

การศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมกระบวนการความร้อนแบบแบทช์
A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS
CONTROL



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมกระบวนการความร้อนแบบแบทช์
A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS
CONTROL



00264583

TB00032

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS
CONTROL



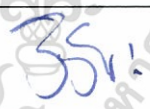
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
OF BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมกระบวนการความร้อนแบบแบทช์
A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS
CONTROL

นักศึกษาผู้จัดทำ นายวิศรุต พนาราม รหัสนักศึกษา 57011190
นายสิทธิ์ สุจรีต รหัสนักศึกษา 57011350
นายอนวัช ปาโรจกุล รหัสนักศึกษา 57011461
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมกระบวนการความร้อนแบบแบทช์
A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS
CONTROL

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายวิศรุต	พนาราม	รหัสนักศึกษา	57011190
	นายสิทธิ	สุจิริต	รหัสนักศึกษา	57011350
	นายอนวัช	ปาริจกุล	รหัสนักศึกษา	57011461
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์			
ปีการศึกษา	2560			

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมอุณหภูมิกระบวนการแบบแบทช์ โดยทั่วไปจะใช้ฮีตเตอร์เป็นตัวให้ความร้อนให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียว แต่ในแบบจำลองนี้จะใช้ฮีตเตอร์ควบคู่กับระบบทำความเย็นในการควบคุมอุณหภูมิภายนอกของของเหลวสารภายในถังปฏิกิริยา เพื่อให้ได้อุณหภูมิในระบบมีค่าตามที่ต้องการเร็วขึ้น โดยใช้ตัวควบคุม E5AK ของ OMRON ในการควบคุมอุณหภูมิการทำงานของฮีตเตอร์และระบบทำความเย็น ศึกษาการทำงานของระบบทำความเย็นเพื่อประยุกต์ในการใช้งานในระบบหล่อเย็น ออกแบบวงจรควบคุมร่วมกับการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อตั้งค่าเป้าหมายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ผลการทดลองปรากฏว่า อุณหภูมิภายในถังปฏิกิริยาสามารถติดตามค่าตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี และศึกษาการใช้งานและฟังก์ชันต่างๆ ของตัวควบคุม E5AK โดยใช้ฟังก์ชัน PID ของตัวควบคุมร่วมกันโหมดการควบคุมร้อนและเย็นเป็นหลักในการควบคุมระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A STUDY OF SERVOMECHANISM FOR BATCH HEATING PROCESS CONTROL	
Authors	Mr.Wisarut Panaram	
	Mr.Sit Sutjarit	
	Mr.Anawat Parichkul	
Thesis Adviser	Assoc.Prof.Viriya Kongratana	
Year	2017	

ABSTRACT

This thesis is a study of servomechanisms for Batch Heating Process Control. Normally, a heater is used to heat the temperature only. However, in this model the heater is used in conjunction with the cooling system to control temperature inside the tank, in order to get the temperature in the system as quickly as possible. The steps in designing the control system begins with familiarization of the OMRON E5AK controller and their associated control circuit and controller function. A PID controller is implemented to control the heater and the cooling system temperatures to reach a time-varying set point. Study of the cooling system to be applied in the cooling system. Design a control circuit along with creating an application to set a set point that changes with time. The results showed that the temperature within the reaction tank can be tracked at variable values. Study the application and functions of the E5AK controller.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.วิริยะ กองรัตน์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ จนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นที่เคารพซึ่งเป็นที่กำลังใจที่ดีตลอดมา รวมทั้งส่งเสียจนได้ร่ำเรียนถึงทุกวันนี้ และขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน และน้องที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรัก ความปรารถนา จนทำให้การทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จสำเร็จดังสมประสงค์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสที่ได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ รวมทั้งมอบสิ่งดี ๆ ตลอดเวลาสี่ปีให้ผู้จัดทำศึกษาอยู่ในสถาบันแห่งนี้ คุณความดีที่ได้ปรากฏในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ บิดา มารดา ครู-อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 Batch Process.....	3
2.2 Servomechanism.....	3
2.3.1 การนำความร้อน: Heat Conduction.....	4
2.3.2 การพาความร้อน: Heat Convection.....	4
2.3.3 การแผ่รังสี : Radiation.....	4
2.4 Reactor Tank (CSTR).....	5
2.5 OMRON E5AK.....	6
2.6 เทอร์โมคัปเปิล.....	9
2.6.1 เทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน.....	10
2.6.1.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S และ R.....	10
2.6.1.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ B.....	10
2.6.1.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J.....	10

สารบัญ (ต่อ)

2.6.1.4	เทอร์โมคัปเปิลแบบ K.....	11
2.6.1.5	เทอร์โมคัปเปิลแบบ T.....	11
2.6.1.6	เทอร์โมคัปเปิลแบบ E.....	11
2.6.2	โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล.....	12
2.6.2.1	จุดเชื่อมต่อแบบเปลือย (Exposed Junction).....	12
2.6.2.2	จุดต่อแบบไม่เชื่อมต่ออยู่กับตัวยึด (Ungrounded Junction).....	12
2.6.2.3	จุดต่อแบบเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย Sheath (Grounded Junction).....	13
2.7	ฮีตเตอร์.....	13
2.8	ระบบทำความเย็น.....	14
2.9	Relay.....	16
2.9.1	ส่วนประกอบรีเลย์.....	16
2.9.2	จุดต่อใช้งานมาตรฐาน.....	16
2.9.3	ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป.....	17
2.10	Solid State Relay.....	17
บทที่ 3	วิธีดำเนินการ.....	19
3.1	ด้าน Hardware.....	19
3.1.1	Reactor.....	19
3.1.2	Refrigerator.....	21
3.1.3	Heater.....	22
3.1.4	การทำงานของระบบ.....	23
3.2	การวัด.....	23
3.2.1	การวัดอุณหภูมิ.....	23
3.2.2	ระบบควบคุม.....	23
3.2.3	การควบคุมระบบทำความร้อนและระบบทำความเย็น.....	24
3.3	การควบคุม.....	24
3.4	วิธีการเก็บค่า.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ v ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 วิธีการทดลอง.....	29
การทดลองที่ 4.1.1	29
การทดลองที่ 4.1.2	31
การทดลองที่ 4.1.3	33
การทดลองที่ 4.1.4	34
4.2 ผลการทดลอง	36
บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์	37
5.1 สรุปผลปริญญานิพนธ์	37
5.2 วิจารณ์ปริญญานิพนธ์.....	37
5.3 แนวทางในการพัฒนา.....	37
5.4 ประสบการณ์ที่ได้รับ	38
บรรณานุกรม.....	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรายละเอียดของ OMRON E5AK.....	7
2.2 แสดงเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน.....	11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และvii้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรูปของการทำงานของ Servomechanism.....	3
2.2 แสดง reactor tank.....	5
2.3 แสดงรูปของตัวควบคุม ยี่ห้อ OMRON รุ่น E5AK.....	6
2.4 แสดงรูปการแสดงผลและการทำงานของปั๊มต่างๆ ของ E5AK.....	6
2.5 แสดง flow chart การทำงานของ OMRON E5AK.....	7
2.6 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์.....	8
(ก) แสดงกราฟการทำงานที่ใช้ของการปรับเข้าหาค่าตั้งต้นทั้งร้อนและเย็น	
(ข) แสดงกราฟการทำงานของ OMRON E5AK	
2.7 แสดงการทดลองของซีเบค (Seebac).....	9
2.8 แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิ.....	12
ของเทอร์คัปเปิลมาตรฐานทั้ง 7 แบบ	
2.9 แสดงรูปของฮีตเตอร์.....	14
2.10 แสดงรูปของ การทำงานของการส่งถ่ายความร้อน.....	15
2.11 แสดงรูปของ Relay.....	16
2.12 แสดงรูปวงจรของ Relay.....	17
2.13 แสดงรูปของ Solid state relay.....	18
3.1 แสดงแบบ Reactor จาก Autocad.....	19
3.2 แสดงแบบที่ส่งให้โรงงาน.....	20
3.3 แสดงแบบที่ทางโรงงานเขียน.....	20
3.4 แสดง Reactor.....	21
3.5 แสดง compressor.....	21
3.6 แสดง evaporater.....	22
3.7 แสดง chiller.....	22
3.8 แสดง refrigerator.....	22
3.9 แสดงภาพรวมของระบบ.....	23
3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ OMRON E5AK.....	24
3.11 แสดงวงจรควบคุมของ OMRON E5AK.....	25

สารบัญรูป (ต่อ)

3.12	แสดงหน้าต่างโปรแกรม Delphi 7.....	26
3.13	แสดงหน้าต่างโปรแกรม Batch Reactor.....	26
3.14	แสดงหน้าต่างการตั้งค่าโปรแกรม Batch Reactor.....	27
3.15	แสดงหน้าต่างแสดงผลของโปรแกรม Batch Reactor.....	27
4.1	แสดงการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที.....	29
4.2	แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที.....	30
4.3	แสดงช่วงที่อุณหภูมิตั้งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที.....	30
4.4	แสดงกราฟที่ได้จากการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที.....	31
4.5	แสดงการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที.....	31
4.6	แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที.....	32
4.7	แสดงช่วงที่อุณหภูมิตั้งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที.....	32
4.8	แสดงผลของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที.....	33
4.9	แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที.....	33
4.10	แสดงช่วงที่อุณหภูมิตั้งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที.....	34
4.11	แสดงผลของการทดลองที่ทุกๆ 45 วินาที.....	34
4.12	แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 45 วินาที.....	35
4.13	แสดงช่วงที่อุณหภูมิตั้งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 45 วินาที.....	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันจะมีกระบวนการผลิต 2 ประเภทใหญ่ คือ กระบวนการผลิตแบบทีละขั้นตอน หรือเรียกว่า กระบวนการแบบแบทช์ และกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง กระบวนการผลิตทั้งสองแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แต่กระบวนการที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตจะเป็นกระบวนการผลิตแบบแบทช์ เนื่องจากกระบวนการผลิตแบบแบทช์ใช้ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบน้อยกว่ากระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ในบางบริษัทต้องการที่จะผลิตยาที่จำเพาะเจาะจง ส่วนใหญ่จะเลือกกระบวนการผลิตแบบแบทช์ เพราะว่าในกระบวนการผลิตยาจำเป็นต้องผสมส่วนผสมเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งถ้าเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องจะไม่สามารถผลิตเป็นลำดับได้ เนื่องจากจะต้องทำการผลิตอย่างต่อเนื่องไม่สามารถหยุดกระบวนการเพื่อเพิ่มลดส่วนผสมได้ และถ้าบริษัทต้องการที่จะปรับสูตรผสมยาจะสามารถปรับเปลี่ยนได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องหยุดกระบวนการ เพื่อที่จะปรับกระบวนการผลิตใหม่ทั้งหมด

และในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปัจจุบันจะแบ่งรูปแบบการควบคุมออกเป็น 2 รูปแบบ คือ Regulatory ซึ่งจะกำหนดให้ระบบควบคุมรักษาค่าตั้งต้นให้คงที่สม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา มักนิยมใช้ในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันและโรงไฟฟ้า ส่วน Servo ซึ่งระบบควบคุมนั้นสามารถปรับเปลี่ยนค่าตั้งต้นได้ตามที่ต้องการ มักนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา หรือที่คุ้นเคยกัน ก็คือ Servomotor ที่สามารถกำหนดทิศทาง การหมุนและความเร็วได้นั่นเอง

จากทั้งกระบวนการผลิตและระบบควบคุม นำมารวมกัน จึงเป็นที่มาของปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษากลไกเซอร์โวสำหรับควบคุมกระบวนการความร้อนแบบแบทช์

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษากระบวนการแบบแบทช์
2. ศึกษาการควบคุมแบบเซอร์โว
3. ศึกษาตัวควบคุม OMRON E5AK
4. ศึกษาการออกแบบถังปฏิกริยา
5. ศึกษาการออกแบบระบบแลกเปลี่ยนความร้อน

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถออกแบบระบบควบคุมความร้อนด้วย OMRON E5AK
2. สามารถออกแบบระบบควบคุมแบบเซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการของกระบวนการแบบเบทช์
2. ศึกษาหลักการการควบคุมแบบเซอร์โว
3. ศึกษาการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Solid Work และ AutoCAD
4. ศึกษาการทำงานและการใช้งานตัวควบคุม OMRON E5AK
5. ศึกษาระบบทำความเย็น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการ Batch control
2. เข้าใจเกี่ยวกับระบบการควบคุมเซอร์โว
3. สามารถใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ของตัวควบคุม OMRON E5AK
4. สามารถออกแบบระบบควบคุมความร้อนด้วยตัวควบคุม OMRON E5AK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

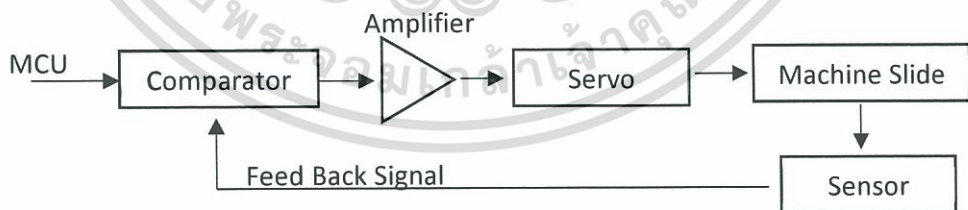
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Batch Process

