

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติของหม้อฆ่าเชื้อ

Study on Automatic Control of Retort System

โดย

นางสาวเจนจิรา

มณียศ

นางสาวชฎานิชฐ์

พูนสวัสดิ์

นางสาวสุพิรา

ศรีไสว

๔/๙๙

๑๗/๓๗

๒๐๒๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....**83043**

วันเดือนปี.....**31 ก.ค. 2551**

b. 11960899
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Automatic Control of Retort System

BY

MISS JENJIRA


MANEEYOT

MISS CHAYANIT

POONSAWAT

MISS SUPEERA

SRISAWAI



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF FOOD ENGINEERING
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF LADKRABANG
SEMESTER 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติของหม้อฆ่าเชื้อ

STUDY ON AUTOMATIC CONTROL OF RETORT SYSTEM

ผู้จัดทำ

นางสาวเจนจิรา

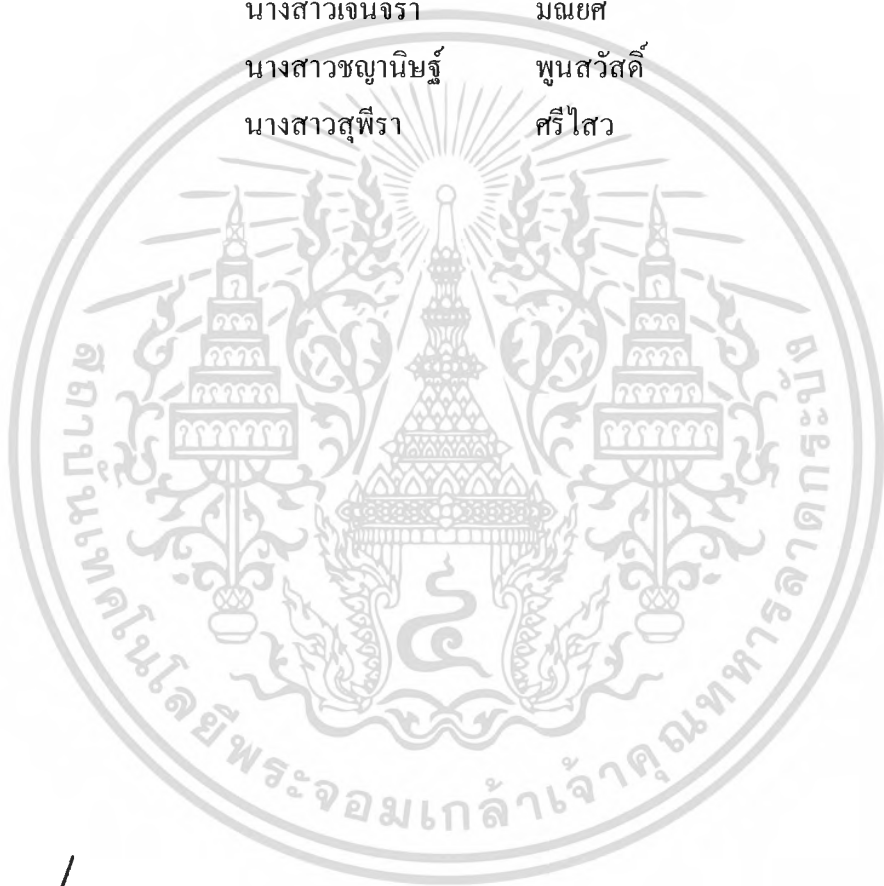
มณียศ

นางสาวชฎานิชฐ์

พูนสวัสดิ์

นางสาวสุพิธา

ศรีไสว



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติของหม้อน้ำเชื้อ

โดย

นางสาวเจนจิรา มณียศ 47010117

นางสาวชญาณิช พูนสวัสดิ์ 47010132

นางสาวสุพิรา ศรีไสว 47010879

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้เพื่อศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติของหม้อน้ำเชื้อ โดยแบ่งตามประเภทปัญหาของระบบควบคุม คือแบบปัญหาห้ระบบค่าตาม (Servo problem) โดยศึกษาการเปลี่ยนอุณหภูมิค่าเป้าหมาย ผลที่ได้พบว่า เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่ำลง การเข้าสู่ค่าเป้าหมายก็จะเร็วขึ้น และการควบคุมแบบปัญหาห้ระบบคงค่า (Load problem) โดยการศึกษาผลการทำงานของการเปลี่ยนแปลงค่าความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ต่อการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายและการสิ้นเปลืองพลังงาน ผลที่ได้พบว่า ที่ช่วงความดันสูง การเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายจะเร็วขึ้นและมีการใช้พลังงานคงเดิม นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผลของค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมผลที่ได้พบว่ายิ่งค่า K_c สูง การเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายก็เร็วยิ่งขึ้น แต่มีผลทำให้เกิดการแกว่งของระบบ ขณะที่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมผลที่ได้ คือ เมื่อเพิ่มค่า τ การเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายจะช้าลง และมีการแกว่งของระบบน้อยลง จากนั้นได้นำผลการศึกษา มาหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าตัวแปรกับค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อน้ำเชื้อในรูปแบบสมการเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Automatic Control of Retort System

By

Miss Jenjira Maneeyot 47010117

Miss Chayanit Poonsawat 47010132

Miss Supeera Srisawai 47010879

Advisor

Asst. Prof. Dr. Maradee Phongpipatpong

Academic Year 2007

ABSTRACT

The objective of this study was to study on automatic control of a retort system. The study was divided into two types of problems and focused on retort temperature as control variable : the first problem was “servo problem” by changing the set point temperature. The results showed that increasing set point temperature took longer rise time (come up time). The second was “load problem” by changing the boiler pressure and determined the rise time and energy consumption. The results showed that an increase in boiler pressure resulted in a faster rise time while the energy consumption was remained the same at all pressure levels (5.0 – 7.0 bars). This study had also investigated the effects of controller parameters K_c and τ_i . The results indicated that an increase in K_c caused a faster rise time but more oscillate in retort temperatures. Increasing τ_i values resulted in a longer rise time and less oscillation.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดีมา โดยตลอด รวมทั้งเอื้อเฟื้อหนังสือที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่คอยถามถึงความคืบหน้า และให้คำแนะนำอยู่ตลอดเวลา และขอขอบคุณ คุณอำนาจ กุตะกู(พี่แมน) คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์(พี่นุ้ย) คุณบุญนำ ผลโพธิ์(พี่นำ) และคุณวรรณิกา ฉัตรอุทัย(น้ำดื่ม) ที่คอยแนะนำการใช้ยืมเครื่องมือ อุปกรณ์ รวมถึงการขอใช้ห้องทำโครงการ

ขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นางสาวเจนจิรา มณียศ

นางสาวชญาณิช พูนสวัสดิ์

นางสาวสุพิธา ศรีไสว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	xii
สัญลักษณ์	xxii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบควบคุม	3
2.1.1 องค์ประกอบของระบบควบคุม	3
2.1.2 หน้าที่หลักของระบบควบคุม	5
2.1.3 ระบบควบคุมแบบเปิด	5
2.1.4 ระบบควบคุมแบบปิด หรือแบบป้อนกลับ	6
2.1.4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	6
2.1.4.2 ลักษณะที่แสดงประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	7
2.1.4.3 ผลตอบสนองของการควบคุมที่ดี	9
2.1.5 เครื่องควบคุมของการควบคุมแบบป้อนกลับ	11
2.1.5.1 เครื่องควบคุมแบบ Proportional	11
2.1.5.2 เครื่องควบคุมแบบ Integral	12
2.1.5.3 เครื่องควบคุมแบบ Derivative	12
2.1.5.4 เครื่องควบคุมแบบ Proportional Integral	12
2.1.5.5 เครื่องควบคุมแบบ Proportional Integral Derivative	13
2.1.6 ประเภทของปัญหาในระบบควบคุม	13
2.1.7 ความหมายของ Process Gain และ Time Constant	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2 หม้อฆ่าเชื้อ	14
2.2.1 การแบ่งลักษณะของหม้อฆ่าเชื้อ	14
2.2.2 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำผสมอากาศ	15
2.2.3 ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ	16
2.2.4 กระบวนการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ	17
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	20
3.1 วัตถุประสงค์ และอุปกรณ์	20
3.2 การเตรียมวัตถุดิบ	20
3.3 การเตรียมอุปกรณ์	20
3.4 การวางแผนการทดลอง	21
3.5 ขั้นตอนการทดลอง	22
3.6 การบันทึกผลการทดลอง	23
3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	24
3.7.1 วิธีการหาค่า Process Gain (K_p)	25
3.7.2 วิธีการหาค่า Time Constant (τ_p)	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง	27
4.1 การทำงานของระบบควบคุมของหม้อฆ่าเชื้อ	27
4.2 ปัญหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem)	30
4.3. ปัญหาระบบคงค่า (Load problem)	38
4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	47
4.4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิต่างกัน	47
4.4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิต่างกัน	56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผลการทดลอง	66
5.1.1 ปัญหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem)	66
5.1.2 ปัญหาระบบคงค่า (Load Problem)	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	66
5.1.3.1 ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	66
5.1.3.1 ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	66
5.2 ปัญหาที่พบ และแนวทางแก้ไข	67
5.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง	71
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยตาราง Anova	115
ภาคผนวก ค คู่มือการเปิด – ปิดหม้อน้ำเชื้อ	123
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้โปรแกรม Ladkrabang Retort	139
ง.1 วิธีการเชื่อมต่อโปรแกรมกับสายSerial Port	139
ง.2 วิธีการใช้โปรแกรม Ladkrabang Retort	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิอุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c	36
4.2 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่เปลี่ยนไป	36
4.3 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c	36
4.4 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c	37
4.5 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่เปลี่ยนไป	37
4.6 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)	45
4.7 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วงที่เปลี่ยนไป	45
4.8 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)	45
4.9 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วง 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) (ต่อ)	46
4.10 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของน้ำในหม้อฆ่าเชื้อกับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วงที่เปลี่ยนไป	46
4.11 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950	54
4.12 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป	54
4.13 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950	54
4.14 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950 (ต่อ)	55

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกัน	55
4.16 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 25, 50, 75 และ 100	64
4.17 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับค่าพารามิเตอร์ τ_c ของวาล์วควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป	64
4.18 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100	64
4.19 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของตัวอย่างอาหารในกระป๋องกับ ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป	65
ก.1 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1	71
ก.2 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2	71
ก.3 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1	72
ก.4 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2	73
ก.5 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1	74
ก.6 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2	74
ก.7 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1	75
ก.8 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2	76
ก.9 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1	77

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.36	ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	96



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการทำงานของระบบควบคุม	3
2.2 แผนผังของระบบควบคุมแบบเปิด	6
2.3 แสดงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	7
2.4 แสดงรูปภาพของฟังก์ชันพื้นฐานทั้ง 3 รูปแบบ	8
2.5 การวิเคราะห์โดยใช้ Unit-step function	8
2.6 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	9
2.7 การเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Set point)	10
2.8 แสดงผลตอบสนอง	10
2.9 เมื่อระบบถูกรบกวน	11
2.10 หม้อน้ำเชื้อ	14
2.11 แสดงวาล์วควบคุมและส่วนประกอบของหม้อน้ำเชื้อ	17
3.1 สาย Serial Port ที่นำมาต่อกับ โน้ตบุ๊ก	21
3.2 การวางกระป๋องในตะกร้า 17 แถว แถวละ 11 กระป๋อง จำนวน 3 ชั้น	22
3.3 ตัวล็อกฝาปิดของหม้อน้ำเชื้อ	23
3.4 ไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อน้ำเชื้อ	24
3.5 แสดงสัญลักษณ์ส่วนควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อน้ำเชื้อ	24
3.6 แสดงการหาค่า ΔX และ ΔY	25
3.7 แสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$	26
4.1 แสดงระบบการทำงานของระบบควบคุมของหม้อน้ำเชื้อ	27
4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $80^{\circ}C$	28
4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $80^{\circ}C$	30
4.4 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $100^{\circ}C$	31
4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $110^{\circ}C$	32
4.6 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $80^{\circ}C$, $100^{\circ}C$ และ $110^{\circ}C$	33
4.7 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย $80^{\circ}C$, $100^{\circ}C$ และ $110^{\circ}C$ ช่วง Come up	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ช่วง Cooking	34
4.9 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c	34
4.10 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ช่วง Come up	35
4.11 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ช่วง Cooking	35
4.12 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์)	38
4.13 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ที่ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	39
4.14 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ที่ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)	40
4.15 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)	41
4.16 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Come up	41
4.17 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	42
4.18 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Cooking	42
4.19 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Come up	43
4.21 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	44
4.22 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Cooking	44
4.23 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150	47
4.24 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550	48
4.25 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950	49
4.26 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950	50
4.27 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Come up	50
4.28 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	51
4.29 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Cooking	51
4.30 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950	52
4.31 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Come up	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	53
4.33 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Cooking	53
4.34 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 25	56
4.35 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 50	57
4.36 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 75	58
4.37 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 100	59
4.38 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100	60
4.39 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Come up	60
4.40 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	61
4.41 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Cooking	61
4.42 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100	62
4.43 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Come up	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.44 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย	63
4.45 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_c เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Cooking	63
ก.1 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	97
ก.2 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	98
ก.3 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	99
ก.4 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	100
ก.5 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	101
ก.6 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	102
ก.7 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	103

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.8 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	104
ก.9 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	104
ก.10 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	105
ก.11 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	105
ก.12 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	106
ก.13 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	107
ก.14 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	108
ก.15 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	109
ก.16 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	110

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.17 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	111
ก.18 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	112
ก.19 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	113
ก.20 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	113
ก.21 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	114
ก.22 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)	114
ข.1 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	115
ข.2 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	115
ข.3 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	116
ข.4 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	116
ข.5 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	117

