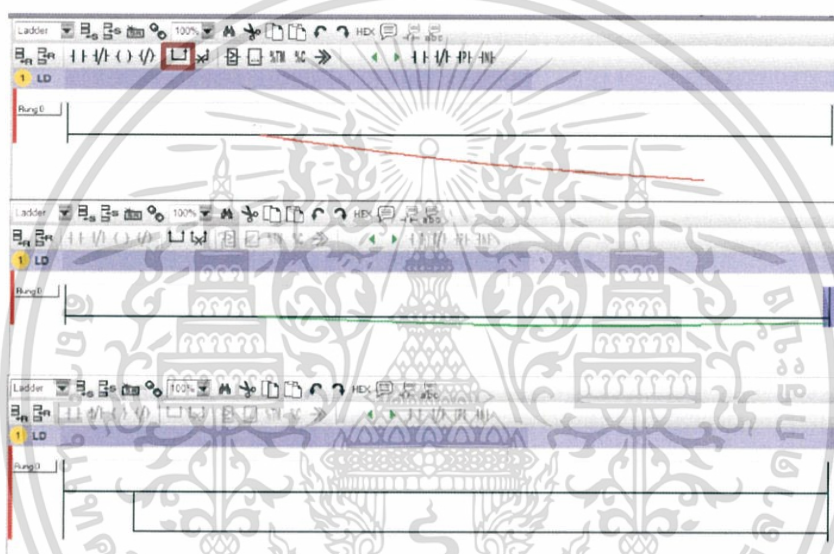
ในโปรแกรมของ TwidoSuite จะใช้การเขียนโปรแกรมแบบแลดเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชุดคำสั่งของการเขียนโปรแกรมจะปรากฏหลังจากสร้าง Rung ขึ้นมาแล้วดังรูปที่ 3.12 ซึ่งต่อจาก Insert section โดยในชุดคำสั่งจะประกอบไปด้วยคำสั่งต่างๆในรูปที่ 3.13

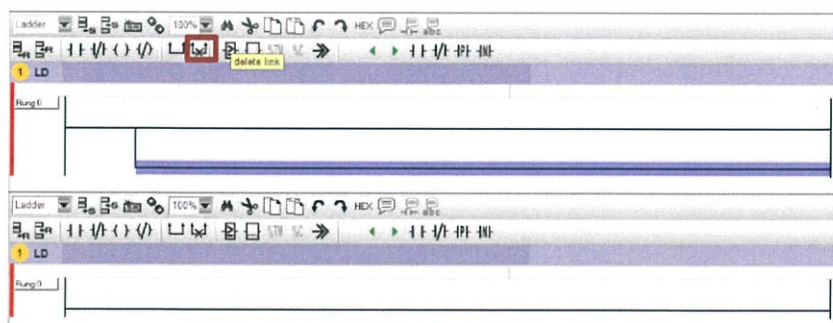


รูปที่ 3.13 คำสั่งต่างๆใน TwidoSuite



รูปที่ 3.14 การ Insert a link

ในรูปที่ 3.14 จะเป็นตัวอย่างในการใช้คำสั่ง Insert a link โดยเมื่อคลิกที่คำสั่งแล้ว จะปรากฏเส้นสีแดงออกมา เมื่อนำลากไปติดกับข้างหลังจะได้เป็นสีเขียว เมื่อคลิกแล้วจะปรากฏแถวต่อจาก Rung 0 เพิ่มอีก 1 แถว



รูปที่ 3.15 การ Delete link

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.15 เป็นกรณีที่ไม่ต้องการแถวที่ได้จากการ Insert a link ทำโดยคลิกไปที่เส้นที่ต้องการลบ จากนั้นคลิกคำสั่ง Delete link แถวที่ได้จากการ Insert a link ก็จะหายไป

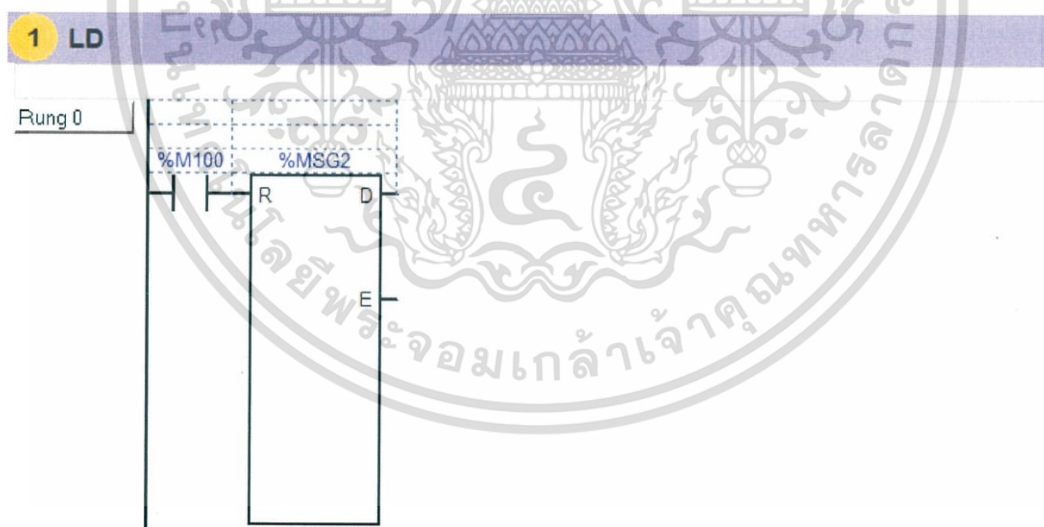
### 3.3 การเขียนแลตเตอร์ควบคุมการทำงาน

#### 3.3.1 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของอุณหภูมิ

เริ่มต้นการเขียนโปรแกรมของชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยนำค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller มาประมวลผลยัง PLC ได้แก่ ค่า PV (Process Value), ค่า SV (Set Value), ค่าสูงสุดขอบบน (Upper Limit Range) และค่าสุดขอบล่าง (Lower Limit Range) ด้วยการสื่อสารแบบ Modbus Protocol หลังจากนั้นตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปรต่างๆเมื่อเริ่มต้นประมวลผล PLC ในครั้งแรก

เขียนแลตเตอร์แสดงค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 เนื่องจาก PLC มี Port RS-485 เพียง 1 พอร์ต ดังนั้น Temperature Controller ทั้ง 2 ตัวจึงต้องใช้การเชื่อมต่อแบบใช้สายสื่อสารเพียงสายเดียว แต่สามารถเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลได้หลายๆเครื่องหรือหลายๆจุดเข้าด้วยกัน หรือเรียกว่าการเชื่อมต่อแบบ Multidrop หลังจากนั้นทำการกำหนดแอดเดรสของ Temperature Controller ทั้ง 2 ตัวให้แตกต่างกัน

##### 3.3.1.1 การตั้งค่าให้ PLC รับส่งข้อมูลกับ Temperature Controller



รูปที่ 3.16 พอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC

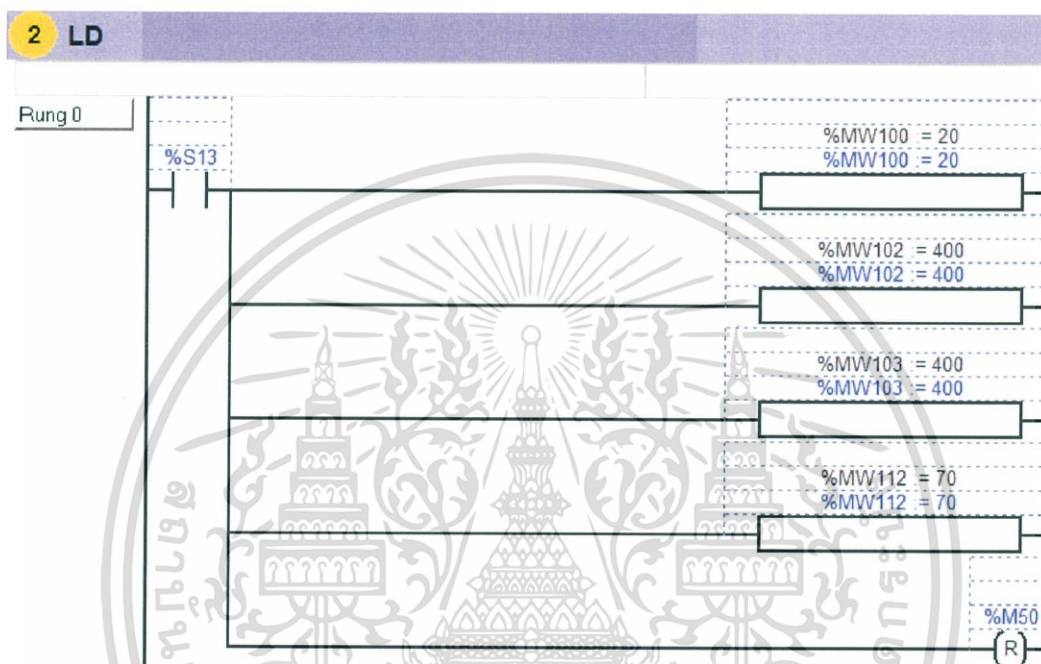
ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูลของ PLC

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%M100	Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 1
%MSG2	Exchange Control Function Block 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 เป็นการตั้งค่าให้ PLC รับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตแลกเปลี่ยนข้อมูล พอร์ตที่ 2 (Exchange Control Function Block 2 หรือ %MSG2 ) โดยที่ขา R (Reset) กำหนดให้ มีค่าตั้งต้นเป็น 0 จากรูปที่ 3.6 จะกำหนดให้ Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 1 คือ %M100 ซึ่งเป็น input ขา R ให้กับ %MSG2

### 3.3.1.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานให้กับ Temperature Controller



รูปที่ 3.17 การตั้งค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของ Temperature Controller

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการตั้งค่าพารามิเตอร์ Temperature Controller

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%S13	Scan Time ที่ 1 วินาที แอดเดรสที่ 13
%M100	Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 1
%M102	Upper Range Temperature
%M103	Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 2
%M112	Set Point ของโปรแกรมในส่วนการควบคุมระบบความดัน
%M50	Reset ทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC

จากรูปที่ 3.7 เป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานให้กับ Temperature Controller ในการเปิดเครื่อง PLC ครั้งแรก โดยที่เริ่มแรกจะใช้ %S13 เป็น Start Bit ซึ่ง %S คือ Scan Time ที่ 1 วินาที เนื่องจากการตั้งค่าพารามิเตอร์เป็นการตั้งค่า Set Point ให้กับ Temperature Controller ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

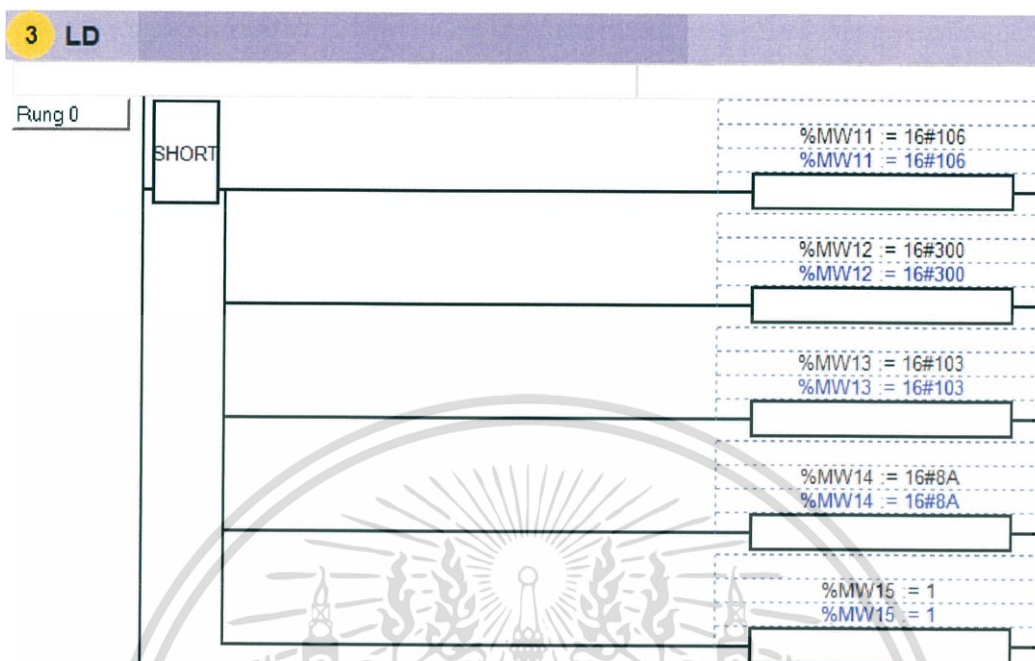
ที่ 1 และ 2 ดังนั้นความไวในการส่งจึงมีผลอย่างมากต่อกระบวนการ การรับส่งข้อมูลในรูปแบบ Modbus Protocol จะมีการส่งข้อมูลเป็นแบบวงรอบ (Cycle) ข้อมูลที่มีการส่งขณะที่ Modbus Protocol ยังทำงานไม่ครบวงรอบจะต้องรอจนกว่า Modbus Protocol จะรับส่งข้อมูลในวงรอบนั้นเสร็จ จึงจะถูกส่งไปในวงรอบใหม่ ซึ่งถ้าเป็นการเปลี่ยน Set Point ความไวในการส่งจะมีต่อการทำงาน เช่น กรณีที่ต้องการเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 30 องศาเซลเซียสเป็น 50 องศาเซลเซียสภายในระยะเวลา 30 วินาที ไม่อย่างนั้นผลผลิตก็จะได้ไม่ผลตามที่ต้องการ หากการรับส่งข้อมูลเกิดขึ้นช้า ต้องรอวงรอบการส่งข้อมูลครั้งต่อไป กว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่อาจจะมากกว่า 30 วินาที ดังนั้นจึงมีการใช้ %S เข้ามาเพื่อให้การส่งข้อมูลเป็นแบบ Interrupt กล่าวคือ ไม่ว่า Modbus Protocol จะส่งข้อมูลครบวงรอบหรือยัง หากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใน %S เช่น ค่า Set Point แล้ว Modbus Protocol จะให้ความสำคัญกับข้อมูลนี้ก่อน โดยการหยุดรับส่งข้อมูลที่ทำอยู่แล้วส่งข้อมูลใน %S ก่อน เมื่อส่งเสร็จสิ้นจึงจะกลับมาทำการรับส่งข้อมูลที่หยุดไปต่อ

%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 เนื่องจากในโครงการไม่ได้มีการใส่แบตเตอรี่ไว้ใน PLC เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการ Move ค่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในการใช้งานหรือค่าพารามิเตอร์พื้นฐานตั้งต้นของ Temperature Controller ไปไว้ในแอดเดรสต่างๆให้แก่ Temperature Controller โดยจะประกอบไปด้วย

- %MW100 คือ Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 1 ให้มีค่าเท่ากับ 20 ทุกครั้งที่ Run PLC
- %MW102 คือ Upper Range Temperature ให้กับ Temperature Controller ตัวที่ 1 ให้มีค่าเท่ากับ 400 และเนื่องจากที่กล่าวมาในข้างต้น เมื่อ Run PLC ทุกครั้ง ค่าที่ไม่ได้กำหนด จะถูกรีเซ็ตให้เป็น 0 เราจึงไม่ต้องกำหนด Lower Range Temperature เพราะค่า Lower Range Temperature ที่เราจะใช้มีค่าเท่ากับ “0”
- %MW103 คือ Set Point Temperature ของ Temperature Controller ตัวที่ 2 ให้มีค่าเท่ากับ 40 ทุกครั้งที่ Run PLC จากรูปที่ 3.7 จะเห็นเป็น 400 เนื่องจากค่าพื้นฐานของ Temperature Controller ตัวที่ 2 นั้นมีการตั้งค่าที่แตกต่างจาก Temperature Controller ตัวที่ 1 โดย 400 ที่ส่งให้จะมีค่าเป็น 40.0 ซึ่งค่าเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของ Input RTD ที่ต่อเข้ากับ Temperature Controller
- %MW112 คือ Set Point ของโปรแกรมควบคุมความดันที่จะใช้งาน โดยค่าเหล่านี้จะสามารถปรับเปลี่ยนได้หลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
- %M50 (Reset) คือ การรีเซ็ต %M50 ในทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.3 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการรับข้อมูลจากการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการรับข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