การผลิตแบบกลุ่ม หรือ กระบวนการแบบกลุ่ม (Batch Production , Batch Process) เป็นการผลิตที่คล้ายกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง จนบางครั้งจัดเป็นการผลิตประเภทเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันตรงที่การผลิตแบบกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแยกเป็นกลุ่มๆ ในแต่ละกลุ่มจะผลิตตามมาตรฐานเดียวกัน ในขณะที่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลากหลายมากกว่า ลักษณะการจัดเครื่องจักรอุปกรณ์ของการผลิตแบบกลุ่มจะเหมือนกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง คือจัดเครื่องจักรตามหน้าที่การใช้งานเป็นสถานีแล้วงานจะไหลผ่านไปแต่ละสถานีตามลำดับขั้นตอนของงาน และเนื่องจากการผลิตแบบกลุ่มเป็นการผลิตของเป็นล็อต ขั้นตอนการผลิตจึงมีแบบแผนลำดับเหมือนกันเป็นกลุ่มๆ ตามล็อตการผลิตเหล่านั้น การผลิตแบบกลุ่มนี้ใช้ได้กับการผลิตตามคำสั่งซื้อและการผลิตเพื่อรอจำหน่าย [1]

2.2 Servomechanism

Servo ตั้งเดิมมาจากภาษาลาตินเป็นคำศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปในระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งแปลว่า “ทาส” ดังนั้น Servomechanism ที่สามารถควบคุม การสั่งงานหรือการตั้งค่า ทำให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนดไว้ โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) โดยนำมาประยุกต์ใช้ รู้จักกันดีในชื่อ Servo Motor ที่จะทำให้แกนมอเตอร์หมุนไปยังองศาที่เรากำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง [2] ดังในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงรูปของการทำงานของ Servomechanism [3]

servo ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในการควบคุมการดับไฟของทหาร การนำทางทางทะเล ในปัจจุบันใช้ในระบบอัตโนมัติ เช่น เสืออากาศดาวเทียมติดตามเครื่องบินควบคุมระยะไกล ระบบนำทางอัตโนมัติบนเรือและเครื่องบิน ระบบควบคุมปืนกล ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น ระบบ fly-by-wire ในเครื่องบินใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเซอร์โวเพื่อบังคับการบินแทนระบบเดิมทำให้การบินมีความปลอดภัยมากขึ้น การควบคุมรถบังคับวิทยุซึ่งใช้เซอร์โวในการควบคุม กล้องอัตโนมัติไฟส่องสว่างใช้ระบบเซอร์โว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อปรับเลนส์ให้คมชัดและแม่นยำ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีระบบเซอร์โวแบบแม่เหล็กที่มีความแม่นยำในระดับไมโครเมตร และถูกใช้งานในระบบที่มีการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนและอื่น ๆ อีกมากมาย ประเภทของ servo แยกตามระบบของการป้อนกลับ คือ

Type 0 : ภายใต้อาณัติสภาวะคงที่จะให้สัญญาณเอาต์พุตผิดพลาดคงที่

Type 1 : ภายใต้อาณัติสภาวะคงที่จะให้สัญญาณเอาต์พุตพร้อมกับสัญญาณเอาต์พุตผิดพลาด แต่จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณข้อมูลที่อ้างอิงไว้

Type 2 : ภายใต้อาณัติสภาวะคงที่จะให้สัญญาณเอาต์พุตพร้อมกับสัญญาณเอาต์พุตผิดพลาด แต่ค่าคงที่จะถูกเปรียบเทียบกับค่าที่ติดตามไว้

2.3 ประเภทของการถ่ายเทความร้อน

พลังงานความร้อนสามารถถ่ายเทจากสสารหนึ่งไปยังอีกสสารหนึ่ง โดยมีสื่อตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ สามารถแบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ประเภท การถ่ายเทความร้อนพื้นฐานแบ่งออกได้เป็น [4] ดังนี้

2.3.1 การนำความร้อน: Heat Conduction หมายถึง กระบวนการที่ความร้อนถ่ายเทโดยอาศัยการเคลื่อนไหวของอะตอมหรือโมเลกุลในของแข็งไปตามลำดับ

2.3.2 การพาความร้อน: Heat Convection หมายถึง กระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของของไหล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวหน้าของวัตถุกับของไหล ก็เรียกว่า “การพาความร้อน” ในอุปกรณ์ความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยมากการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับผิวหน้าของวัตถุ มักจะสำคัญกว่าการถ่ายเทความร้อนภายในตัวของไหลเอง ในที่นี้จึงจะกล่าวถึงการพาความร้อนในลักษณะดังกล่าว การพาความร้อนเกิดขึ้นได้ทั้งจากการไหลที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (หรือความหนาแน่น) และการไหลที่เกิดขึ้นจากปั๊มหรือพัดลม เป็นต้น ซึ่งแบบแรกจะเรียกว่า การพาความร้อนตามธรรมชาติแบบหลังจะเรียกว่า การพาความร้อนด้วยการบังคับ

2.3.3 การแผ่รังสี : Radiation หมายถึง วัตถุทุกชนิดจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวและความเข้มค่าหนึ่งจากพื้นผิวอยู่ตลอดเวลา โดยความยาวและความเข้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า “การแผ่รังสีความร้อน” หากวัตถุนั้นดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ก็จะได้รับพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่าการแผ่รังสี ปฏิกิริยาการถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการคงที่ และกระบวนการไม่คงที่ กระบวนการคงที่หมายถึงในการถ่ายเทความร้อน การกระจายอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัววัตถุและปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ส่วนในกระบวนการไม่คงที่ ปริมาณเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา

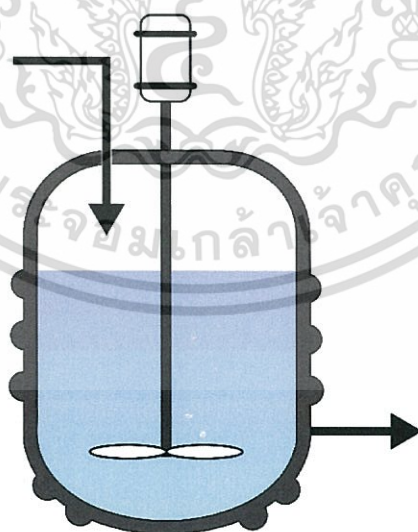
2.4 Reactor Tank (CSTR)

เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง เรียกสั้นๆว่า CSTR ดังรูปที่ 2.2 สารทำปฏิกิริยาทั้งหมด จะถูกป้อนเข้า ที่ทางของเครื่องปฏิกรณ์ อย่างต่อเนื่องโดยมีใบกวนช่วยกวนสารทำปฏิกิริยาให้มี อุณหภูมิและความเข้มข้นเท่ากันตลอด ใบกวนมีหน้าที่นอกจากทำให้สารทำปฏิกิริยามีเนื้อเดียวกัน แล้ว ยังช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลและความร้อน

1) การทำงานแบบแบทช์ (Batch operation) สารทำปฏิกิริยาทั้งหมดถูกป้อนเข้าไปใน เครื่องปฏิกรณ์ตั้งไว้ก่อน แล้วจึงเริ่มปฏิกิริยา เมื่อเสร็จสิ้นปฏิกิริยาตามเวลาที่กำหนดจึงนำของ ผสม (สารทำปฏิกิริยาที่ยังเหลืออยู่และผลิตภัณฑ์) ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ โดยทั่วไปใช้เครื่อง ปฏิกรณ์แบบถังกวน

2) การทำงานแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous operation) สารทำปฏิกิริยาป้อนเข้าที่ ทางเข้าเครื่องปฏิกรณ์อย่างต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไหลออกมาที่ทางออก ลักษณะของเครื่อง ปฏิกรณ์แบบนี้มีทั้งรูปแบบถังกวนและแบบท่อไหล

3) การทำงานแบบเฟดแบทช์ (fed-batch operation) หรือเซมิแบตช์ (semi-batch operation) จะมีลักษณะการทำงานก็กึ่งระหว่างแบบแบทช์กับแบบไหลต่อเนื่อง



รูปที่ 2.2 แสดง reactor tank [5]

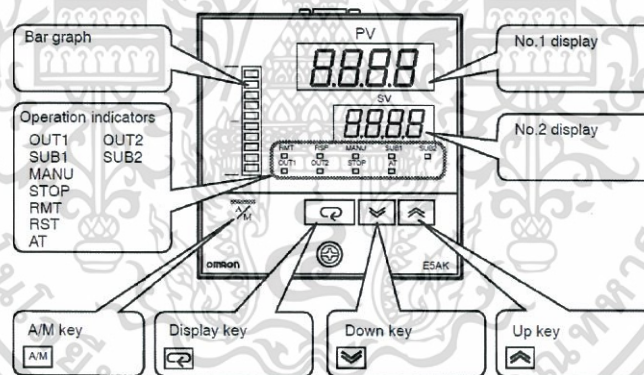
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 OMRON E5AK

OMRON E5AK ในรูปที่ 2.3 และ 2.4 เป็นตัวควบคุมสำเร็จรูป โดยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ใช้ OMRON E5AK เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่มีการควบคุมทั้งแบบ PID และ Fuzzy ซึ่งมีลักษณะการทำงานที่รองรับการทำงานสองระบบในเครื่องเดียว คือ ระบบทำความร้อน และระบบทำความเย็น



รูปที่ 2.3 แสดงรูปของตัวควบคุม OMRON E5AK [6]

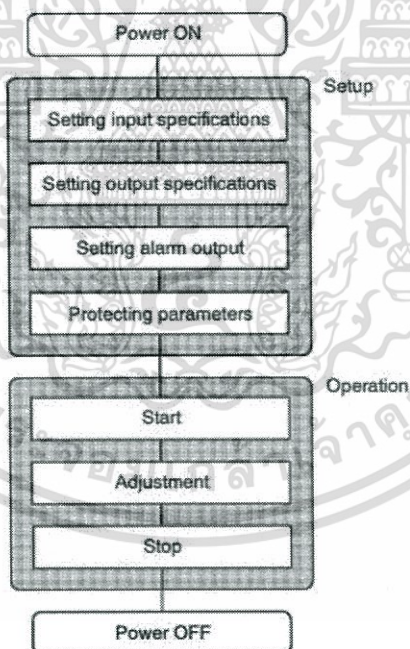


รูปที่ 2.4 แสดงรูปการแสดงผลและการทำงานของปุ่มต่างๆ ของ OMRON E5AK [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

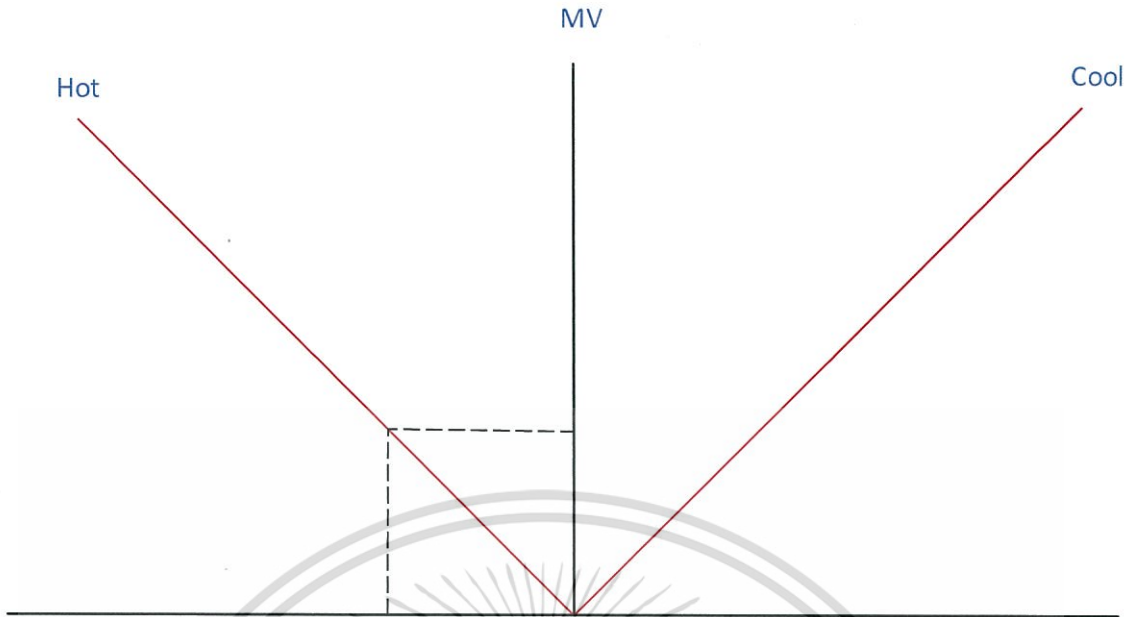
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของ OMRON E5AK