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.6 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	117
ข.7 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	118
ข.8 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	118
ข.9 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	119
ข.10 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	119
ข.11 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	120
ข.12 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	120
ข.13 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	121
ข.14 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ	121
ข.15 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	122
ข.16 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร	122
ค.1 เบรกเกอร์	123
ค.2 ถังเก็บอากาศ	124
ค.3 เครื่องอัดลม(Air Comperssor) ขนาด 7.5 Hp	124
ค.4 ถังเก็บน้ำมัน	125
ค.5 มาตรวัดน้ำมัน	125
ค.6 ตำแหน่งของสวิตช์เปิด – ปิด เครื่องกำเนิดไอน้ำ	126
ค.7 สวิตช์การทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.8 ถังเก็บน้ำ และวาล์วควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ	127
ค.9 มาตรการวัดความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ	127
ค.10 มาตรการกำหนดช่วงความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ	128
ค.11 ต่อสาย Thermocouple	128
ค.12 ครอบป้องกันที่เสียบสาย Thermocouple	129
ค.13 ตระกร้าที่บรรจุครอบป้องกันในหม้อน้ำเชื้อ	129
ค.14 ฝาหม้อที่ถูกถอดออก	130
ค.15 สาย Thermocouple อีกด้านหนึ่ง ต่อเข้ากับเครื่อง Data logger ที่เสียบสาย	130
ค.16 ตำแหน่งของสวิตช์เปิด – ปิด หม้อน้ำเชื้อ	130
ค.17 เครื่องสำรองไฟ	131
ค.18 สวิตช์เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	131
ค.19 แสดงหน้าจอ	132
ค.20 แสดงหน้าจอเมนู	132
ค.21 แสดงหน้าจอตั้งค่าโปรแกรม	133
ค.22 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Enter	133
ค.23 แสดงหน้าจอที่ตั้งค่าอุณหภูมิ เวลา ความดัน	134
ค.24 หน้าจอแสดงรายการการตั้งค่า	134
ค.25 แสดงหน้าจอรายการของวาล์วที่ต้องการตั้งค่าพารามิเตอร์	135
ค.26 หน้าจอแสดงตั้งค่าพารามิเตอร์	135
ค.27 หน้าจอแสดงโปรแกรมที่ตั้งค่า	136
ค.28 แสดงหน้าจอเมื่อต้องให้หม้อน้ำเชื้อทำงาน	136
ค.29 แสดงตำแหน่งสวิตช์ Cooling Tower	137
ค.30 หน้าจอแสดงการทำงานของวาล์ว	137
ค.31 หน้าจอแสดงการตรวจสอบสัญญาณจากหม้อน้ำเชื้อ	138
ค.32 หน้าจอแสดงการข้ามลำดับขั้นตอนการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ	138
ง.1 แสดงไอคอนว่ามีการเชื่อมต่อ	139
ง.2 คลิกเลือกคำสั่ง DDE/OPC	139
ง.3 แสดงไอคอน Configure drivers	139
ง.4 แสดงไอคอน RSWho	140
ง.5 แสดงไอคอน AB_DF1-1, DH-485 คือ Driver ที่เพิ่มเข้าไป	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.6 ไอคอนแสดงว่าการเชื่อมต่อไม่สำเร็จ	140
จ.7 ไอคอนโปรแกรม LADKRABANG RETORT.exe	141
จ.8.1 หน้าแรกของโปรแกรม	141
จ.8.2 คลิกเพื่อเลือกโหมดการทำงานของโปรแกรม	142
จ.9.1 โหมดของ Steam Retort	142
จ.9.2 ปุ่ม View Program	143
จ.9.3 หน้าต่าง Realtime Program of Retort Mode	143
จ.10 เมนูบาร์	143
จ.11 หน้าต่าง Realtime Plot	143
จ.12.1 Setting Y Axis	144
จ.12.2 Select Time Plot(30 sec., 1min, 5min และ10min)	144
จ.12.3 แถบเลื่อนกราฟ	144
จ.12.4 ปุ่มบันทึก และปุ่มปิด	144
จ.13.1 เมื่อคลิกเลือกวันที่ของเดือนที่ต้องการดูผล	145
จ.13.2 เมื่อเลือกข้อมูลที่ต้องการดึงจากฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว	146
จ.13.3 Detail History of Steam Mode แสดงผลเวลา อุณหภูมิ และการทำงานของวาล์ว	146
จ.13.4 กดปุ่ม Export to Excel	147
จ.13.5 ข้อมูลที่ถูกส่งมายัง Excel เรียบร้อยแล้ว	147
จ.13.6 Summary History of Steam Retort	147
จ.14.1 หน้าต่าง History Plot แสดงกราฟที่ดึงมาจากฐานข้อมูล	148
จ.14.2 เลือกแสดงอุณหภูมิ หรือ ความดัน	148
จ.14.3 เลือกแสดงอุณหภูมิ หรือ ความดันเพียงอย่างเดียว	148
จ.14.4 เลือก Save As เพื่อบันทึก	148

สัญลักษณ์

$e(t)$	ค่าความคลาดเคลื่อน
$K_{1,2}$	ค่าอัตราขยายเชิงสถิติของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อน้ำเชื้อ
K_c	ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P (Proportional Gain)
K_p	ค่าอัตราการขยายตัวเชิงสถิติของกระบวนการ (Process Gain)
\bar{m}	ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์
$m_p(t)$	ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมแบบ Proportional
$\tau_{1,2}$	ค่าคงที่กระบวนการของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อน้ำเชื้อ
τ_i	ค่าเวลา Integral (Integral Time)
$m_I(t)$	ค่าเอาต์พุตตัวควบคุมแบบ I
K_I	อัตราขยายตัวควบคุมแบบ I
$\int_0^t e(t) dt$	พื้นที่ทั้งหมดของค่าความคลาดเคลื่อน
$\bar{m}_I(0)$	ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมที่เวลา $t = 0$
$m_D(t)$	ค่าเอาต์พุตแบบตัวควบคุมแบบ D
K_D	อัตราขยายตัวแบบตัวควบคุม D
$\frac{de(t)}{dt}$	ค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา t

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มา

ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมนั้น มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งโดยมากใช้การควบคุมผ่านเครื่องควบคุม PLC ที่มีค่าตัวแปรมากมาย ช่วยควบคุมการทำงานของกระบวนการ เนื่องจากเครื่องควบคุม PLC มีราคาไม่แพง ใช้งานง่าย มีความยืดหยุ่น และมีความน่าเชื่อถือสูง ต่อมาเครื่องควบคุม PLC ได้ถูกพัฒนาประสิทธิภาพขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันเครื่องควบคุม PLC สามารถใช้กับเครื่องควบคุมแบบป้อนกลับ PID (PID Controller) ได้ เครื่องควบคุมแบบ PID นี้มีโครงสร้างการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย สามารถประยุกต์ใช้งานกับกระบวนการได้หลายแบบ และให้ผลตอบสนองของกระบวนการที่ดี เครื่องควบคุมแบบ PID นี้จำเป็นต้องปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุม PID (K_c , τ_i , τ_d) เพื่อให้ได้ผลตอบสนองของกระบวนการที่ดีตามความต้องการ(Phonphithak et al., 2004)

ในอุตสาหกรรมอาหาร ระบบควบคุมถูกนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการอบแห้ง และกระบวนการฆ่าเชื้อ เป็นต้น ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้จะติดตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องควบคุม ค่าเหล่านี้มักจะนำมาจากทฤษฎี และประสบการณ์จากการทำงานของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งบางครั้งค่าที่มากับเครื่องจักรอาจไม่สามารถดึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรมาใช้ได้อย่างเต็มที่ และมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากเหตุผลที่กล่าวมานี้จึงพิจารณาได้ว่า ระบบควบคุมเป็นสิ่งสำคัญของเครื่องจักร ดังนั้นในโครงการนี้จึงมุ่งศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยเครื่องจักรที่ทำการศึกษาในโครงการ คือ หม้อฆ่าเชื้อ (Retort)

หม้อฆ่าเชื้อเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท มีหน้าที่ในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทเรียบร้อยแล้ว และในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้หม้อฆ่าเชื้อสำหรับฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทแบบอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในขวดแก้ว อาหารที่บรรจุในพลาสติก ซึ่งระบบการไล่อากาศ ระบบการให้ความร้อน ระบบการลดอุณหภูมิ และตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของหม้อฆ่าเชื้อ (Ghani al-baali and Farid, 2006)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติของหม้อฆ่าเชื้อ
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าเอาต์พุตของปัญหาหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem) และปัญหาหาระบบคงค่า (Load problem) และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมโดยพิจารณาจาก
 - 2.1 ช่วงเวลา Come up (Rise time)
 - 2.2 การเปิด-ปิดของวาล์วไอน้ำ (Steam Valve) และวาล์วอัดอากาศ (Air Valve)
 - 2.3 ค่าคงที่ของกระบวนการ (Process Time constant, τ_p)
3. เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ
2. ลดระยะเวลาในการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ
3. ลดปริมาณค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงและพลังงาน

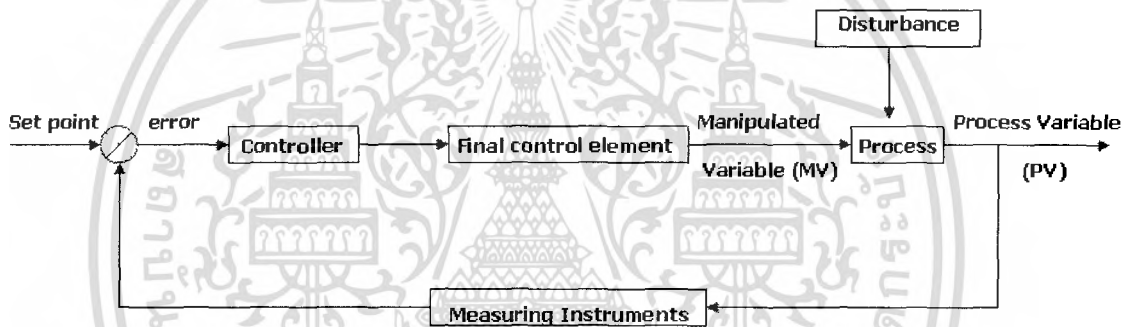
1.4 ขอบเขตของโครงการ

ทำการศึกษาหาระบบควบคุมอัตโนมัติ (automatic control) ของหม้อฆ่าเชื้อ โดยทำการศึกษาความแตกต่างของระบบการทำงานของเครื่องควบคุมในส่วนของปัญหาหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem) และปัญหาหาระบบคงค่า (Load Problem) และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุม ซึ่งในส่วนของปัญหาหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem) จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป้าหมาย และปัญหาหาระบบคงค่า (Load Problem) และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุม ทำการศึกษาโดยให้อุณหภูมิเป้าหมายคงที่ แล้วเปรียบเทียบการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ ที่สภาวะต่างกัน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบควบคุม (ศุภวุฒิ, 2547)

คือ ส่วนประกอบหลายๆ ส่วนต่อเชื่อมกันขึ้นเป็นระบบ ที่จะให้การตอบสนองตามที่เราต้องการ พื้นฐานของการวิเคราะห์ระบบจะมีพื้นฐานจากทฤษฎีระบบเชิงเส้น ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) หรือการตอบสนอง (Response) ดังนั้นส่วนประกอบหรือกระบวนการ (Process) ที่เราต้องการที่จะควบคุม สามารถแทนด้วยบล็อกไดอะแกรม (Block diagram) ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนอินพุตและเอาต์พุตของระบบมักจะแทนด้วยสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุตจะเป็นส่วนสำคัญของผลลัพธ์หรือเอาต์พุต



รูปที่ 2.1 แสดงระบบการทำงานของระบบควบคุม

2.1.1 องค์ประกอบของระบบควบคุม

1. สัญญาณด้านเข้า (Input)

สัญญาณด้านเข้านั้นบางครั้งเราอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อินพุตอ้างอิง (Reference Input) หรือค่าเป้าหมาย (Set Point) ซึ่งหมายถึงค่าหรือผลตอบสนองที่ต้องการของระบบที่ต้องการควบคุมที่กำหนดไว้ เช่น ต้องการควบคุมระยะห่างของรถไฟฟ้าที่ห่างจากกำแพง 15 เมตร

2. เครื่องควบคุม (Controller)

เครื่องควบคุม หมายถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณควบคุม เพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ระบบหรือกระบวนการที่ต้องการควบคุมมีสัญญาณด้านออกหรือผลตอบสนองตามที่ต้องการ โดยตัวควบคุมจะมีหลายแบบ เช่น ตัวควบคุมแบบ ON-OFF เครื่องควบคุมแบบ P (Proportional Controller) เครื่องควบคุมแบบ I (Integral Controller) และเครื่องควบคุมแบบ D (Derivative Controller) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final control element)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะ ของกระบวนการด้วยการเปลี่ยนแปลงตามค่า สัญญาณควบคุม (Manipulated Variable) ของกฎการควบคุม อุปกรณ์พวกนี้ ได้แก่ วาล์วควบคุม (Control Valve) Inverter และ Actuator ต่าง ๆ เป็นต้น

4. กระบวนการ (Plant or Process)

กระบวนการ หมายถึงระบบหรือกระบวนการที่ถูกควบคุม หรืออาจจะเป็นวัตถุทาง ภายภาพที่ถูกควบคุมก็ได้ เช่น กระบวนการในการควบคุมอุณหภูมิเตาเผา กระบวนการควบคุม ระบบแขนกลในโรงงาน เป็นต้น

5. สิ่งรบกวน (Disturbance)

สิ่งรบกวน หมายถึงสัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นในระบบที่ถูกควบคุม สัญญาณ รบกวนนี้อาจเกิดขึ้นที่จุดใดๆ ในระบบก็ได้ เช่น เกิดขึ้นที่กระบวนการ เกิดขึ้นที่อุปกรณ์วัด เป็นต้น การเกิดขึ้นของสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้น ในเวลาใดๆ ทั้งที่คาดเดาได้และคาดเดาไม่ได้ การ รบกวนนี้แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

การรบกวนภายใน (Internal Disturbance) ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

การรบกวนจากภายนอก (External Disturbance) เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นจากภายนอก ระบบ แต่มีผลกระทบต่อระบบที่กำลังควบคุมอยู่ โดยทั่วไปจะถือว่าการรบกวนจากภายนอกเป็นสัญญาณ ด้านเข้าหนึ่งที่ไม่พึงประสงค์ของระบบควบคุม

6. สัญญาณด้านออก (Output)

สัญญาณด้านออก หมายถึงผลตอบสนองของระบบหรือกระบวนการที่ถูกควบคุม ซึ่ง โดยทั่วไปแล้วต้องการจะควบคุมให้สัญญาณด้านออกมีค่าตามสัญญาณด้านเข้าที่กำหนด (หรือ ตามค่าของสัญญาณด้านเข้าที่เปลี่ยนแปลงไป) หรือมีค่าคงเดิมได้เมื่อมีการรบกวนทั้งภายในและ ภายนอกที่มากระทำต่อระบบควบคุม

7. อุปกรณ์วัด (Measuring Instruments)

อุปกรณ์วัดหมายถึงอุปกรณ์ที่อาจจะได้แก่ เซนเซอร์ (Sensor) ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรืออุปกรณ์แปลง หรือวัดสัญญาณอื่นๆ ที่ทำหน้าที่วัดค่าของสัญญาณด้านออกของ ระบบที่ถูกควบคุม

2.1.2 หน้าที่หลักของระบบควบคุม

1. ระบุอิทธิพลของสิ่งรบกวนภายนอก

เป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการติดตั้งระบบควบคุมสำหรับกระบวนการส่วนใหญ่ สิ่งรบกวนเกิดจากปัจจัยภายนอก ไม่มีความแน่นอนทำให้ยากต่อผู้ปฏิบัติงานที่เฝ้าดูและติดตามความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ในทุก ๆ ขณะ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีระบบควบคุมกระบวนการที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ตลอด เพื่อปรับเปลี่ยนกระบวนการอย่างเหมาะสมเพื่อชดเชยกับความแปรปรวนของปัจจัยภายนอก

2. ประกันเสถียรภาพของกระบวนการ

เสถียรภาพเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทุกกระบวนการ กระบวนการที่ขาดคุณลักษณะนั้น ขาดหลักประกันในทุกด้าน เช่น ทางด้านความปลอดภัย คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยเหตุนี้จึงมีการติดตั้งระบบควบคุมเข้าร่วมกับกระบวนการเพื่อช่วยปรับให้กระบวนการเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วและดีขึ้น เพื่อให้เกิดหลักประกันทางด้านความปลอดภัยต่ออุปกรณ์ กระบวนการและโรงงาน เพื่อให้เกิดหลักประกันทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์