จากคู่มือการเขียนโปรแกรมของ TwidoSuite ได้กำหนดให้มีรูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล ซึ่งจะมีการรับข้อมูลแบบ Half Duplex ประกอบไปด้วยข้อมูลดังรูปที่ 3.19 โดยเลขของ %MW0 , %MW1 หรือ %MW2 สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำหนดแอดเดรสแต่ละตัวขึ้นมา สาเหตุที่การรับข้อมูลไม่จำเป็นต้องมี %S นั้นเนื่องจากการอ่านข้อมูลนั้นมีการอ่านอยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว แต่การส่งจะเปลี่ยนไปที่ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าที่ตั้งไว้ (SV)

```
[%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 3.19 รูปแบบในการเขียนชุดข้อมูลสำหรับการรับข้อมูล

จากรูปที่ 3.18 เป็นการเชื่อมต่อด้วย Modbus Protocol จาก PLC ไปยัง Temperature Controller โดยจะใช้ %MW ของค่าต่างๆเป็นพื้นที่การเก็บฟังก์ชันในการเชื่อมต่อกับ Controller ในรูปของเลขฐาน 16 โดยใช้คำสั่ง SHORT ซึ่งคือ การพรอสหรือการคงสถานะของ Input ให้มีค่าเท่ากับ “0” หรือ “1” ตามต้องการ ในที่นี้มีการพรอส Input ให้มีค่าเท่ากับ “1” เนื่องจากเป็นการรับข้อมูล จึงไม่มีการระบุค่าให้กับ Input ค่าพื้นฐานของโปรแกรมจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 1

โดยมีฟังก์ชันในการรับค่าต่างๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ %MW13 := 16#103

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

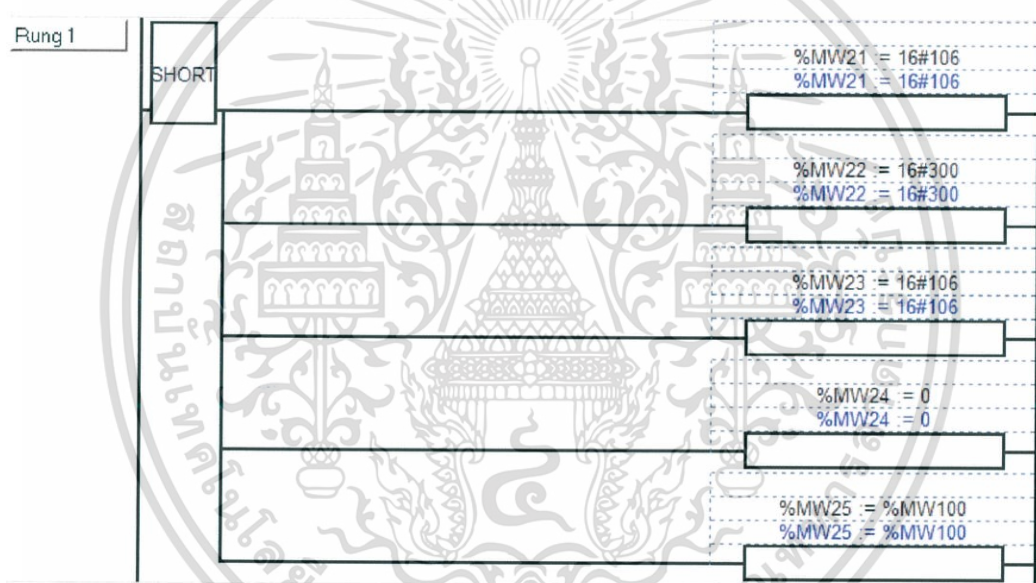
➤ %MW14 := 16#8A

%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

### 3.3.1.4 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol ในการส่งข้อมูลจากการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อ Modbus Protocol สำหรับการส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.20 เป็นการเชื่อมต่อด้วย Modbus Protocol จาก PLC ไปให้กับ Temperature Controller เหมือนดังรูปที่ 3.18 แตกต่างกันในรูปที่ 3.18 จะเป็นการรับข้อมูล แต่รูปที่ 3.20 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ %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 ให้กับการส่งค่า เพื่อที่จะสามารถสามารถเปลี่ยนแปลงค่าที่ส่งให้กับ %MW25 ได้ เนื่องจากถ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่าให้กับ %MW25 โดยตรง จะไม่สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลง เพราะจะต้องไปทำการการเปลี่ยนแปลงโดยตรงที่ Block Function ดังนั้นจึงมีการใช้ %MW100 ที่เป็น Buffer เป็นตัวกลางการเปลี่ยนแปลงค่า โดยที่เปลี่ยนค่าที่ Memory Word แทนที่จะไปเปลี่ยนที่ Block Function โดยตรง

### 3.3.1.5 Function Box สำหรับใช้ส่งค่าไปยัง Temperature Controller



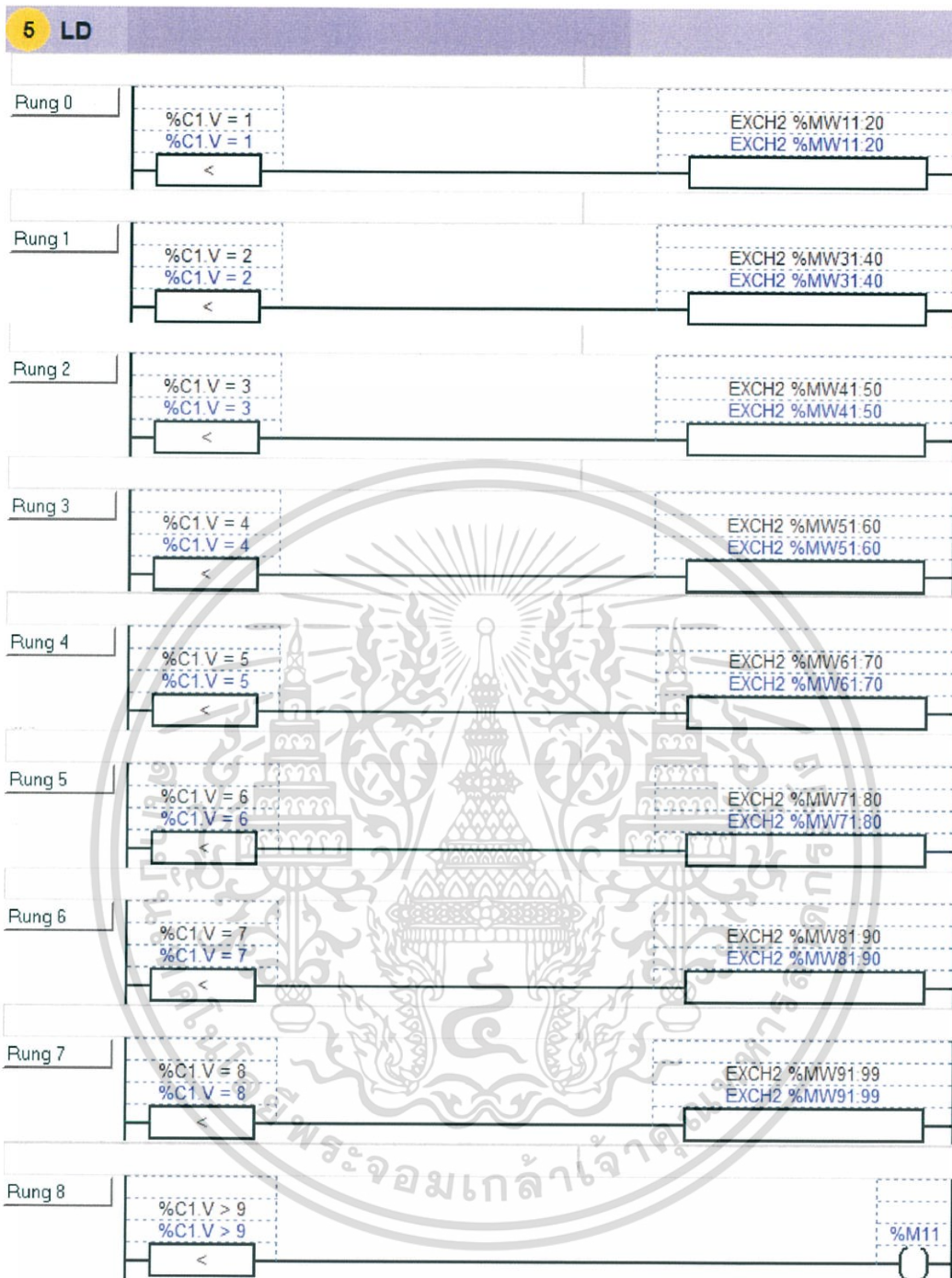
รูปที่ 3.21 Function Box สำหรับ Modbus Protocol ที่ใช้ส่งค่าให้ Temperature Controller

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

เมื่อทำการกำหนดพื้นที่ในการเก็บค่าจาก Temperature Controller แล้วในขั้นตอนก่อนหน้าดังรูปที่ 3.18 และ 3.20 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน จึงต้องมีการเรียกค่าเหล่านั้นขึ้นมาแสดงเพื่อดูค่าว่าค่าดังกล่าวนั้นตรงกับความเป็นจริงหรือไม่ โดยในรูปที่ 3.21 นี้จะเป็นการเจาะจงการดูค่าที่ส่งให้กับ Temperature Controller เพื่อความรวดเร็วในการส่งค่า จึงใช้ %S6 ที่มีระยะเวลา Scan Time ที่ 1 วินาที เพื่อให้การตอบสนองต่อการส่งค่าได้โดยทันทีที่ต้องการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

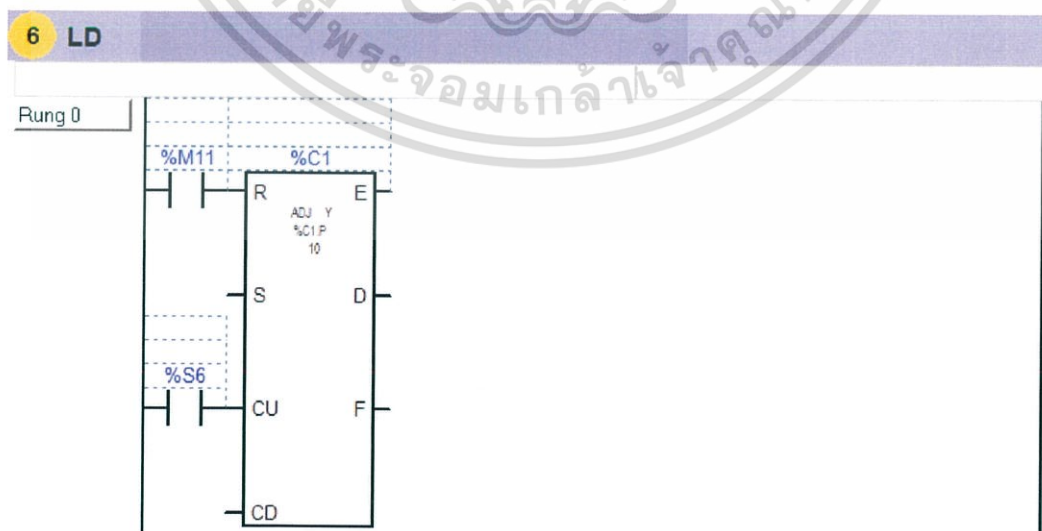
ตารางที่ 3.5 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของการ Function Box ในการส่งค่าให้ Temperature Controller ใน Rung ที่ 1

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	เอาต์พุตของเคาเตอร์

จากรูปที่ 3.21 และ 3.22 เป็นส่วนของเคาเตอร์ที่ใช้เพื่อรับค่าที่อ่านได้จาก Temperature Controller ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีการวนลูปไปตามจำนวนข้อมูลที่ต้องการอ่าน โดยแต่ละ %C1.V จะใช้เวลาในการอ่านข้อมูลใน 10 แอดเดรสภายในเวลา 1 วินาที เช่น %C1.V=1 มี EXCH2 %MW11:20 มีความหมายคือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 11 ถึง 20 จะมีการอ่านครบรอบภายในวินาทีที่ 1 แล้วไปนับต่อที่ %C1.V=2 ที่มี EXCH2 %MW31:40 คือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลในพอร์ตที่ 2 ที่แอดเดรส 31 ถึง 40 จะมีการอ่านครบรอบภายในวินาทีที่ 2 แล้วนับต่อไปเรื่อยๆจนถึง %C1.V>9 และมีการกำหนดเคาเตอร์ให้ทำการหยุดอ่านค่า โดยให้เป็น %M11 เข้ามาแทน EXCH2 ในบรรทัดสุดท้าย ซึ่ง %M11 จะนำไปใช้งานต่อเป็น Input ของ Function Box เคาเตอร์ในรูปที่ 3.24



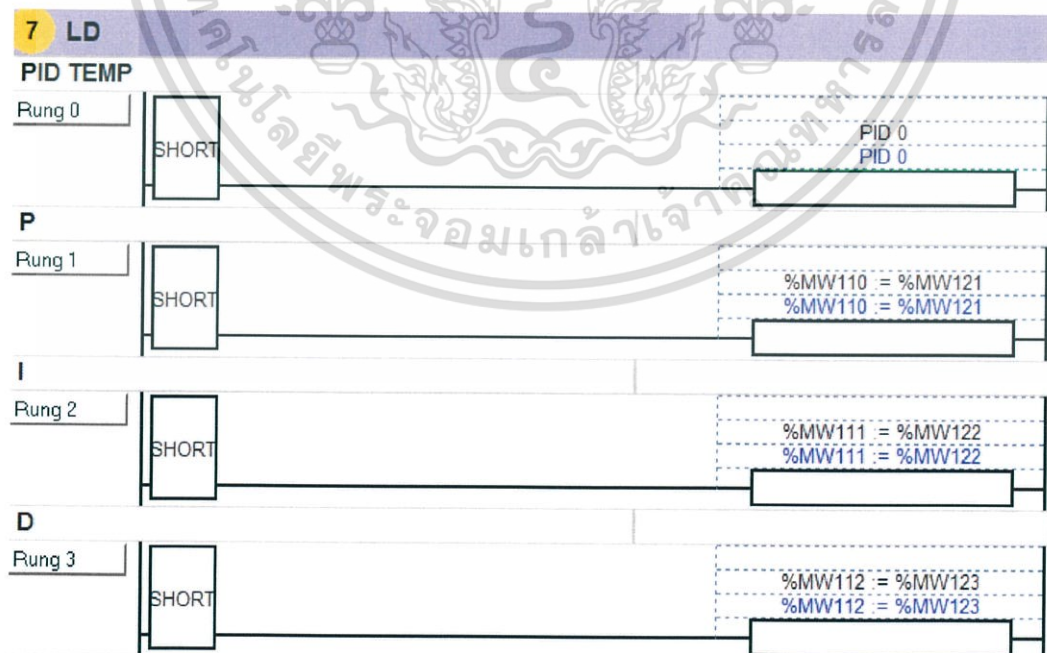
รูปที่ 3.23 Function Box ของเคาเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.23 คือรูป Function box ของเคาเตอร์นำค่า %M11 จากเคาเตอร์ในบรรทัดสุดท้ายในรูปที่ 3.22 มาเป็นสัญญาณคล็อกให้กับ Function Box ของ %C1 ในขา R (Reset) เพื่อที่จะวนลูบการอ่านค่าได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีขา CU (Count Up) ซึ่งจะใช้ %S6 เข้ามาเพื่อให้เป็นตัวนับเวลาให้กับ Function Box เมื่อ %S6 เริ่มนับไปเรื่อยๆจาก %C1.V=1 ไป %C1.V=2 จนถึง %C1.V=9 จากรูปที่ 3.22 ตัวที่ %C1.V=9 จะหยุดอ่านค่าและส่งไปยัง %M11 เมื่อ %M11 ได้รับข้อมูล ขา R (Reset) ก็จะทำงาน %S6 ก็จะเริ่มนับจาก %C1.V=1 ใหม่ไปเรื่อยๆอีกครั้ง จากรูปที่ 3.24 %C1.P ใน Block คือ 10 ซึ่งหมายถึงเวลา (วินาที) ในแต่ละลูบการทำงานของเคาเตอร์

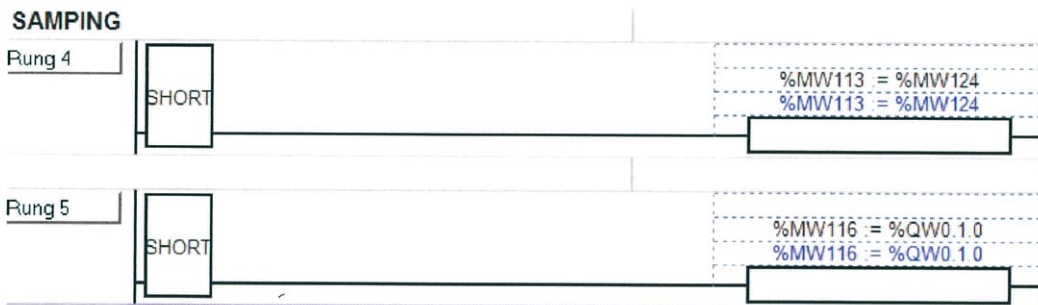
### 3.3.2 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของบล็อก PID

เขียนแลตเตอร์ PID เพื่อควบคุมให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีความเสถียรภาพมากที่สุด ค่าที่วัดได้ต้องเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วที่สุดเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง โดยในการควบคุมจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกคือ P (Proportional Control Action) เป็นการกำหนดการทำงานของเอาต์พุตให้เป็นสัดส่วนร้อยละกับค่าความผิดพลาด ส่วนที่สองคือ I (Integral Control Action) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด และส่วนที่สาม D (Derivative Control Action) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดและรวมไปถึงการรบกวนระบบจากภายนอก โดยที่บล็อกฟังก์ชันการทำงานของ PID คือ PID0 และ %MW121, %MW122, %MW123, %MW124 คือ ฟังก์ชันการรับค่า Modbus จาก Temperature Controller เพื่อเป็น Input ให้กับบล็อก PID0 และ บล็อก PID0 จะมีเอาต์พุตคือ %Q 0.1.0 ดังรูปที่ 3.25 (1) และ 3.25 (2)



รูปที่ 3.24 บล็อกของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 บล็อกของ PID และตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการเก็บค่าสำหรับการทำ PID

### ตารางที่ 3.7 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของบล็อกของ PID

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%MW121	ฟังก์ชันการรับค่า Modbus จาก Temperature Controller เพื่อ
%MW122	เป็น Input ให้กับ บล็อก PID0
%MW122	
%MW124	
%Q 0.1.0	เอาต์พุตของบล็อก PID0

#### 3.3.3 แลตเตอร์ควบคุมการทำงานของความดันและปั๊ม

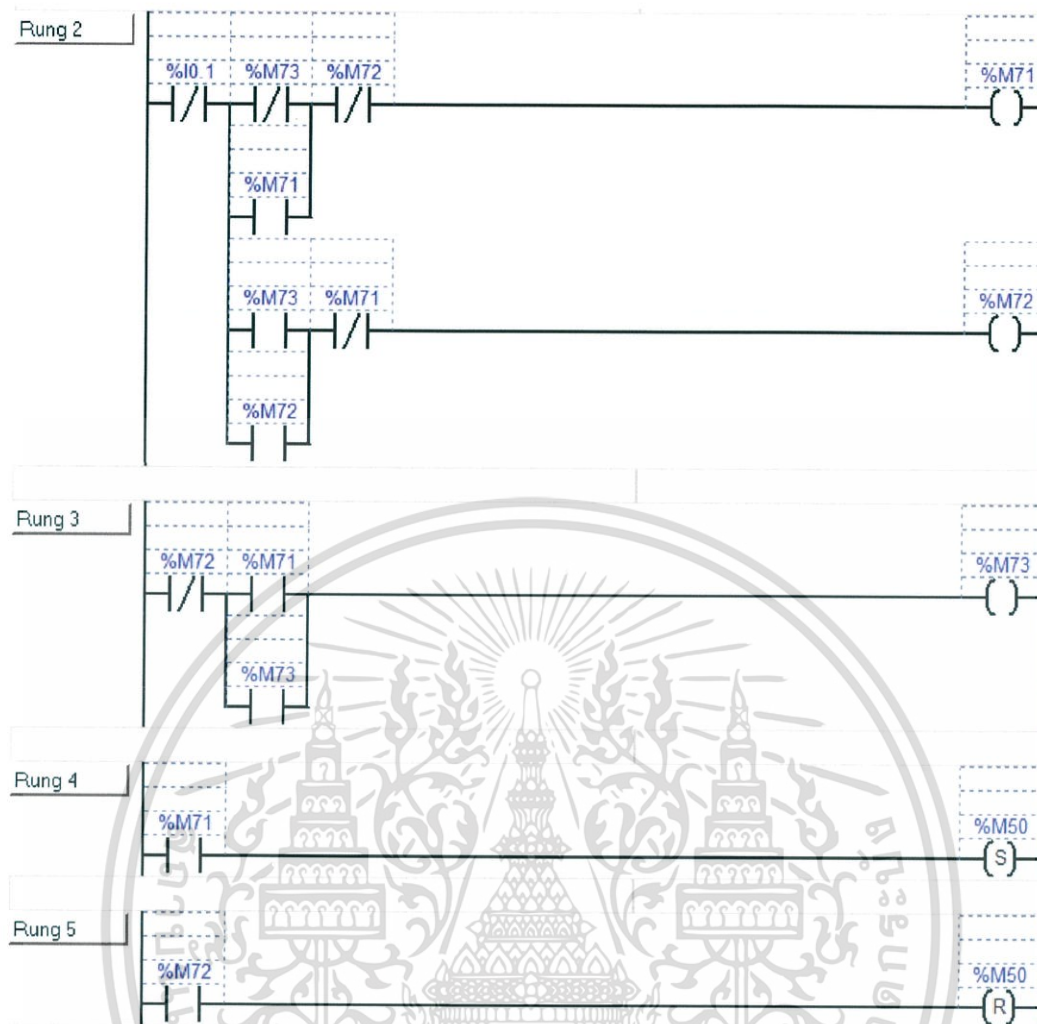
เขียนแลตเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบรักษาความดันภายในถังแก๊ส ให้อยู่ในสถานะสุญญากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยการเขียนโปรแกรมให้มีความสัมพันธ์กับการทำงานของปั๊มสุญญากาศ และเป็นารควบคุมการทำงานของระบบเป็นแบบ ON -OFF Control สามารถกดปุ่ม ON/OFF ที่หน้าตู้ควบคุมหรือจากระยะไกลด้วย SCADA เพื่อสั่งให้เริ่มต้นหรือหยุดการทำงานของระบบควบคุมความดัน

##### 3.3.3.1 Ladder แสดงการทำงานของปุ่มกด

จากรูปที่ 3.26 คือส่วนของการเขียนโปรแกรมเพื่อทำปุ่มกดในการเริ่มการทำงานหรือหยุดการทำงานที่ส่วนหน้าของตู้ควบคุม เนื่องจากหน้าตู้ควบคุมนั้นมีปุ่ม Push Button Switch (แบบกดติดปล่อยดับ) เพียง 1 ปุ่ม เท่านั้น จึงต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทำให้ปุ่ม 1 ปุ่มนั้นสามารถทำงานในทั้ง 2 สถานะการทำงาน และจะมีการนำ %M71 (ON) และ %M72 (OFF) ไปทำ Tag ตัวแปรให้กับการแสดงผลด้วยระบบ SCADA เพื่อให้สามารถสั่งการได้จากระยะไกลในการเริ่มการทำงานหรือหยุดการทำงาน โดยที่ไม่ต้องมาที่หน้าตู้ควบคุม

โดยที่ %I0.1 คือ Input ที่ได้รับจากปุ่มกดที่อยู่หน้าตู้ควบคุม และ %M71 จะถูกนำมาใช้งานเพื่อสั่งการเริ่มต้นการทำงานของ Vacuum Pump และ %M72 จะถูกนำมาใช้งานเพื่อสั่งการให้หยุดการทำงานของ Vacuum Pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 Ladder ที่แสดงการทำงานของปั๊ม

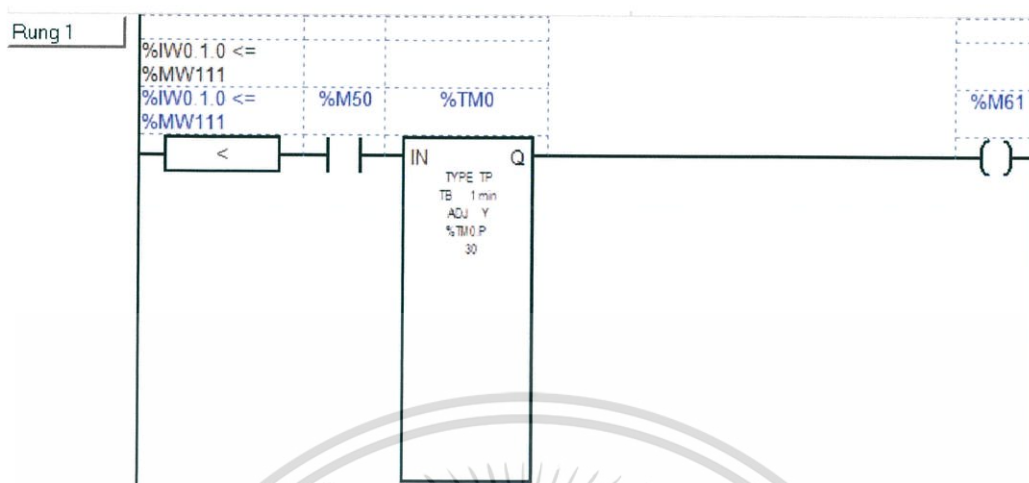
ตารางที่ 3.8 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Ladder ที่แสดงการทำงานของปั๊ม

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

จากรูปที่ 3.26 จะมีการนำตัวแปรของ %M73 มาช่วยในการสร้างเงื่อนไขของการทำงานของปั๊มกด จาก Rung ที่ 3 เป็นการนำ %M71 และ %M72 มา And กัน โดยปกติถ้า %M71 ทำงาน %M72 จะไม่ทำงาน ดังนั้น %M73 จะมีสถานะเป็น 1 อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3.2 Function Box ควบคุมเวลา



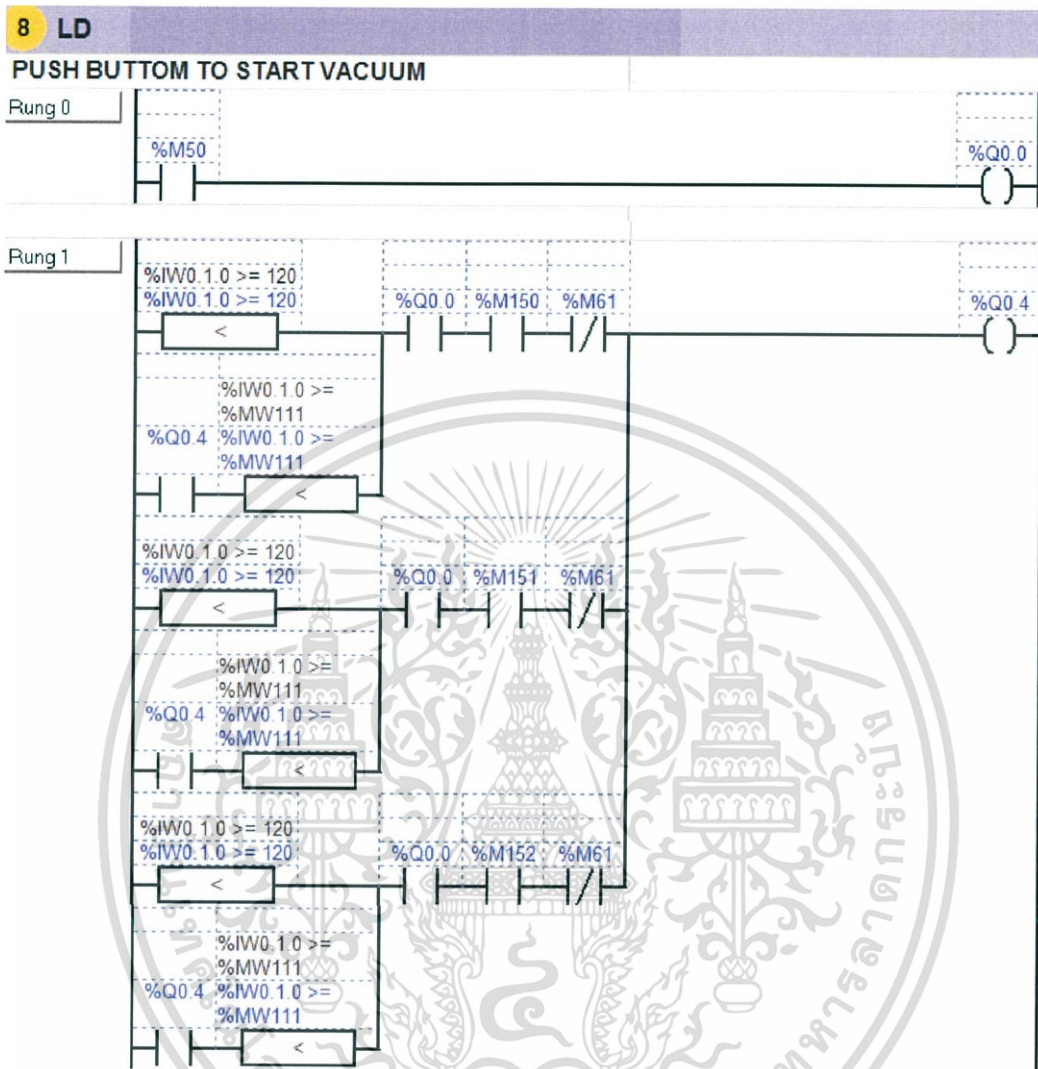
รูปที่ 3.27 Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา

ตารางที่ 3.9 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%IW0.1.0	ค่าที่ความดันที่วัดได้จาก Pressure Transmitter
%MW111	ค่าอินพุต (SV) ที่รับมาจากผู้ใช้งานเพื่อที่จะควบคุมความดันตามความเหมาะสม
%M50	Reset ทุกๆครั้งหลังจากการ Run PLC ครั้งแรกหลังจาก Stop PLC