Item	100 to 240 VAC type
Supply voltage	100 to 240 VAC, 50/60 Hz
Power consumption	E5AK: 16 VA
Operating voltage range	85% to 110% of rated supply voltage
Input	Thermocouple: K, J, T, E, L, U, N, R, S, B, W, PLII Platinum resistance thermometer: JPt100, Pt100 Current input: 4 to 20 mA, 0 to 20 mA Voltage input: 1 to 5 V, 0 to 5 V, 0 to 10 V
Input impedance	Current input: 150 Ω ; Voltage input: 1 M Ω min.
Control output	<u>Standard Model, Programmable Model</u> According to Output Unit (see <i>Output Unit Ratings and Characteristics</i>) <u>Position-proportional Model</u> 2 Relay outputs: SPST-NO, 1 A at 250 VAC (including inrush current) *1
Auxiliary output	SPST-NO, 3 A at 250 VAC (resistive load)
Control method #2	ON/OFF or 2-PID control (with auto-tuning)
Setting method	Digital setting using front panel keys
Indication method	7-segment digital display and LEDs
Potentiometer	100 Ω to 2.5 k Ω
Event input	Contact input: ON: 1 k Ω max., OFF: 100 k Ω min. No-contact input: ON: residual voltage: 1.5 V max., OFF: leakage current: 0.1 mA max.
Transfer output	4 to 20 mA, permissible load impedance: 600 Ω max., resolution: approx. 2,600
Remote SP input	Current input: 4 to 20 mA (input impedance: 150 Ω)
Current Transformer input	Connect an exclusive Current Transformer (E54-CT1 or E54-CT3)
Other functions	<u>Standard</u> Manual output, heating/cooling control, SP limiter, loop burnout alarm, SP ramp, MV limiter, MV change rate limiter, input digital filter, input shift, run/stop, protect functions, scaling function. <u>Option</u> Multiple SP, run/stop selection, transfer output functions
Degree of protection	Conforms to IEC IP66 and NEMA4 (Indoor use)



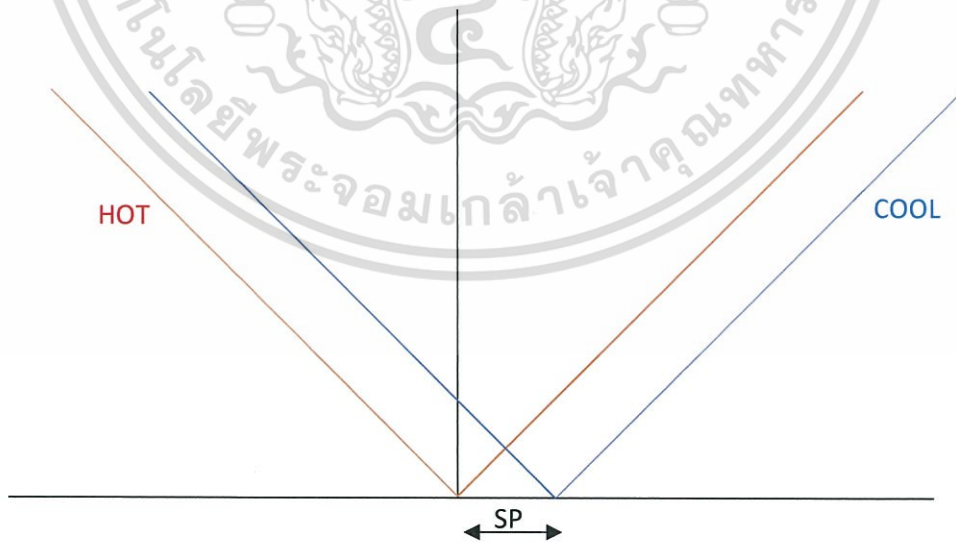
รูปที่ 2.5 แสดง flow chart การทำงานของ OMRON E5AK [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) แสดงกราฟการทำงานที่ใช้ของการปรับเข้าหาค่าตั้งต้นทั้งร้อนและเย็น

จากรูปที่ 2.6ก. จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าที่วัดได้นั้นอยู่ห่างจากค่าตั้งต้นมากเท่าไร ก็จะมีค่าที่ไปสั่งการฮีตเตอร์และคูลเลอร์ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่านั้น ฝั่งทำความร้อนจะทำเมื่อ ค่าตั้งต้นมีค่าต่ำกว่าค่าของค่าที่วัดได้ ($PV < SV$) ฝั่งทำความเย็นจะทำงานเมื่อค่าตั้งต้นมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้ ($PV > SV$) และไม่มีการทำงานที่ค่าตั้งต้นมีค่าเท่ากับค่าของค่าที่วัดได้ ($PV = SV$)



(ข.) แสดงกราฟการทำงานของ OMRON E5AK

รูปที่ 2.6 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6x. ที่แสดงกราฟการทำงานของ OMRON E5AK นั้น จะเห็นว่า ค่าของ ค่าตั้งต้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิมีค่าเข้าใกล้ ค่าตั้งต้น ฮีตเตอร์จะลดการทำงานลงหรือลดการเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ แต่เมื่อค่าที่ได้จากการวัดมีค่าน้อยกว่าค่าตั้งต้นมาก ฮีตเตอร์ จะเพิ่มการทำงานขึ้นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้ระบบ

2.6 เทอร์โมคัปเปิล

หลักการของเทอร์โมคัปเปิล [8] ถูกค้นพบในปี ค.ศ.1821 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ โทมัส ซีเบ็ค (Thomas Seebeck) ที่พบว่าเมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้น ที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองได้รับอุณหภูมิที่ต่างกัน จะเกิดให้มีกระแสไฟฟ้าไหลใน วงจรเส้นลวดทั้งสองตามรูป ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของ อุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ด้าน เปิด โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ปลายด้านเปิดจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิที่จุดต่างทั้งสอง และแรง เคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า “ซีเบ็คโวลเตจ (Seebeck Voltage)”



รูปที่ 2.7 การทดลองของซีเบ็ค (Seebeck) [9]

$$e_{AB} = \text{Seebeck Voltage} = \alpha \Delta T \quad (2.1)$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (Seebeck Coefficient) ซึ่งเป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็น โวลต์/เคลวิน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์นี้ เปลี่ยนแปลงตามชนิดโลหะ

ΔT คือ ผลต่างของอุณหภูมิ หน่วย เคลวิน

e_{AB} คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 นักวิทยาศาสตร์ ฌอง ซี. เอ. เพลเทียร์ (Jean C.A, Peltier) พบว่าเมื่อ ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับที่ซีเบ็คสร้างขึ้น จะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายทั้งสอง ของจุดต่อแตกต่างกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นและอีกปลายข้างหนึ่งจะเย็นลง วงจรการทดลอง ของเพลเทียร์

จากการค้นพบของซีเบ็คและเพลเทียร์ การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลได้ดำเนิน ต่อมา จนเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมคัปเปิลที่นำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมนั้นมีอยู่หลายแบบด้วยกัน คือ แบบ S, R, B, T, E, K และ J สำหรับแบบ K และ J เป็นแบบที่ได้รับความนิยมรับและนิยมนำไปประยุกต์ใช้งานมาก แต่ละชนิดจะมีข้อแตกต่างกันทั้งในด้านคุณสมบัติ และการใช้งาน โดยข้อแตกต่างที่สำคัญได้แก่

- 1) ชนิดของลวดโลหะที่ใช้
- 2) ช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน
- 3) แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้
- 4) ลักษณะความเป็นเชิงเส้น (Linearity)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ K เป็นชนิดที่ได้รับความนิยมสูงมากในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ส่วนผสมของโครเมิล/อลูเมิล ซึ่งโลหะทั้ง 2 มีราคาไม่สูงมาก จึงทำให้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K นี้ มีราคาถูก นอกจากนี้ แรงดันที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก็จัดได้ว่าสูงมากเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ค่าแรงดันที่กำเนิดขึ้นจากตัวเทอร์โมคัปเปิลนั้น ก็มีค่าอยู่ในช่วงของมิลลิโวลต์เท่านั้น

2.6.1 เทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน

2.6.1.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S และ R

มีคุณสมบัติที่คล้ายกัน แต่แบบ R ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่สูงกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว โดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส ใช้งานได้ดีในสภาวะที่ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ไม่เหมาะกับงานที่มีสภาวะแบบกัดกร่อน ไม่เหมาะกับงานในสภาวะสุญญากาศ และไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะและอโลหะ

2.6.1.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ B

ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ S และ R แต่มีความแข็งแรงทนทานกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเช่นเดียวกับแบบ S และ R ไม่เหมาะกับงานในสภาวะสุญญากาศ และไม่เหมาะสมกับงานที่มีไอของโลหะ และอโลหะ

2.6.1.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J

ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดี นิยมใช้กับงานทั่วไป ราคาไม่แพงเหมาะสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 760 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

2.6.1.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

เป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิดที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่า ทนอุณหภูมิได้ถึง 1300 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมคัปเปิลชนิดอื่น ให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูง (ให้อัตราการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นหรือมีค่าความชันใกล้ 1) สามารถใช้กับงานที่มีการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) ได้ ไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะสุญญากาศ (ยกเว้นการใช้งานในช่วงเวลาสั้น)

2.6.1.5 เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิในย่านต่ำ เช่น การวัดอุณหภูมิในห้องเย็น (Cold Storage) และตู้แช่แข็ง (Freezer) มีเสถียรภาพในการวัดที่ดี สามารถทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนและมีความชื้นได้ดี ไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง

2.6.1.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ E

มีคุณสมบัติคล้ายเทอร์โมคัปเปิลแบบ K แต่ให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูงกว่า มีย่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง -250 องศาเซลเซียส ถึง 870 องศาเซลเซียส ดังในตารางที่ 2.2

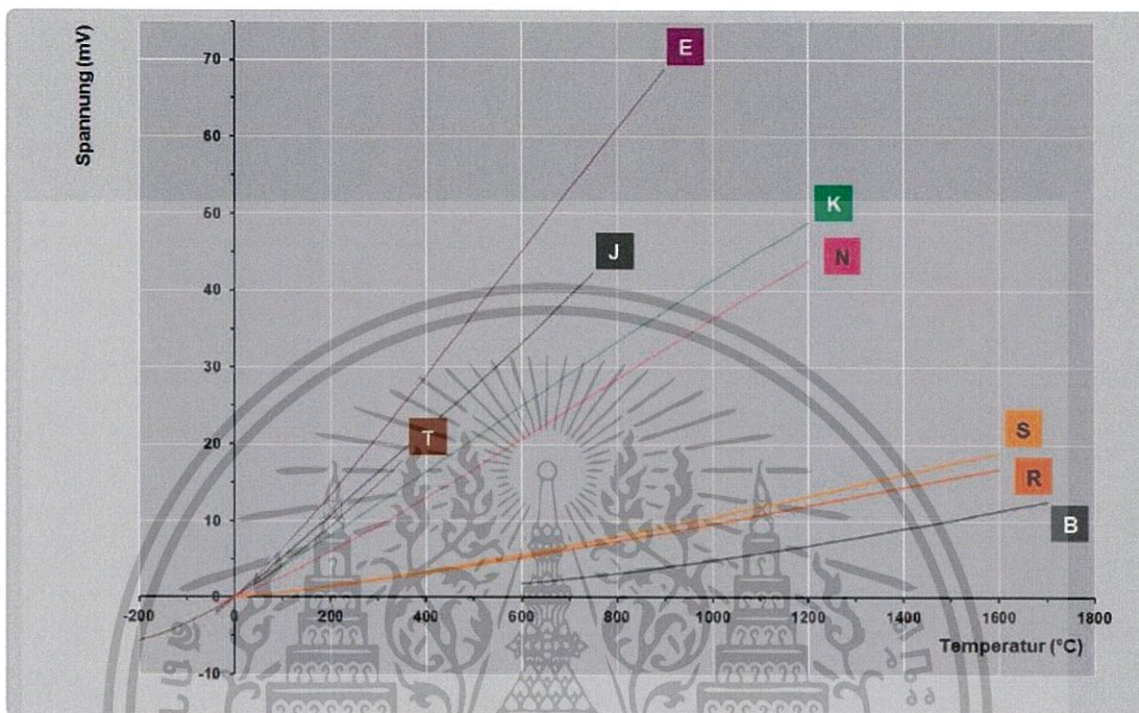
ตารางที่ 2.2 เทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน

ชนิด (Type)	วัสดุ (Material)	ย่านการวัด (Range)
J	Iron-Constantan	-190 องศาเซลเซียส ถึง 760 องศาเซลเซียส
T	Copper-Constantan	-200 องศาเซลเซียส ถึง 371 องศาเซลเซียส
K	Chromel-Alumel	-190 องศาเซลเซียส ถึง 1260 องศาเซลเซียส
E	Chromel-Constantan	-100 องศาเซลเซียส ถึง 1260 องศาเซลเซียส
S	90% Platinum +10% Rhodium-Platinum	0 องศาเซลเซียส ถึง 1482 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R	87% Platinum +13% Rhodium- Platinum	0 องศาเซลเซียส ถึง 1482 องศาเซลเซียส
---	--	---