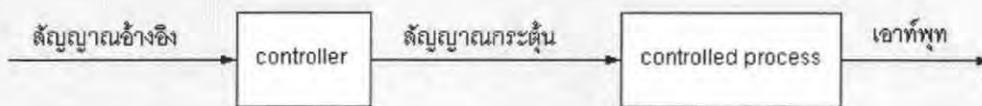
3. ทำให้กระบวนการดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อจัดการให้กระบวนการสามารถดำเนินการไปได้อย่างมีกำไร โดยระบบควบคุมจะทำการปรับปรุงสภาวะการทำงานให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยมีการใช้หรือการสูญเสียของวัตถุดิบและพลังงานให้น้อยที่สุด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามกำหนดและปริมาณสูง

ระบบควบคุมได้แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภทคือ

2.1.3 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open-loop Control Systems) (ชาฟงษ์ และคณะ, 2531)

ในระบบควบคุมแบบวงเปิด เป็นการควบคุมส่วนใหญ่ ที่ต้องอาศัยการคาดคะเน และการตัดสินใจของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องโดยเตาผิง ถ้าเตาผิงที่ใช้มีเพียงอุปกรณ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดเท่านั้น ผู้ใช้หรือผู้ควบคุมจะต้องคาดคะเนและตั้งเวลาในการเปิดเตาผิงที่นานพอเหมาะเพื่อให้อุณหภูมิห้องอยู่ในระดับที่ต้องการ แต่การควบคุมโดยมนุษย์เช่นนี้จะไม่แม่นยำและน่าเชื่อถือนัก เนื่องจากผู้ควบคุมไม่สามารถรู้ถึงคุณสมบัติเฉพาะในการสร้างความร้อนของเตาผิงนี้ อีกทั้งยังมีปัจจัยต่างๆจากภายนอก เช่น อุณหภูมิภายนอกห้องที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้อง จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมแบบวงเปิดนี้ไม่สามารถปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของระบบอันเนื่องมาจากปัจจัยจากภายนอกได้



รูปที่ 2.2 แผนผังของระบบควบคุมแบบเปิด

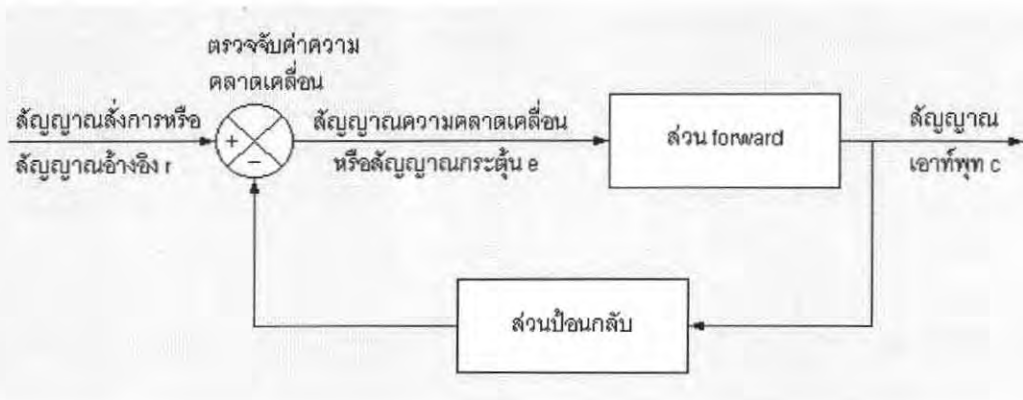
โดยสัญญาณอินพุตหรือสัญญาณสั่งการ ส่งผ่านเครื่องควบคุมออกมาเป็นสัญญาณกระตุ้น เพื่อสั่งให้กระบวนการที่ถูกควบคุม ขับสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการออกมา

2.1.4 ระบบควบคุมแบบปิด หรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Closed-loop Control Systems, Feedback Control Systems)

คือ ระบบควบคุมที่ต้องการควบคุมให้เอาต์พุตหรือผลตอบสนองของระบบมีค่าตามที่ต้องการ โดยนำเอาสัญญาณเอาต์พุตป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต จากนั้นนำค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตส่งต่อไปยังส่วนสร้างสัญญาณควบคุม ซึ่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมตามกฎเกณฑ์การควบคุมที่เลือกไว้ และส่งสัญญาณออกไปควบคุมระบบเพื่อทำให้เอาต์พุตของกระบวนการที่ถูกควบคุมมีค่าตามความต้องการ

2.1.4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากหลักการพื้นฐานของระบบควบคุมแบบป้อนกลับสามารถกล่าวได้ว่า ระบบควบคุมแบบป้อนกลับประกอบด้วยเส้นทางหรือรอบของสัญญาณป้อนกลับซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุต c ตั้งแต่หนึ่งรอบขึ้นไป แล้วนำสัญญาณป้อนกลับนี้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณสั่งการหรือสัญญาณอ้างอิง r จะได้ผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองเป็น $e = r - c$ เพื่อนำไปควบคุมสัญญาณเอาต์พุต c ให้มีค่าตามที่กำหนด โดยสัญญาณอ้างอิง r



รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

ระบบควบคุมนี้ประกอบด้วยส่วนป้อนข้างหน้า (Forward path), ส่วนป้อนกลับ (Feedback path) และส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อน (Error-sensing device) ส่วนตรวจจับค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะเปรียบเทียบค่าสัญญาณอินพุตอ้างอิงกับค่าสัญญาณเอาต์พุตจริงหรือค่าที่เป็นฟังก์ชันของสัญญาณเอาต์พุต แล้วส่งสัญญาณที่เกิดจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองนี้ออกไป

2.1.4.2 ลักษณะที่แสดงประสิทธิภาพของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Time Domain Performance Characteristics of Feedback control Systems)

1. Steady State Performance

หากกล่าวถึงความผิดพลาดของสภาวะคงตัว (steady-state error)* ของการตอบสนองต่อฟังก์ชันอินพุตพื้นฐาน 3 แบบ โดยในการวิเคราะห์ในโดเมนของเวลามักจะมีฟังก์ชันอินพุตพื้นฐานที่ใช้ทดสอบ 3 รูปแบบดังต่อไปนี้

- Step Displacement Input

$$r(t) = R \quad t > 0$$

$$r(t) = 0 \quad t < 0$$

$$\text{หรือ } r(t) = Ru(t)$$

โดยที่ R เป็นค่าคงที่และ $u(t)$ เป็น unit step function

- Step Velocity Input (Ramp Function)

$$r(t) = Rt \quad t > 0$$

$$r(t) = 0 \quad t < 0$$

$$\text{หรือ } r(t) = Rtu(t)$$

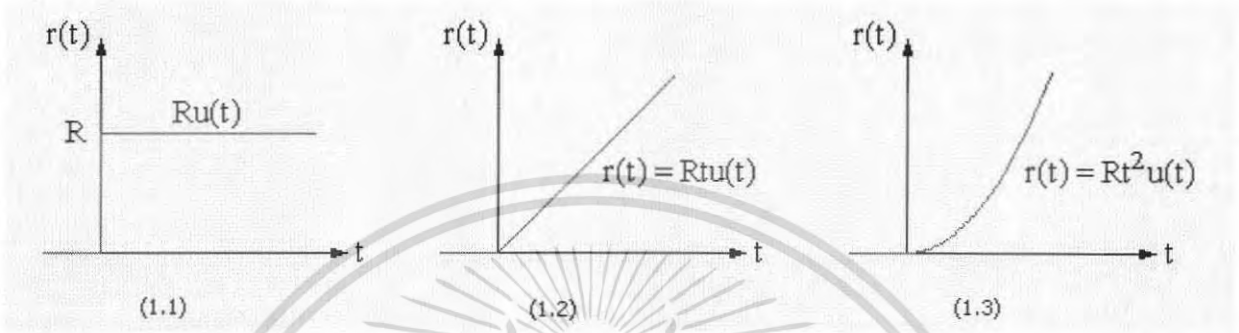
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 * ความผิดพลาดของสภาวะคงตัว (Steady-state error) คือ ความแตกต่างระหว่างอินพุตและเอาต์พุต
 เมื่อป้อนสัญญาณรูปแบบต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเข้าไปที่อินพุตของระบบ แล้วตรวจสอบความแตกต่างที่เวลาเข้าสู่
 อนันต์หรือเวลาที่ระบบอยู่ในสภาวะคงที่

- Acceleration Input (Parabolic Function)

$$r(t) = Rt^2 \quad t > 0$$

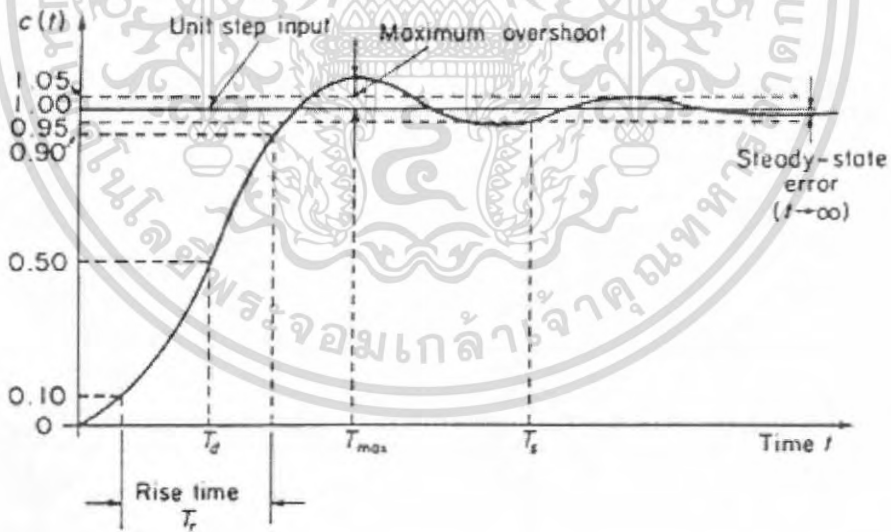
$$r(t) = 0 \quad t < 0$$

หรือ $r(t) = Rt^2u(t)$



รูปที่ 2.4 แสดงรูปกราฟของฟังก์ชันพื้นฐานทั้ง 3 รูปแบบ

2. Transient Performance



รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์โดยใช้ Unit-step function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอินพุทอ้างอิงและจะได้ผลตอบสนองดังรูป 2.5 ซึ่งลักษณะที่สำคัญของผลตอบสนองนี้ได้แก่

- Overshoot

เป็นค่า error ที่มากที่สุดระหว่างอินพุทและเอาต์พุท ค่านี้จะใช้ในการประมาณความเสถียรของระบบ ค่า Overshoot จะวัดเป็นสัดส่วนเทียบกับค่าสุดท้ายหรือค่าอินพุทอ้างอิงดังนี้

$$\text{Percent Overshoot} = \frac{\text{Maximum overshoot}}{\text{Final desired value}} \times 100$$

- Time delay

ค่า Time delay t_d เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการตอบสนองของระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเอาต์พุทมีค่าเป็น 50 % ของค่าอินพุทอ้างอิง

- Rise time

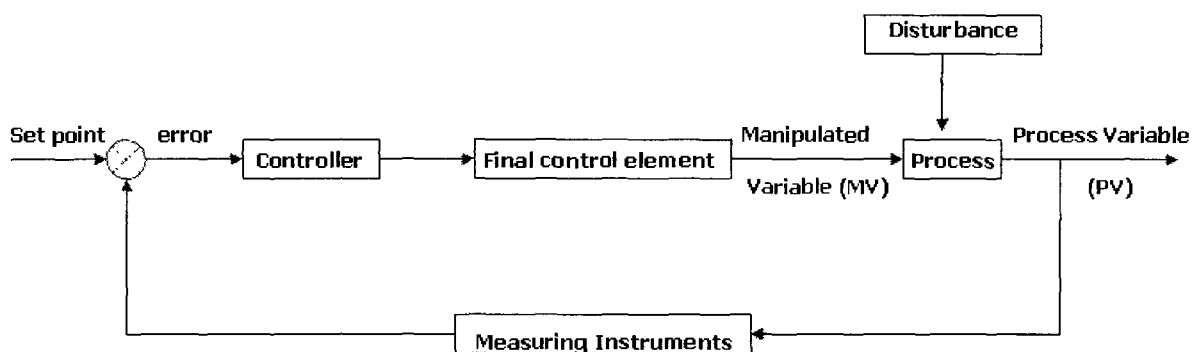
ค่า Rise time t_r เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เอาต์พุทมีค่าเป็น 10 % จนถึง 90 % ของค่าอินพุทอ้างอิง

- Setting time

ค่า Setting time t_s เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งการแกว่งของเอาต์พุทลดลงอยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยปกติแล้วขอบเขตนี้จะอยู่ในช่วง 5 % ของอินพุทอ้างอิง

2.1.4.3 ผลตอบสนองของการควบคุมที่ดี

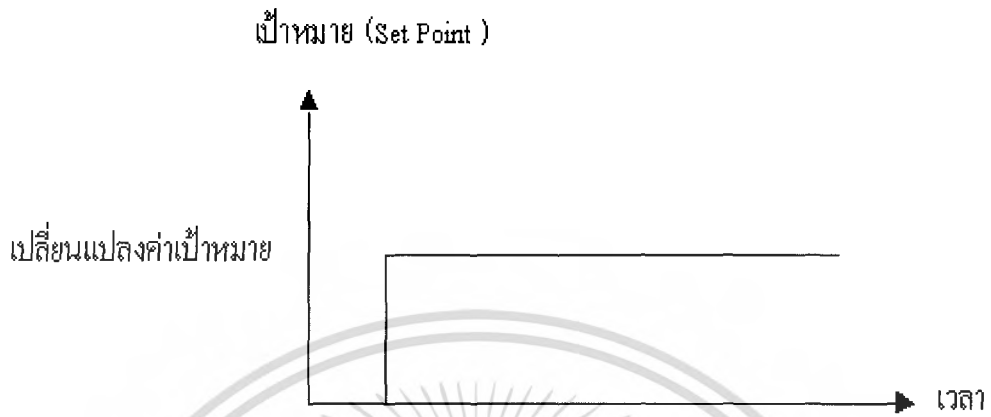
ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับตัวควบคุมจะพยายามรักษาค่าตัวแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายอยู่เสมอ ในกรณีที่เกิดสิ่งรบกวนในระบบหรือมีการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย จะทำให้ตัวแปรของกระบวนการ มีค่าต่างจากค่าเป้าหมายไปขณะหนึ่ง ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรของกระบวนการ มีค่าเท่ากับเป้าหมายในที่สุด ลักษณะการนำค่าตัวแปรของกระบวนการให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายนี้ จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของระบบควบคุม บางระบบควบคุมอาจควบคุมให้ตัวแปรของกระบวนการส่งเข้าหาค่าเป้าหมายได้รวดเร็ว แต่บางระบบอาจทำได้ดีกว่าสามารถทดสอบความสามารถของระบบควบคุมนี้ โดยดูที่ผลตอบสนองของการควบคุม