%M61	สัญญาณเอาต์พุตของ Timer
%TMO.P	Timer Preset

จากรูปที่ 3.27 คือในส่วนของการตั้งเวลาเพื่อเปิดปิดกระบวนการควบคุมความดัน โดยจะมีการใช้ Timer หรือตัวตั้งเวลาเข้ามาช่วยในการควบคุม จากรูปจะเห็นได้ว่าจะมีสัญญาณอินพุตคือลอจิกการเปรียบเทียบระหว่าง %IW0.1.0 <= %MW111 (คือการนำค่าที่ความดันที่วัดได้ Pressure Transmitter มาทำการเปรียบเทียบกับ %MW111) มา And กับ %M50 และสัญญาณเอาต์พุตคือ %M61 โดย Timer จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อ %IW0.1.0 <= %MW111 มีค่าเป็น 1 และ %M50 มีค่าเป็น 1 ด้วย และ %TMO.P คือ Timer Preset โดยในที่นี้จะถูกกำหนดไว้ที่ 30 นาที ซึ่งค่า Timer Preset นี้สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้

### 3.3.3.3 Ladder ที่ใช้ควบคุมความดัน



รูปที่ 3.28 Ladder ที่ใช้ควบคุมความดัน

จากรูปที่ 3.28 เป็นส่วน Ladder การควบคุมความดัน ซึ่งพิจารณาจาก Rung ที่ 1

ตารางที่ 3.10 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%IW0.1.0	ค่าที่ความดันที่วัดได้จาก Pressure Transmitter เป็นแอดเดรสของ Analog Input จาก Pressure Transmitter
%MW111	ค่าอินพุต (SV) ที่รับมาจากผู้ใช้งานเพื่อที่จะควบคุมความดันตามความเหมาะสม
%Q0.0	เอาต์พุตที่ได้จากกดปุ่มเพื่อเริ่มต้นการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 สัญลักษณ์ต่างๆและคำอธิบายของ Function Box ที่ใช้ควบคุมเวลา

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
%M61	เอาต์พุตที่ได้จาก Timer
%Q0.4	เอาต์พุตจากการควบคุมที่นำมาทำ Self-Holding (การคงสถานะของเอาต์พุตและค่าเอาต์พุตนั้นไปควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศ
%M150	เอาต์พุตของฟังก์ชัน Grafcet ที่ทำการเลือกพารามิเตอร์ของอุณหภูมิ
%M151	และเวลาที่ได้รับการบันทึกไว้จากการทดลองครั้งก่อน
%M152	

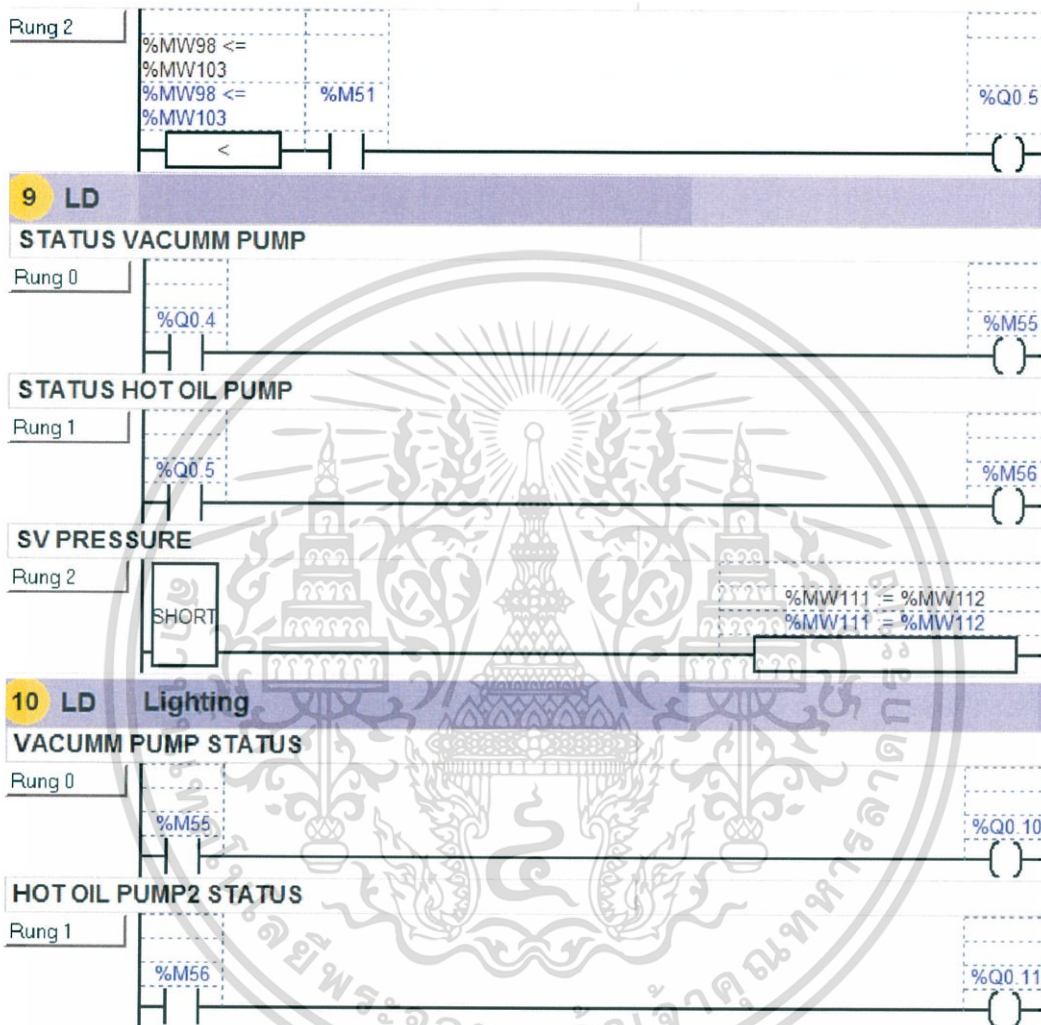
ควบคุมการทำงานของปั๊มสุญญากาศเพื่อควบคุมความดันในถัง

โดยหลักการทำงานคือ %IW0.1.0 จะรับค่ามาจาก Pressure Transmitter มาในรูปสัญญาณ 4-20 mA และ PLC จะทำการนำค่าสัญญาณ 4-20 mA ที่ได้นั้นมาแสดงอยู่ในช่วงของค่าที่ทำการสเกลค่าไว้ ในที่นี้สเกลค่าไว้ที่ 0-2000 โดยที่จะบล็อกการเปรียบเทียบค่าที่ได้อ่านมาได้ด้วยค่าที่ตั้งค่าไว้จากผู้ใช้งาน คือ %IW0.1.0 >= 120 และ %IW0.1.0 >=%MW111 สาเหตุที่ทำให้มีบล็อกการเปรียบเทียบ 2 บล็อกโดยบล็อกที่ใช้ควบคุมคือ %IW0.1.0 >=%MW111 เนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโปรเจกต์นั้นไม่สามารถปิดกั้นความดันภายนอกไม่ให้เข้าไปภายในถังควบคุมได้ 100% จึงทำให้ค่าความดันที่ตั้งค่าไว้นั้นไม่สามารถควบคุมให้ตรงตามต้องการได้ตลอดเวลา ทำให้วงจรรีเลย์ที่ใช้อยู่ใน PLC ที่ควบคุมปั๊มสุญญากาศนั้นทำงานติดต่อบล็อกกันไปมา ทำให้ปั๊มสุญญากาศทำงานหน่วงอยู่ตลอดเวลาและส่งให้วงจรรีเลย์ภายในของ PLC เสียหาย จึงเป็นสาเหตุให้ต้องสร้างบล็อกเปรียบเทียบขึ้นมาอีก 1 บล็อกคือ %IW0.1.0 >= 120 เพื่อรักษาสภาพของวงจรรีเลย์ภายในตัว PLC เพื่อไม่ให้รับภาระในการทำงานมากเกินไป และปั๊มสุญญากาศจะไม่ต้องทำงานตลอดเวลาแต่จะทำงานเฉพาะเมื่อความดันภายในถังสูงเกินค่าที่ถูกตั้งเอาไว้เนื่องจากเรานำ บล็อกทั้งสองบล็อกมาทำการ OR กัน กล่าวคือ เมื่อความดันต่ำกว่าบล็อกเปรียบเทียบที่ 2 แต่ยังไม่ต่ำกว่าบล็อกที่ 1 ปั๊มจะยังไม่หยุดการทำงาน แต่เมื่อความดันในถังต่ำกว่าค่า Set Point ที่ตั้งไว้ในบล็อกที่ 1 การทำงานของปั๊มก็จะหยุดลงทำให้อุณหภูมิภายในถังเป็นไปตามค่าที่กำหนด จากที่กล่าวมาในตอนต้นของคำอธิบายนี้ เมื่อปั๊มหยุดการทำงาน และถึงที่ควบคุมมีการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกเข้าไปทำให้ความดันภายในถังสูงขึ้นถ้าไม่มีการทำบล็อกเปรียบเทียบที่ 2 ขึ้นมาจะทำให้ปั๊มทำงานทันทีที่ความดันมากกว่าหรือเท่ากับค่า Set Point แต่ถ้ามีบล็อกการเปรียบเทียบที่ 2 นั้นจะทำให้ปั๊มไม่ทำงานทันทีที่ความดันไม่เท่ากับ Set Point ซึ่งค่าความดันที่กำหนดในบล็อกการเปรียบเทียบที่ 2 นั้นถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ทดลอง แต่จะต้องเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการทดลองเพราะเนื่องจากที่กล่าวมาในคำอธิบายที่ผ่านมา ด้านบน ได้กล่าวไว้ว่าอุปกรณ์ไม่สามารถปิดกั้นความดันจากภายนอกได้ 100% แต่จากการทดลองที่ทำจะมีการรั่วซึมที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการปิดผนึกถังในแต่ละครั้งของการทดลอง ซึ่งต่างกันออกไปตามผลกำลังของผู้ปิดผนึกถัง เช่น เมื่อตั้งค่า Set Point ไว้ที่ 70 เมื่อปั๊มหยุดทำงานรวมกับการรั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว ค่าที่อ่านได้จะได้ค่าประมาณ 71-73 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำมากและจะคงความดันนี้ไปตลอดการทดลอง

### 3.3.3.4 Ladder การทำงานของปั้มน้ำและปั้มสุญญากาศ

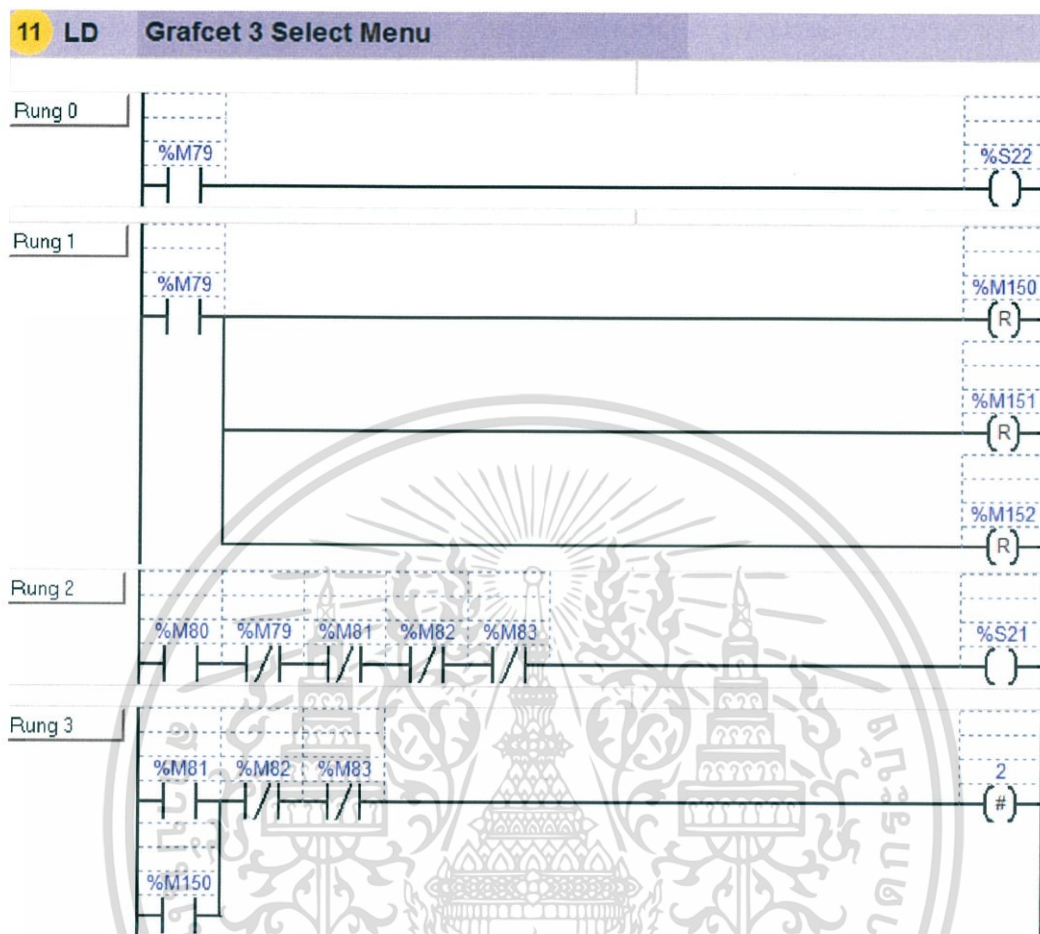


รูปที่ 3.29 Ladder การทำงานของปั้มน้ำและปั้มสุญญากาศ

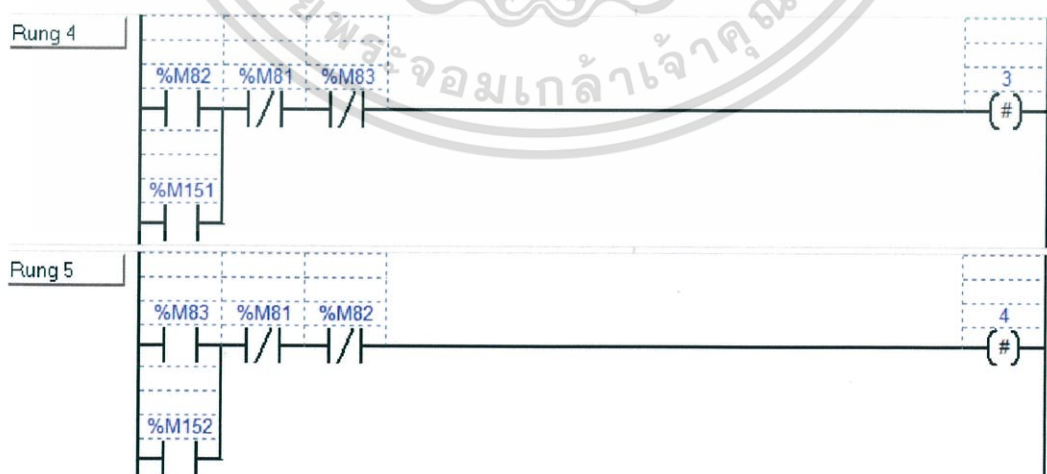
จากรูปที่ 3.29 เป็นส่วนที่นำค่าที่ได้จากเอาต์พุตของการควบคุมปั้มน้ำและปั้มสุญญากาศมาแสดงสถานะที่ SCADA และไฟแสดงสถานะที่อยู่หน้าตู้ควบคุม โดยมีการนำเอาต์พุตคือ %Q0.10 กับ %Q0.11 ไปต่อกับไฟแสดงสถานะ โดยจะมี %M55 และ %M56 เป็น อินพุตที่สามารถแสดง ลอจิก “0” หรือ “1” เพื่อใช้แสดงสถานะของเอาต์พุต %Q0.10 กับ %Q0.11 โดยลอจิก “0” ของ %M55 และ %M56 จะแทน สถานะปั้มไม่ทำงาน และ ลอจิก “1” ของ %M55 และ %M56 แทนสถานะว่าปั้มทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3.3.5 Ladder แสดงเมนูการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดัน

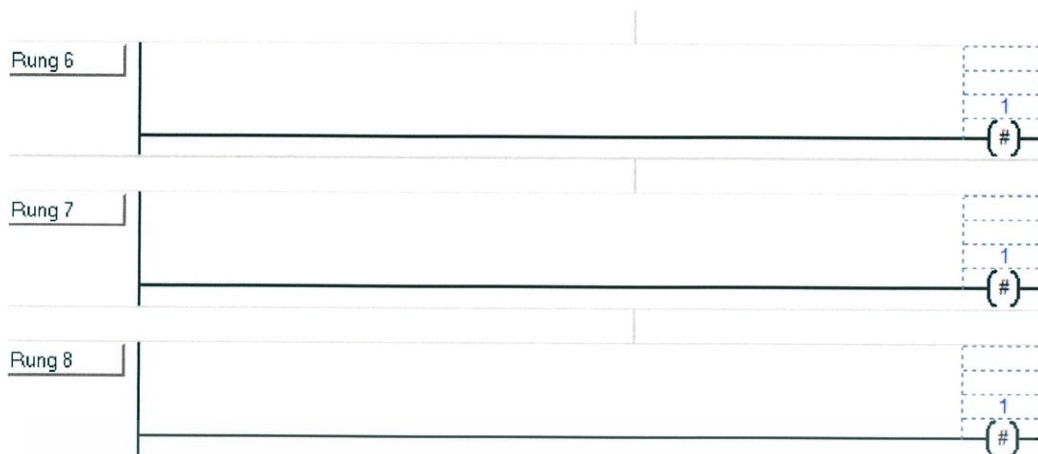


รูปที่ 3.30 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดันที่ได้จากการทดสอบครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (1)

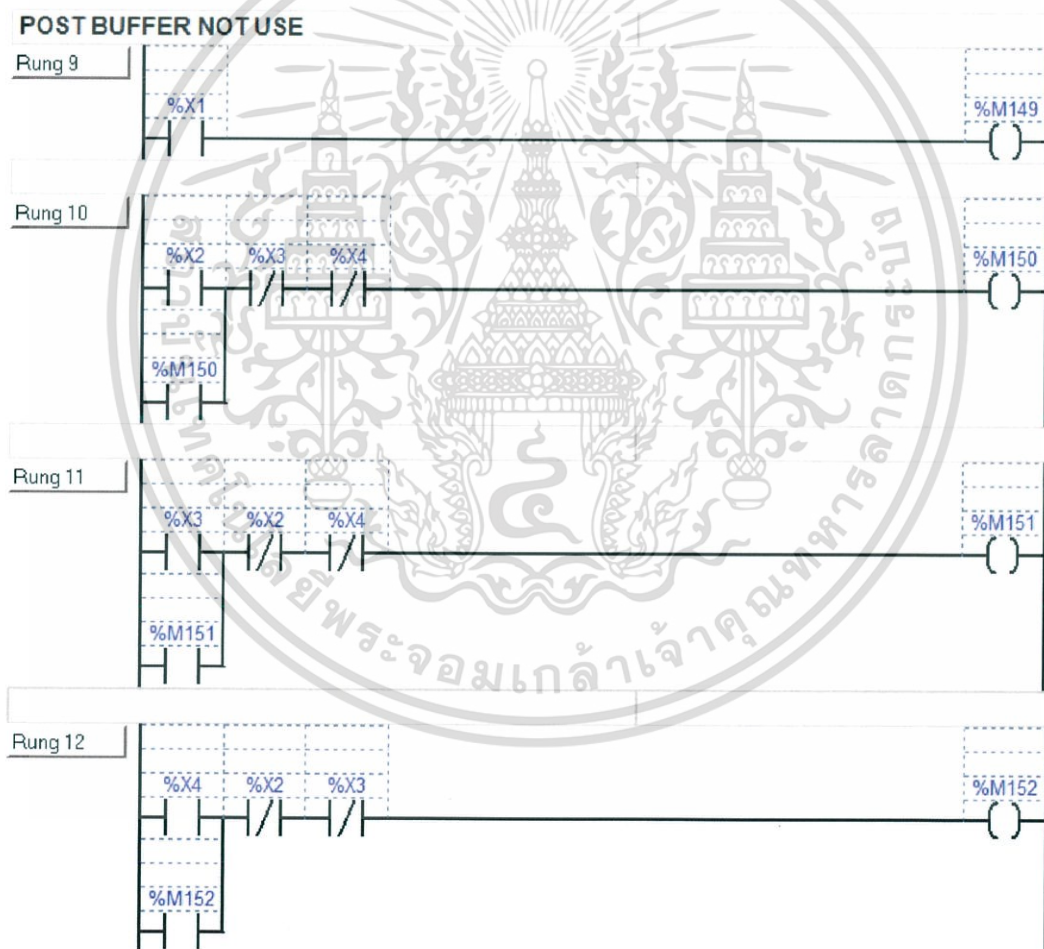


รูปที่ 3.31 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดันที่ได้จากการทดสอบครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (2)



รูปที่ 3.33 Ladder แสดงเมนูสำหรับการเลือกค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดันที่ได้จากการทดลองครั้งก่อนเพื่อใช้ควบคุมในครั้งถัดไป (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.30 ถึง 3.33 เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้เพื่อทำการเลือกเมนู สำหรับการเลือกพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ และความดันโดยอัตโนมัติตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งและทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์นั้นไว้ และนำค่าเหล่านั้นไปสร้างโปรไฟล์ สำหรับการเชื่อมผลไม้ชนิดเดิมในครั้งต่อไป โดยมีค่าแอดเดรสที่ใช้ดังต่อไปนี้

%M79 คือ แอดเดรสที่ใช้สำหรับเริ่มต้นการเลือกเมนูสำหรับการทำงาน

%M81 คือ แอดเดรสที่ใช้สำหรับเลือกเมนูการทำงานที่ 1

%M82 คือ แอดเดรสที่ใช้สำหรับเลือกเมนูการทำงานที่ 2

%M83 คือ แอดเดรสที่ใช้สำหรับเลือกเมนูการทำงานที่ 3

จากรูปที่ 3.30 จะเห็นได้ว่า Rung 0 และ Rung 1 จะมี Input คือ %M79 และมีเอาต์พุตแรกคือ คือ %S22 ซึ่ง %S22 มี Function การทำงาน คือ Grafcet Reset และ %M79 ยังมี เอาต์พุตอื่นๆอีกคือ การ Reset %M150, %M151, %M152 ต่อมาใน Rung 2 จะมี Input คือ %M80 และเอาต์พุตคือ %S21 มี Functionการทำงาน คือ Grafcet initialization โดยที่ Rung 3 ถึง Rung 12 คือฟังก์ชันการทำงาน Grafcet โดยที่ %X2 , %X3 , %X4 จะถูกใช้งานเพื่อเป็นเมนู สำหรับการเลือกใช้งานค่าพารามิเตอร์ของอุณหภูมิและความดัน ที่จะถูกกำหนดค่าให้กับโปรแกรม การควบคุมที่ถูกเขียนไว้ในข้างต้น โดยเมื่อเลือกเมนูดังกล่าวแล้วจะให้ค่าเอาต์พุตของ

%X2 คือ %M150

%X3 คือ %M151

%X4 คือ %M152

โดยเมื่อทำการเลือกจาก %X2 หรือ %X3 หรือ %X4 แล้ว เอาต์พุตนี้ออกมาจะถูกนำไปทำงานร่วมกับ Ladder การควบคุมความดัน ในรูปที่ 3.28

### 3.4 การแสดงผลในระบบสกาตา

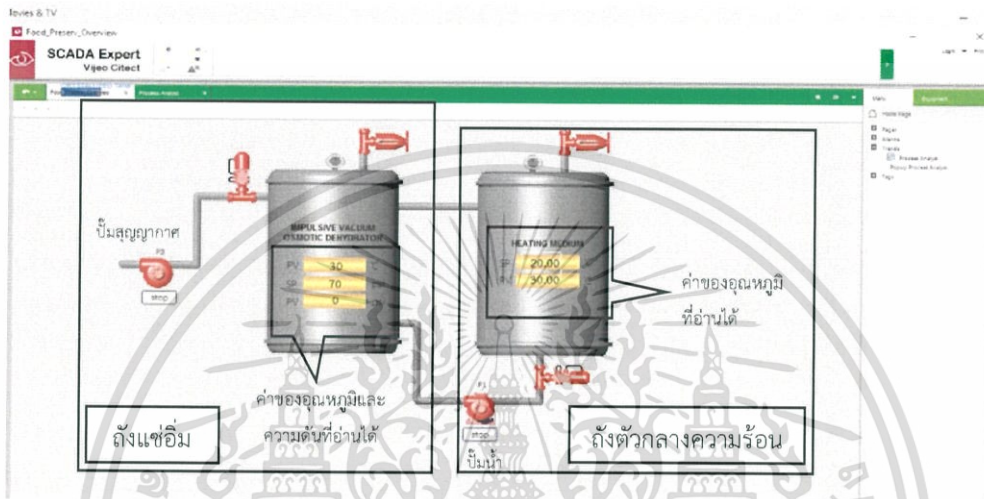
ในส่วนของการแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผล จะเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิล ลอจิกคอนโทรลของกระบวนกับการแสดงค่าผ่านส่วนแสดงผล สามารถปรับเปลี่ยนค่าจากระยะไกล ผ่านจอแสดงผลเพื่อส่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลในการเปลี่ยนแปลงค่าที่ต้องการได้

ในระบบข้อกำหนดเบื้องต้นของการใช้งาน VJC (VijeoCitect) ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานของ ระบบอัตโนมัติและสิ่งที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลและสกาตา และในส่วนการ ติดตั้งของซอฟต์แวร์จะประกอบไปด้วย VijeoCitect 2015 และ Excel DBF Plug-in ซึ่งการเก็บค่าที่ อ่านได้จากกระบวนกรใน VJC เป็นเอกสารในรูปแบบ Excel ได้

### 3.4.1 การวางแผนอุปกรณ์

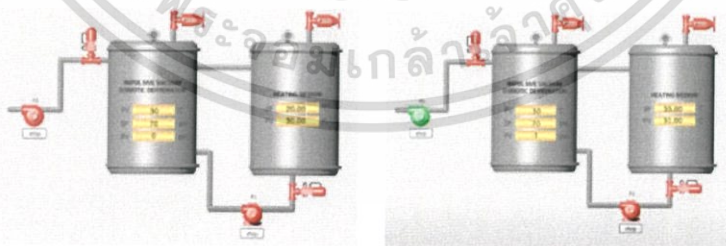
#### 3.4.1.1 วางแผนการทำงานของและระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดในโครงการ

ขั้นแรก ต้องวางแผนการทำงานของและระบุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดในโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วยอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ โดยอ้างอิงถึงรูปแบบของกระบวนการทำงานในระบบ ในหัวข้อ 3.1 มาใช้ในการออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานจากระยะไกล



รูปที่ 3.34 ส่วนแสดงผลของกระบวนการแช่ไข่ม

จากการออกแบบส่วนแสดงผลนั้น จะประกอบไปด้วย ส่วนของการแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ จากรูปที่ 3.34 จะพบว่าอุปกรณ์บนส่วนแสดงผลแสดงในแต่ละอุปกรณ์เป็นสีแดง แสดงว่าอุปกรณ์นั้นๆไม่ได้อยู่ในสถานะของการทำงาน แต่ถ้าเมื่อไหร่ที่เปลี่ยนสีกลายเป็นสีเขียว แสดงว่าอุปกรณ์นั้นได้เปลี่ยนสถานะเป็นสถานะแสดงการทำงาน ดังรูปที่ 3.35



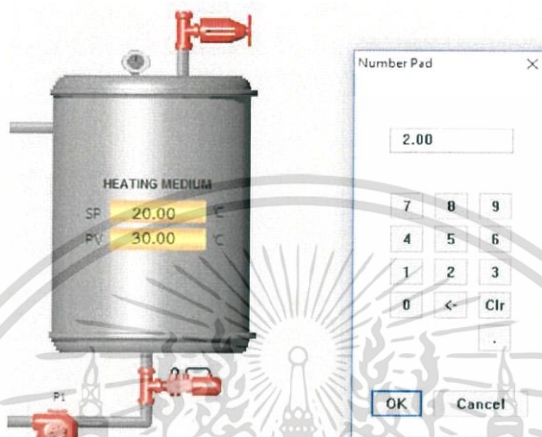