จาก : หนังสือเครื่องมือวัดและควบคุม สำหรับการใช้งานทางอุตสาหกรรม ปี 2560 หน้าที 331 [10]



รูปที่ 2.8 แสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากผลต่างอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานทั้ง 7 แบบ [11]

2.6.2 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

โครงสร้างของตัววัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะคล้ายกับอาร์ทีดี แต่ต่างกันตรงที่ตัวเซนเซอร์ที่ใส่ลงไป Bulb นั้นเอง โดยลักษณะการเชื่อมต่อของเทอร์โมคัปเปิลเพื่อให้สภาพของเทอร์โมคัปเปิลเรียบร้อยแข็งแรงพร้อมใช้งาน คู่สายของเทอร์โมคัปเปิลจะต้องประกอบอยู่ภายใน Metal Sheath และการประกอบจะมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน คือ

2.6.2.1 จุดเชื่อมต่อแบบเปลือย (Exposed Junction)

เหมาะสำหรับงานที่ไหลไม่มีการกัดกร่อน และต้องการผลการวัดที่เร็วที่สุด ข้อเสีย คือ ชำรุดและเสียหาย อายุการใช้งานสั้น และไม่เหมาะสมสำหรับงานความดันสูงด้วย

2.6.2.2 จุดต่อแบบไม่เชื่อมต่ออยู่กับตัวยึด (Ungrounded Junction)

ออกแบบไว้ใช้กับของไหลที่มีการกัดกร่อนและทนต่อสภาพความดันสูงๆ ข้อเสีย คือ ให้ผลการวัดช้ากว่าแบบแรก จึงเหมาะสำหรับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช้าๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 จุดต่อแบบเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย Sheath (Grounded Junction)

สายคู่ของเทอร์โมคัปเปิลจะถูกเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย เหมาะสำหรับงานที่มีของไหลที่มีการกัดกร่อน และให้ผลตอบสนองต่ออุณหภูมิไวกว่าแบบไม่เชื่อมต่อกับตัวยึด ทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงได้ส่วนของ Metal Sheath ของเทอร์โมคัปเปิลแบบธรรมดาจะเป็นแบบสแตนเลสสตีล (SS304) ชนิดต่างๆ ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงสุดได้ตั้งแต่ประมาณ 840 องศาเซลเซียส ขึ้นไปจนถึงประมาณ 1000 องศาเซลเซียส สำหรับการวัดอุณหภูมิสูงกว่านี้จะต้องใช้วัสดุอย่างอื่น เช่น โมลิบดีนัม แทนทาลัม เป็นต้น ขณะที่ส่วนของฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล สำหรับกันตัวเทอร์โมคัปเปิลกับ Metal Sheath ส่วนใหญ่จะเป็นสารแมกนีเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ และเซรามิก โดยที่เซรามิกสามารถทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1800 องศาเซลเซียส ในการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลจำเป็นต้องมี Reference ไว้อ้างอิงเสมอ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

วิธีที่ 1 ใช้น้ำแข็งบริสุทธิ์รักษาอุณหภูมิ ณ จุดอ้างอิงที่ 0 องศาเซลเซียส

วิธีที่ 2 วงจรบริดจ์ โดยมีความต้านทานที่แปรค่าได้ตามอุณหภูมิ (T) เช่น อาร์ทีดีหรือเทอร์มิสเตอร์ต่ออยู่วงจรบริดจ์ เพื่อชดเชยอุณหภูมิบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไป สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือสัญญาณของแหล่งจ่ายไฟจะต้องมีค่าคงที่ มิฉะนั้นค่าที่วัดได้จะเกิดความผิดพลาดได้

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งสำหรับการใช้งานเทอร์โมคัปเปิล คือสายต่อสำหรับนำสัญญาณที่ถูกวัดไปใช้งานจะต้องใช้สายตัวนำที่มีคุณสมบัติเหมือนกับโลหะที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล แต่เนื่องจากสายเทอร์โมคัปเปิลดังกล่าวมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้ในกรณีที่มีการต่อจุดที่ต้องการวัดระยะไกลๆ จึงจำเป็นต้องใช้สายนำที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสายเทอร์โมคัปเปิลเรียกว่า “Extension Wire” โดยที่ Extension Wire จะต้องเป็นสายตัวนำที่มีคุณสมบัติการเกิดแรงดันไฟฟ้าตามอุณหภูมิ (Thermoelectric) เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิลในช่วงอุณหภูมิบรรยากาศ และควรเป็นสายหุ้มฉนวนที่ฉนวนป้องกันสนามแม่เหล็กภายนอกบริเวณ เนื่องจาก Extension Wire เป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อสนามแม่เหล็กภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้เกิดการผิดเพี้ยนของค่าแรงดันที่วัดได้

2.7 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์แบบจุ่มสำหรับของเหลว IMMERSION HEATER ในรูปที่ 2.9 เป็นฮีตเตอร์ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำ หรือ อุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์ ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นของเหลวร้อนจัดเกินไป ทำให้อายุการใช้งานสั้น และเพื่อให้ความร้อนกระจายไปทั่วถึง ควรติดตั้งใบพัดกวนของเหลวด้วย

รูปแบบทั่วไปมักจะทำตัดเป็นแบบตัวยู และเชื่อมติดกับเกลียว ซึ่งมีขนาดเกลียวตั้งแต่ 1 นิ้ว, 1 ½ นิ้ว, 2 นิ้ว และ 2 ½ นิ้ว ขนาดของเกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นของฮีตเตอร์ ซึ่งมีตั้งแต่ 1 ขด, 3 ขด, 6 ขด, 12 ขด และตามความเหมาะสมของกำลังวัตต์ และความยาวของตัวฮีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงรูปของฮีตเตอร์ [12]

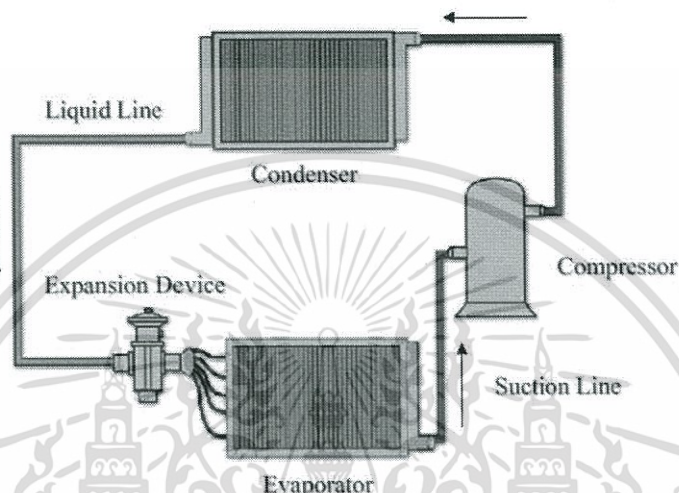
ฮีตเตอร์อุ่น-ต้ม น้ำ, น้ำมัน และของเหลว กาว Immersion Heater คืออุปกรณ์ให้ความร้อนเพื่ออุ่นหรือต้มของเหลวได้เกือบทุกประเภท ฮีตเตอร์ต้มของเหลว นี้ทำจากฮีตเตอร์ท่อกลมตัดเป็นรูปตัว U นำมาเสียบเข้าไปในรูของหัวข้อต่อสายไฟตามรูปแล้วเชื่อมหมุดติดกัน โดยมีขั้วไฟฟ้าโผล่ออกมาตัวที่มีเกลียวแบบท่อประปา ขนาดตั้งแต่ ซึ่งถ้าต้องการวัตต์สูงมากต้องใช้ฮีตเตอร์อุ่น-ต้ม น้ำ, น้ำมัน และของเหลวแบบ 3 U (ท่อตัว U3 อัน) ถ้าต้องการวัตต์น้อยลง สามารถใช้แบบ 1U หรือ 2U ได้ ซึ่งเหมาะสำหรับทุกอุตสาหกรรมที่มีการอุ่นหรือต้มของเหลวหลากหลายชนิด งานที่ของเหลวไม่ทำปฏิกิริยากับสแตนเลส จะใช้ท่อสแตนเลส 304 และถ้าของเหลวมีความเป็น กรดไม่เข้มข้น จะเลือกใช้ท่อสแตนเลส 316 หรือ 316L ซึ่งมีส่วนผสมของโมลิบดีนัม (Molybdenum) ทำให้ทนกรดได้มากขึ้น และถ้าของเหลวเป็นกรดเข้มข้น จะใช้ท่อไทเทเนียม บริษัท สุพรีมโลนลี่ จำกัด สามารถเป็นผู้ให้คำตอบต่อปัญหา และความต้องการของลูกค้า สามารถสั่งทำตามขนาดความยาว กำลังไฟฟ้า (วัตต์) หรือแหล่ง จ่ายไฟกี่โวลต์ตามที่ต้องการได้

2.8 ระบบทำความเย็น

หลักการทำความเย็นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องการทำความเย็นโดยความร้อนจะถูกส่งผ่านน้ำยาจากนั้นน้ำยาจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายนอกพื้นที่ น้ำยาจะเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยกระบวนการอัดน้ำยาให้เป็นไอ กระบวนการควบแน่นกระบวนการขยายตัวและกระบวนการระเหย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดตามส่วนต่าง ๆ ของระบบ เช่น ที่คอมเพรสเซอร์ ที่คอนเดนเซอร์ที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล เป็นต้นดังนั้นการเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการทำความเย็นใน ที่นี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ระบบทำความเย็นได้ถูกต้อง และสามารถซ่อมบำรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การทำความเย็น (Refrigeration) คือกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นที่หรือ วัตถุที่ต้องการทำความเย็น หรือเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิ และรักษาอุณหภูมิของพื้นที่หรือวัตถุ ที่ต้องการทำ ความเย็นให้ต่ำ กว่าอุณหภูมิรอบ ๆ

ระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันอาศัยการทำงานแบบอัดไอ น้ำยา ในรูปที่ 2.10 ทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์เพื่อนำน้ำยาที่ทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ คอยล์เย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 2.10 แสดงรูปของการทำงานของการส่งถ่ายความร้อน [14]

คอยล์เย็น (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นไปใช้ในการเดือดกลายเป็นไอของน้ำยา

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ ดูดน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอ น้ำยาที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอ น้ำยาที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอ น้ำยาที่มี อุณหภูมิสูง ออกสู่ อากาศภายนอก ระบบ เมื่อไอ น้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลว

อุปกรณ์ควบคุมการไหล (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ไหลเข้า คอยล์เย็น

Temperature Controller หรือ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ คือเครื่องควบคุมที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณอินพุตจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และสั่งงานเอาต์พุต เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ที่ ในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิอีกที โดยกระบวนการควบคุมนั้นมีด้วยกันหลากหลายรูปแบบ เช่น ON-OFF Control, PID Control, Fuzzy Logic Control โดยการทำงานคือ จะมีหัววัดอุณหภูมิ หรือ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิส่งมาที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ หากอุณหภูมิไม่ได้ตามที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ จะจ่ายแรงดันไปให้ฮีตเตอร์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ตามที่ผู้ใช้งาน ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 Relay

Relay ในรูปที่ 2.11 เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



รูปที่ 2.11 แสดงรูปของ Relay [15]

2.9.1 ส่วนประกอบรีเลย์

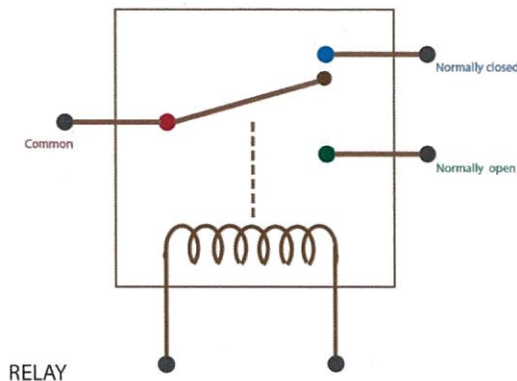
ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ก็คือ ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

2.9.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนียวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิด-ปิด เช่น โคมไฟสนามหญ้าหน้าบ้าน



รูปที่ 2.12 แสดงรูปร่างของ Relay [16]

2.9.3 ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12 โวลต์กระแสตรง คือต้องใช้แรงดันที่ 12 โวลต์กระแสตรง เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 แอมป์ 220 โวลต์ กระแสสลับ คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมป์แอมป์ที่ 220 โวลต์ กระแสสลับ ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.10 Solid State Relay

การใช้รีเลย์ในรูปที่ 2.13 ขั้วโพลตปกติอาจจะมีปัญหาตามมาหลายๆ อย่าง [17] เช่น การกระชากของไฟรุนแรงเกิดไป ตอบสนองช้า สัญญาณรบกวน จึงใช้ Solid State Relay (โซลิตสเตทรีเลย์) ในรูปที่ 2.13 ซึ่งอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้แทนรีเลย์ แนวคิดสำคัญ คือ ใช้ทรานซิสเตอร์ BTA41600 แทนรีเลย์ ย่อมนุ่มนวลกว่า ทำงานในความเร็วสูงๆ ได้ดี และทนกระแสเช่นเดียวกับรีเลย์ทั่วไป ส่วนไอซี MOC3041 เป็นไอซีควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์อีกทีหนึ่ง รับไฟต่ำ ๆ ก็ควบคุมไฟสูง (ไฟบ้าน) ให้ทำงานได้แล้ว Solid State Relay หรือเรียกกันอย่างย่อๆ ว่า SSR นั้นก็คือ สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์นั่นเองแต่แตกต่างจาก Relay ทั่วไปที่เป็นแบบ electromechanical