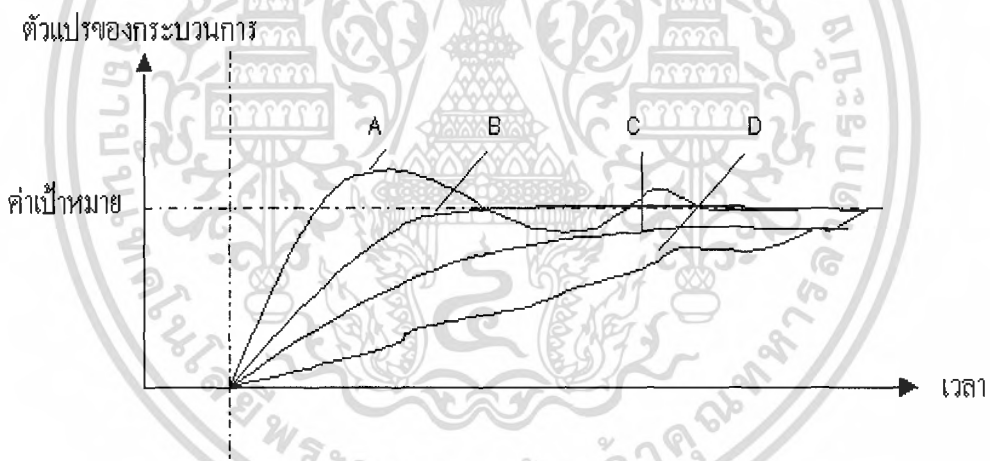
รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมในรูปที่ 2.6 ถ้าลองเปลี่ยนค่าเป้าหมาย ตัวควบคุมจะพยายามควบคุมให้ตัวแปรของกระบวนการที่เข้าหาค่าเป้าหมาย ผลตอบสนองของตัวแปรของกระบวนการจะมีหลายรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Set point)

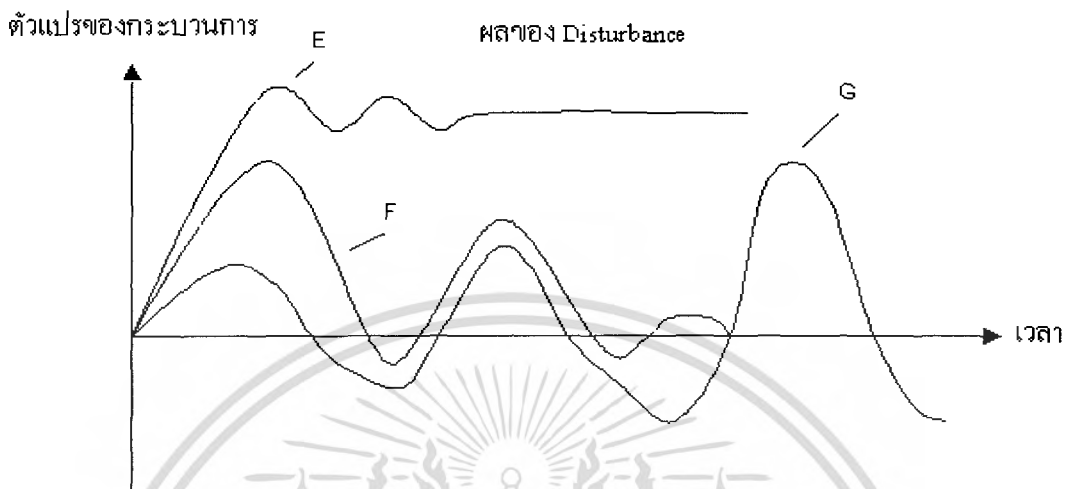


รูปที่ 2.8 แสดงผลตอบสนอง

- A มี Overshoot และการแกว่ง
- B ตอบรับเร็ว
- C ตัวแปร โพรเซสมีค่าไม่เท่ากับค่าเป้าหมายแม้เวลาจะผ่านพ้นไปนานเรียกว่าเกิด offset
- D ตอบรับช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวแปรของกระบวนการหยุดนิ่งที่ค่าเป้าหมาย ในขณะที่นั้นเกิดสิ่งรบกวน เข้ามา รบกวนกระบวนการ (สิ่งรบกวน ได้แก่การเปลี่ยนของโหลด การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เป็นต้น) ผลตอบของกระบวนการ จะมีหลายแบบ แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เมื่อระบบถูกรบกวน

E เกิด offset ให้ค่าผิดไปจากค่าเป้าหมายเดิม

F เกิดการแกว่งเล็กน้อยก่อนกลับเข้าสู่ค่าเป้าหมาย

G เกิดแกว่งและขาดเสถียรภาพ

เมื่อพิจารณาผลตอบของการควบคุมชนิดต่างๆ เหล่านี้จึงพอสรุปได้ว่า ระบบควบคุมที่ดี จะต้องมีความสมบัติดังนี้

- มีเสถียรภาพไม่เกิดการแกว่ง (Oscillation)
- ตอบรับการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย หรือ การรบกวน(Disturbance) ได้รวดเร็ว
- ไม่เกิด Offset

2.1.5 เครื่องควบคุมของการควบคุมแบบป้อนกลับ (อภิชาติ, 2549)

2.1.5.1. เครื่องควบคุมแบบ Proportional

นั้นค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมจะแปรผันตรงกับค่าความคลาดเคลื่อน คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมจะมีค่ามากขึ้นตาม และถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลง ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมก็จะมีค่าน้อยลงตาม เครื่องควบคุมแบบ P สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m_p(t) = K_p e(t) + \bar{m} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคณาจารย์และบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเครื่องควบคุมแบบ P คือ ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก และข้อเสียของเครื่องควบคุมแบบ P คือ ไม่สามารถกำจัดค่า Offset ได้

2.1.5.2. เครื่องควบคุมแบบ Integral

ค่าเอาต์พุตของเครื่องควบคุมหาได้จาก ค่าพื้นที่ทั้งหมดใต้กราฟของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลาคูณกับค่าคงที่ ที่เรียกว่า อัตราการขยายตัวควบคุมแบบ I ผลของเครื่องควบคุมแบบ I จะทำให้ไม่เกิด Offset ในระบบ และลดค่า Overshoot ของระบบลงได้ แต่ถ้าเครื่องควบคุมมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ผลตอบสนองของกระบวนการช้าลง

$$m_I(t) = K_I \int_0^t e(t) dt + \bar{m}_I(0) \quad (2.2)$$

2.1.5.3. เครื่องควบคุมแบบ Derivative

สัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมจะขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลา จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนนี้มีโอกาสเป็นศูนย์ได้ และค่าเอาต์พุตก็สามารถเปลี่ยนแปลงให้มีค่าสูงขึ้น เมื่อความคลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกการกระทำดังกล่าวว่า อัตราการกระทำ (Rate action) ดังสมการต่อไปนี้

$$m_D(t) = K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.3)$$

2.1.5.4. เครื่องควบคุมแบบ Proportional Integral (PI)

ตามที่กล่าวมาแล้วเครื่องควบคุมแบบ P จะมีค่า Offset เกิดขึ้น ซึ่งการกำจัดค่า Offset นี้สามารถทำได้โดยการเพิ่มเครื่องควบคุมแบบ I เข้าไปดังนั้นสมการเอาต์พุตของเครื่องควบคุมแบบ PI คือ สมการดังนี้

$$m_{PI}(t) = \bar{m} + K_P e(t) + K_P K_I \int_0^t e(t) dt \quad (2.4)$$

$$m_{PI}(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t e(t) dt \quad (2.5)$$

เมื่อ $K_c = K_P$ และ $K_I = 1/\tau_I$

2.1.5.5. เครื่องควบคุมแบบ Proportional Integral Derivative (PID)

เพื่อให้ผลตอบสนองของระบบควบคุมมีประสิทธิภาพเป็นไปตามต้องการจึงใช้เครื่องควบคุมทั้ง 3 แบบร่วมกัน สมการเครื่องควบคุมแบบ PID คือ

$$m_{PID}(t) = \bar{m} + K_p e(t) + K_p K_I \int_0^t e(t) dt + K_p K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

$$m_{PI}(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt + K_c \tau_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

ฉะนั้นการนำเครื่องควบคุมแบบ PID ไปใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆจำเป็นต้องปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ดี ตามความต้องการ ซึ่งการหาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุม PID นี้สามารถทำได้หลายวิธี บางวิธีพิจารณาจากผลตอบสนองของกระบวนการ จากการทดสอบ ประสบการณ์ และอาศัยทฤษฎีทางคณิตศาสตร์

2.1.6 ประเภทของปัญหาการควบคุม (Stephanopoulos, 1984)

ปัญหาของทฤษฎีระบบควบคุมนั้น สามารถแยกออกได้เป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภท คือ

1. ปัญหาการปรับค่าตาม (Tracking System หรือ Servo Problem) คือ ปัญหาที่มีจุดประสงค์ของการควบคุม ให้เอาต์พุตมีค่าเท่ากับสัญญาณอ้างอิง เมื่อสัญญาณอ้างอิงเปลี่ยนไป ระบบควบคุมจะทำการปรับให้ สัญญาณเอาต์พุตมีค่าตาม (track) สัญญาณอ้างอิง
2. ปัญหาการคงค่า (Regulator Problem หรือ Load Problem) คือ ปัญหาที่มีจุดประสงค์ของการควบคุม ให้เอาต์พุตของระบบมีค่าคงที่ ด้านทานการรบกวน (disturbance) ที่เข้ามาในระบบ และมีผลทำให้ระบบเปลี่ยนแปลง

2.1.7 ความหมาย ค่าอัตราขยายเชิงสถิต และค่าคงที่ของกระบวนการ

1. ค่าอัตราขยายเชิงสถิต (Process gain, K_p) เป็นค่าแสดงลักษณะจำเพาะของกระบวนการ แสดงถึงผลที่เกิดจากกระบวนการ หลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่เข้าระบบไปหนึ่งหน่วย เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของของเหลวภายในถัง หลังจากที่อยู่อัตราการไหลเข้าของของเหลวเปลี่ยนไป และยังคงเป็นการแสดงถึงความไวต่อการตอบสนองของกระบวนการอีกด้วย
2. ค่าคงที่ของกระบวนการ (Process Time constant, τ_p) คือค่าเวลาที่ใช้แสดงผลการตอบสนองของกระบวนการ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับกระบวนการ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลเข้า หรือความเข้มข้น เป็นต้น

2.2 หม้อฆ่าเชื้อ (Hudson, 2003)

หม้อฆ่าเชื้อ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท มีหน้าที่ในการฆ่าเชื้ออาหารหลังจากที่บรรจุในภาชนะและปิดสนิทเรียบร้อยแล้ว แต่ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้หม้อฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะแบบอื่นๆ เช่น ขวดแก้ว พลาสติก แต่ยังคงเรียกว่าหม้อฆ่าเชื้อเหมือนกันแต่ระบบไล่อากาศ ระบบให้ความร้อน ระบบการลดอุณหภูมิ และตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและชนิดของภาชนะที่บรรจุ



รูปที่ 2.10 หม้อฆ่าเชื้อ

2.2.1 การแบ่งลักษณะของหม้อฆ่าเชื้อ

สามารถแบ่งในลักษณะต่างๆคือ

1. แบ่งตามลักษณะการจ้วงตัว คือ แบบแนวตั้ง (Vertical type) หม้อฆ่าเชื้อชนิดนี้มีความยุ่งยากในการนำเอาตะกร้าใส่และนำออกจากหม้อฆ่าเชื้อ เพราะจะต้องใส่ลงทางด้านบนทำให้ไม่สามารถออกแบบหม้อฆ่าเชื้อที่มีขนาดใหญ่มากนัก แต่ถ้ามีความจำเป็นก็ต้องมีอุปกรณ์เพื่อช่วยทำงาน เช่น เครนยก เป็นต้น และแบบขวางตามแนวนอน (Horizon type) โดยส่วนมากเป็นแบบขวางตามแนวนอน นิยมใช้มากเนื่องจากสะดวกในการขนย้ายบรรจุภัณฑ์ ซึ่งความยาวจะมีขนาดขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตที่ต้องการ และถ้าหม้อฆ่าเชื้อดังกล่าวมีความยาวมากก็จะออกแบบให้ประตูสามารถเปิดได้ทั้งสองด้าน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

2. แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของกระป๋อง/บรรจุภัณฑ์ คือ หม้อฆ่าเชื้อที่มีการหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อ (Rotary Retort) ลักษณะการหมุนในขณะฆ่าเชื้อจะสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าแบบไม่หมุน และหม้อฆ่าเชื้อที่ไม่มีการหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อ (Stationary Retort) หม้อฆ่าเชื้อแบบนี้จะใช้พลังงานมากกว่า เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนภายในช้ากว่า แต่ส่วนใหญ่ก็นิยมใช้กันมาก เพราะราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบ่งตามลักษณะความต่อเนื่องของการฆ่าเชื้อ คือ แบบเป็นรอบการทำงาน (Batch Retort) นิยมใช้กันมาก แม้ต้องสิ้นแรงงานมากก็ตาม เพราะสามารถใช้กับบรรจุภัณฑ์หลายขนาด ใช้ได้กับอาหารหลากหลายชนิด และแบบทำงานต่อเนื่อง (Continuous Retort) มีข้อดีคือ ใช้ไอน้ำและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. แบ่งตามตัวกลางให้ความร้อน ซึ่งเป็นการแบ่งที่ทำให้การฆ่าเชื้อแต่ละแบบ มีลักษณะจำเพาะในการออกแบบและประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อต่างกัน

4.1 แบบใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียว (Steam Retort) เป็นเครื่องที่นิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดเล็กและ โรงงานผลิตอาหารกระป๋องทั่วไป โดยไอน้ำที่ใช้จะได้อาจมาจากหม้อไอน้ำ(Boiler) แต่ปัญหาที่พบคือ ไม่สามารถใช้กับอาหารได้ทุกชนิด

4.2 แบบใช้ไอน้ำผสมอากาศ (Steam-Air retort) เป็นการใช้อุ่นน้ำในการฆ่าเชื้อและขณะเดียวกันก็มีการอัดอากาศเข้าไปในเครื่องพร้อมกัน เพื่อต่อต้านความดันที่เกิดภายในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิการฆ่าเชื่อนั้นๆ สามารถใช้ได้กับบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด เช่น กระป๋อง ขวดแก้ว ถุงพลาสติก เป็นต้น

4.3 แบบให้น้ำร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการฆ่าเชื้อ (Water Immersion Retort) สามารถฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่ำ (Pasteurization) จนถึงการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง (Sterilization) ภายในหม้อฆ่าเชื้อจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ โดยทั่วไปจะให้น้ำสูงกว่าระดับบรรจุภัณฑ์ประมาณ 15 เซนติเมตร นอกจากนี้จะต้องมีวาล์วป้องกันความดันเกินที่จุดบนสุดของระดับน้ำเพื่อระบายน้ำออกถ้ามีความดันสูงเกินไป