รูปที่ 3.35 ส่วนของการเปลี่ยนแปลงสถานะของปั๊มสุญญากาศ

ในส่วนของการแสดงค่าที่อ่านได้จากกระบวนการ จะแสดงให้เห็นถึงค่าที่ตั้งไว้ของในแต่ละตัวแปร (Set Point, SP) ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าที่ต้องการได้ในส่วนนี้ และค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัด (Process Value, PV) สามารถเปิดหน้าต่าง Number Pad เพื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายได้ โดยกดคลิกที่ตัวเลข SP 2 รอบ (Double Click) จากนั้นใส่ตัวเลขที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม OK ดังรูป 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



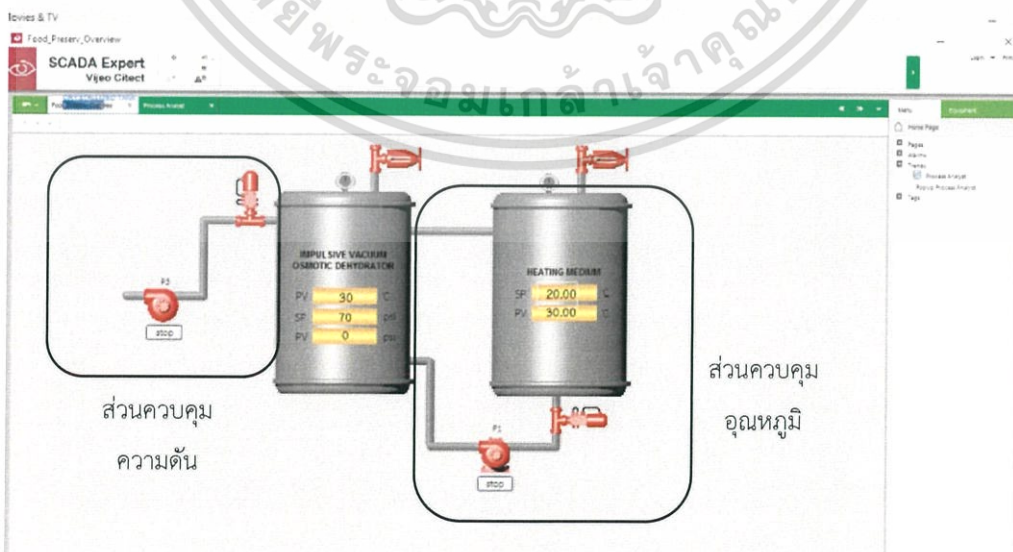
รูปที่ 3.36 ส่วนแสดงผลของค่าที่อ่านได้จากกระบวนการแช่เย็น



รูปที่ 3.37 การเปลี่ยนค่าที่ตั้งไว้ผ่านจอแสดงผล

3.4.1.2 การทำงานของอุปกรณ์และการเก็บข้อมูลตามเวลาจริง (Real Time)

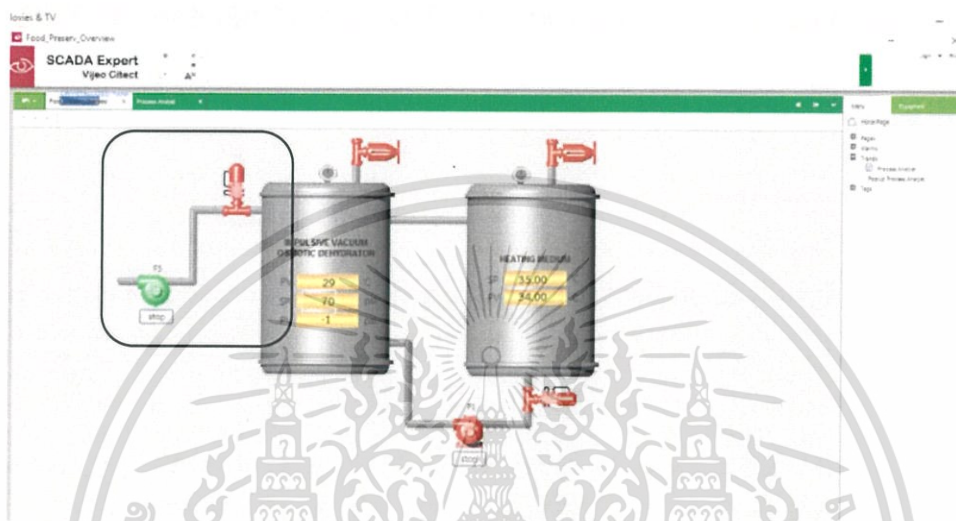
จากรูปที่ 3.34 ในกระบวนการแช่เย็นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนในการทำงาน คือส่วนที่ใช้ในการควบคุมความดัน และส่วนที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ โดยอ้างอิงข้อมูลจากการออกแบบโปรแกรมในหัวข้อที่ 3.1 ในการสร้างความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ



รูปที่ 3.38 ส่วนการควบคุมความดันและอุณหภูมิ

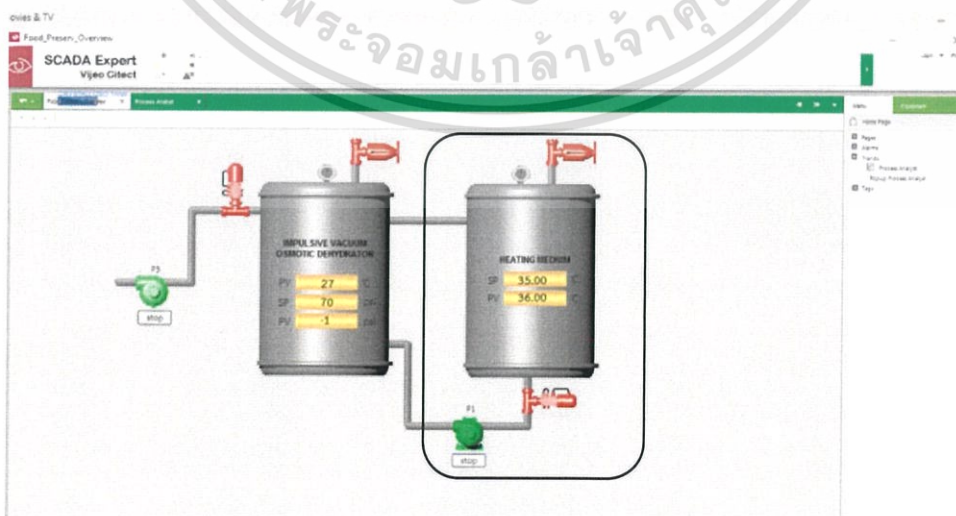
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนการควบคุมความดัน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดความดันที่ส่งผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือปั๊มสุญญากาศและแสดงสถานะทำงานของปั๊มสุญญากาศผ่านจอแสดงผล ในส่วนการทำงานของปั๊มสุญญากาศจะอ้างอิงข้อมูลจากหัวข้อที่ 3.1 ในหน้าที่ 40 เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมความดัน



รูปที่ 3.39 การทำงานของปั๊มสุญญากาศในระบบควบคุมความดัน

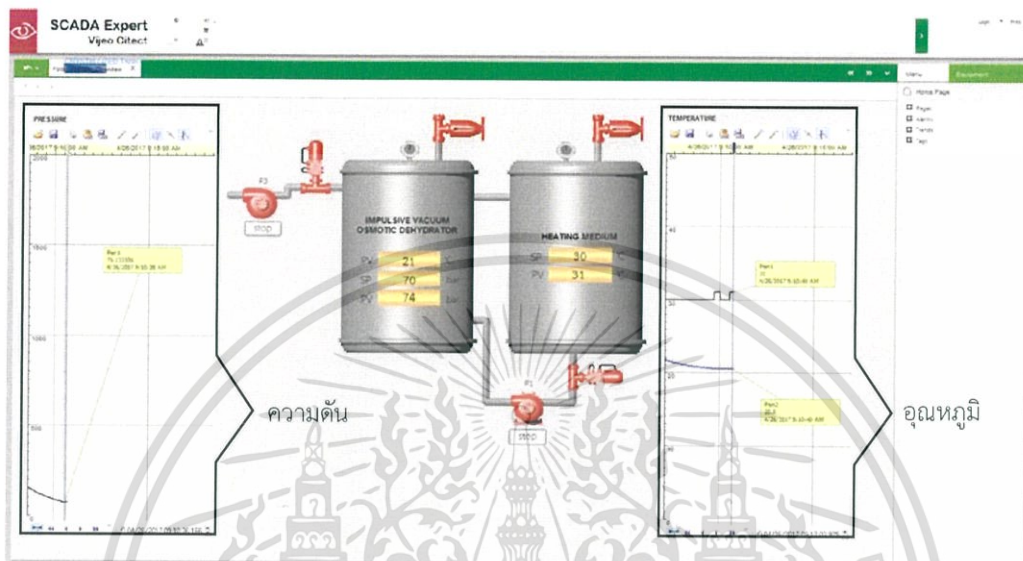
2. การควบคุมอุณหภูมิ ประกอบไปด้วย อุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ส่งผ่านเข้าโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตหรือชุดลดความร้อนที่อยู่ภายในถังที่บรรจุตัวกลางนำความร้อน ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว



รูปที่ 3.40 การทำงานของปั๊มน้ำในระบบควบคุมอุณหภูมิขณะที่มีการควบคุมความดันร่วมด้วย

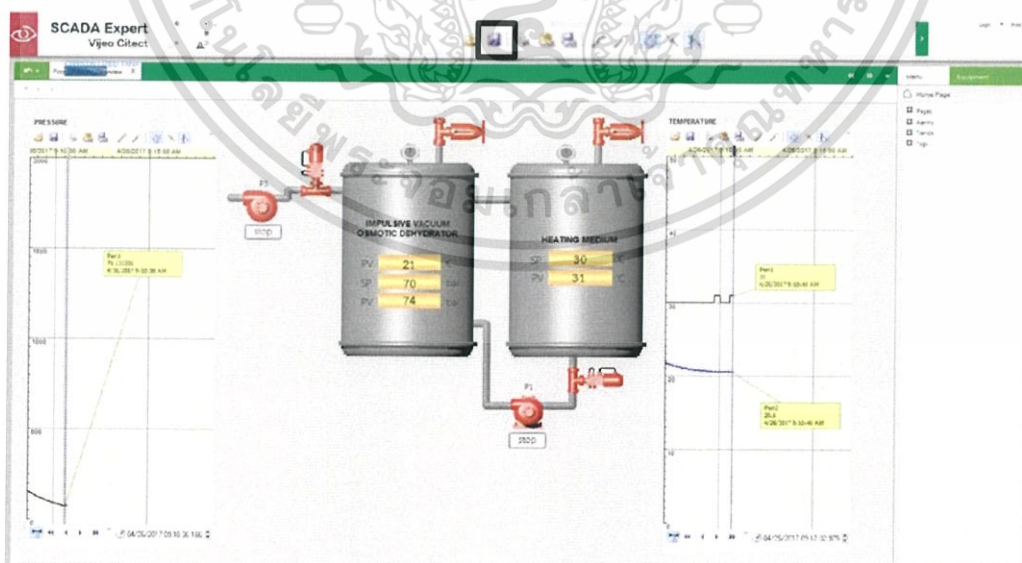
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นสร้างฟังก์ชันแสดงการอ่านค่าในกระบวนการทำงานหรือค่า PV ในรูปแบบของกราฟ (Trend) ตามเวลาจริง (Real Time) โดยแยกเป็นส่วนของกราฟการแสดงผลการอ่านค่าความดัน และเป็นส่วนของกราฟการแสดงผลการอ่านค่าอุณหภูมิทั้งในถังแช่ฮีทและถังตัวกลางนำความร้อน เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและตรวจสอบข้อบกพร่อง และความผิดพลาดของกระบวนการ



รูปที่ 3.41 ส่วนแสดงผลของกระบวนการแช่ฮีทพร้อมกราฟแสดงค่าของกระบวนการ

สามารถบันทึกค่าที่อ่านได้ตามเวลาจริงเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อปรับปรุงการทำงานในอนาคตในรูปแบบ Excel โดยใช้ฟังก์ชัน Save As ในการบันทึกผล



รูปที่ 3.42 การบันทึกค่าของกระบวนการ

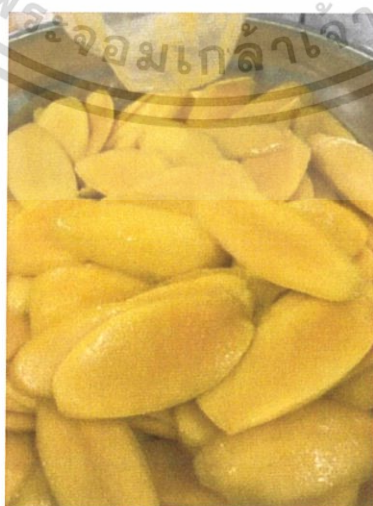
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Time	ms	Pane1-Pen1					
2	42844.5	814	1008.593					
3	42844.5	814	1008					
4	42844.5	814	1008.407					
5	42844.5	814	1008.593					
6	42844.5	814	1008.407					
7	42844.5	814	1008.593					
8	42844.5	814	1008					
9	42844.5	814	1008					
10	42844.5	814	1008					
11	42844.5	814	1008					
12	42844.5	814	1008					
13	42844.5	814	1008					
14	42844.5	814	1008.407					
15	42844.5	814	1009					
16	42844.5	814	1009					
17	42844.5	814	1008.593					
18	42844.5	814	1008					
19	42844.5	814	1008.407					
20	42844.5	814	1009					
21	42844.5	814	1008.593					
22	42844.5	814	1008.407					
23	42844.5	814	1009					

รูปที่ 3.43 ค่าที่บันทึกได้ของความดันในกระบวนการเป็นไฟล์ Excel

### 3.5 วิธีทดสอบการทำงานกับกระบวนการแช่ส้ม

1. เตรียมผลิตภัณฑ์โดยการนำมะม่วงไปลวกซึ่งจะได้มะม่วงในลักษณะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อให้เยื่อหุ้มเซลล์ของผลไม้อ่อนลง และทำลายเอนไซม์ที่อยู่ภายในมะม่วงเป็นเวลา 40 วินาที



รูปที่ 3.44 มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งอัตราส่วนระหว่างมะม่วงและน้ำเชื่อมโดยใช้ในปริมาณที่เหมาะสมคือ 1:1.2 ตามลำดับ
3. วัดค่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่อยู่ภายในเนื้อมะม่วง และน้ำเชื่อมบันทึกผลเพื่อทำการเปรียบเทียบต่อไปโดยใช้เครื่องตรวจวัดความหวาน (Refractometers) จากนั้นใส่มะม่วงและน้ำเชื่อมลงไปในถังแช่ฮีมปิดฝาถังให้แน่นสนิทเพื่อเริ่มกระบวนการแช่ฮีม
4. ตั้งค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมให้เหมาะสมกับกระบวนการนี้โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการ ซึ่งในส่วนของการรักษาอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ฮีม จะต้องรักษาอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิเริ่มต้นของมะม่วงที่ได้ถูกลวกมาแล้ว โดยการรักษาอุณหภูมิภายในถังแช่ฮีมจะถูกรักษาให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของเนื้อมะม่วง และควบคุมความดันที่ 93 kPa จากนั้นรักษาให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วทำการเปิดวาล์วออกเพื่อทำให้ความดันภายในถังกลับมามีค่าความดันบรรยากาศอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำสลับสภาวะกันไปเรื่อยๆ จนจบกระบวนการ ซึ่งการตั้งค่าพารามิเตอร์นี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ จากนั้นกดปุ่มเริ่มต้นให้เครื่องทำงาน
5. เมื่อทำการแช่ฮีมจนครบระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จะมีการสุ่มตัวอย่างของเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมออกมาทำการตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำตาลโดยใช้เครื่องตรวจวัดความหวาน จากนั้นปิดฝาถังเพื่อดำเนินกระบวนการต่อเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลในปริมาณที่ต้องการ



รูปที่ 3.45 การแบ่งตัวอย่างมะม่วงและน้ำเชื่อมเพื่อนำมาตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 การวัดความชื้นภายในของมะม่วงและน้ำเชื่อมในแต่ละช่วงเวลา

6. หากปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อผลไม้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำเชื่อมแล้ว อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้ทดลองสามารถหยุดกระบวนการแช่ส้มได้ทันที

7. เมื่อทำการแช่ส้มเสร็จแล้วสามารถนำมะม่วงไปบรีโกล์ได้ทันที หรือสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลไม้อบแห้งได้โดยนำมะม่วงที่ได้ออกมาผึ่งแห้ง และเข้าเตาอบเพื่อความหลากหลายในการผลิตทำให้การจำหน่ายมีการกระจายต่อความต้องการของผู้บริโภค

8. ในการทดลองการแช่ส้มแต่ละครั้งจะมีการบันทึกผลการทดลอง และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการแช่ส้มมะม่วง ซึ่งบันทึกผลโดยโปรแกรมสกาตาและส่งค่าที่ทดลองลงไปยังโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อจัดทำเป็นรูปแบบของการควบคุมซึ่งในครั้งต่อไปจะสามารถเรียกใช้ค่าต่างๆ เหล่านี้ได้ทำให้สะดวกสบายยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.47 การผึ่งมะม่วงเพื่อนำไปอบและมะม่วงที่ได้จากการอบแห้งตามลำดับ

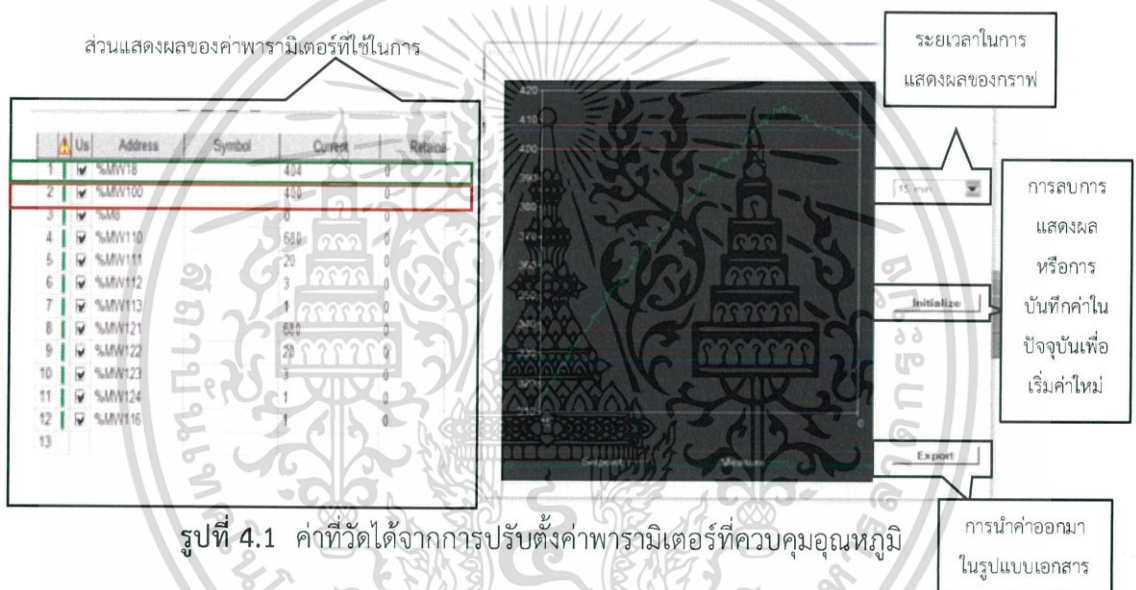
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

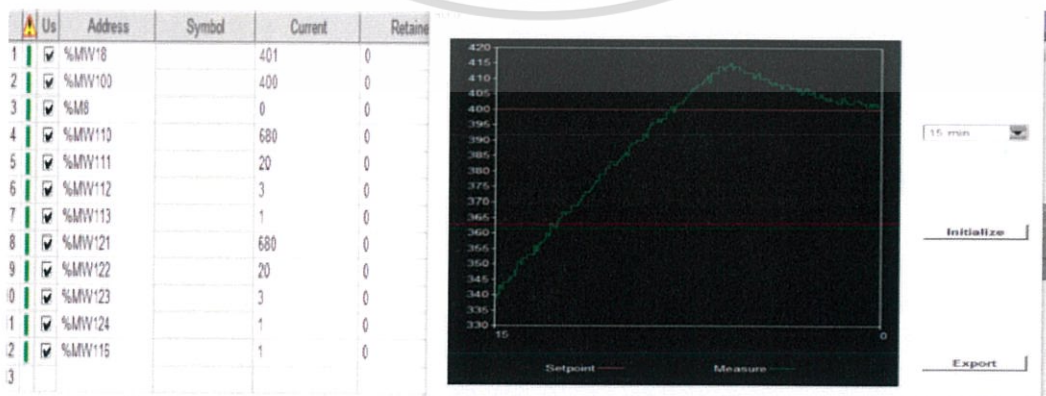
### ผลการทดลอง

#### 4.1 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

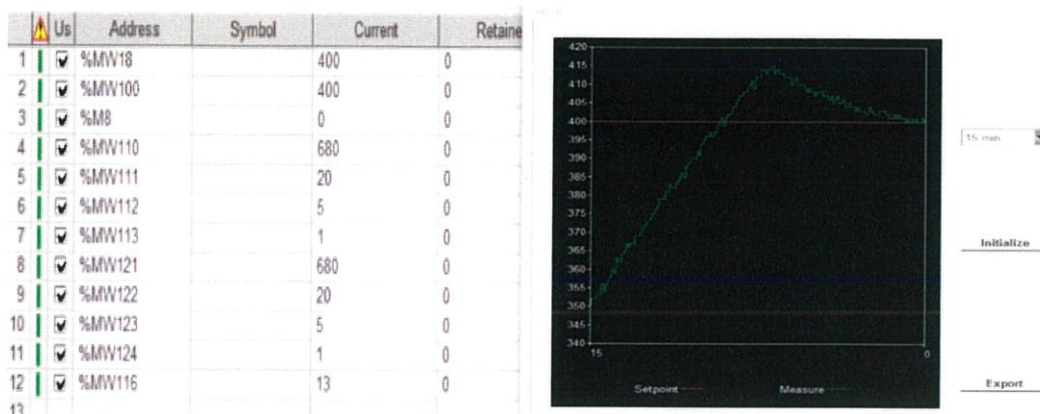
โครงการนี้ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ และรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการแช่แข็ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาออกแบบเครื่องมือเพื่อดำเนินการทดลองในขั้นต่อไป เพื่อให้กระบวนการมีเงื่อนไขในการทำงานได้ตรงกับกระบวนการจริงและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยได้เขียนโปรแกรม PLC ควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งมีการเก็บค่าของการทดลอง ควบคุมอุณหภูมิที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



จากรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาเส้นกราฟจะพบเส้นกราฟ 2 เส้น คือสีแดง หมายถึง ค่าเป้าหมาย (SV) หรือ %MV100 และ สีเขียว หมายถึง ค่าที่วัดได้จากการทดลอง (MV) หรือ %MV18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป (ต่อ)



รูปที่ 4.4 ค่าที่วัดได้จากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป (ต่อ)

จากรูปตั้งแต่รูปที่ 4.1 ถึง 4.4 แสดงถึงกราฟที่ได้จากการทดลองควบคุมอุณหภูมิ ในการทดลองครั้งนี้มีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้คงที่ที่ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งทำได้จากการปรับตั้งค่าของพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับกระบวนการนี้ โดยค่าตัวแปรของกระบวนการจะค่อยๆ เข้าสู่ค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ และเมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าที่สูงกว่าอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจะทำให้สัญญาณเอาต์พุตส่งคำสั่งไปยังขดลวดความร้อนให้ตัดการทำงานเพื่อลดอุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ดั้งเดิมหรือถ้าค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตส่งคำสั่งไปยังขดลวดความร้อนให้กลับมาให้ความร้อนอีกครั้งเพื่อรักษาอุณหภูมิให้กลับมาคงที่อีกครั้ง และเป็นการควบคุมแบบ PID Control โดยการควบคุมจะใช้ Temperature Controller เป็นตัวควบคุม โดยค่า P,I,D จะใช้ฟังก์ชัน Auto Tuning ของ Temperature Controller เป็นตัวกำหนด มีค่าดังนี้ P คือ 3 ,I คือ 240 และ D คือ 60 และเนื่องจากการควบคุมความดันเป็นแบบ ON- OFF จึงทำให้ไม่มีการแสดงกราฟจากการทดลองควบคุมความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดสอบการทำงานของกระบวนการแช่ส้ม