รูปที่ 2.13 แสดงรูปของ Solid state relay [18]

SSR คือรีเลย์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสที่ ใช้เทคโนโลยีของ Semiconductor ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากรีเลย์แบบหน้าสัมผัส และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาว

โซลิดสเตตรีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างภาคควบคุม (Control) ซึ่งเป็นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับวงจรภาคไฟฟ้ากำลัง (Power) โดยที่ภาคทั้งสองจะมีระบบกราวด์ (Ground) ที่แยกออกจากกันทำให้สามารถป้องกันการลัดวงจร (Short circuit) และการรบกวนซึ่งกันและกันได้

โซลิดสเตตรีเลย์ อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แทนอาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay) แต่มีข้อดีก็คือ มีขนาดเล็กกว่า มีความไวในการทำงานที่สูงกว่า มีอายุการทำงานนานกว่า เป็นต้น

บทที่ 3

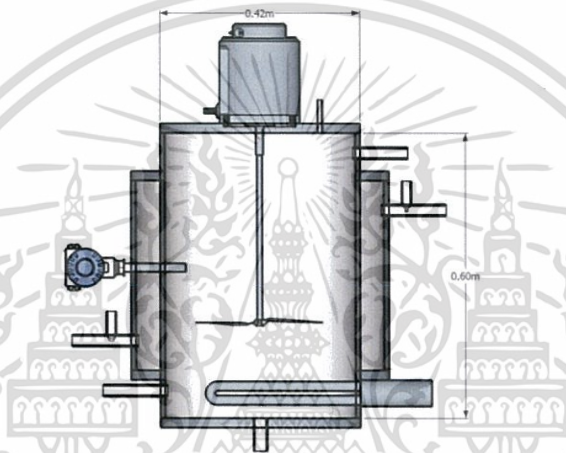
วิธีการดำเนินงาน

ในบทที่ 3 จะเป็นการอธิบายอุปกรณ์ วิธีการวัด และวิธีการควบคุมของโครงการฉบับนี้

3.1 ด้าน Hardware

3.1.1 Reactor

ในการออกแบบถังปฏิกริยา โครงการนี้ใช้โปรแกรม Autodesk Autocad ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการเขียนแบบต่างๆ โดยจะได้แบบของถังปฏิกริยาดังรูปแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแบบถังปฏิกริยาจาก Autocad

หลังจากได้แบบเสร็จแล้ว ได้ทำการวาดแบบขึ้นใหม่ โดยในแบบจะบอกรายละเอียด และได้แบบดังรูปที่ 3.2 - 3.4 ดังนี้

- ก) ถังปฏิกริยาแบบสองชั้น ชนิด Stainless steel
- ข) เส้นผ่านศูนย์กลางชั้นใน 34.8 เซนติเมตร
- ค) เส้นผ่านศูนย์กลางชั้นนอก 37.8 เซนติเมตร
- ง) สูง 60 เซนติเมตร
- จ) ความจุขนาดประมาณ 56 ลิตร
- ฉ) เจาะช่องขนาด 1/2 นิ้ว 4 ช่อง (เข้าออกของน้ำเย็น 2 ช่อง , ทางเข้าของผลิตภัณฑ์ 1 ช่อง , drain 1 ช่อง)
- ช) เจาะช่องขนาด 1 นิ้ว 2 ช่อง (ทางออกของผลิตภัณฑ์ , ช่องเสียบ heater)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงถึงปฏิกิริยาแบบกวนต่อเนื่องที่ออกแบบสร้าง

3.1.2 Refrigerator

ระบบทำความเย็นดังแสดงในรูปที่ 3.8 เป็นส่วนที่ต่อเข้ากับถังปฏิกิริยาชั้นนอก ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ภายในถังปฏิกิริยาผ่านสายยาง ประกอบไปด้วย

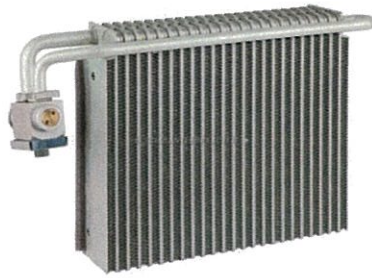
ก) compressor ดังในรูปที่ 3.5 ทำหน้าที่อัดความดันให้ของเหลวกลายเป็นไอ



รูปที่ 3.5 แสดง compressor [19]

ข) Evaporator ดังในรูปที่ 3.6 ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดง evaporator [20]

ค) chiller ดังในรูปที่ 3.7 ทำหน้าที่แล้วเปลี่ยนความร้อนระหว่าง ถึงปฏิกิริยา
ชั้นนอก กับ refrigerator



รูปที่ 3.7 แสดง chiller [21]



รูปที่ 3.8 แสดง refrigerator

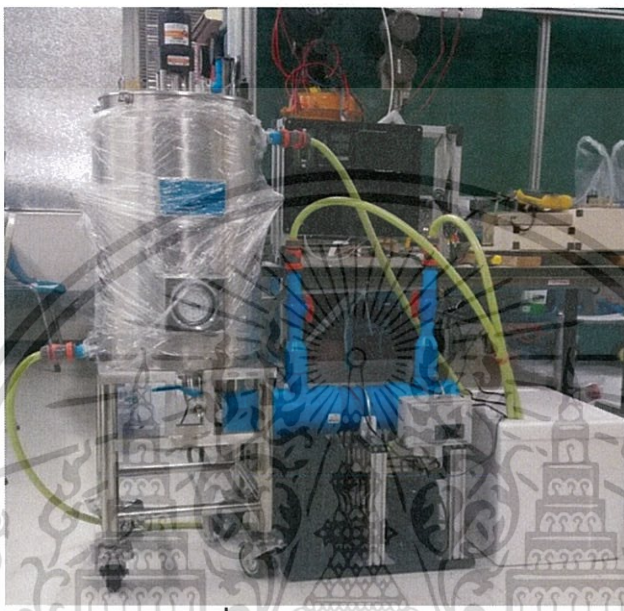
3.1.3 Heater

โครงการนี้เลือกใช้ ฮีตเตอร์ขนาด 3000 w. ที่ทางโรงงานต่อตรงเข้ากับชั้นในของถัง
ปฏิกรณ์ให้แล้ว ซึ่งทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ภายในถังปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบนี้ คือ การควบคุมอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ภายในถังปฏิกริยา (โดยโครงการนี้ใช้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์) โดยใช้ heater แบบแท่งต่อตรงเข้าภายในถังปฏิกริยา เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ และใช้ refrigerator ต่อเข้ากับชั้นนอกของถังปฏิกริยา เพื่อลดอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ ดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงภาพรวมของระบบ

3.2 การวัด

3.2.1 การวัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์ที่เลือกใช้ คือ thermocouple type K ซึ่งมีย่านการวัดอยู่ระหว่าง -270 ถึง 1372 องศาเซลเซียส โดยมีค่า output อยู่ระหว่าง -6.458 ถึง 54.819 มิลลิโวลต์ นำ thermocouple ด้านวัดต่อเข้าภายในถังปฏิกริยา และด้านให้สัญญาณต่อเข้ากับตัวควบคุม กล่าวคือ เมื่อ thermocouple วัดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ภายในถังปฏิกริยา แล้วจะส่งสัญญาณมาเข้าที่ controller เพื่อทำการควบคุมต่อไป

3.2.2 ระบบควบคุม

อุปกรณ์ที่เลือกใช้ คือ OMRON E5AK ซึ่งเป็น temperature controller ที่รองรับการควบคุม 2 ระบบ คือระบบทำความร้อนและระบบทำความเย็น กล่าวคือ input ของ controller สามารถใช้สำหรับระบบทำความร้อน และระบบทำความเย็น พร้อมกันได้ ทำการต่อ thermocouple เข้ากับ input ของ controller ต่อ relay และ solid state relay เข้ากับ output ของ controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

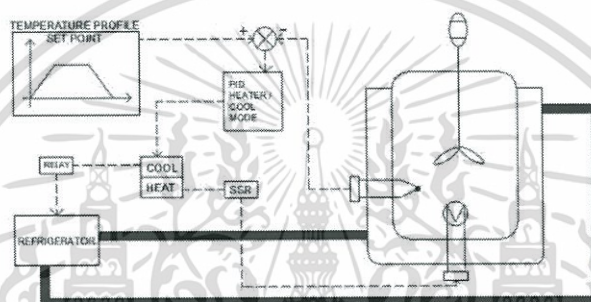
3.2.3 การควบคุมระบบทำความร้อนและระบบทำความเย็น

อุปกรณ์ที่เลือกใช้ คือ relay เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์ on-off ของระบบทำความเย็น (refrigerator) และ solid state relay เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถปรับค่าของแรงดันไฟฟ้าได้ของระบบทำความร้อน (heater)

3.3 การควบคุม

การควบคุมผ่าน OMRON E5AK

1) บล็อกไดอะแกรมของ OMRON E5AK

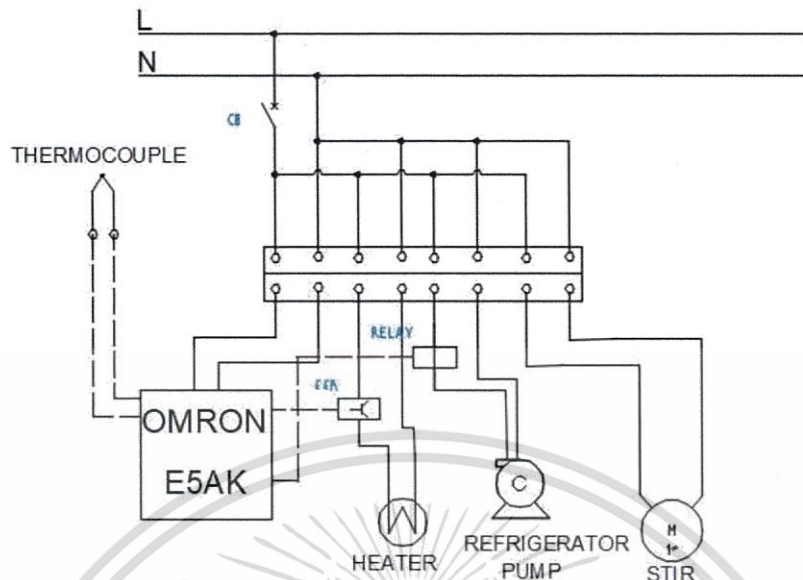


รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ OMRON E5AK

2) การทำงานของระบบโดยรวมของ OMRON E5AK

เมื่อป้อนค่าอุณหภูมิที่ต้องการ (Set Point) ให้แก่ OMRON E5AK โดยการกดปุ่ม OMRON E5AK จะทำการประมวลผล แสดงค่า set point และส่งสัญญาณควบคุม โดยเมื่อค่าตั้งต้นที่ตั้งไว้ มีค่ามากกว่า ที่วัดได้ จะส่งสัญญาณไปให้ solid state relay เพื่อให้ ฮีตเตอร์ ทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณฑ์ภายใน ถึงปฏิกิริยา และเมื่อค่า ค่าตั้งต้นที่ตั้งไว้ มีค่าน้อยกว่า ค่าที่วัดได้ จะส่งสัญญาณไปให้ relay เพื่อให้ refrigerator ทำการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ภายใน ถึงปฏิกิริยาแล้ว เทอร์โมคัปเปิล จะทำการวัดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ภายใน reactor และส่งสัญญาณไปให้ OMRON E5AK นั่นคือ ค่า ที่วัดได้ (Process Value)

3) วงจรควบคุม OMRON E5AK



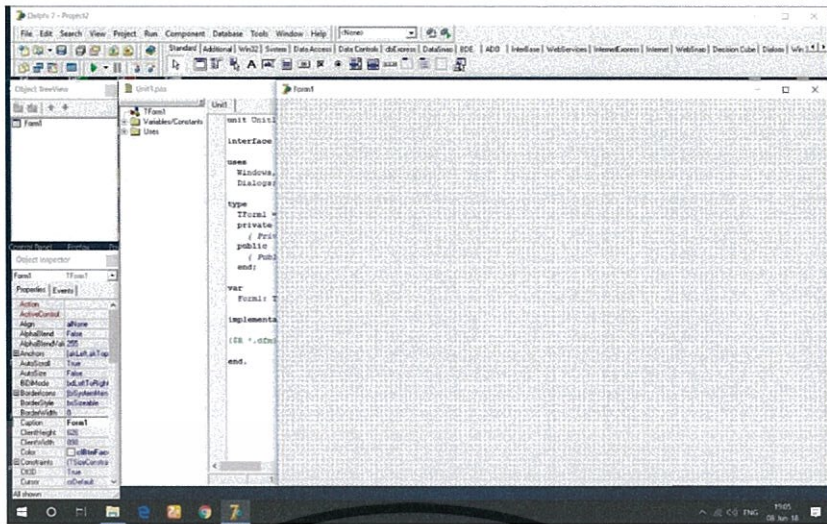
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมของ OMRON E5AK