4.4 แบบสเปรย์น้ำ (Water Spray Retort) เป็นการใช้น้ำร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยฉีดเป็นสายจากด้านบนผ่านบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลา หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ส่วนใหญ่พบในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ดีมาก และใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย

2.2.2 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำผสมอากาศ (Steam-Air Retort)

หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ เป็นหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ทั่วไปตามโรงงานผลิตอาหารกระป๋องทั่วไป ทั้งนี้ต้องเป็นเครื่องที่มีความสามารถควบคุมปริมาณไอน้ำ ให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิและความดันได้อย่างแม่นยำ พลังงานที่ใช้เป็นการใช้ไอน้ำ ซึ่งไอน้ำเป็นพลังงานที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทโดยไอน้ำที่ไ้มมาจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) สำหรับการใช้งานของหม้อฆ่าเชื้อต้องตั้งความดันให้มีความดันสูงกว่า 2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและวิธีการใช้ของหม้อฆ่าเชื้อแต่ละตัว

หม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ในโรงงานนี้ เป็นหม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำ ซึ่งมีเครื่องควบคุม PLC (Programmable logic controller) พร้อมหน้าจอแสดงผล นอกจากนี้สามารถปรับค่าความดันและอุณหภูมิอย่างเป็นอิสระต่อกันด้วยเครื่องควบคุม PID

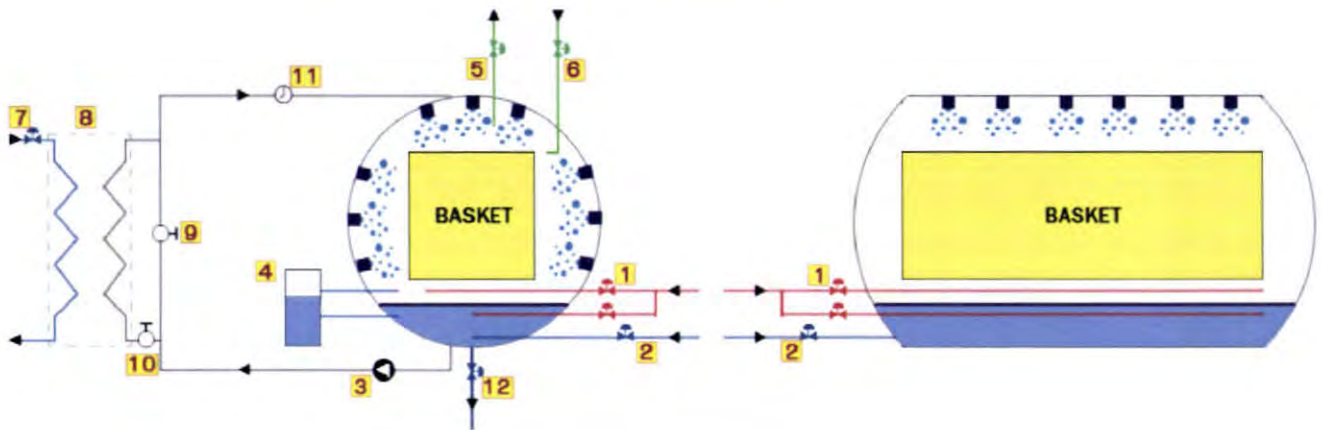
2.2.3 ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ

1. หัวจ่ายไอน้ำ (Steam header) หรือท่อพักไอน้ำ ทำหน้าที่จ่ายไอน้ำให้เครื่องฆ่าเชื้อ
2. ท่อไอน้ำเข้า (Steam inlet) ท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อต้องมีท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ 2 จุดเพื่อให้กระจายความร้อนในเครื่องได้ดี
3. อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ (Steam controller) เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อด้วย และช่วยลดเวลาในการไล่อากาศให้เร็วขึ้น
4. ท่อกระจายไอน้ำ (Steam spreader) เป็นท่อภายในเครื่องฆ่าเชื้อต่อจากท่อทางเข้าไอน้ำ ปลายท่อปิดตัวท่อถูกเจาะรูส่วนบนเป็นแนวยาวสองแนวตามความยาวตลอดเครื่องฆ่าเชื้อ ช่วยให้ไอน้ำกระจายทั่วถึง
5. วาล์วนิรภัย (Safety valve) เป็นวาล์วอัตโนมัติใช้ป้องกันแรงดันที่เกินความต้องการ ภายใจเครื่องฆ่าเชื้อ โดยระบบแรงดันที่สูงเกินกำหนดความปลอดภัยให้ออกจากเครื่องฆ่าเชื้ออย่างรวดเร็ว
6. ท่อไล่อากาศ (Vent) ต้องติดตั้งในลักษณะที่สามารถไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อได้หมดและเร็ว
7. ช่องระบายไอน้ำ (Bleeder) ติดตั้งเพื่อระบายไอน้ำให้เกิดการหมุนเวียนของไอน้ำภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และเพื่อไล่อากาศที่อาจแทรกอยู่ในไอน้ำ
8. ท่อระบายน้ำ (Drain) ระบายน้ำที่ใช้ในการทำให้กระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีอุณหภูมิลดลงหลังจากสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ
9. ท่อน้ำเข้า (Water line) ท่อน้ำใช้สำหรับทำให้กระป๋องมีอุณหภูมิเย็นลง
10. ท่ออากาศ (Air line) ท่อลมใช้สำหรับให้ลมรักษาระดับแรงดันภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ขณะทำให้กระป๋องมีอุณหภูมิลดลงหลังการฆ่าเชื้อ
11. ที่รองรับตะกร้าใส่อาหารกระป๋อง (Basket or crate support)
12. ท่อน้ำล้น (Overflow) เป็นท่อระบายน้ำที่ท่วมล้น เมื่อมีการทำให้กระป๋องเย็นด้วยน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อ

อุปกรณ์ควบคุมการวัดและบันทึก

1. เทอร์โมมิเตอร์ ติดตั้งในตำแหน่งให้ไอน้ำไหลผ่านตลอดตามความยาวของกระเปาะ โดยต้องผ่านกาตรวสอบความแม่นยำอย่างน้อยปีละครั้ง
2. เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อวัดและบันทึกอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ ต้องปรับการบันทึกค่าให้ตรงกับค่าเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
3. มาตรฐานความดันเครื่องฆ่าเชื้อมีมาตรฐานวัดความดันที่อ่านง่าย ชัดเจน บอกเวลาชัดเจน และควรตรวจสอบประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงวาล์วควบคุมและส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ (KM Grand Pack, 2007)

- | | |
|---|--|
| 1. วาล์วน้ำเข้า (Freshwater Valve) | 7. วาล์วน้ำเย็น (Cooling water valve) |
| 2. วาล์วไอน้ำ (Steam Valve) | 8. แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate heat exchanger) |
| 3. ปั๊มน้ำ (Water circulation pump) | 9. วาล์วทางลัด (By-pass valve) |
| 4. ตัวควบคุมระดับน้ำ (Water level controller) | 10. วาล์วแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger valve) |
| 5. วาล์วระบายอากาศ (Exhaust-valve) | 11. มาตรวัดอัตราการไหล (Water flow meter) |
| 6. วาล์วอัดอากาศ (Compressed air valve) | 12. วาล์วระบายน้ำ (Water drain valve) |

2.2.4 กระบวนการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ

1. Come up Vent Open – Saturated Steam

จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้ คือการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อ โดยการเปิดวาล์วระบายอากาศและเปิดวาล์วควบคุมไอน้ำ เพื่อเติมไอน้ำเข้าสู่หม้อฆ่าเชื้อให้แทนที่อากาศ โดยระยะเวลาและอุณหภูมิในขั้นตอนนี้ต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อต้องเท่ากับหรือสูงกว่า อุณหภูมิของอากาศที่ระบายออก ถ้าอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื่อนั้นไม่ถึงที่ตั้งไว้ สามารถเพิ่มเวลาจนกระทั่งได้อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้

2. Come up Vent Closed – Saturated Steam

ในขั้นตอนนี้ วาล์วระบายอากาศจะปิดและอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อถูกควบคุมเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ Cooking ที่ตั้งค่าไว้ โดยระยะเวลาและอุณหภูมิในขั้นตอนนี้ต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อต้องเท่ากับหรือสูงกว่า อุณหภูมิของอากาศที่ระบายออก ถ้าอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื่อนั้นไม่ถึงที่ตั้งไว้ สามารถเพิ่มเวลาจนกระทั่งได้อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้

3. Cooking – Saturated Steam

คือช่วงการควบคุมให้ได้อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยต้องรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ± 0.5 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่ตั้งค่าไว้ PLC จะทำการควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งจบเวลา ช่วงการฆ่าเชื้อซึ่งควบคุมโดยใช้ วาล์วควบคุมไอน้ำ ขั้นตอนนี้จะสิ้นสุดเมื่อถึงเวลาที่ตั้งค่าไว้

4. Pressure Cool Fill – Saturated Steam

เมื่อขั้นตอนการฆ่าเชื้อเสร็จสิ้น ขั้นตอนทำความเย็นจะเริ่มต้น วาล์วน้ำจะเปิดให้น้ำเข้าสู่หม้อฆ่าเชื้อ ในขณะที่เดียวกันความดันภายในระบบจะถูกควบคุมให้คงที่ เพื่อป้องกันการเสีรูปร่างของบรรจุภัณฑ์ ในขั้นตอนการทำความเย็น จะมีการให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าในช่วงแรก และทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสุดท้าย ป้อนน้ำจะทำงานตลอดเวลาจนกระทั่งจบกระบวนการ นอกจากนี้ วาล์วระบายน้ำจะเปิดเมื่อระดับน้ำสูงเกินไป

5. Drain – Saturated Steam

เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงที่ระดับที่ตั้งค่าไว้ ป้อนน้ำจะปิด วาล์วระบายอากาศและวาล์วระบายน้ำจะเปิดเต็มที่ เพื่อให้ น้ำและความดันอากาศที่อยู่ข้างในออกมา เมื่อความดันถูกปล่อยออกมาจนหมดแล้ว ถ็อคนิรภัยก็จะปิดการทำงาน เปิดฝาหม้อฆ่าเชื้อออก เพื่อนำตะกร้าใส่ผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อแล้วออกมาจากหม้อฆ่าเชื้อ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมยศ และ พงษ์ศักดิ์ ศึกษาและทำการออกแบบตู้อบแห้งลมร้อนอัตโนมัติขนาดเล็ก ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิและทิศทางลมเป็นแบบอัตโนมัติผ่านชุดควบคุม แบบ PID จากนั้นทดลองการทำงานของเครื่องควบคุม ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ จากการเปรียบเทียบความเร็วในการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายและให้มีความเสถียร พบว่าระบบควบคุมแบบ P ใช้เวลาน้อยที่สุด แต่ระบบมี Offset เกิดขึ้น เครื่องควบคุมแบบ PI ใช้เวลามากที่สุด ซึ่งเป็นการแก้ Offset ที่เกิดขึ้น เครื่องควบคุมแบบ PID ใช้เวลาน้อยกว่าเครื่องควบคุมแบบ PI และใช้เวลามากกว่าเครื่องควบคุมแบบ P สามารถแก้ Offset และมีความเร็วในการเข้าถึง Set point ได้รวดเร็วจน

Iguaz และคณะ ทำการทดลองพัฒนาเครื่องอบแบบหมุน (Rotary dryer) เปรียบเทียบการใช้เครื่องควบคุม 2 ชนิด คือ Conventional PI และ Gain-scheduled PI ทำการศึกษาแบบ Open loop เพื่อดูว่าเป็นกระบวนการแบบ Linear หรือ Non-linear และทดลองแบบการเปลี่ยนแปลงขั้นบันได ปรับค่าอุณหภูมิของอากาศเข้า แล้วสังเกตผลการตอบสนองของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ แล้วนำมาคำนวณหา Steady state gain (K_p) และ Process time constant (τ_p) สรุปว่าเครื่องควบคุมแบบ Gain-scheduled PI มีประสิทธิภาพมากกว่าเพราะได้ผลออกมาเท่ากับเครื่องควบคุมแบบ PI อีกทั้งยังสามารถลดพลังงานที่ใช้และได้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากกว่า

Teixeira และ Tucker ศึกษาพัฒนาระบบควบคุมการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องแบบ Online งานวิจัย นี้กล่าวถึงระบบควบคุมเบื้องต้นของหม้อฆ่าเชื้อ และการปรับแต่งตัวควบคุมเพื่อให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

Zanoelo และคณะ ศึกษาแบบจำลองการควบคุมแบบป้อนกลับของการอบแห้งหญาสมุนไพรด้วยเครื่องอบแห้งแบบสายพาน โดยเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่ลดลงของผลิตภัณฑ์ หลังจากที่ผ่านมาการอบด้วยอุณหภูมิการอบต่างๆกัน และออกแบบการควบคุมเปรียบเทียบเวลาการเข้าสู่ Set point ของตัวควบคุมแบบ PID ทั้ง Close loop และ Open loop จากการทดลองสรุปว่า ตัวควบคุมแบบ PI เหมาะสมกับการการอบแห้งหญาสมุนไพรด้วยเครื่องอบแห้งมากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงาน และการออกแบบ

3.1 วัสดุดิบ และอุปกรณ์

วัสดุดิบ

ตัวอย่างอาหาร: น้ำประปา

อุปกรณ์

หม้อฆ่าเชื้อ [KM Grand Pack Model KM-P95SS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เมตร และความยาว 0.85 เมตร ขนาดบรรจุ 1 ตะกร้า] (KM Grand Pack, 2007)

กระป๋อง [ขนาด 52 × 134 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร] (Holdsworth, 1997)

โน้ตบุ๊ก (Notebook) [Sony]

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) [Type J]

เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) [Ellab Model CTF 9008]

เครื่องปิดฝากระป๋อง

เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) [Puma Industrial Co., Ltd. Type PP-275A
ขนาด 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง]

เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Boiler) [LK Industrial Co., Ltd. Model 40E Type W3D
ขนาด 7.5 Hp]

หอหล่อเย็น (Cooling Tower) [KS Water Cooling Model KSC10]

3.2 การเตรียมวัสดุดิบ

- นำตัวอย่างอาหารปริมาณ 240 มิลลิลิตรบรรจุในกระป๋องจำนวน 561 กระป๋อง
- จากนั้นนำกระป๋องไปปิดผนึกด้วยเครื่องปิดฝากระป๋อง ซึ่งกระป๋องบรรจุตัวอย่างอาหารนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง เรียกว่า “Dummy” (FDA, 2551)

3.3 การเตรียมอุปกรณ์

- ต่อท่อลมจากเครื่องอัดอากาศเข้ากับถังเก็บลม
- ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลเข้าในหม้อฆ่าเชื้อ และกระป๋องตัวอย่างอาหาร
- เปิดเบรกเกอร์ของหม้อฆ่าเชื้อ เครื่องอัดอากาศ และเครื่องกำเนิดไอน้ำ
- เปิดสวิตช์หม้อฆ่าเชื้อ, เครื่องกำเนิดไอน้ำ และเปิดวาล์วเครื่องอัดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ต่อสาย Serial Port จากภายในตู้ควบคุมการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อเข้ากับโน้ตบุ๊ก (Notebook) และตรวจสอบการเชื่อมต่อสัญญาณ