### 4.2.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

ก่อนเริ่มนำมะม่วงเข้าสู่กระบวนการแช่ส้ม ได้ทำการนำมะม่วงดังกล่าวไปลวกน้ำร้อน ก่อนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการแช่ส้ม และทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศา พร้อมทั้งควบคุมความดันให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ ผลที่ได้ออกมาดังตารางที่ 4.1

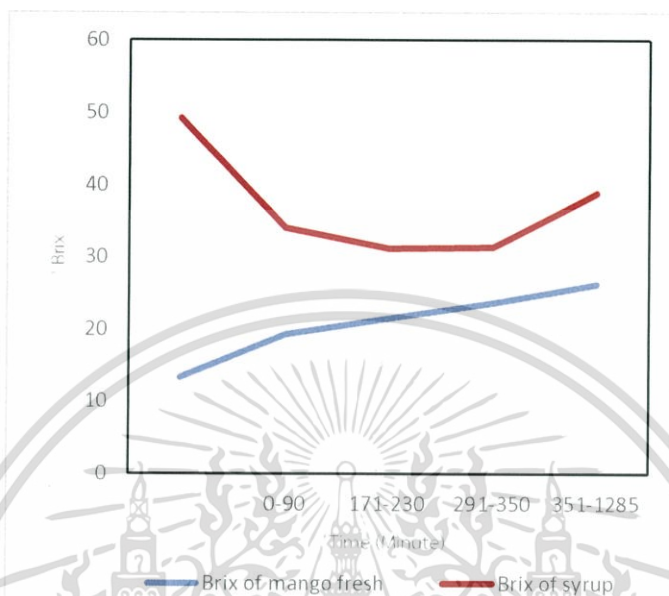
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของครั้งที่ 1

รอบ	เวลา	อุณหภูมิ (°C) (เริ่ม)	อุณหภูมิ (°C) (จบ)	Brix (มะม่วง)	Brix (Syrup)	pH (มะม่วง)	pH (Syrup)	ความดัน (kPa)	หมายเหตุ
เริ่ม	-	-	-	14.30 12.90 12.90	49.20	4.56	4.71	-	
1	11.00-12.30 (1.30 ชั่วโมง)	30.30	40.00	19.70 17.80 20.40	33.90 34.10 34.20	-	-	92.8	
2	12.30-13.50 (1.20 ชั่วโมง)	40.00	39.80	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
3	13.50-14.50 (1 ชั่วโมง)	40.00	40.00	19.60 22.00 22.90	31.00 31.30 31.30	4.68 4.55 4.63	4.83 4.82 4.83	93	
4	14.50-15.50 (1 ชั่วโมง)	40.00	40.00	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
5	15.50-16.50 (1 ชั่วโมง)	40.00	40.00	22.90 24.50 23.50	31.50 31.40 31.20	4.54 4.62 4.62	4.81 4.80 4.81	94	หลังจากครั้งที่ 5 แบ่ง 2 ส่วน ส่วนที่ 1 พักในตู้เย็นรอบ
6	16.50-08.25 (15.35 ชั่วโมง)	-	-	26.60 25.40 26.80	38.90 38.80 38.80	4.56 4.53 4.48	4.77 4.76 4.76	ไม่เปิด Vacuum	ส่วนที่ 2 แช่ทิ้งไว้โดยไม่เปิด Vacuum จากนั้นนำมาอบ

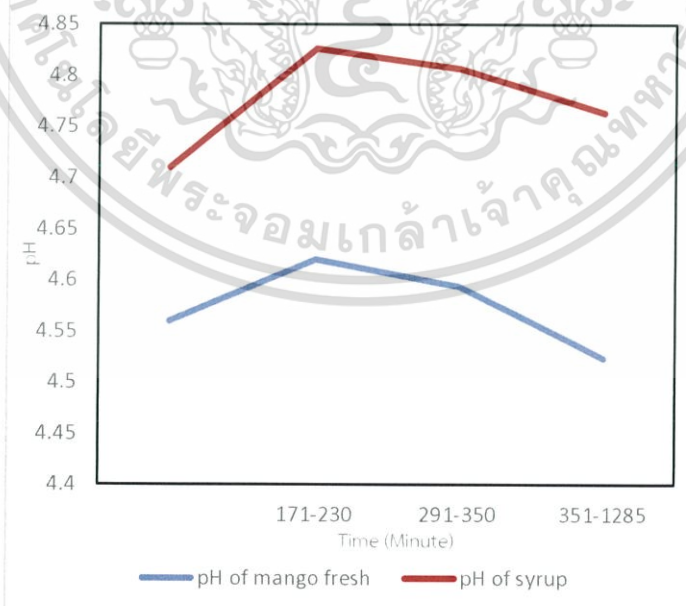
จากตารางที่ 4.1 พบว่าครั้งเริ่มต้นค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงมีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมอยู่มาก เมื่อเริ่มดำเนินการแช่ส้มค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมจะมีค่าลดลง ซึ่งต่างจากรอบที่ 6 เพราะการแช่มะม่วงไว้เป็นระยะเวลาานทำให้เนื้อมะม่วงเปื่อยยุ่ยออกมารวมกับน้ำเชื่อม ดังนั้นการวัดค่าความหวานจึงมีความคาดเคลื่อนไป โดยผลจากการทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงกับน้ำเชื่อม โดยแกนตั้งคือหน่วยการวัดความเข้มข้นของความหวานและแกนนอนคือเวลา เมื่อเวลาผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปค่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งสองมีแนวโน้มเข้าใกล้กันในชั่วโมงที่ 5-6 ส่วนในรูปที่ 4.6 เป็นกราฟระหว่างค่า pH ของเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมซึ่งจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยแกนตั้งคือค่า pH และแกนนอนคือเวลา และในรูปที่ 4.7 เป็นกราฟที่บอกถึงค่าอุณหภูมิ และความดันที่ได้ใช้ในการทดลองครั้งนี้

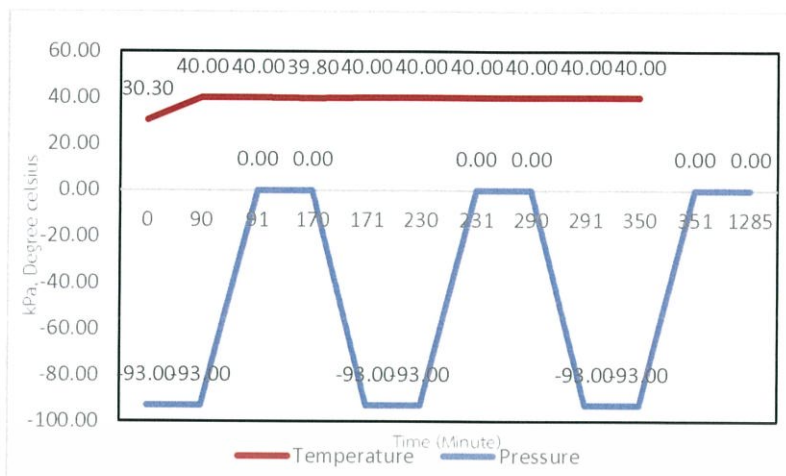


รูปที่ 4.5 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 1



รูปที่ 4.6 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1

#### 4.2.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

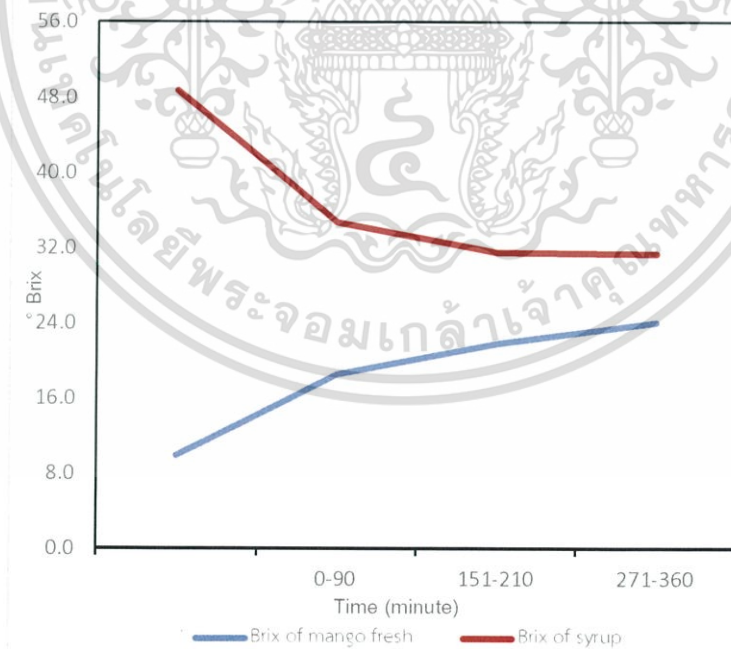
เนื่องจากก่อนเริ่มนำมะม่วงเข้าสู่กระบวนการเชื่อม ได้ทำการนำมะม่วงดังกล่าวไปลวกน้ำร้อนก่อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการเชื่อม จึงทำให้มะม่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่สูงและทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งทำการควบคุมความดันให้อยู่ในสภาวะสูญญากาศ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

รอบ	เวลา	อุณหภูมิ (°C) (เริ่ม)	อุณหภูมิ (°C) (จบ)	Brix (มะม่วง)	Brix (Syrup)	pH (มะม่วง)	pH (Syrup)	ความดัน (kPa)	หมายเหตุ
เริ่ม	-	50.40	50.40	10.10 9.30 10.40	48.70	4.43	4.38	-	
1	9.30-11.00 (1.30 ชั่วโมง)	50.40	47.30	17.90 18.50 19.30	34.80 34.10 35.30	-	-	93	
2	11.00-12.00 (1 ชั่วโมง)	47.30	42.80	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
3	12.00-13.30 (1.30 ชั่วโมง)	42.80	37.30	21.30 22.40 21.70	32.20 32.40 33.90	4.57 4.44 4.57	4.46 4.56 4.54	93	
4	13.30-14.30 (1 ชั่วโมง)	37.30	34.10	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
5	14.30-15.00 (1.30 ชั่วโมง)	34.10	30.80	23.20 24.70 24.20	31.50 31.40 31.20	4.51 4.53 4.49	4.57 4.56 4.51	93	นำไปฝั่งและอบต่อไป

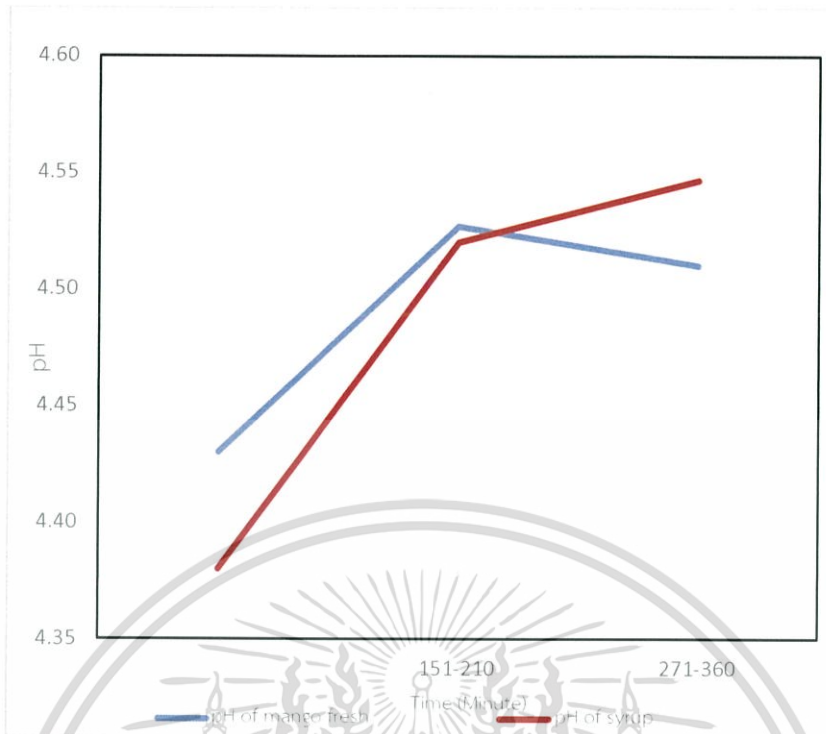
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าอุณหภูมิครั้งเริ่มต้นมีค่าประมาณ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากก่อนเริ่มกระบวนการแช่ส้มได้นำมะม่วงไปทำการลวกที่อุณหภูมิดังกล่าวก่อน จากนั้นทำการทดลองโดยมีการควบคุมให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้การถ่ายเทน้ำเย็นเข้าไปหมุนเวียนรอบถังแช่ส้มเพื่อลดอุณหภูมิของถังแช่ส้มลง และการทดลองครั้งที่ 2 นั้นจะทำการควบคุมความดันที่เท่ากันกับการทดลองในครั้งที่ 1 ซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างจากการทดลองครั้งที่ 1 ที่ในสภาวะเริ่มต้นของมะม่วงที่นำมาเข้ากระบวนการนั้นจะมีค่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่ต่ำกว่าครั้งที่ 1 แต่เมื่อจบการทดลองครั้งที่ 2 ที่เวลา 5 ชั่วโมงนั้น จะให้ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงที่ใกล้เคียงกับครั้งที่ 1 โดยการควบคุมอุณหภูมิในการทดลองครั้งนี้จะเป็นการลดอุณหภูมิของกระบวนการลงจนถึง 30 องศาเซลเซียส และจะเห็นได้ว่า ที่เวลา 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมงของการทดลองครั้งที่ 1 ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่การทดลองครั้งที่ 2 นั้น ที่ 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมยังไม่มีค่าที่เข้าใกล้เคียงกัน สาเหตุเป็นเพราะการควบคุมอุณหภูมิที่ต่ำเกินไป โดยผลจากการทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงกับน้ำเชื่อม เมื่อเวลาผ่านไปค่าความเข้มข้นของน้ำตาลมีแนวโน้มเข้าใกล้กัน ส่วนในรูปที่ 4.9 เป็นกราฟระหว่างค่า pH ของเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมซึ่งพบว่าจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และในรูปที่ 4.10 เป็นกราฟที่บอกถึงค่าอุณหภูมิและความดันที่ได้ใช้ในการทดลองครั้งนี้

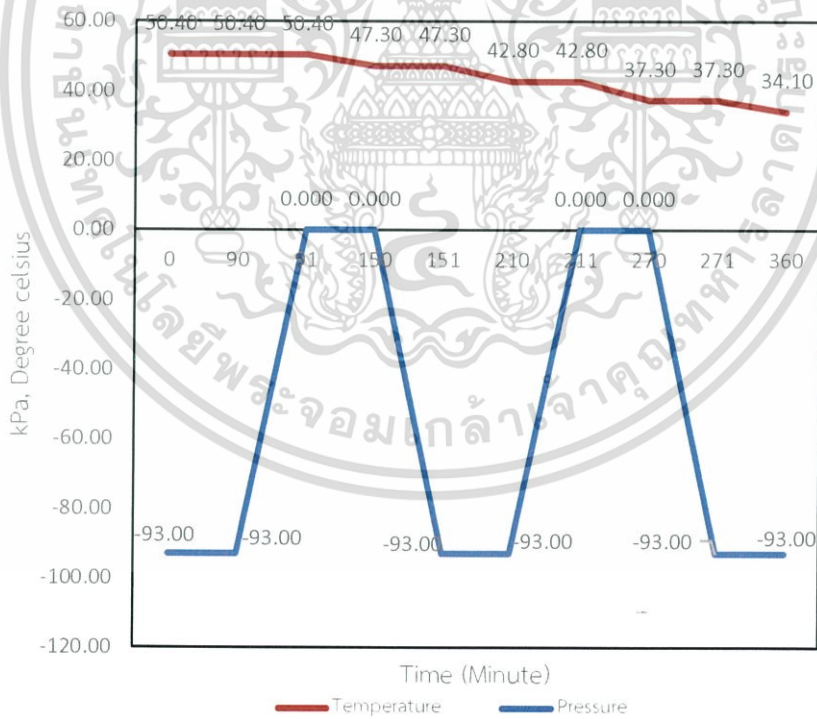


รูปที่ 4.8 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 2



รูปที่ 4.10 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3

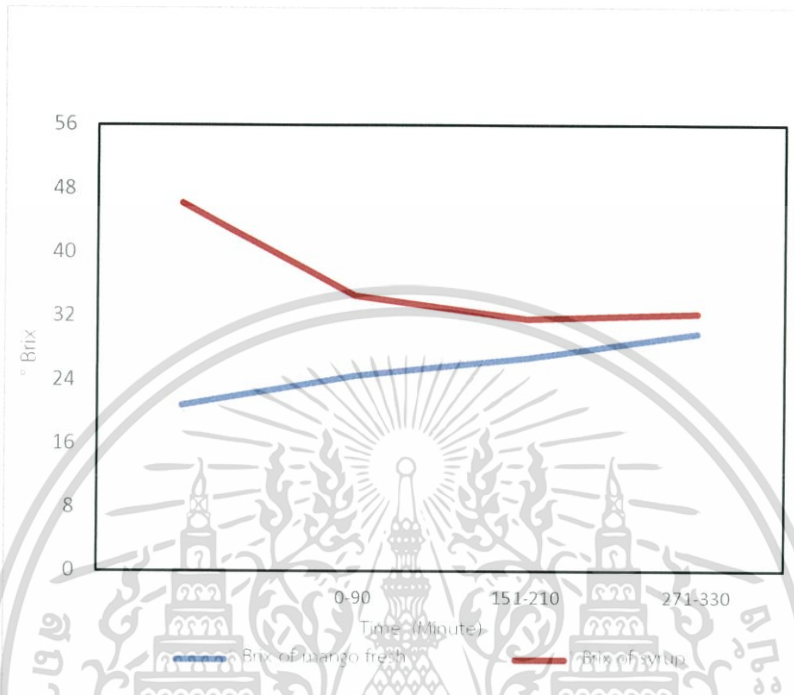
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3

รอบ	เวลา	อุณหภูมิ (°C) (เริ่ม)	อุณหภูมิ (°C) (จบ)	Brix (มะม่วง)	Brix (Syrup)	pH (มะม่วง)	pH (Syrup)	ความดัน (kPa)	หมายเหตุ
เริ่ม	-	47.10	47.10	20.90 20.70 20.80	46.40 46.10 45.90	3.75 3.74 3.78	4.21 4.17 4.13	-	
1	8.15-9.15 (1 ชั่วโมง)	47.10	45.20	24.30 24.20 24.80	33.20 34.80 35.70	3.83 3.78 3.77	4.12 4.09 4.11	87	
2	9.15-10.15 (1 ชั่วโมง)	45.20	43.90	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
3	10.15-11.15 (1 ชั่วโมง)	43.90	42.10	27.00 26.40 26.70	31.90 31.70 34.40	3.92 3.93 3.97	4.02 4.01 4.04	87	
4	11.15-12.15 (1 ชั่วโมง)	42.10	40.80	-	-	-	-	ไม่เปิด Vacuum	
5	12.15-13.15 (1 ชั่วโมง)	40.80	38.90	29.80 29.70 29.80	32.90 32.10 31.90	4.04 4.10 4.03	4.14 4.23 4.18	87	น้ำใบฝรั่งและอบต่อไป

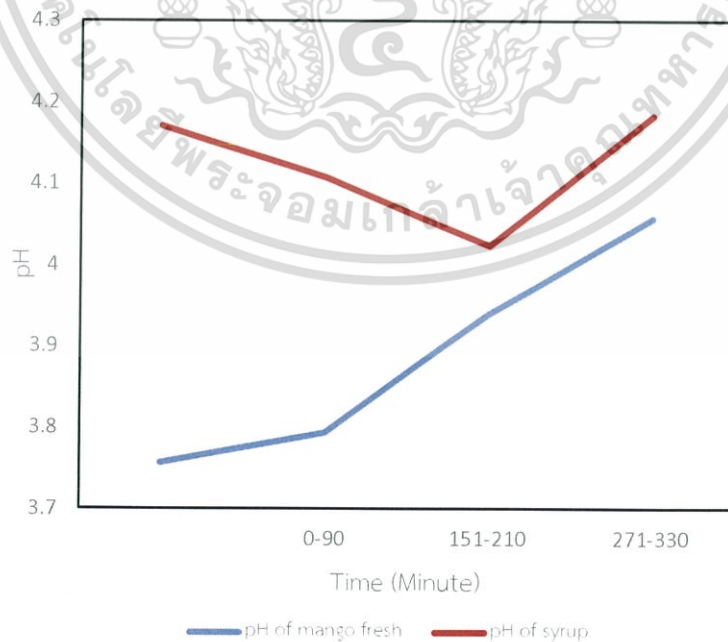
จากตารางที่ 4.3 พบว่าอุณหภูมิครั้งเริ่มต้นมีค่าประมาณ 47 องศาเซลเซียส เนื่องจากก่อนเริ่มกระบวนการแช่อบได้นำมะม่วงไปทำการลวกที่อุณหภูมิตั้งกล่าว และเนื้อมะม่วงนั้นมีความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงกว่าการทดลองที่ผ่านมาทั้ง 2 ครั้ง โดยการทำการทดลองครั้งที่ 3 นั้นเราได้ทำการควบคุมอุณหภูมิให้ลดลงอย่างช้า และคงอุณหภูมิของกระบวนการไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส และทำการควบคุมความดันไว้ที่ 87 kPa ในสภาวะสุญญากาศ (เนื่องจากผลไม้ที่นำมาทดลองในครั้งนี้มีลักษณะที่เลวกว่า การทดลอง 2 ครั้งที่ผ่านมาเล็กน้อยจึงต้องลดความดันลงเพื่อไม่ให้ผลไม้ที่ได้ละลายไป) ซึ่งจะได้ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงที่ 5 ชั่วโมงอยู่ที่ 29.80 °Brix ซึ่งจะมีค่าสูงที่สุดในการทดลองที่ผ่านมา และความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมจะมีอยู่ที่ 32.3 °Brix ซึ่งค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมที่ 5 ชั่วโมงนั้นจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันที่สุดในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า เนื้อมะม่วงมีความอืดตัวแล้วไม่สามารถเพิ่มค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงได้อีก โดยผลจากการทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟดังรูปที่ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในเนื้อมะม่วงกับน้ำเชื่อม ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปค่าความเข้มข้นของน้ำตาลมีแนวโน้มเข้าใกล้กัน และรูปที่ 4.12 เป็นกราฟระหว่างค่า pH ของเนื้อมะม่วงและน้ำเชื่อมซึ่งจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และในรูปที่ 4.13 เป็นกราฟที่บอกถึงค่าอุณหภูมิและความดันที่ได้ใช้ในการทดลองครั้งนี้ จากการเปรียบเทียบการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามะม่วงชุดนี้มีความเหมาะสมกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมในการทดลองครั้งที่ 3 เพราะบริคซ์ในรอบที่ 5 ที่ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 แสดงว่าการออสโมซิสเป็นไปได้เร็วกว่าครั้งอื่น ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการแช่้อมได้ดีกว่า