3.3.1.4 การตั้งค่า OMRON E5AK

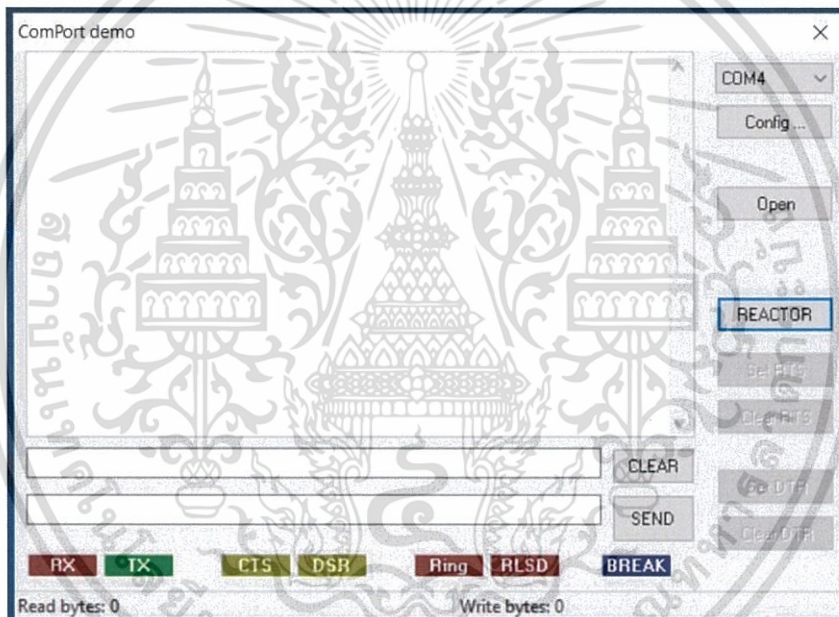
- ก) input type : thermocouple K1
- ข) control output 1 : heat
- ค) control output 2 : cool
- ง) reverse operation

3.4 วิธีการเก็บค่า

วิธีการในเก็บค่า จะทำการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่าง OMRON E5AK กับคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ต RS485 โดยใช้โปรแกรมที่มีชื่อว่า Batch Reactor ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ถึงรูปที่ 3.15 ที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรม Delphi 7 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมด้วยภาษาปาสคาล บนระบบปฏิบัติการ Windows

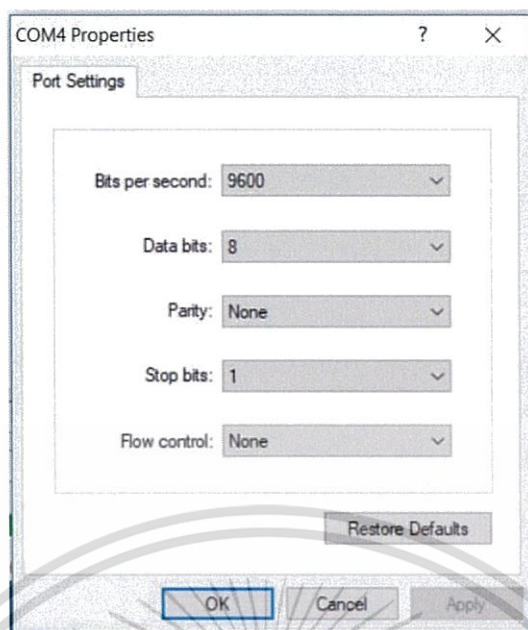


รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Delphi 7



รูปที่ 3.13 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Batch Reactor

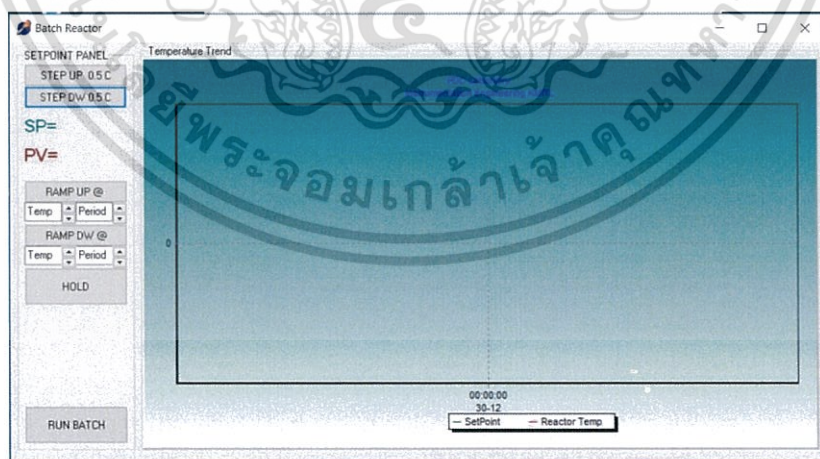
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับ E5AK

ในการตั้งค่าการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันกับ E5AK จะตั้งค่าดังนี้

- ก) Bits per second : 9600
- ข) Data bits : 7
- ค) Parity : Even
- ง) Stop bits : 2
- จ) Flow control : None



รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างแสดงผลของโปรแกรม Batch Reactor

วิธีการทำงานของโปรแกรมจะทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เลือกค่าตั้งต้น (Set Point)
2. เลือกว่าจะทำสแตปขึ้น (RAMP UP) หรือสแตปลง (RAMP DOWN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น มิได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใส่อุณหภูมิจะให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงใน Temp
4. ใส่เวลาในการที่จะให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลงใน Period
5. จากนั้นกดปุ่ม RUN BATCH
6. ถ้าต้องการให้อุณหภูมินั้นคงที่ ให้กดปุ่ม HOLD

หมายเหตุ : กราฟจะเริ่มการทำงานตั้งแต่ค่าตั้งต้นที่ตั้งค่าไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดลอง

จะทำการทดลองโดยการป้อนค่าที่ต้องการในโปรแกรมโปรแกรมที่มีชื่อว่า Batch Reactor ที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรม Delphi 7 เพื่อเก็บค่าที่เป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่กำหนดกับค่าที่ต้องการ โดยแบ่งเป็น 4 การทดลอง คือ

4.1.1 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 60 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้

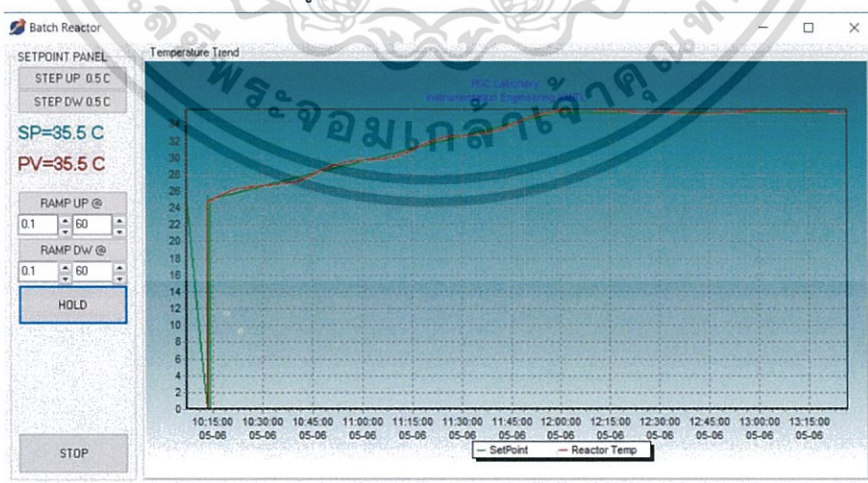
4.1.2 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 90 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้

4.1.3 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 120 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้

4.1.4 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 45 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้

โดยการทดลองที่ 4.1.4 จะมีใช้น้ำเย็นเข้ามาในถังภายนอกเมื่ออุณหภูมิในถังปฏิกริยามีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดเพื่อที่จะให้อุณหภูมิภายในถังลดลงได้เข้าสู่ค่าที่กำหนดได้ไวขึ้น

การทดลองที่ 4.1.1 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 60 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้จะได้ดังในรูป 4.1 – 4.3

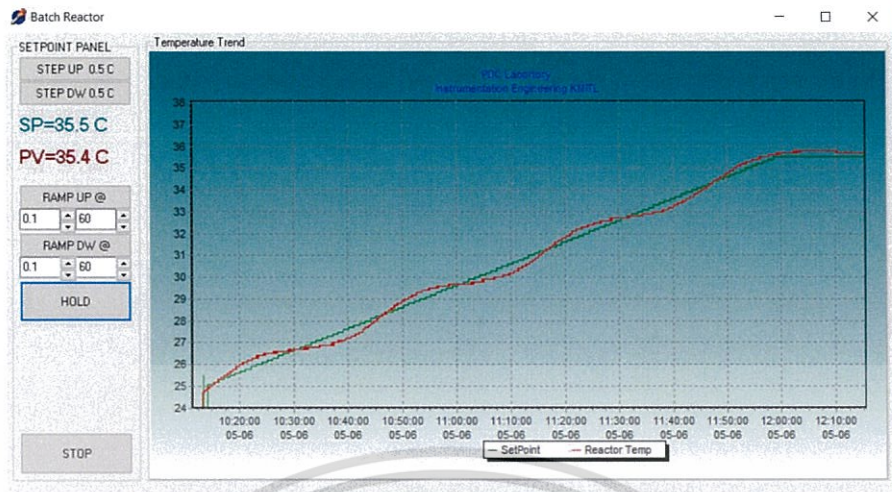


รูปที่ 4.1 แสดงการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น

เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

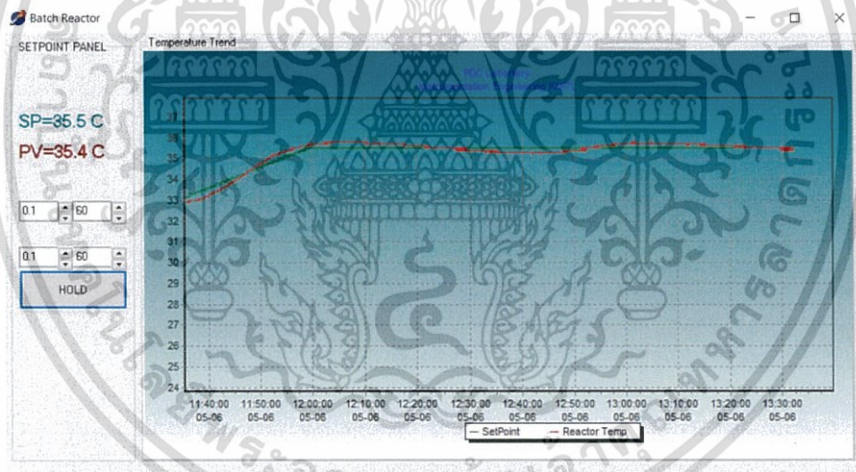
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที

เส้นสีเขียว
เส้นสีแดง

หมายถึง ค่าตั้งต้น
หมายถึง ผลตอบสนอง



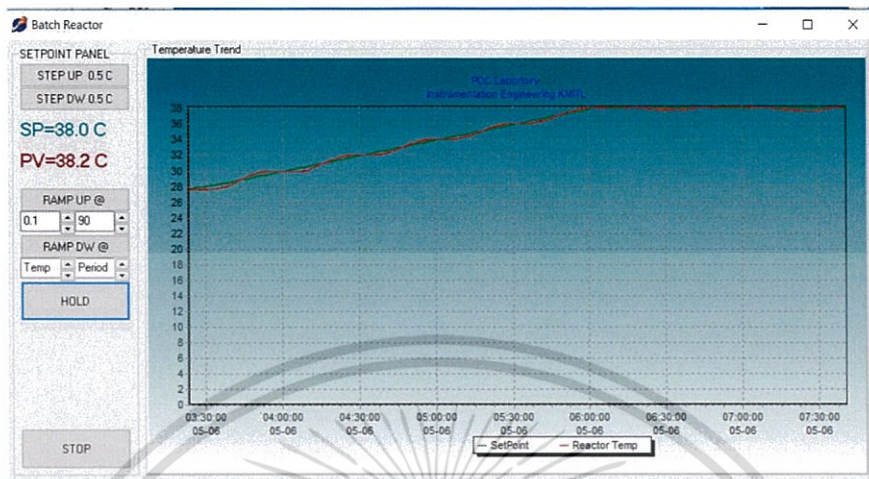
รูปที่ 4.3 แสดงช่วงที่อุณหภูมิกิ่งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 60 วินาที