รูปที่ 3.1 สาย Serial Port ที่นำมาต่อกับโน้ตบุ๊ก

6. บันทึกข้อมูล โปรแกรมการทำงานลงหน้าจอ PLC
7. ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลอีกด้านเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล

3.4 การวางแผนการทดลอง

ในการทดลองนี้ทำการศึกษาปัญหาของระบบควบคุมซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาระบบปรับค่าตาม และปัญหาระบบคงค่า เพื่อนำมาเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมาย

ปัญหาระบบปรับค่าตาม (Servo problem) โดยพิจารณาจาก

1. ค่าอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ

- 80 °c
- 100 °c
- 110 °c

ปัญหาระบบคงค่า (Load problem) โดยพิจารณาจาก

1. ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

- 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์)
- 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)
- 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุม

1. ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- 150
- 550
- 950

2. ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- 25
- 50
- 75
- 100

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1. หลังจากเตรียมวัสดุดิบ และอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว นำกระป๋องที่ปิดผนึกวางเรียงในตะกร้าดังรูปที่ 3.2 แล้วนำเข้าหม้อมาเชื่อม โดยวางกระป๋องที่ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลไว้ในตำแหน่งที่คาดว่าร้อนช้าที่สุด ซึ่งก็คือตำแหน่งกลางของตะกร้า ชั้นที่ 2 แถวที่ 9 กระป๋องที่ 6



รูปที่ 3.2 การวางกระป๋องในตะกร้า 17 แถว แถวละ 11 กระป๋อง จำนวน 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ล็อกฝาปิดหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ 3.3 ตัวล็อกประตูของหม้อฆ่าเชื้อ

3. กดปุ่มเริ่มการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ ให้หม้อฆ่าเชื้อดำเนินการตามโปรแกรมที่บันทึกไว้
4. เมื่อหม้อฆ่าเชื้อดำเนินการเรียบร้อยแล้ว จึงสั่งให้ระบบหยุดทำงาน เพื่อปลดล็อกประตูของหม้อฆ่าเชื้อ
5. ชี้นำไปยังกระป๋อง และหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อให้กระป๋อง และหม้อฆ่าเชื้อมีอุณหภูมิต่ำลง และมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกัน
6. ทำตามขั้นตอนที่ 2 – 5 โดยตั้งค่าโปรแกรมการทำงานเป็นไปตามสภาวะที่กำหนด

3.6 การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรม LADKRABANG RETORT ซึ่งบันทึกผลการทดลองในทุกกระบวนการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อมีความถี่ในการบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 วินาทีโดยคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับ PLC ของหม้อฆ่าเชื้อ ผ่านสายส่งข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ผลการทดลอง

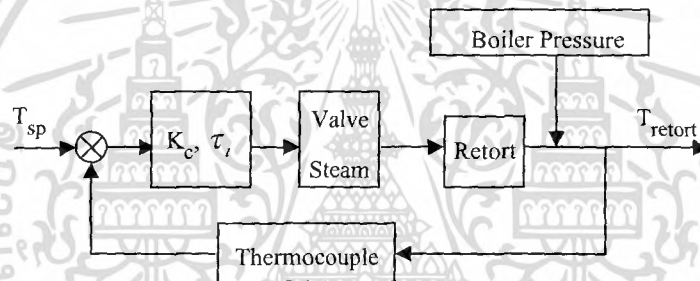
ส่วนของการบันทึกผลการทดลองอุณหภูมิภายในกระป๋องมใช้เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ซึ่งมีความถี่ในการบันทึกข้อมูลทุกๆ 60 วินาที

3.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลข้อมูลใช้เกณฑ์การวิเคราะห์จากค่า Rise time (T_{rse}) ซึ่งคือเวลาที่กระบวนการใช้เพื่อเคลื่อนตัวแปรควบคุมของกระบวนการจนกระทั่งค่าการตอบสนองมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมายเป็นครั้งแรก (พรพจน์, 2543) และค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อฆ่าเชื้อ คือ ค่าอัตราขยายเชิงสถิตย์ของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อฆ่าเชื้อ (Process gain, K_p)

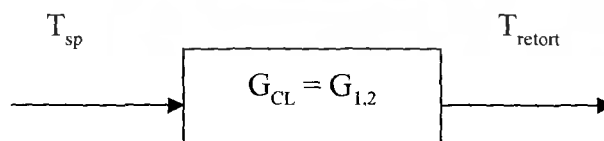
$$K_p = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (3.1)$$

และค่าคงที่ของกระบวนการของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อฆ่าเชื้อ (Process Time constant, τ_p) โดยคำนวณจากความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการตอบสนองเท่ากับ 63.2% หรือ 0.632 ของการตอบสนองที่เกิดขึ้นทั้งหมดแสดงความสัมพันธ์เป็นไดอะแกรม ดังรูป 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบป้อนกลับของหม้อฆ่าเชื้อ

จากรูปที่ 3.4 แสดงระบบควบคุมแบบป้อนกลับซึ่งทำให้ความสัมพันธ์ของค่าอินพุต (T_{sp}) และเอาต์พุต (T_{retort}) กับค่า G_{CL} ซึ่งแทนระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยให้ค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม คือ $K_{1,2}, \tau_{1,2}$



รูปที่ 3.5 แสดงสัญลักษณ์ส่วนควบคุมแบบป้อนกลับของฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

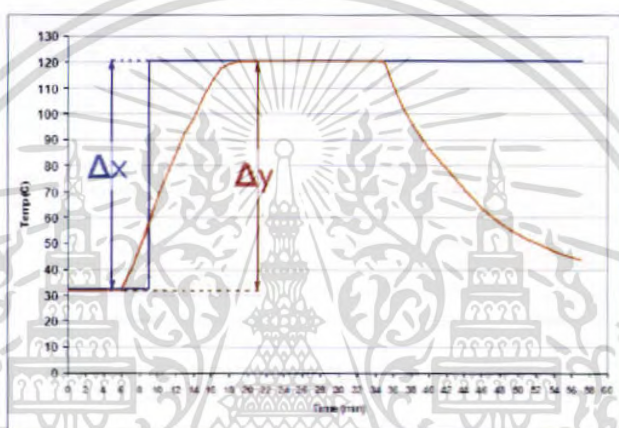
3.7.1 วิธีการคำนวณหาค่า Process Gain ($K_{1,2}$)

$$K_{1,2} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (3.2)$$

เมื่อค่า ΔY คือ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น – อุณหภูมิที่เข้าสู่ค่าเป้าหมาย

ค่า ΔX คือ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น – ค่าอุณหภูมิเป้าหมาย (Set point)

ทั้งสองค่านี้สามารถหาได้จากกราฟ แสดงตัวอย่างการหาค่า ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการหาค่า ΔX และ ΔY

3.7.2 วิธีการหาค่า $\tau_{1,2}$

1. คำนวณหาค่า $\frac{\Delta Y}{K_{1,2} \times \Delta X}$ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา
2. นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{\Delta Y}{K_{1,2} \times \Delta X}$ และ เวลา
3. จากกราฟความสัมพันธ์หาค่าของเวลาที่ใช้การแสดงผลตอบสนองเท่ากับ 63.2% หรือ 0.632 ของ ผลการตอบสนองที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังรูป 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$

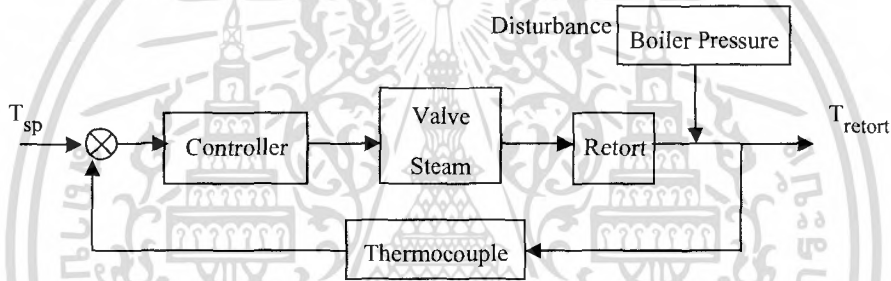
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

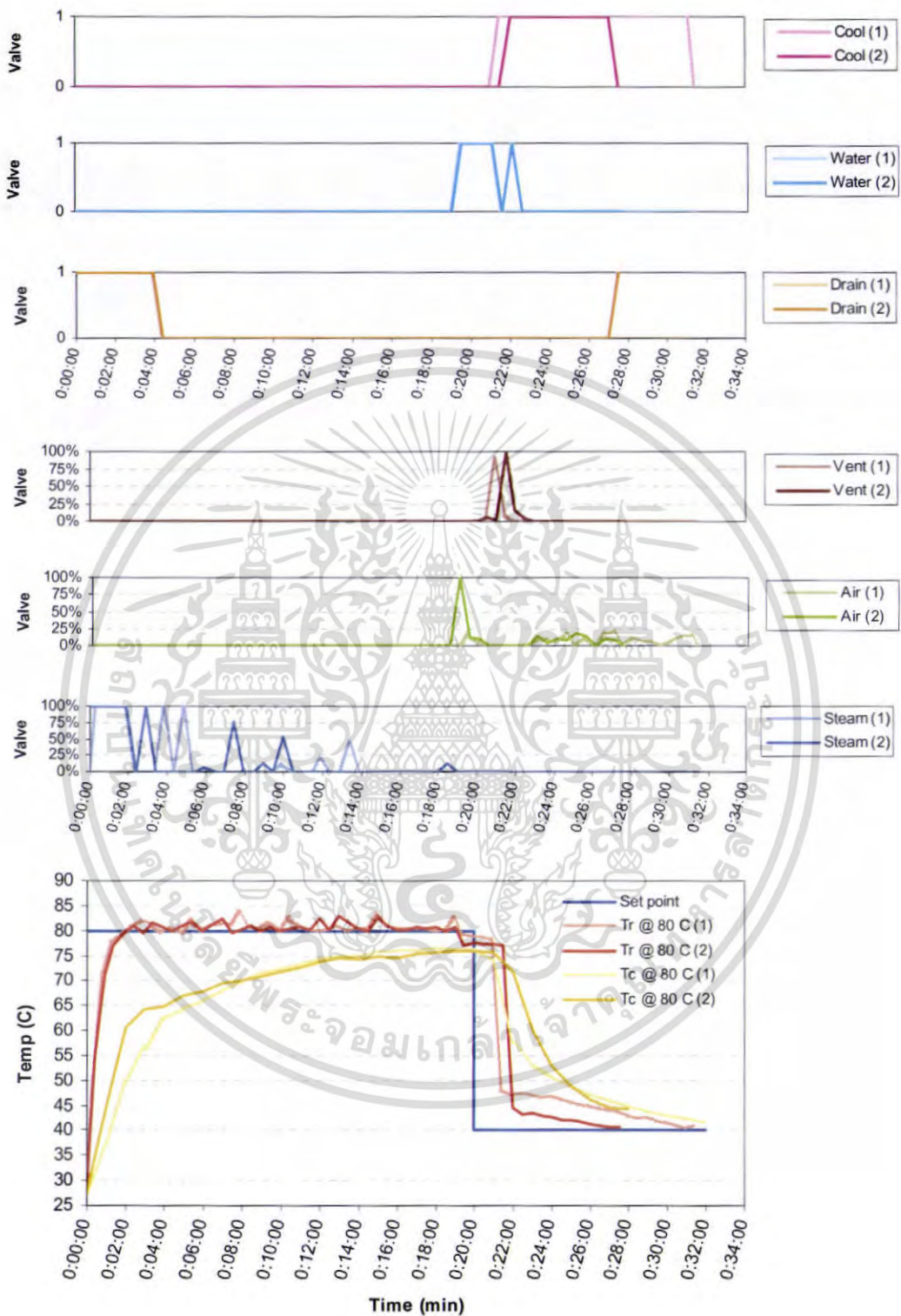
4.1 การทำงานของระบบควบคุมของหม้อฆ่าเชื้อ

กระบวนการทำงานของหม้อฆ่าเชื่อนั้น เริ่มจากการเตรียมระบบให้พร้อมกับการทำงาน โดยการปรับสภาวะในหม้อฆ่าเชื้อให้เหมาะสม จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการ Come up เมื่ออุณหภูมิเข้าสู่ค่าอุณหภูมิเป้าหมาย ก็จะจบกระบวนการนี้ และเริ่มต้นกระบวนการ Cooking ในกระบวนการนี้ หม้อฆ่าเชื้อจะรักษาระดับอุณหภูมิให้เป็นตามอุณหภูมิเป้าหมายตลอดเวลา เมื่อสิ้นสุดเวลาที่ตั้งค่าไว้ ก็จะเข้าสู่กระบวนการ Cooling จนกระทั่งอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อลดลงจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งค่า ก็จะเป็นการสิ้นสุดกระบวนการทั้งหมดของหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.1 แสดงระบบการทำงานของระบบควบคุมของหม้อฆ่าเชื้อ

จาก Block Diagram สามารถอธิบายการควบคุมอุณหภูมิได้ดังนี้ การควบคุมอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุม ในระหว่างการทำงาน หม้อฆ่าเชื้อจะควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามอุณหภูมิเป้าหมายตลอดเวลา โดยวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล จากนั้นจะส่งค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเป้าหมาย แล้วส่งค่าความคลาดเคลื่อนยังเครื่องควบคุม ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย เครื่องควบคุมก็จะส่งสัญญาณให้วาล์วควบคุมไอน้ำเปิดน้อยลง ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย ก็จะส่งสัญญาณให้วาล์วควบคุมไอน้ำเปิดมากขึ้น ซึ่งตัวรบกวนของระบบ คือ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายและการทำงานของวาล์ว ดังรูปที่ 4.2 เห็นได้ว่า กระบวนการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ Come up, Cooking และ Cooling

ในกระบวนการ Come up (ตั้งแต่เริ่มต้นถึงเวลา 7:40 นาที) วาล์วระบายน้ำ (Drain) จะเปิดเต็มที่เพื่อไล่น้ำและอากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อออกให้หมด และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Steam) เปิด 100% ให้อุณหภูมิเข้ามาแทนที่อากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อและให้อุณหภูมิเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมาย

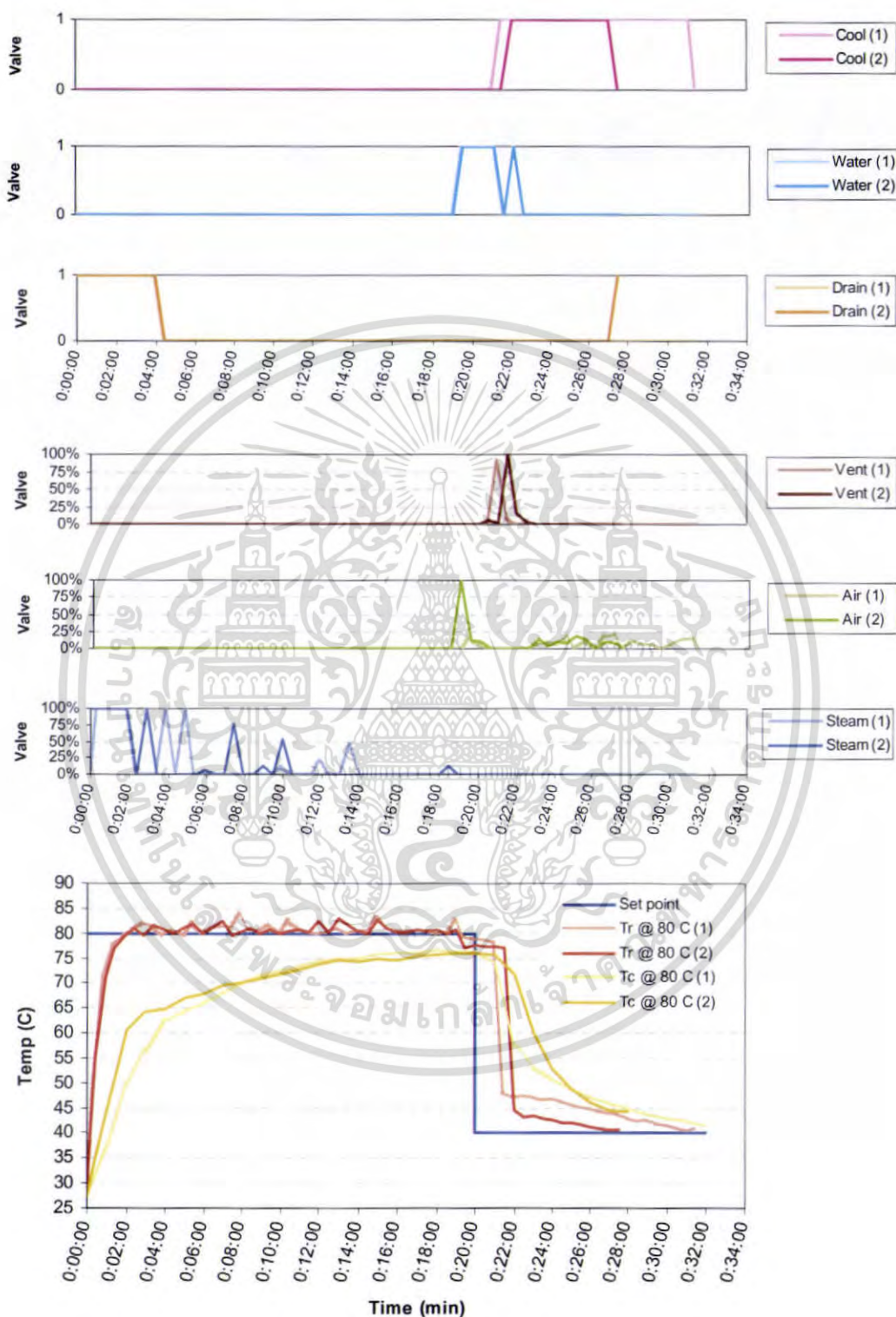
ในกระบวนการ Cooking (เวลา 7:40 นาที ถึงเวลา 24:17 นาที) มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่านั้นที่ทำงานเพื่อควบคุมให้อุณหภูมิคงค่า เป็นไปตามอุณหภูมิเป้าหมายตลอดกระบวนการ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการนี้ วาล์วน้ำ (Water) จะเปิดเพื่อให้มีน้ำเข้าสู่หม้อฆ่าเชื้อจนถึงระดับที่ตั้งค่าไว้ วาล์วนี้จะปิดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ Cooking

ในกระบวนการ Cooling จนถึงอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อเท่ากับ 40°C (เวลา 24:17 นาที ถึงเวลา 38:54 นาที) วาล์วความดันอากาศ (Air) และวาล์วระบายอากาศ (Vent) ทำงานเพื่อควบคุมความดันอากาศให้เหมาะสม และป้องกันไม่ให้กระเบื้องวาล์วน้ำเข้า (Cool) จากแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนจะเปิด 100% เพื่อให้อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อและกระเบื้องลดลง



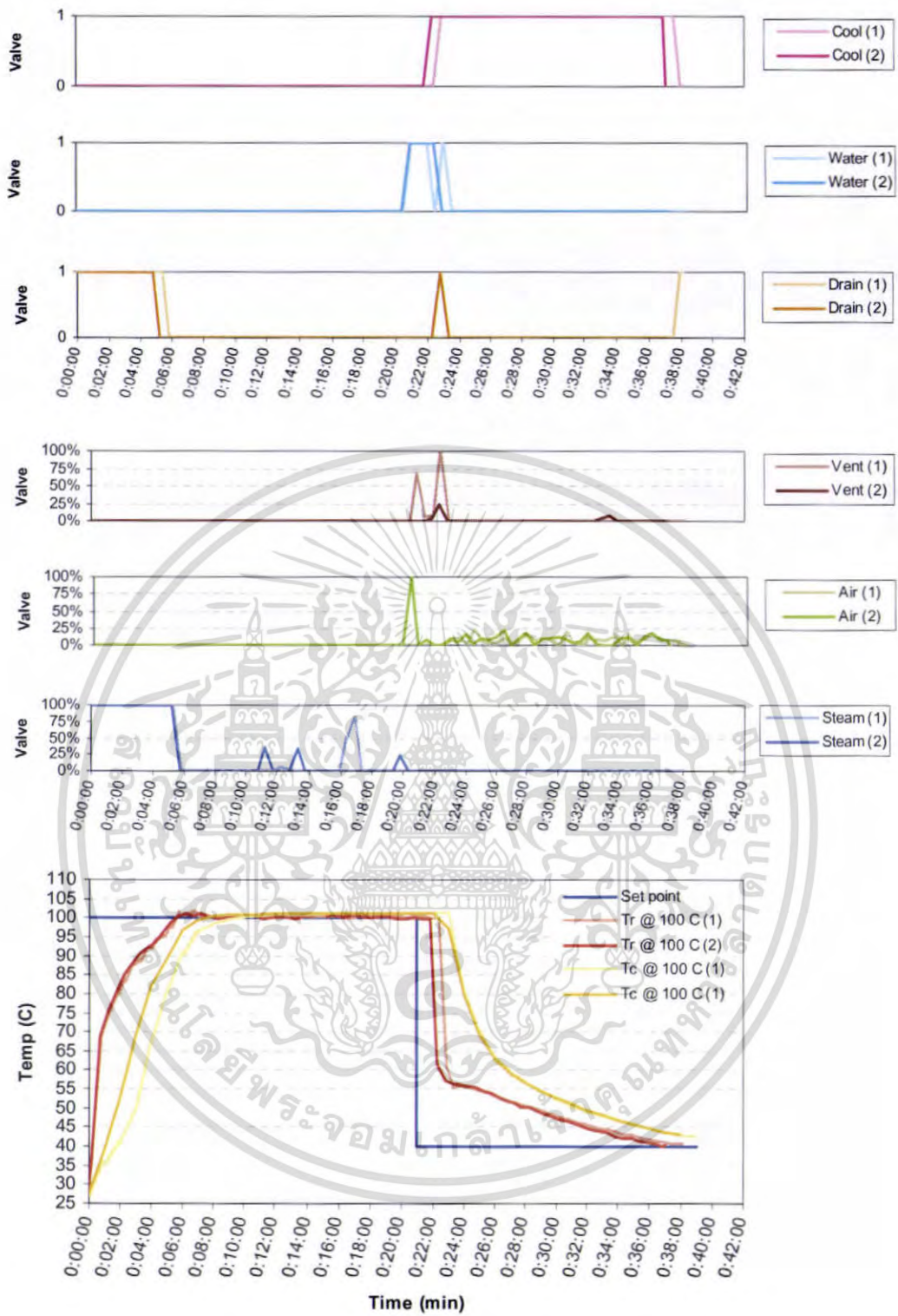
4.2 ปัญหาระบบปรับค่าตาม (Servo Problem)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่อุณหภูมิเป้าหมายต่างกัน



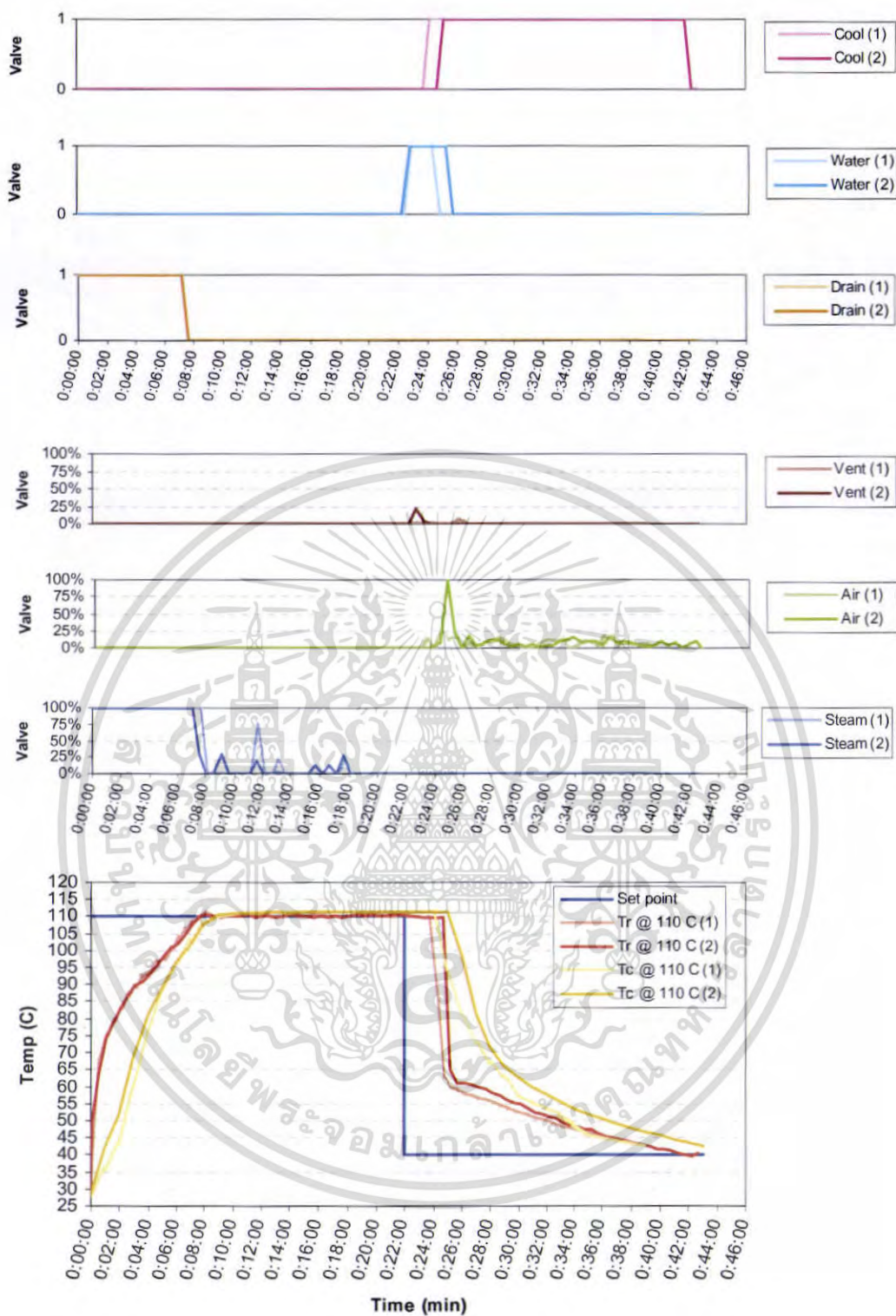
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



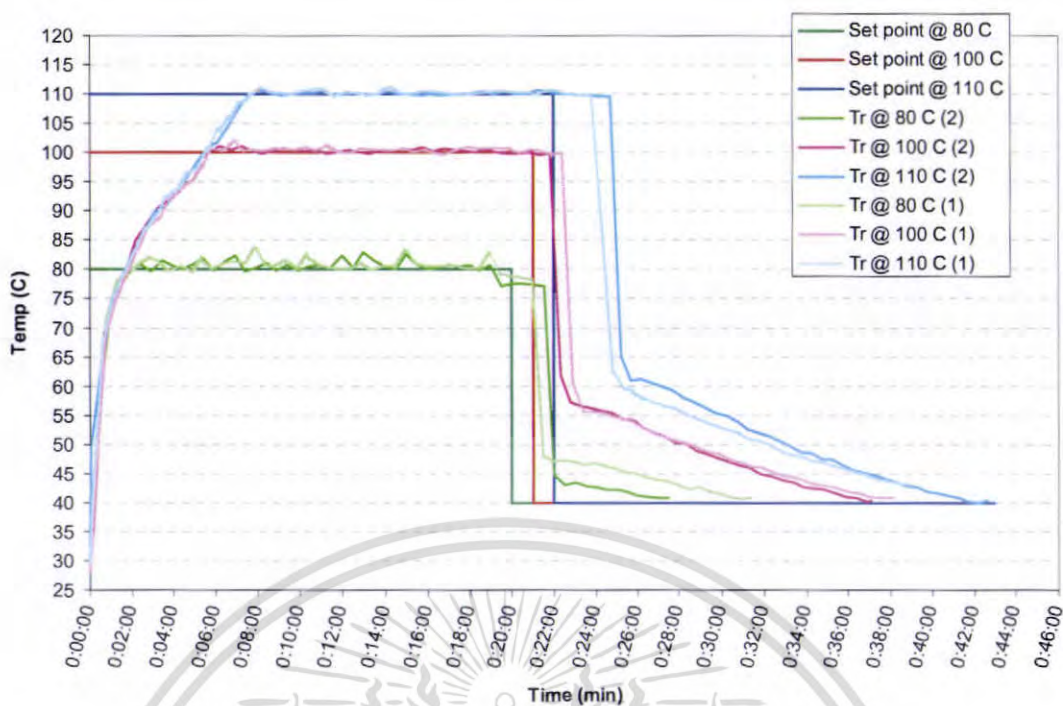
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