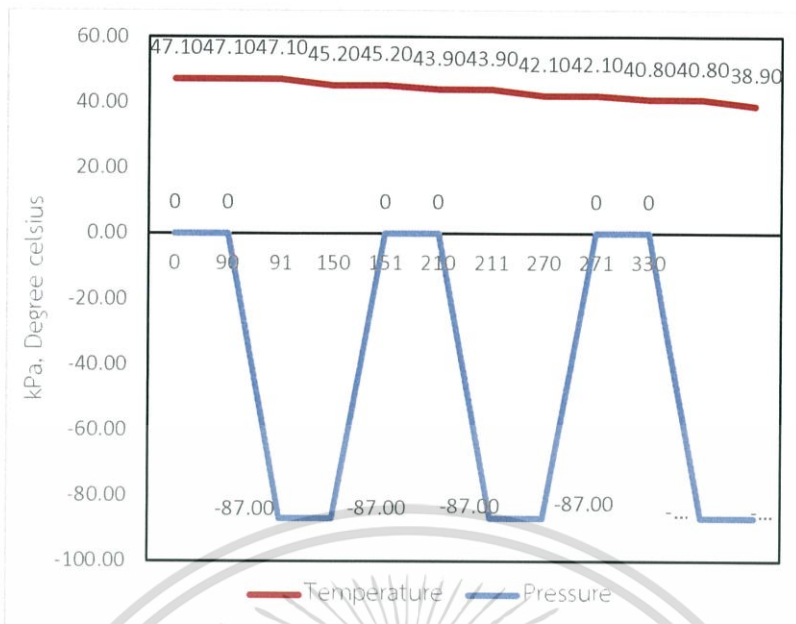


รูปที่ 4.11 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำตาลในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 3



รูปที่ 4.12 กราฟจากการทดลองระหว่างค่า pH ในมะม่วงและน้ำเชื่อมครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟระหว่างค่าความดัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 3



แช่จากภาตกระบัง  
กรรมวนการ Vacuum

แช่ด้วยวิธีปกติ

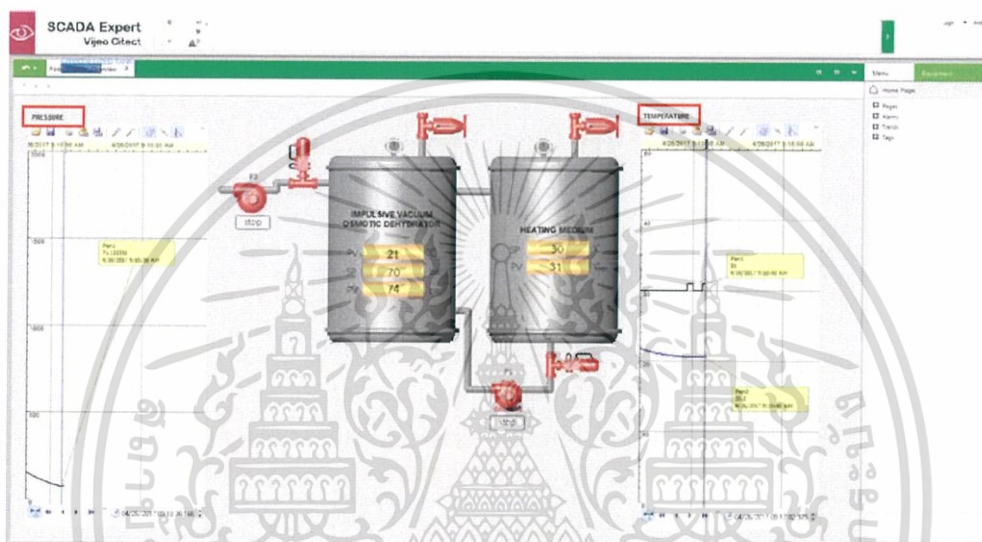
รูปที่ 4.14 ความแตกต่างระหว่างการแช่ที่มีควบคุมและการแช่แบบปกติ

จากรูปที่ 4.14 เมื่อนำมะม่วงที่ได้จากการแช่โดยใช้เครื่องแช่ไปทำการอบแห้งต่อ จะพบว่า ลักษณะภายนอกของมะม่วงมีความแตกต่างกับการแช่แบบธรรมดาคือเนื้อของมะม่วงจะมีลักษณะที่ใสกว่า เนื่องจากการแช่มีการควบคุมความดันให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศด้วยความดันที่ไม่มากพอ ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มสุญญากาศ จึงทำให้สีของเนื้อมะม่วงด้อยกว่า และลักษณะของเนื้อจะนิ่มกว่า แต่ลักษณะของเนื้อผลไม้ที่ได้จากการแช่ด้วยวิธีปกติจะมีลักษณะที่เหนียวและเป็นเส้นใยมากกว่าซึ่งจะเคี้ยวได้ยากกว่าผลไม้ที่ได้จากเครื่องแช่ ทั้งนี้การเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ที่ได้ลองรับประทานมีทั้งชื่นชอบในส่วนองวิธีปกติ และวิธีที่แช่จากเครื่องแช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลของการแสดงผลผ่านสกาดา

เนื่องจากโครงการนี้มีการควบคุมอุณหภูมิที่ถึงตัวกลางความร้อน และความดันภายในถังแช่ฮีโมอีกทั้งยังสามารถควบคุมและปรับตั้งค่าได้ผ่านระยะไกลโดยใช้โปรแกรมสกาดา ซึ่งโปรแกรมจะแสดงการทำงานของกระบวนการต่างๆในระบบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยอ้างอิงการทำงานของของส่วนแสดงผลในหัวข้อที่ 3.4 ซึ่งในส่วนนี้ผู้ดูแลสามารถควบคุมและดูผลการทำงานผ่านหน้าจอ ทำให้เกิดความสะดวกสบาย ปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน และลดจำนวนต้นทุนการจ้างงานด้วย อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถเก็บค่าแสดงเป็นกราฟการควบคุมต่างๆ ได้ดังรูป



รูปที่ 4.15 แสดงผลการควบคุมผ่านระยะไกลด้วยส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานในการจัดทำชุดควบคุมของเครื่องแช่ส้มโดยการเขียนโปรแกรม PLC แบ่งชุดควบคุมออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกคือการควบคุมอุณหภูมิภายในถังตัวกลางความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิในถังแช่ส้มให้ได้เท่ากับที่กำหนด ส่วนชุดที่สองคือการควบคุมความดันภายในถังที่ใช้ในการแช่ส้มให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งชุดควบคุมสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการทำงานเพื่อให้ได้ผลตามที่ต้องการ และสามารถปรับเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิและความดันที่ต้องการได้จากระยะไกลด้วยระบบสคาตา (SCADA) รวมไปถึงการแสดงผลสถานะการทำงานของปั๊มบนจอแสดงผล จากข้อมูลผลการทดลองพบว่าที่การแช่ส้มด้วยวิธีปกติใช้เวลา 52 ชั่วโมง แต่เมื่อมีชุดควบคุมเข้าร่วมในกระบวนการผลิตจะใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง โดยพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลในผลไม้และน้ำเชื่อมของทั้งสองการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งชุดควบคุมนี้ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถควบคุมการผลิตได้สะดวกมากขึ้น ทั้งยังสามารถลดระยะเวลาในการแช่ส้มทำให้อัตราการผลิตเพิ่มมากขึ้น

### 5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

#### 5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. อุปกรณ์ที่ใช้การทำงานเกิดความผิดพลาด จึงทำให้เสียเวลาในการทำงาน
2. การจัดซื้ออุปกรณ์เกิดความล่าช้า จึงทำให้มีระยะเวลาในการทำงานน้อยลง
3. เกิดการเปลี่ยนแปลงขอบเขตของการทำงานอยู่บ่อยครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการดำเนินงานมากกว่าแผนงานเดิมที่กำหนดไว้

#### 5.2.2 วิธีแก้ไขปัญหา

1. ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ก่อนการทำงาน
2. ปรับปรุงแผนการดำเนินงานให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

วางแผนการดำเนินงานควรกำหนดขอบเขตการทำงานให้ชัดเจน เพื่อความรวดเร็วในการดำเนินงาน และเพื่อเพิ่มระยะเวลาที่จะตรวจสอบชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] ผลไม้อบแห้ง และแช่อิ่ม. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2559, [https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbrC4uJrUAhXLQI8KHxzOBmlQFghBMAU&url=http%3A%2F%2Fthaifranchisedownload.com%2Fdl%2FI051.doc&usq=AFQjCNHgb\\_i\\_t15gA\\_5vkBT-d13Yt9qrqzQ](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbrC4uJrUAhXLQI8KHxzOBmlQFghBMAU&url=http%3A%2F%2Fthaifranchisedownload.com%2Fdl%2FI051.doc&usq=AFQjCNHgb_i_t15gA_5vkBT-d13Yt9qrqzQ)
- [2] ปณิตา บรรจงสินศิริ, สุภาภรณ์ พิศพันธ์ และเกศรา แซ่ไคว้. 2550. การพัฒนาผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่ให้พลังงานต่ำ. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2559, <http://nstda.or.th/thairesearch/sites/default/files/20100124-dehydrated-fruits.pdf>
- [3] การแช่อิ่ม ผลไม้แช่อิ่มและวิธีทำผลไม้แช่อิ่ม. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ.2559, <http://puechka-set.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%8A%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%A1/>
- [4] กระบวนการแช่อิ่ม. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ.2559, [http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process\\_fruit\\_sp.html](http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process_fruit_sp.html)
- [5] ปัจจัยการดึงน้ำออกเพื่อการถนอมอาหาร. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ.2559, <http://science.buu.ac.th/ojs246/index.php/sci/article/viewFile/728/671>
- [6] เครื่องวัดความหวาน น้ำตาล บริกซ์ (Brix). ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ.2559, [http://maitakdad.tarad.com/product.detail\\_966546\\_th\\_4086357](http://maitakdad.tarad.com/product.detail_966546_th_4086357)
- [7] แอคติวิตีของน้ำ. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2559, <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity-แอคติวิตีของน้ำ>
- [8] ตัวเลขนั้น สำคัญไฉน. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2559, <http://waymagazine.org/%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%B8/>
- [9] ระบบควบคุม. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ.2559, <http://suchart.rmutl.ac.th/04-220308/Control.pdf>
- [10] รศ.วิศรุต ศรีรัตนะ. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, บจก. 2556.
- [11] Programmable Logic Controller. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ.2560, [http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit\\_2.htm](http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_2.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] สัญญาณอนาล็อกกับดิจิทัลคืออะไร และต่างกันอย่างไร. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 11 มกราคม พ.ศ.2560, <http://www.mediasearch.co.th/News-CCTVFUJIKO23.html>
- [13] หลักการและทฤษฎีของระบบ SCADA. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ.2560, [http://www.researchsystem.siam.edu/images/coop/INSTALLATION\\_OF\\_SCADA\\_SYSTEM\\_BTS\\_GREEN\\_LINE\\_EXTENSION\\_TAKSINPHET\\_KASEM/5\\_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97\\_2.pdf](http://www.researchsystem.siam.edu/images/coop/INSTALLATION_OF_SCADA_SYSTEM_BTS_GREEN_LINE_EXTENSION_TAKSINPHET_KASEM/5_%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97_2.pdf)
- [14] ระบบ SCADA. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ.2560, <https://riverplusblog.com/2011/08/31/scada-system/>
- [15] Phase Angle Relay. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ.2560, <http://www.primusthai.com/marketing/%5B05%5DPSA-SERIES.pdf>
- [16] ฮีตเตอร์(HEATER). ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2560, <http://xn---yxfb0d6bc3c8e5e.com/heater-%E0%B8%AE%E0%B8%B5%E0%B8%95%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C.html>
- [17] What's the electrical insulation on stove-top heating elements made out of. ออนไลน์. สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ.2560, <https://www.quora.com/Whats-the-electrical-insulation-on-stove-top-heating-elements-made-out-of>

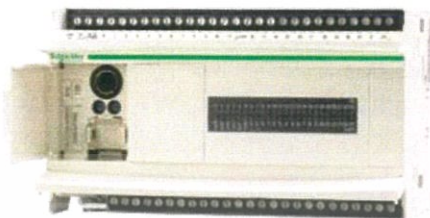


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

### 1. การทำงานของอุปกรณ์

#### 1.1 PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF



รูปที่ ก.1 ลักษณะของอุปกรณ์ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF

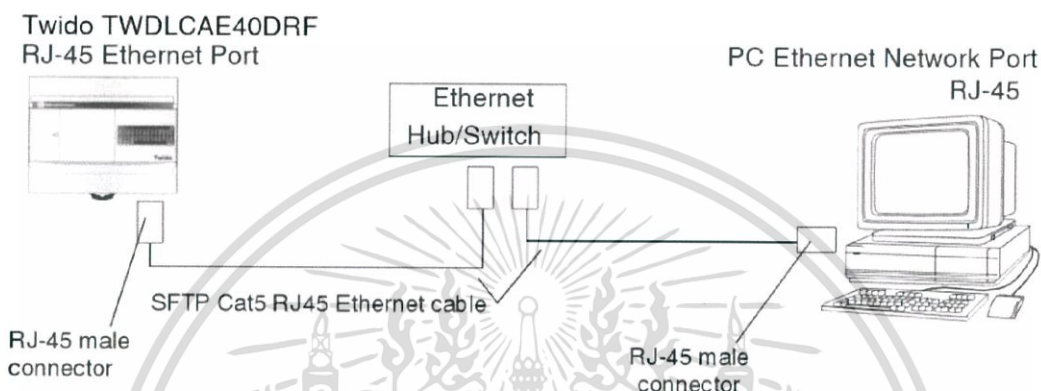
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของ PLC Schneider รหัสรุ่น TWDLCAE40DRF

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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเชื่อมต่อ TWDLCAE40DRF กับเครื่องคอมพิวเตอร์