เส้นสีเขียว
เส้นสีแดง

หมายถึง ค่าตั้งต้น
หมายถึง ผลตอบสนอง

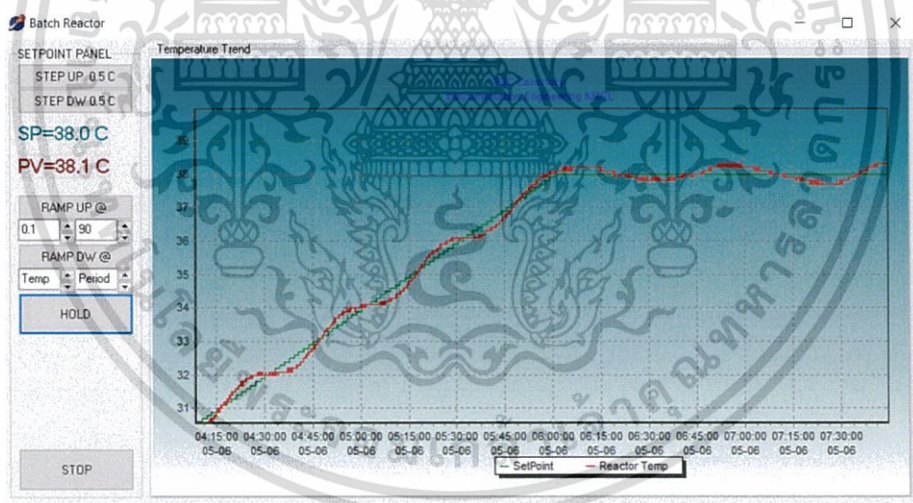
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.1.2 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 90 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.7



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที ตลอดเวลา

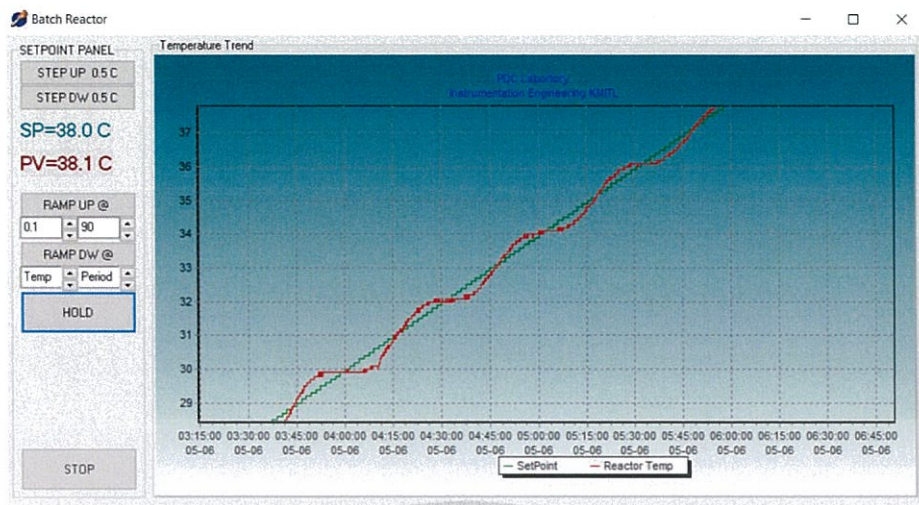
เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง



รูปที่ 4.5 แสดงการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที

เส้นสีเขียว

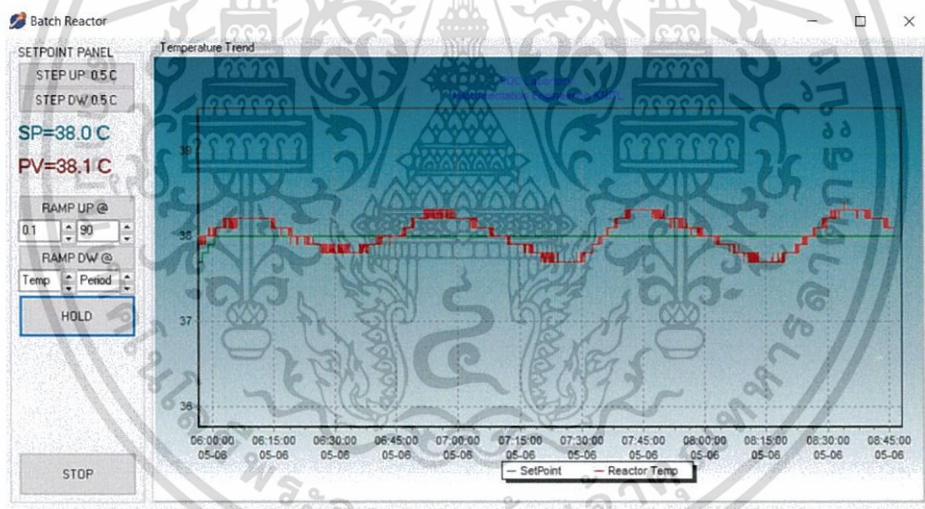
หมายถึง

ค่าตั้งต้น

เส้นสีแดง

หมายถึง

ผลตอบสนอง



รูปที่ 4.7 แสดงช่วงที่อุณหภูมิกิ่งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 90 วินาที

เส้นสีเขียว

หมายถึง

ค่าตั้งต้น

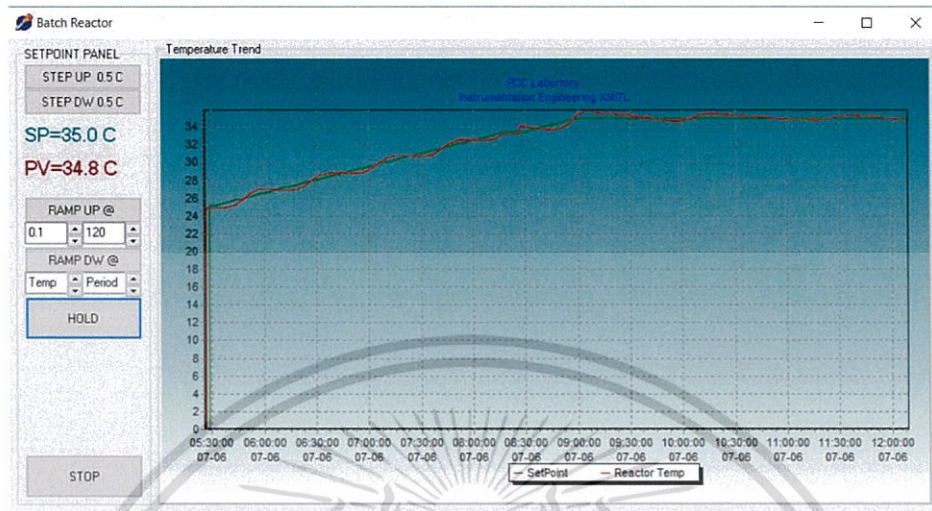
เส้นสีแดง

หมายถึง

ผลตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.1.3 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 120 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 – 4.10

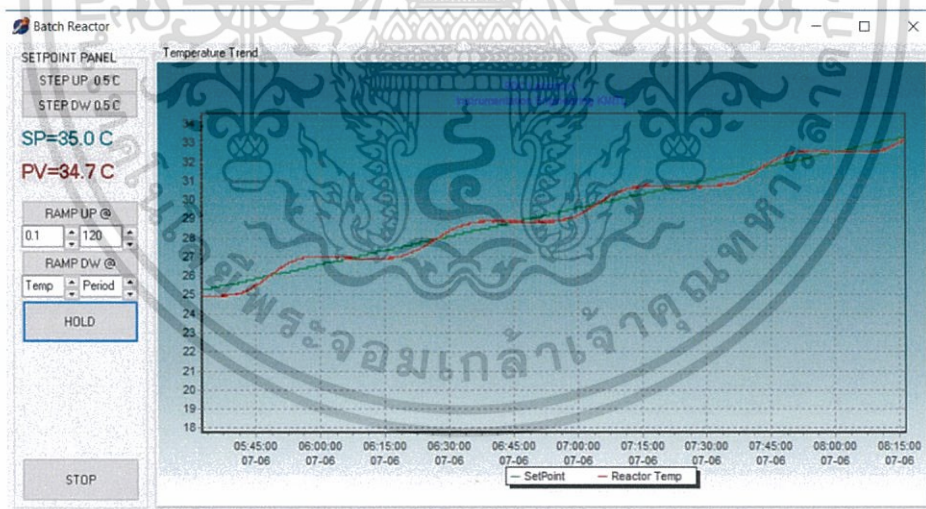


รูปที่ 4.8 แสดงผลของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที

เส้นสีเขียว
เส้นสีแดง

หมายถึง
หมายถึง

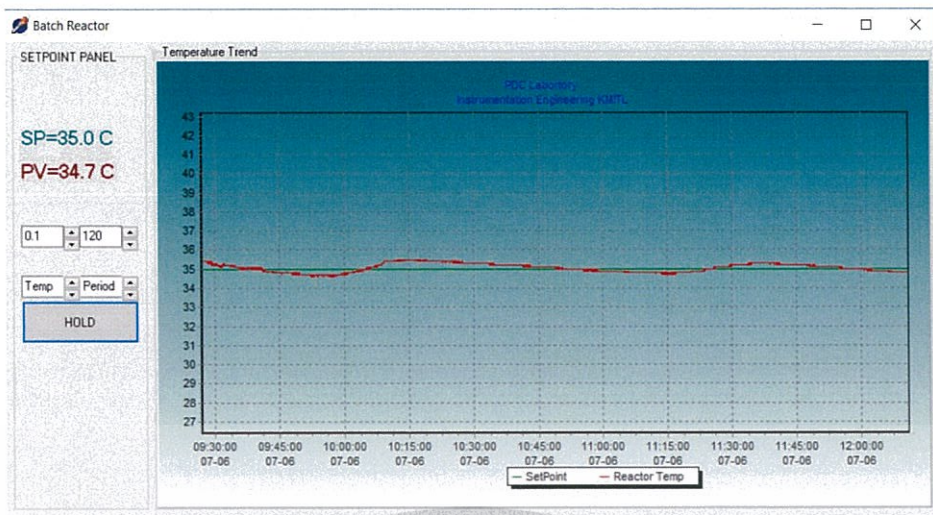
ค่าตั้งต้น
ผลตอบสนอง



รูปที่ 4.9 แสดงช่วงที่อุณหภูมิข้านของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

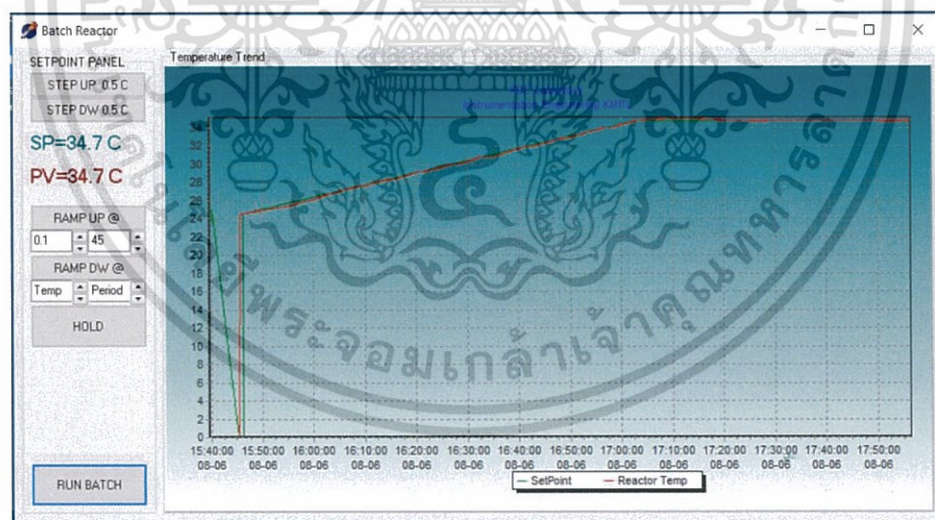
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงช่วงที่อุณหภูมิคงที่ของการทดลองที่ทุกๆ 120 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

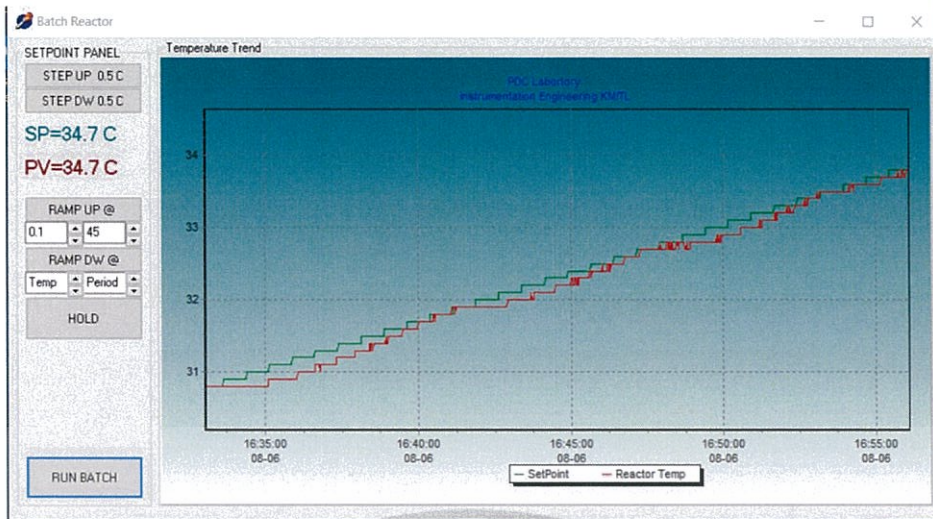
การทดลองที่ 4.1.4 เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียสทุก ๆ 45 วินาที จาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส แล้วคงค่าไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.11 – 4.13



รูปที่ 4.11 แสดงผลของการทดลองที่ทุกๆ 45 วินาที

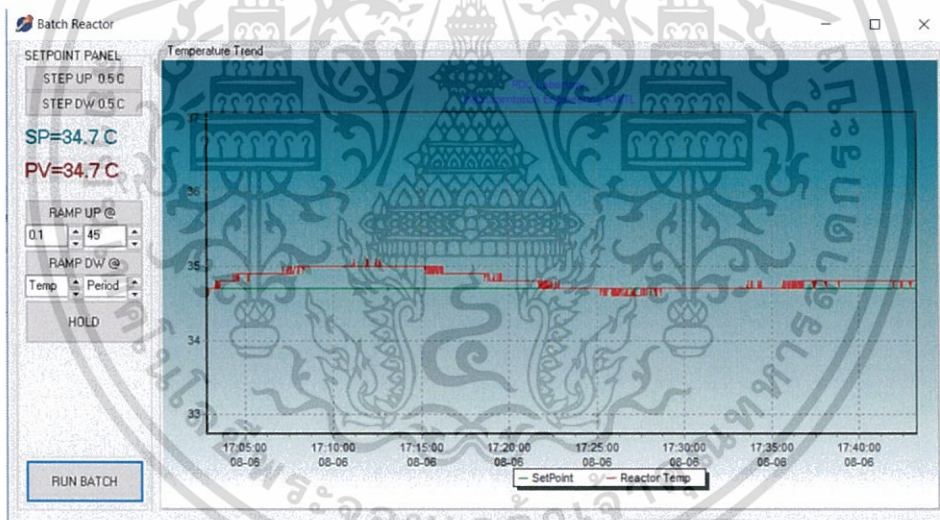
เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงช่วงที่อุณหภูมิขาขึ้นของการทดลองที่ทุก 45 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง



รูปที่ 4.13 แสดงช่วงที่อุณหภูมิกิ่งที่ของการทดลองที่ทุกๆ 45 วินาที

เส้นสีเขียว หมายถึง ค่าตั้งต้น
เส้นสีแดง หมายถึง ผลตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง 4.1.1 - 4.1.3 เมื่อป้อนค่าตั้งต้น ฮีตเตอร์จะเริ่มทำงาน ทำให้อุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มเรื่อย ๆ จนอุณหภูมิมากกว่าค่าตั้งต้น ฮีตเตอร์ก็จะค่อยๆลดลงการทำงานให้น้อยลง ทำให้อุณหภูมิลดลง จนกระทั่งอุณหภูมิต่ำกว่าค่าตั้งต้นฮีตเตอร์ก็จะเพิ่มการทำงานมากขึ้น จะเป็นอย่างนี้สลับกันไป จนถึงค่าที่ตั้งต้นที่ตั้งไว้ (35 องศาเซลเซียส) ฮีตเตอร์จะลดการทำงานให้น้อยลงทำให้อุณหภูมิลดลง จนกระทั่งอุณหภูมิต่ำกว่าค่าตั้งต้นฮีตเตอร์ก็จะเพิ่มการทำงานมากขึ้น จนอุณหภูมิมากกว่าค่าตั้งต้น จะเป็นอย่างนี้สลับกันไป โดยค่าที่สูงหรือต่ำที่สุดจะไม่เกิน 0.3 องศาเซลเซียส

ในการทดลองที่ 4.1.4 จะต่างจากการทดลองที่ 4.1.1 - 4.1.3 ที่จะมีแค่ฮีตเตอร์ลดหรือการทำงานอย่างเดียว เมื่ออุณหภูมิ มากกว่าค่าตั้งต้นเมื่อไหร่ปั๊มจะทำงานทันที โดยจะมีการใช้น้ำเย็นเข้ามาในถังภายนอก เพื่อช่วยให้เวลาในการอุณหภูมิลดลง ซึ่งผลที่ได้คืออุณหภูมิจะไม่มีค่าเกินค่าตั้งต้นที่ตั้งไว้ จะมีแค่ช่วงแรกที่อุณหภูมิกว่าค่าตั้งต้นเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าตั้งต้นนั้นจะมีค่าไม่เกิน 0.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำกว่าค่าตั้งต้นนั้นจะมีค่าน้อยกว่า 0.3 องศาเซลเซียส



บทที่ 5

บทสรุปและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลปริญญานิพนธ์

จากการทดลองการควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ด้วย OMRON E5AK เนื่องจาก OMRON E5AK นั้นไม่สามารถตั้งค่า ค่าตั้งต้นแบบ สเตปแรมป์หลายๆครั้งได้ ทำได้เพียงสเตปแรมป์ขึ้นหรือ สเตปแรมป์ลงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นจึงได้นำฟังก์ชัน remote ของ OMRON E5AK มาใช้ และได้เขียนโปรแกรมเพื่อทำ สเตปแรมป์ เพื่อเปลี่ยน ค่าตั้งต้นของ OMRON E5AK ต่อมาได้ทดลอง ใช้กับถังปฏิกรณ์โดยกำหนดค่าตั้งต้นเป็นแบบทซ์ 1 แบบทซ์ โดยกำหนดให้เพิ่มอุณหภูมิ 0.1 องศาเซลเซียส ทุก ๆ 45 , 60 , 90 , 120 วินาที จะเห็นได้ว่า ขณะที่การทำงานของโปรแกรมที่คอยเปลี่ยน ค่าตั้งต้นก็เปลี่ยนค่าอยู่ตลอดตามที่ได้โปรแกรมไว้และค่าที่วัดได้นั้นก็มีการติดตามค่าเป้าหมายที่เปลี่ยนแปลงไปได้ เป็นไปตามกลไกเซอร์โวที่ต้องการจะศึกษา

5.2 วิจารณ์ปริญญานิพนธ์

จากการทำโครงการนี้ hardware ใช้เวลาในการออกแบบและจัดทำที่มากเกินไป ทำให้การดำเนินงานช้า ถ้าเวลาในการออกแบบ hardware นั้นสั้นกว่านี้ การดำเนินงานอาจจะเร็วกว่านี้

ตัวควบคุม OMRON E5AK นั้นไม่สามารถทำงานอย่างที่ยากให้เป็นได้ คือ เมื่อค่าที่วัดได้เกินกว่าค่าตั้งต้นที่ตั้งไว้ แล้วจะไม่หยุดการทำงานของฮีตเตอร์แต่จะ ค่อยๆลดจนกระทั่งเป็น 0% แล้วจึงค่อยเปิดการทำงานของระบบหล่อเย็น จึงได้นำระบบหล่อเย็นไว้ที่ alarm เพื่อที่ เมื่อค่าที่วัดได้เกินกว่าค่าตั้งต้นที่ตั้งไว้ ระบบหล่อเย็นจะทำงานเลย แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาที่ฮีตเตอร์ไม่สามารถปิดการตัวงานเลยเมื่อค่าที่วัดได้เกินค่าตั้งต้นได้ และได้ทดลองได้ทดลอง ได้กราฟที่ตามค่าได้ดี จากการทดลองที่ 4.1.4 ดังรูปที่ 4.12 แต่ไม่สามารถใช้งานจริงได้เนื่องจากเมื่อค่าที่วัดได้เกินค่าตั้งต้นแต่ฮีตเตอร์นั้นไม่ได้หยุดการทำงานแต่จะค่อยๆลด และระบบหล่อเย็นก็ทำงานเพื่อดึงอุณหภูมิในถังลง แต่ มันเป็นการเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

5.3 แนวทางในการพัฒนา

ก) สามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม

ข) Hardware ของโครงการสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้นเนื่องจากมีขนาดใหญ่ ควรออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายขึ้น

ค) ทำการเขียนโปรแกรมตัวควบคุมให้ที่สามารถตัดการทำงานของฮีตเตอร์ได้เลยเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้นั้นมีค่ามากกว่าอุณหภูมิตั้งต้นที่ตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ประสบการณ์ที่ได้รับ

หลังจากที่ได้ทำโครงการนี้ สิ่งที่ได้รับ คือ ทำให้เรียนรู้การเขียนแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD ได้ ทดลองใช้ตัวควบคุมสำเร็จรูป OMRON E5AK ได้รู้จักการวางแผนการทำงาน การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมไปถึงการได้แบ่งปันความรู้ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันระหว่างเพื่อนที่ต่างโครงการ ซึ่งสามารถนำประสบการณ์ต่างๆ เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เพื่อที่จะได้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาตนเองต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1.] logisticafe, “ประเภทของการผลิตและปริมาณการผลิตคืออะไร?”, 29 ธันวาคม 2560 [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.logisticafe.com/2009/11/> (20 พฤษภาคม 2561).
- [2.] A-AUTOMATION.CO.,LTD, “หลักการการทำงานของ servo ฉบับ 101”, [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.automation-thailand.com/> (21 พฤษภาคม 2561).
- [3.] Nisarg Amin, “Servomechanism in Control systems engineering”, 16 มกราคม 2557 [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.slideshare.net/nisargamin6236/servomechanism-in-control-systems-engineering> (28 พฤษภาคม 2561).
- [4.] นิรนาม, “การส่งถ่ายความร้อน (Heat transfer)”, 15 มกราคม 2558. [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php&bookID=1043 (21 พฤษภาคม 2561).
- [5.] Yassine Mrabet, “Continuous stirred-tank reactor symbol”, 27 ตุลาคม 2009 [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Continuous_bach_reactor_CSTR.svg (28 พฤษภาคม 2561).
- [6.] LEWPLC, “OMRON E5AK”, 03 เมษายน 2556 [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.tarad.com/product/4900253> (28 พฤษภาคม 2561).
- [7.] OMRON, “OMRON E5AK”, แหล่งที่มา [http://mikrokontrol.rs/proizvodi/pdf/H088-E1-02+E5AK\(ProgType\)+UsersManual.pdf](http://mikrokontrol.rs/proizvodi/pdf/H088-E1-02+E5AK(ProgType)+UsersManual.pdf) (28 พฤษภาคม 2561).
- [8.] PB All Techno, “หลักการและทฤษฎีของเทอร์โมคัปเปิล(thermocouple)”, 2559. [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.pballtechno.com/article/11/A5thermocouple> (20 พฤษภาคม 2561).
- [9.] [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา www.tsme.org (28 พฤษภาคม 2561).
- [10.] เกษตร สันตีสัมฤทธิ์, “เครื่องมือวัดและควบคุมสำหรับการใช้งานทางอุตสาหกรรม”, กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน จำกัด มินเซอร์วิส ซัพพลาย, 2560
- [11.] Supremelines Co.,Ltd, “เทอร์โมคัปเปิลมีกี่ชนิด? อะไรบ้าง? Class ของเทอร์โมคัปเปิล (Type of Themocouple)”, 08 กรกฎาคม 2558 [ระบบ ออนไลน์]. www.เทอร์โมคัปเปิล.com/สาระความรู้—เทอร์โมคัปเปิล/ชนิด—class—ของเทอร์โมคัปเปิล.html (28 พฤษภาคม 2561).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12.] SUPREMELINES CO.,LTD, “ฮีตเตอร์ต้มน้ำ/ฮีตเตอร์อุ่น/ฮีตเตอร์แบบจุ่ม”, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.supremelines.co.th/immersion-heater.html> (20 พฤษภาคม 2561).
- [13.] Aemarine, “ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)”, 28 มกราคม 2555 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://refrigerations.blogspot.com/2012/01/vapor-compression-system.html> (24 พฤษภาคม 2561).
- [14.] กรวิชญ์, “ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ”, ธันวาคม 2559 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://krawit.blogspot.com> (28 พฤษภาคม 2561).
- [15.] RS Components, “RELAY”, 2561 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://th.rs-online.com/web/p/latching-relays/0803304/> (28 พฤษภาคม 2561).
- [16.] Openlabpro, “Relays and Actuators”, 2561 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://openlabpro.com/guide/relays-and-actuators/> (28 พฤษภาคม 2561).
- [17.] บริษัท อินโน อินส์. จำกัด, “Solid State Relay”, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.inno-ins.com/911124/8C-ssr> (20 พฤษภาคม 2561).
- [18.] electronics-tutorials, “Solid State Relay” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.electronics-tutorials.ws/power/solid-state-relay.html> (28 พฤษภาคม 2561).
- [19.] Thermo Engineering, “Refrigerator Compressor”, ธันวาคม 2554 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.indiamart.com/proddetail/refrigeratorcompressor14599059388.html> (28 พฤษภาคม 2561).
- [20.] buyautoparts, “A/C Evaporator”, 2561 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.buyautoparts.com/buynow/60-50355_N (28 พฤษภาคม 2561).
- [21.] Pinky Ng, “Titanium PVC Shell And Tube Evaporator For Swimming Pool Water Chiller”, 2561 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.alibaba.com/product-detail/Best-selling-Titanium-PVC-Shell-And_60407363673.html (28 พฤษภาคม 2561)