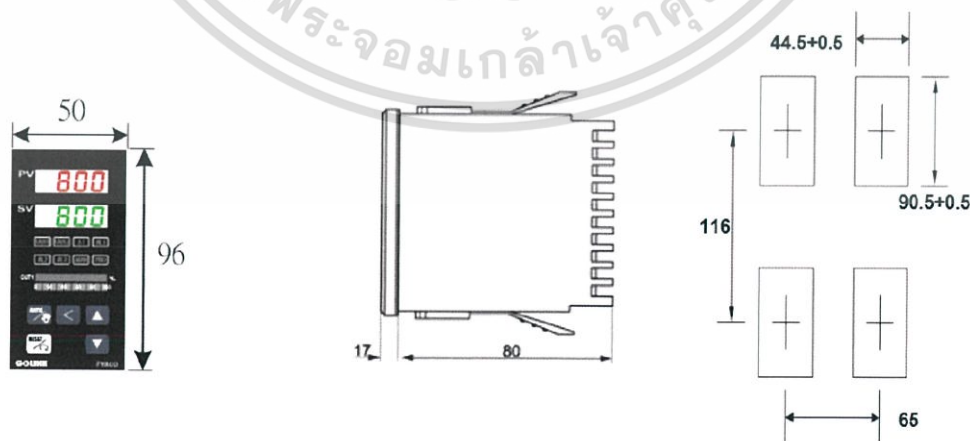
การเชื่อมต่อระหว่าง PLC Schneider (TWDLCAE40DRF) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยการนำ RJ45 Ethernet Cable ที่ต่อออกมาจากพอร์ต RJ-45 Ethernet ของ TWDLCAE40DRF ไปเชื่อมต่อเข้ากับ Ethernet Hub ก่อนจะนำสาย Lan อีกเส้นมาต่อกับ RJ-45 ของพอร์ต PC Ethernet Network เพื่อนำไปใช้งานในส่วนของการเขียนชุดควบคุมในลำดับต่อไป



รูปที่ ก.2 การเชื่อมต่อ TWDLCAE40DRF กับเครื่องคอมพิวเตอร์

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

การทำงานจะมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ หรือ Temperature Sensor ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและส่งสัญญาณไปยัง Temperature Controller หากอุณหภูมิที่วัดได้ไม่ตรงตามปริมาณที่ตั้งไว้ Temperature Controller จะจ่ายแรงดันไปควบคุมชุดลดความร้อน (Heater) เพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิให้ได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ 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, PL11, 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	0.000, 0.00, 0.000, 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: 560 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°C				
Humidity range	20~90%RH				
Weight	150g	225g	225g	225g	300g
Display Height	PV: 7mm	PV: 7mm	PV: 14mm	PV: 7mm	PV: 14mm
	SV: 7mm	SV: 7mm	SV: 10mm	SV: 7mm	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
	available	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 Communication	4~20mA, 0~20mA, 0~1V, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.1 คำอธิบายการใช้งาน

อธิบายการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ โดยอธิบายฟังก์ชันการใช้งานต่างๆของอุปกรณ์ 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	ลดค่าที่แสดง (-1000,-100,10,-1)
	7 Up key	เพิ่มค่าที่แสดง (+1000,+100,+10,+1)
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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2.2 รหัสข้อผิดพลาด

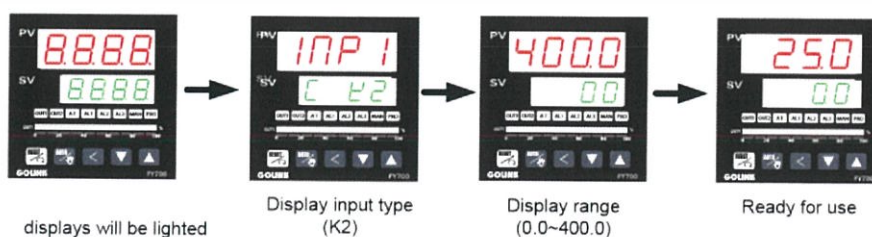
ตารางที่ ก.3 สัญลักษณ์ข้อผิดพลาดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

แสดงผล	คำอธิบาย
IN1E	Open circuit of main control sensor. (INP1)
* AdCF	A/D convert failed.
* CjCE	Cold junction compensation failed.
IN2E	Open circuit of sub control sensor. (Remote SV)
UVU1	PV exceeds USPL.
LLL1	PV under LSPL.
UVU2	Input signal of sub control exceeds the upper limit. (Remote SV)
LLL2	Input signal of sub control under the lower limit. (Remote SV)
* HAUF	RAM failed.
INtF	Interface failed.
AUtF	Auto tuning failed.

## 1.2.3 การใช้งานอุปกรณ์

### 1.2.3.1 เริ่มเปิดเครื่อง

เมื่อเริ่มต้นเปิดอุปกรณ์ ส่วนแสดงผลของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะปรากฏดังรูปเมื่อสามารถเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรมได้แล้ว

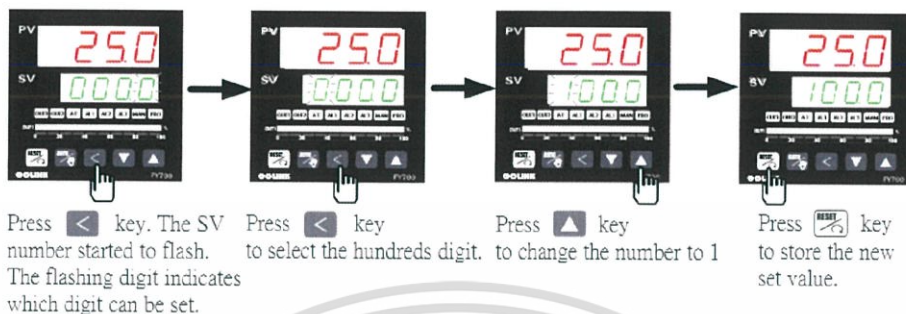


รูปที่ ก.5 ส่วนการแสดงผลของการเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV)

การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV) ที่ต้องการได้จากการเปลี่ยนบนส่วนแสดงผลของอุปกรณ์โดยตรง



รูปที่ ก.6 การเปลี่ยนแปลงค่า Set Value (SV)

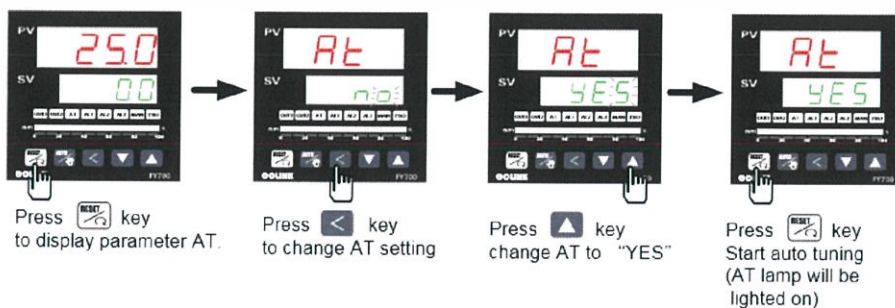
### 1.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่า Alarm Value

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)

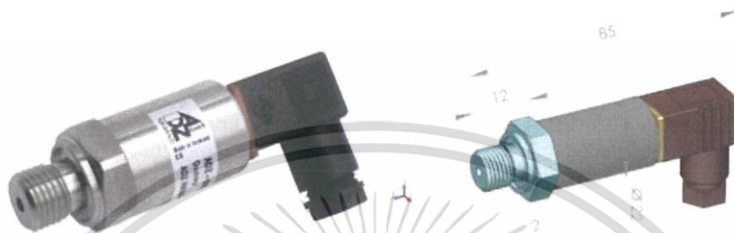


รูปที่ ก.8 การใช้ Auto tuning ในการปรับตั้งค่า PID ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 Pressure transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0

เซนเซอร์วัดความดันในช่วง -1 ถึง 1 bar เซนเซอร์ที่ใช้งานนี้สามารถทนต่อแรงดันสูงสุด ป้องกันการกระแทกและการสั่นสะเทือน มีความไวต่อแรงสั่นสะเทือนอุณหภูมิ เป็นระบบป้องกัน IP65 ตามมาตรฐาน DIN ชิ้นส่วนและปลอกที่มีการสัมผัสกับวัสดุทำมาจาก CrNi Steel ใช้กับอุณหภูมิในการทำงานได้ตั้งแต่ -40 °C ถึง 105 °C ทำหน้าที่วัดความดันและส่งค่าที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าไปที่ชุดควบคุมเพื่อสั่งการทำงานของ Vacuum Pump ในการปรับความดันภายในถัง



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

Technical Information		Pressure Transmitter SML-10.0							
Measuring range (bar) standard pressure ranges *)		1.6	2.5	4	6	10	16	25	40
Overload range (bar) *)	2 times	60	100	160	250	400	600	1,000	1,600
Bursting pressure (bar) *)	3 times								
Pressure type	Relative pressure								
Pressure connection *)	G1/4" form E Standard (Optionally, different pressure connections available)								
Materials Used									
Materials of parts with contact to measuring medium:	No o-ring, no silicone oil								
Materials of casing:	Stainless-steel 17-4 PH								
Weight (g)	50 g								
Electrical Parameters									
Output signal *)	4...20 mA								
Operating voltage U <sub>v</sub> recommended max. load resistor R <sub>L</sub>	12...32 V (U <sub>b</sub> = 12 V) / 20 mA								
Response time (10...90 %) Z	< 1 ms								
Insulating resistance at 50 V	100 M Ω								
Electrical Connection *)	• Standard design device plug DIN EN 175 301-803 • Others on request -> see overview								
Protective system according to DIN EN 60 529	IP 65 and according to plug system								
Linearity error at RT (% F.S.) (B.F.S.L) **)	± 0,5 max. (optional 0,25 ****)								
Ambient Values									
Reproducibility stability per year, permitted									
• Ambient temperature (°C)	-40...+105 °C								
• Media temperature (°C)	-40...+150 °C								
• Storage temperature (°C)	-40...+125 °C								
Total error ***) max ± ****)									
	-40 °C...-20 °C	-20 °C...+85 °C	+85 °C...+100 °C						
	3,0 typ. < ± 2,0 %	1 % < ± 0,7 %	2,5 typ. < ± 1,5 %						
Electromagnetic compatibility EMV and ESD Testing according to DIN EN 55022 and DIN EN 61000-4-3	25 V/m								
Resistance to shock -proof Testing according to IEC 68-2-32	1 m (free-fall onto steel plate)								
Vibration resistance Testing according to IEC 68-2-6 and IEC 68-2-36	20 g								

รูปที่ ก.10 ข้อมูลทั่วไปของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0

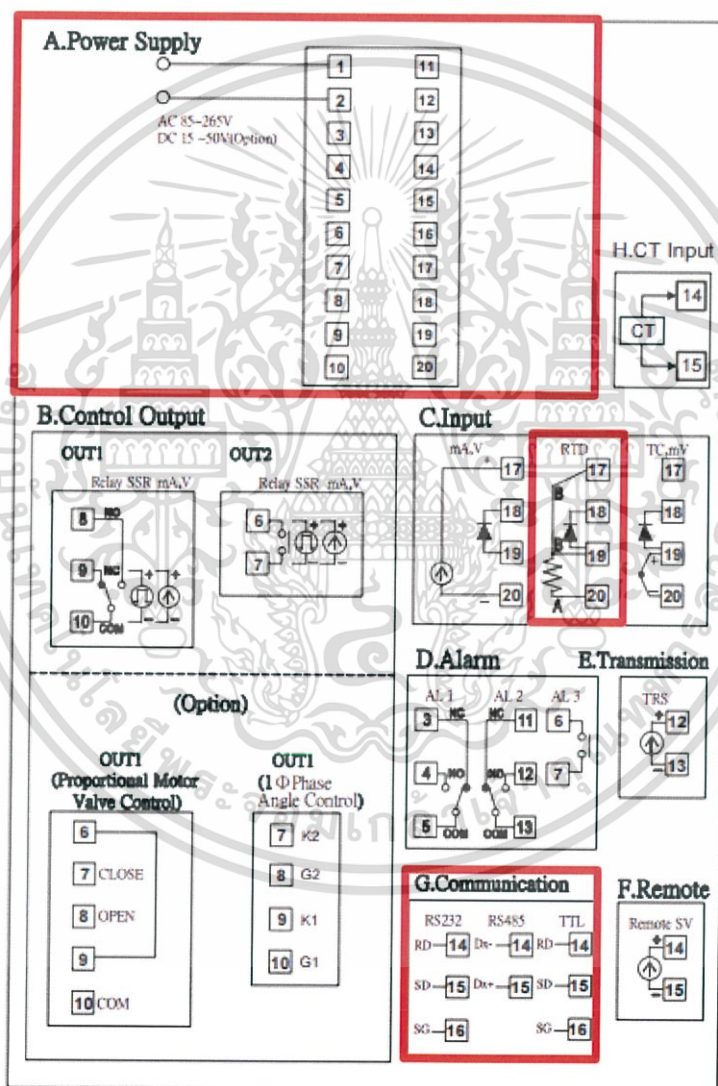
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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

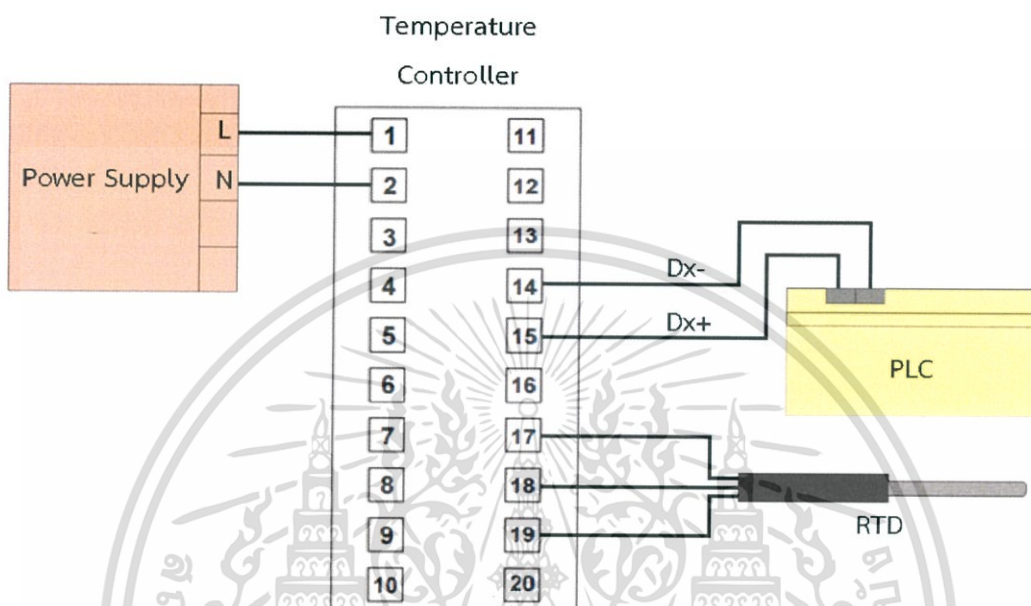


รูปที่ ก.11 FY800 Terminals (48mm x 96mm , DIN 1/8)

จากรูปแสดง FY800 Terminals ส่วนแรกเป็นการเชื่อมต่อ Controller กับ Power Supply จะเชื่อมต่อขา 1 (L) และ 2 (N) ส่วนที่สองเป็นการเชื่อมต่อการสื่อสารของ Controller กับ PLC ซึ่งใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

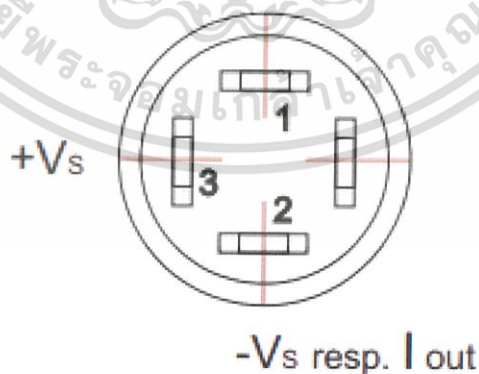
RS485 (MODBUS Protocol) เชื่อมต่อ Dx- ที่ขา 14 และ Dx+ ที่ขา 15 และส่วนที่สามเป็นการเชื่อมต่อ Controller กับ RTD โดย RTD 3 สายจะเชื่อมต่อที่ขา 17, 19 และ 20 ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ RTD วัดได้จะส่งสัญญาณอินพุตเข้าขา 17 โดยขาที่ 19 และ 20 เป็นการชดเชยอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้ RTD จะส่งสัญญาณข้อมูลเข้า Controller แล้วส่งค่าออกไปเป็น MODBUS เข้าไปยัง PLC



รูปที่ ก.12 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Controller

## 2.2 การจัดการพอร์ตเชื่อมต่อ Pressure Transmitter กับ PLC

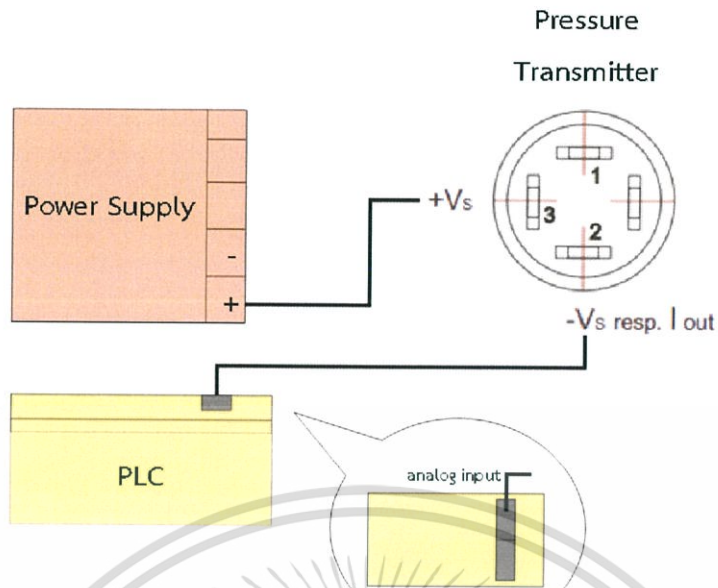
### Connection - PIN



รูปที่ ก.13 การเชื่อมต่อของ Pressure Transmitter รหัสรุ่น ADZ-SML-10.0

จากรูปแสดงการเชื่อมต่อ Pressure Transmitter โดยขา 3 ต่อกับไฟบวกใน Power Supply และขา 2 เป็นไฟลบหรือเป็นอะนาล็อกอินพุตใน PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.14 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Pressure Transmitter

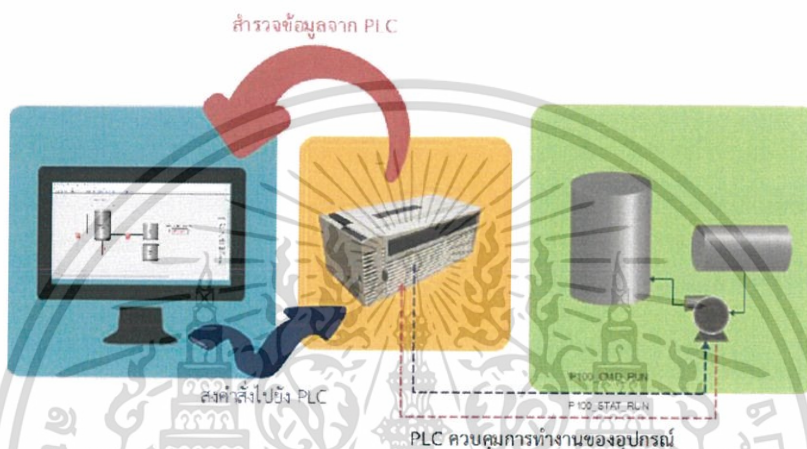
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

### 1. การใช้โปรแกรมสกาตา

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของระบบสกาตา

สำรวจข้อมูลจากโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลให้ปรากฏบนหน้าจอ และส่งคำสั่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรล เพื่อการใช้งานอุปกรณ์

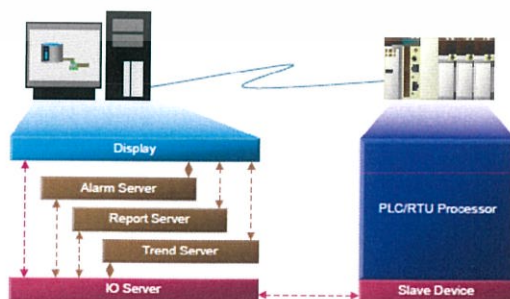


รูปที่ ข.1 การรับส่งข้อมูลผ่านระบบสกาตา

#### 1.2 โครงสร้างของ VJC

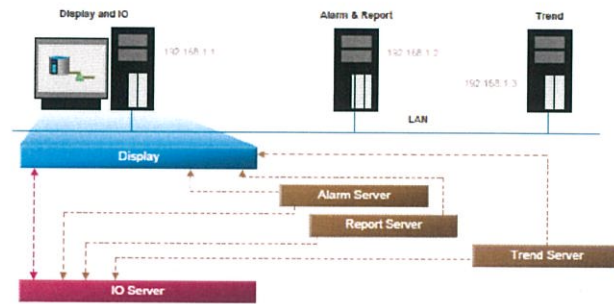
แบ่งออกเป็นระดับเซิร์ฟเวอร์ที่แตกต่างกันประกอบด้วยกับ 4 ส่วน คือ

1. จอแสดงผลเป็นส่วนที่ใช้ติดต่อผู้ใช้ด้วยกราฟิกที่ผู้คุมเครื่องเห็น
2. ส่วนที่สำคัญที่สุดคือ อินพุต/เอาต์พุตเซิร์ฟเวอร์
3. กระบวนการควบคุมของสัญญาณเตือนภัยรายงานการสร้างเอกสารจากพื้นฐานข้อมูล
4. การควบคุมแนวความคิดการจัดเก็บข้อมูลแบบอะนาล็อกและการแสดงของกราฟ



รูปที่ ข.2 โครงสร้างของ VJC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 การแพร่กระจายเครือข่ายของ VJC

### 1.3 การเริ่มต้นใช้งาน VJC

หน้าต่างของ VJC จะประกอบด้วยกันอยู่ 3 หน้าต่าง ซึ่งในแต่ละหน้าต่างมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป

#### 1.3.1 Citect Explorer

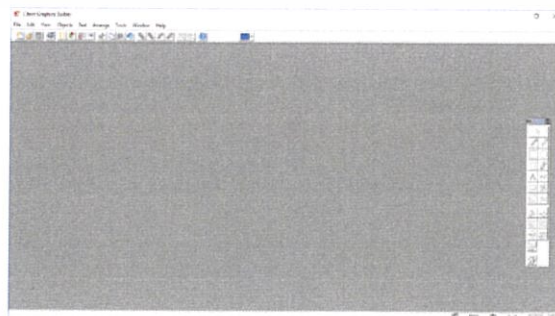
หน้าต่างหลักที่จัดการกับโครงการที่ใช้ในการดำเนินงาน ซึ่งแสดงรายการของโครงการทั้งหมดทางด้านซ้ายของหน้าต่างดังรูปข้างล่าง



รูปที่ ข.4 หน้าต่างของ Citect Explorer

#### 1.3.2 Graphics Builder

ส่วนที่ใช้ในการสร้างกราฟฟิกของผู้ใช้งาน

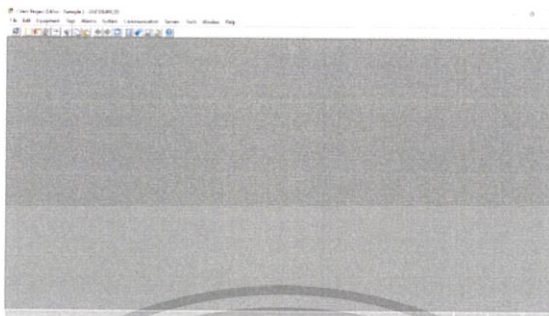


รูปที่ ข.5 หน้าต่างของ Graphics Builder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3.3 Project Editor

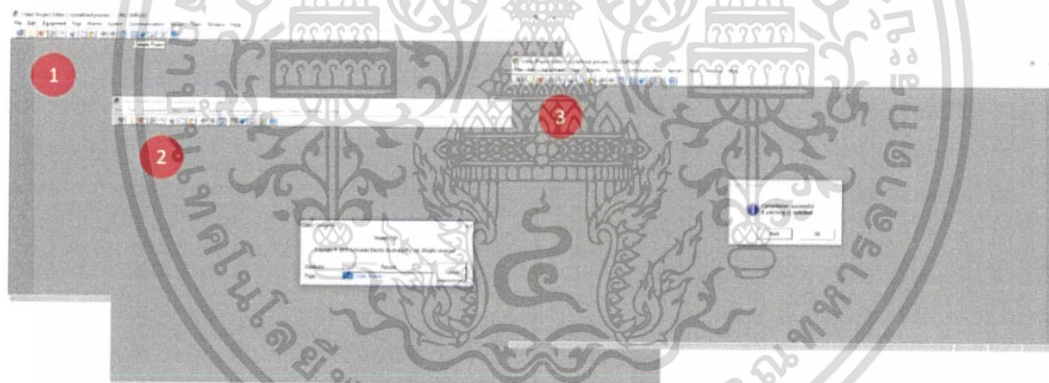
ส่วนที่สามารถกำหนดเซิร์ฟเวอร์ของอินพุตหรือเอาต์พุต โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรล การติดตามตัวแปร รวมไปถึงการกำหนดค่าระบบ



รูปที่ ข.6 หน้าต่างของ Project Editor

### 1.4 การตรวจสอบการใช้งาน VJC

ก่อนที่จะดำเนินงานที่ใช้ดำเนินการนั้น ต้องมั่นใจว่างานได้ผ่านการประมวลมาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งการประมวลนั้นสามารถทำได้ โดยการเข้าไปที่ Project Editor แล้วคลิกบน Compile



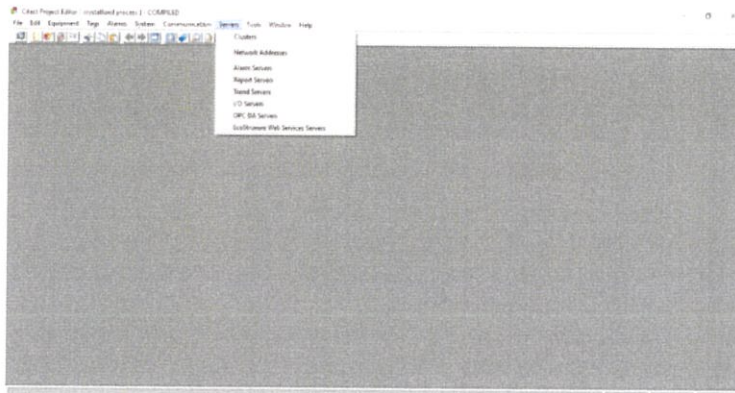
รูปที่ ข.7 การไม่พบข้อผิดพลาดจากการ Compile

### 1.5 การใช้งาน VJC

#### 1.5.1 การกำหนดเซิร์ฟเวอร์

Citect ต้องการที่จะทราบตำแหน่งของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ ซึ่งจะมีการกำหนดไว้ในขั้นตอนแรกของการเริ่มดำเนินงานในโปรแกรม ซึ่งก่อนการกำหนดนั้นต้องตรวจสอบก่อนว่าเป็นไปได้หรือไม่สำหรับเซิร์ฟเวอร์ที่แตกต่างกันที่จะตั้งอยู่ทั่วเครือข่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดอย่างชัดเจนแต่ละเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 ข้อมูลในแถบเมนู Sever

1.5.1.1 คลัสเตอร์ (Cluster)

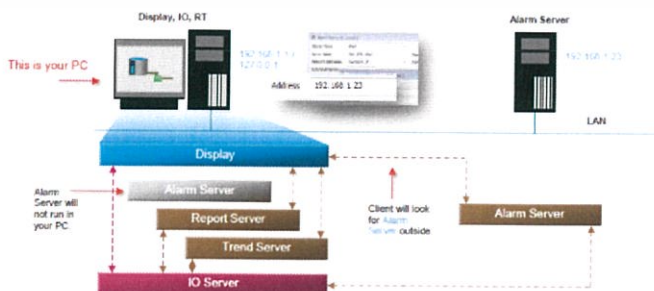
คลัสเตอร์เป็นเหมือนสถานที่ตั้ง ส่วน หรือชื่อแผนก เหมาะกับการทำงานที่มีหลายๆส่วนการควบคุมมีโปรแกรมเมเบิลลอจิกหลายตัว ซึ่งแต่ละตัวควบคุมส่วนการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการกำหนดทำให้สามารถแบ่งส่วนทำงานต่างๆได้ เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานโดย Clientสามารถเข้าถึงเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ในคลัสเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยการสร้างโครงการทั้งหมดซึ่งรวมถึงโครงการจากคลัสเตอร์ที่เลือก

1.5.1.2 ที่อยู่ของเครือข่าย (Network Address)

ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์นี้จะบอก Citect ถึง IP Address ของตัวแปรอินพุต/เอาต์พุต และเซิร์ฟเวอร์ของ ART

1.5.1.3 เซิร์ฟเวอร์ของสัญญาณเตือนภัย (Alarm Server)

หลังจากกำหนดเซิร์ฟเวอร์ของสัญญาณเตือนภัยเรียบร้อยแล้ว การกำหนดที่อยู่ของเครือข่ายนั้นมีเพื่อสามารถบอกได้ว่า เมื่อมีการเริ่มดำเนินโครงการผ่านคอมพิวเตอร์เวลาในการดำเนินงานของ Citect จะเห็นว่าเซิร์ฟเวอร์ของสัญญาณเตือนภัยที่อยู่บน IP ไม่จำกัดอยู่เฉพาะที่ เวลาในการดำเนินงาน (Run Time) ของ Citect จะอนุญาตเครื่องเป้าหมายให้ส่งสัญญาณเตือนภัย



รูปที่ ข.9 การทำงานของ Sever เมื่อมีสัญญาณเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.5.1.4 เซิร์ฟเวอร์ของการรายงาน (Report Server)

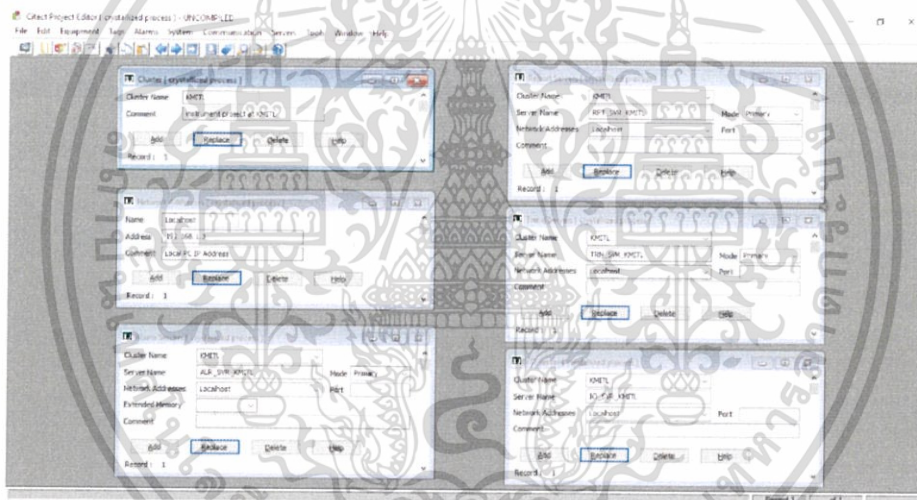
ต้องมีการกำหนดเพื่อบอก Citect ถึงตำแหน่งที่อยู่ของเซิร์ฟเวอร์ของการรายงานจึงต้องมีเซิร์ฟเวอร์ของการรายงาน

#### 1.5.1.5 เซิร์ฟเวอร์แนวโน้มหรือทิศทาง (Trend Server)

ต้องมีการกำหนดเพื่อบอก Citect ถึงตำแหน่งที่อยู่ของเซิร์ฟเวอร์แนวโน้ม จึงต้องมีเซิร์ฟเวอร์แนวโน้มหรือทิศทาง

#### 1.5.1.6 เซิร์ฟเวอร์ของอินพุต/เอาต์พุต (I/O Server)

ขั้นตอนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของทุกๆขั้นตอน เซิร์ฟเวอร์ของอินพุต/เอาต์พุตต้องมีการกำหนดไว้แน่นอน Citect สามารถอยู่ได้โดยไม่มี ART แต่ไม่สามารถอยู่ได้โดยไม่มีเซิร์ฟเวอร์ของอินพุต/เอาต์พุตหลังจากกำหนดทุกองค์ประกอบที่สำคัญของเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดนี้แล้ว Citect จะสามารถรู้ได้ว่าจะหาเซิร์ฟเวอร์ IO-ART ระหว่างเวลาดำเนินการได้จากที่ใด



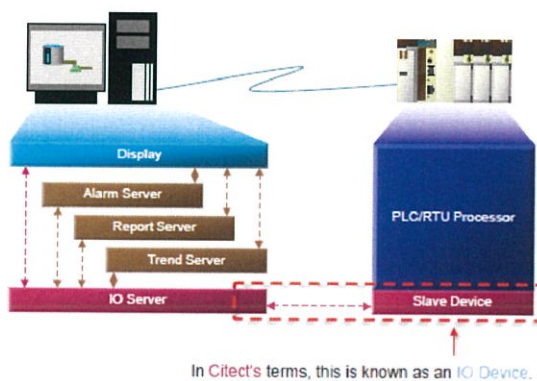
รูปที่ ข.10 การกำหนด Sever ในการเชื่อมต่อ

### 1.6 อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

#### 1.6.1 กำหนดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

ในเซิร์ฟเวอร์ของอินพุต/เอาต์พุต จะต้องได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Slave Device) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการบอก Citect ถึงวิธีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์นี้

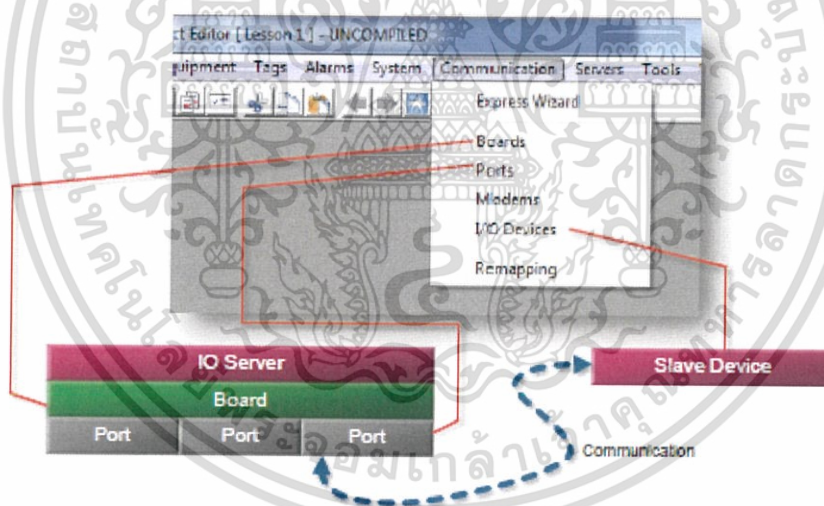
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตกับ sever

### 1.6.2 การกำหนดการสื่อสาร

ส่วนการสื่อสารของโครงการจะต้องได้รับการกำหนด ซึ่งมีอยู่ 3 ส่วนในการกำหนด ค่าที่จะได้รับไปยัง Slave Device ภายนอก เซิร์ฟเวอร์ของอินพุต/เอาต์พุตจำเป็นต้องมีการโต้ตอบ ผ่านทางพอร์ตการสื่อสารที่กำหนดไว้ในระดับบอร์ด



รูปที่ ข.12 แถบข้อมูลการสื่อสาร

#### 1.6.2.1 การกำหนดบอร์ด (Boards Configuration)

#### 1.6.2.2 การกำหนดพอร์ต (Ports Configuration)

ในส่วนของการกำหนด Port Number จะต้องไม่ซ้ำกันสำหรับพอร์ต ทั้งหมดซึ่งได้ประกาศไปแล้วบนบอร์ดที่กำหนดใน Special Opt คือ

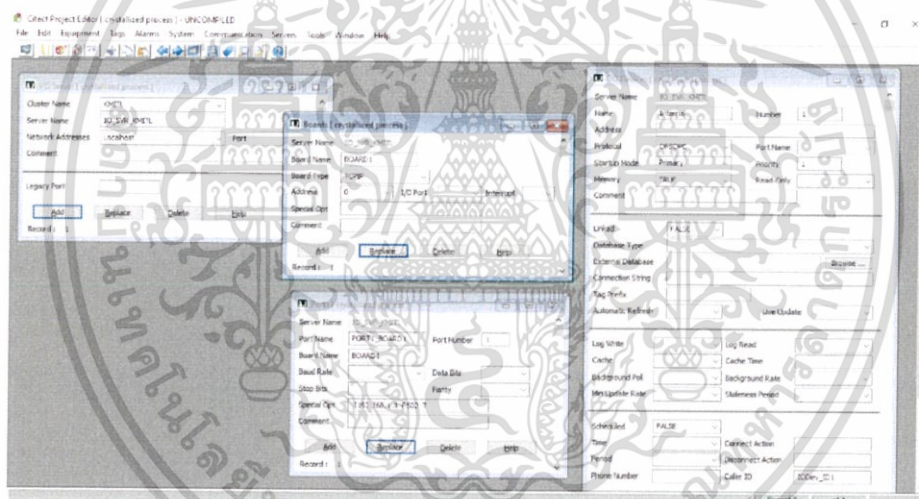
-la -Pn -T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซึ่ง a = ที่อยู่ IP ในรูปแบบจุดมาตรฐานอินเทอร์เน็ต (เช่น 192.9.2.60)  
 n = จำนวนพอร์ตปลายทาง บ่อยครั้งที่พอร์ตแท้จริงมีหลายพอร์ตเสมือน ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยมาตรฐานทั่วไปจะใช้เป็น 502  
 T = บังคับให้ตัวขับใช้ TCP มากกว่า UDP (-U)

### 1.6.2.3 การกำหนดอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (I/O Device Configuration)

จุดสิ่งที่แปลก ในการกำหนดจะมีบันทึกเพียงหนึ่งเท่านั้น ถ้าหากบันทึกมากกว่าหนึ่ง เพื่อที่จะกำจัดเงื่อนไขให้เป็นหนึ่ง ต้องมีการถาม VJC เพื่อสร้างดัชนีฐานข้อมูล ซึ่งสามารถทำให้สำเร็จได้โดยการ Pack ส่วนการกำหนด Number นั้นเป็นการใช้เพื่อกำหนด slave ที่ไม่ซ้ำกัน ยกเว้นกรณีที่มีการกำหนด Number สำหรับ slave 2 ตัวให้มี Number ที่เหมือนกันนั้นใน Redundancy Setup ถ้ากรณี que เลือกหน่วยความจำเป็น TRUE อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตจะถูกสร้างขึ้นในหน่วยความจำและเก็บค่าไว้ในหน่วยความจำที่เวลาดำเนินการ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับระบบที่กำลังมีการทดสอบระบบ ก่อนที่จะเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตทางกายภาพ

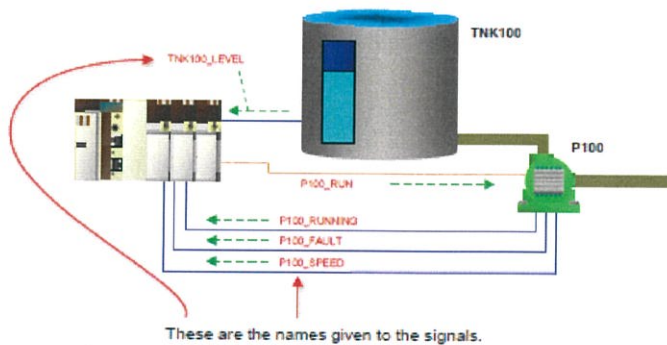


รูปที่ ข.13 การกำหนดการสื่อสารในการเชื่อมต่อ

### 1.6.3 การติดตามตัวแปร (Variable Tags)

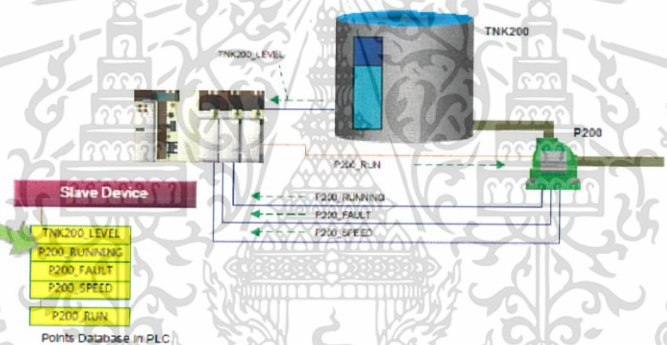
เมื่อกำหนด Sever และการติดต่อสื่อสารเรียบร้อยแล้ว ต่อมาเป็นขั้นตอนของการสร้าง Tag ของการทำงานแต่ละขั้นตอน โดยในแต่ละ Tag จะเชื่อมต่อกับ Address ของ PLC เพื่อรับและส่งข้อมูลจาก PLC ขึ้นแสดงบนส่วนแสดงผลโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลโทลที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์และจุดควบคุม โดยในแต่ละสัญญาณนั้นต้องมีการกำหนดชื่อเพื่อใช้ในการกำหนดชื่อ Tag เพื่อใช้กำหนด Tag ที่ต้องการบนส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



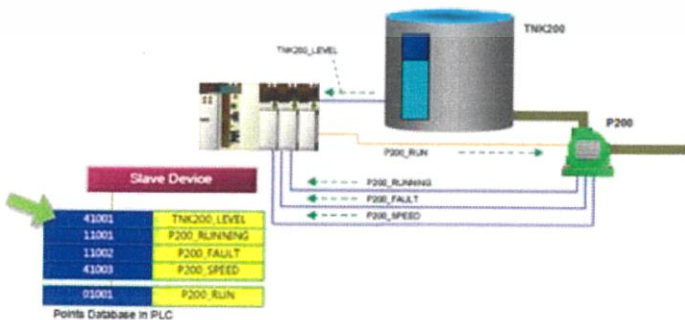
รูปที่ ข.14 การกำหนดชื่อสัญญาณในแต่ละการทำงาน

ค่าของสัญญาณเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในส่วนของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล หรือเรียกว่า จุดฐานข้อมูล (Points Database) เป็นการเก็บรวบรวมสัญญาณของกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานดังตัวอย่างในรูปข้างล่างซึ่งแสดงสถานะการทำงานของปั๊มทั้ง 3 สถานะ รวมไปถึงสัญญาณแสดงระดับของของไหล



รูปที่ ข.15 รายชื่อในที่ถูกเก็บไว้ในโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

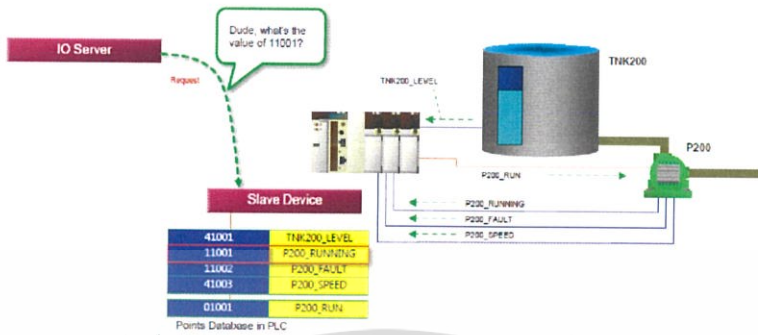
ในแต่ละค่าสัญญาณนั้นจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำที่มีที่อยู่ ซึ่งที่อยู่นี้เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับเซิร์ฟเวอร์อินพุต/เอาต์พุต เพราะเป็นวิธีที่เซิร์ฟเวอร์อินพุต/เอาต์พุตสามารถมองเห็นสัญญาณรูปแบบของที่อยู่สำหรับแต่ละสัญญาณที่ขึ้นอยู่กับโปรโตคอลที่ใช้



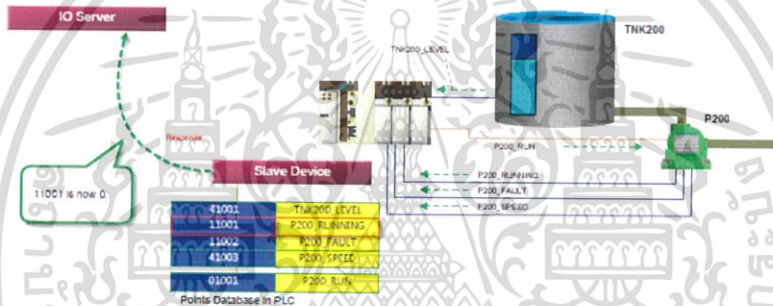
รูปที่ ข.16 ที่อยู่สำหรับแต่ละสัญญาณกรณีเป็น MODNET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซิร์ฟเวอร์อินพุต/เอาต์พุตเมื่อติดต่อกับอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล ต้องใช้ที่อยู่นี้เพื่อต้องการทราบค่าสัญญาณ

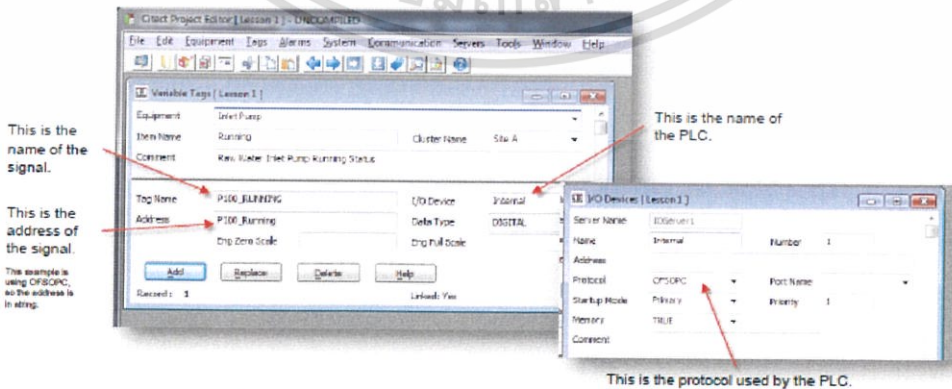


รูปที่ ข.17 การติดต่อกับอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์เพื่อต้องการทราบค่าสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ (Slave Device)



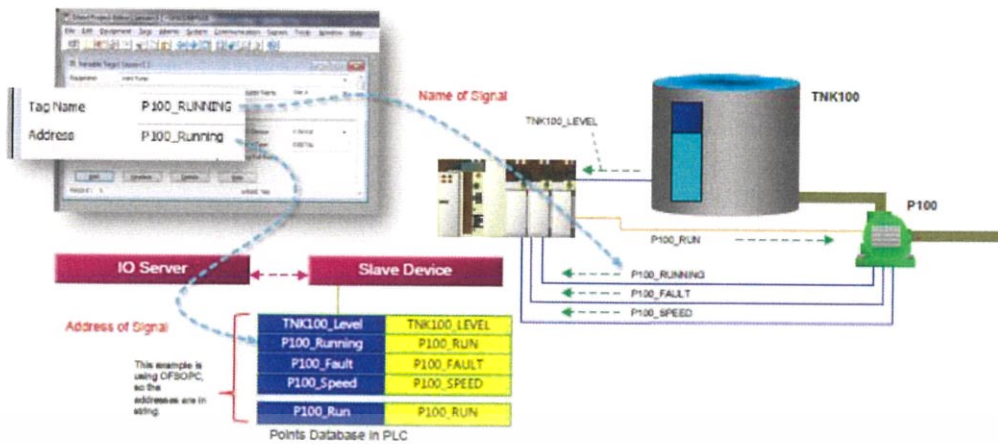
รูปที่ ข.18 การตอบกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์อินพุต/เอาต์พุต

รูปแบบการติดตามตัวแปรที่กำหนดสัญญาณที่โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล มีที่อยู่นั้นอยู่ตรงตำแหน่งใด และเป็นวิธีในการติดตามตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอินพุต/เอาต์พุตบนโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล



รูปที่ ข.19 รายละเอียดในการกำหนดการติดตามตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

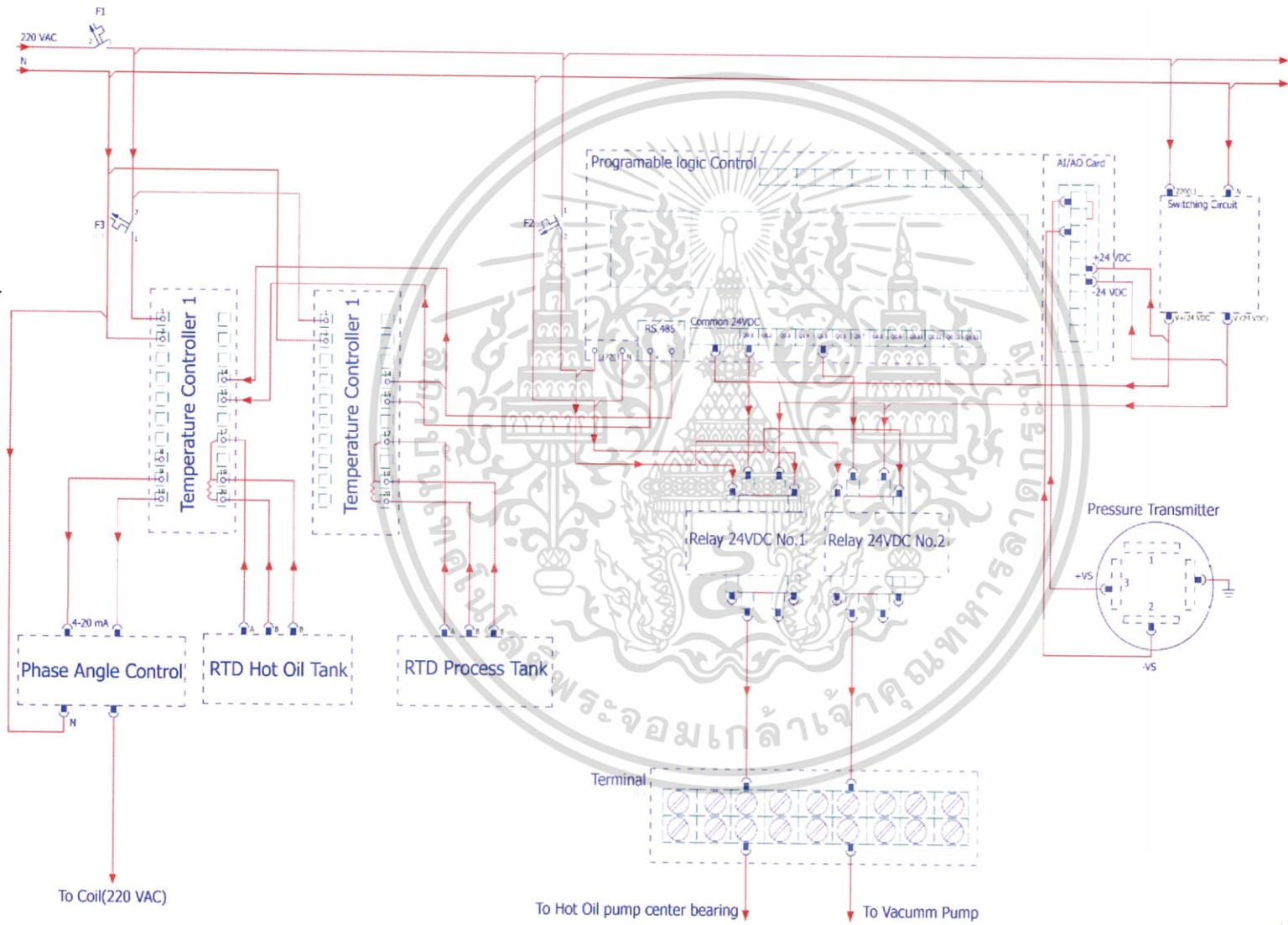


รูปที่ ข.20 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรการทำงานของปั๊ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 วงจรไฟฟ้าของกระบวนการทำงาน



1. การต่อแผงวงจรไฟฟ้า

ภาคผนวก ค.