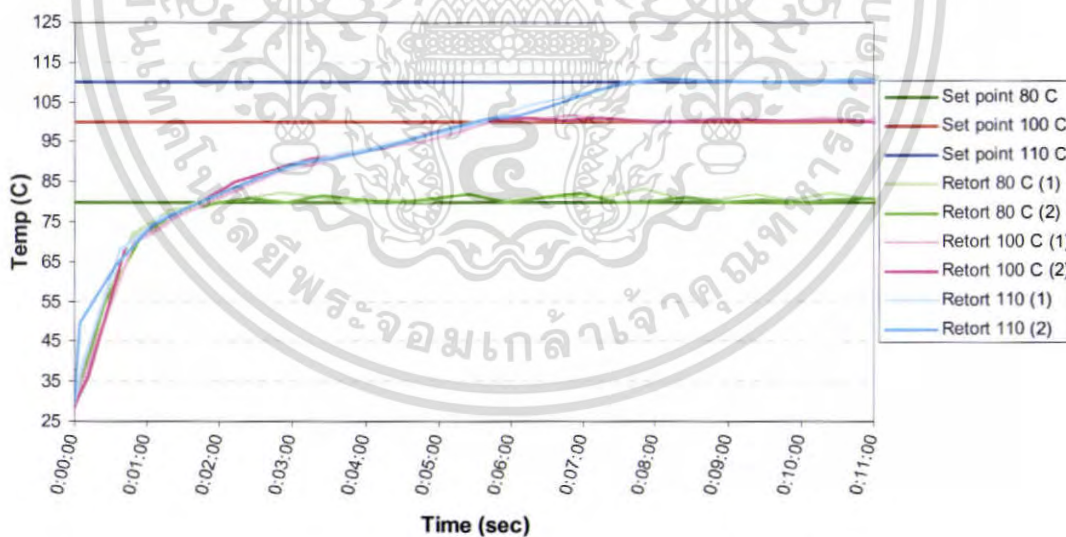


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

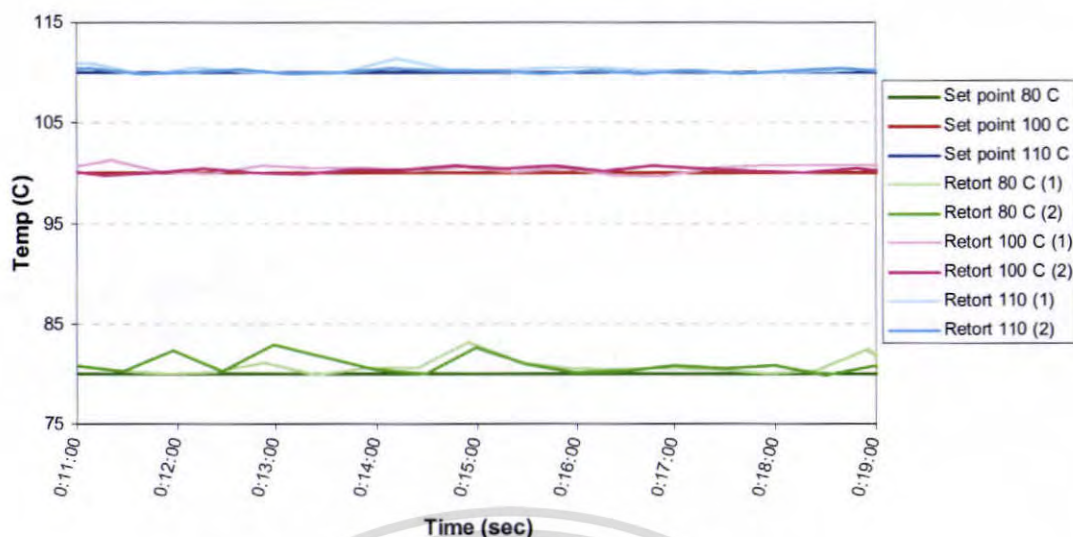


รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c

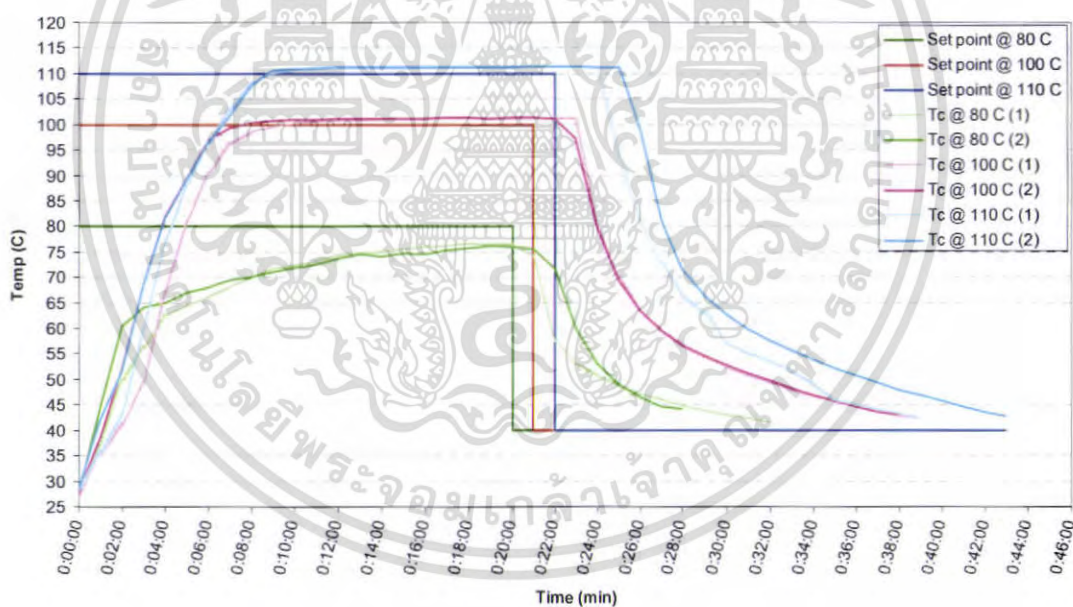


รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

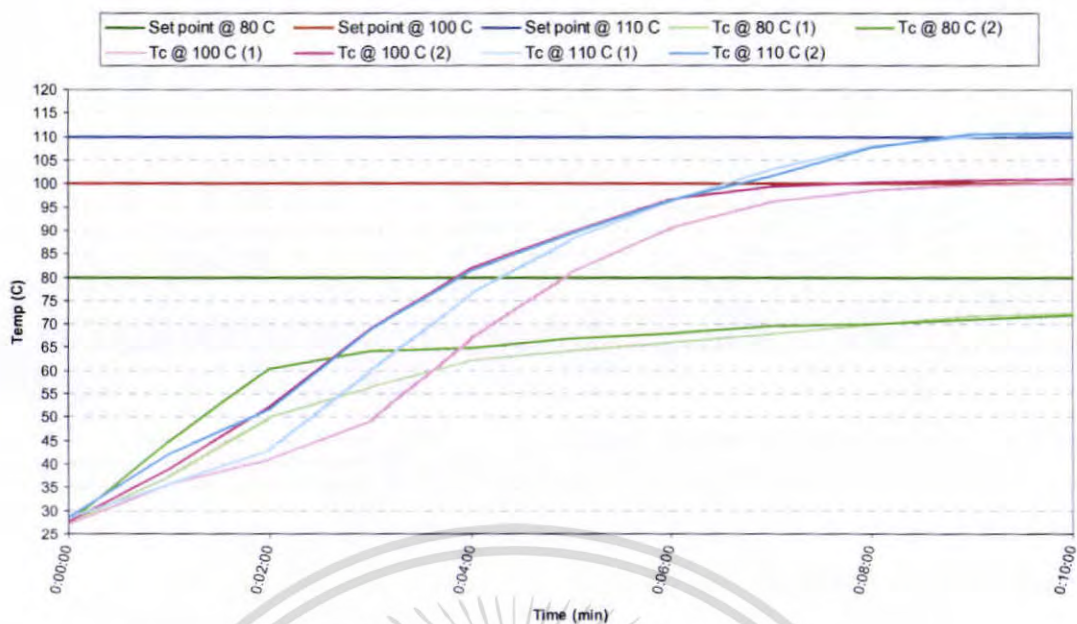


รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ในช่วง Cooking

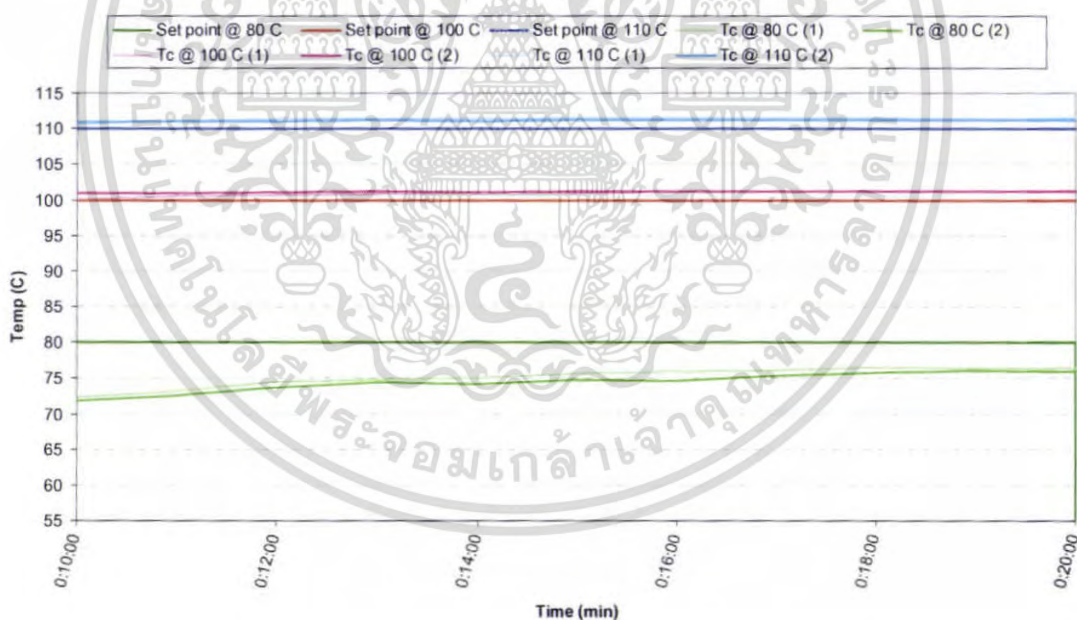


รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ช่วง Come up



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c ช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิอุณหภูมิตั้งไว้ที่ 80 °c, 100 °c และ 110 °c

อุณหภูมิ (°c)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
80	1	261	996	666	1923	32:03	3	35	0.6215
	2	266	1023	361	1650	27:30	3	37	0.6413
	เฉลี่ย	264	1010	513.5	1787.5	29:47	3	36	0.6314
100	1	330	1005	982	2317	38:37	4	61	0.7030
	2	314	1023	926	2263	37:43	4	67	0.7140
	เฉลี่ย	322	1014	954	2290	38:10	4	64	0.7085
110	1	444	1037	877	2358	39:18	4	105	0.7281
	2	457	1023	1119	2599	43:19	4	108	0.7191
	เฉลี่ย	450.5	1030	998	1978.5	32:59	4	107	0.7236

ตารางที่ 4.2 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = 0.0032x + 0.380$	0.9394	0.0123	0.0014
$\tau_{1,2}$	$y = 0.4467x + 66.754$	0.9035	11.0526	0.0036

หมายเหตุ : x = อุณหภูมิเป้าหมาย, y = $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c, 100 °c และ 110 °c

อุณหภูมิ (°c)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
80	1	300	960	660	1920	32:00	3	200	0.6150
	2	300	1020	360	1680	28:00	3	111	0.6075
	เฉลี่ย	300	990	510	1800	30:00	3	156	0.6113
100	1	360	1020	960	2340	39:00	4	266	0.7250
	2	360	1020	900	2280	38:00	4	200	0.7180
	เฉลี่ย	360	1020	930	2310	38:30	4	233	0.7215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c (ต่อ)

อุณหภูมิ (°c)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาทีก)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
110	1	480	1020	840	2340	39:00	4	236	0.7409
	2	480	1020	1080	2580	43:00	4	228	0.7190
	เฉลี่ย	480	1020	960	2460	41:00	4	232	0.7300

ตารางที่ 4.5 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = 0.0042x + 0.2836$	0.9138	0.0196	0.0029
$\tau_{1,2}$	$y = 2.7393x - 57.964$	0.4975	42.0517	0.1174

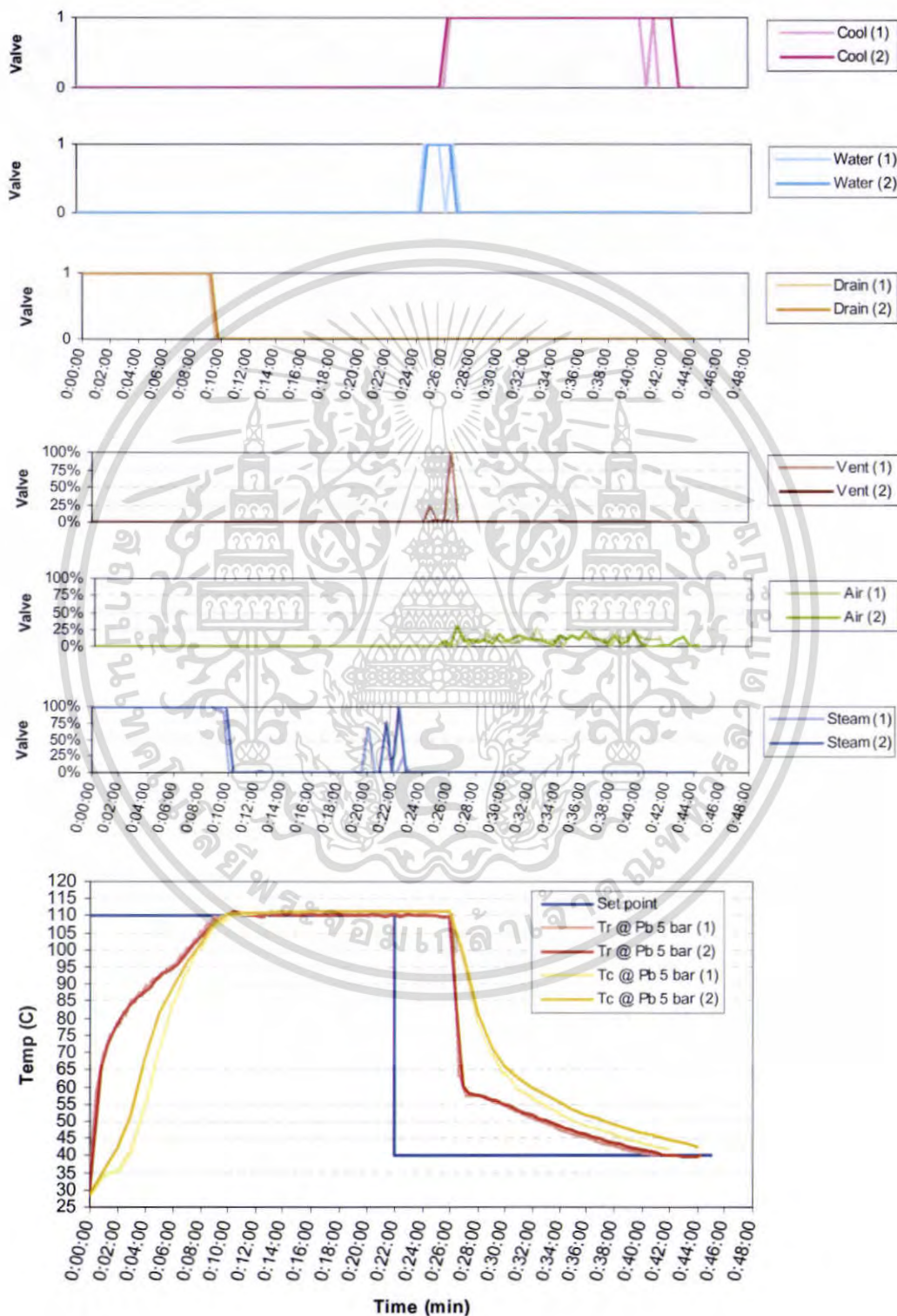
หมายเหตุ : x = อุณหภูมิเป้าหมาย , y = $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$

ทำการทดลองปัญหาหระบบปรับค่าตาม (Servo Problem) ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c , 100 °c และ 110 °c มีค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และช่วงความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์)

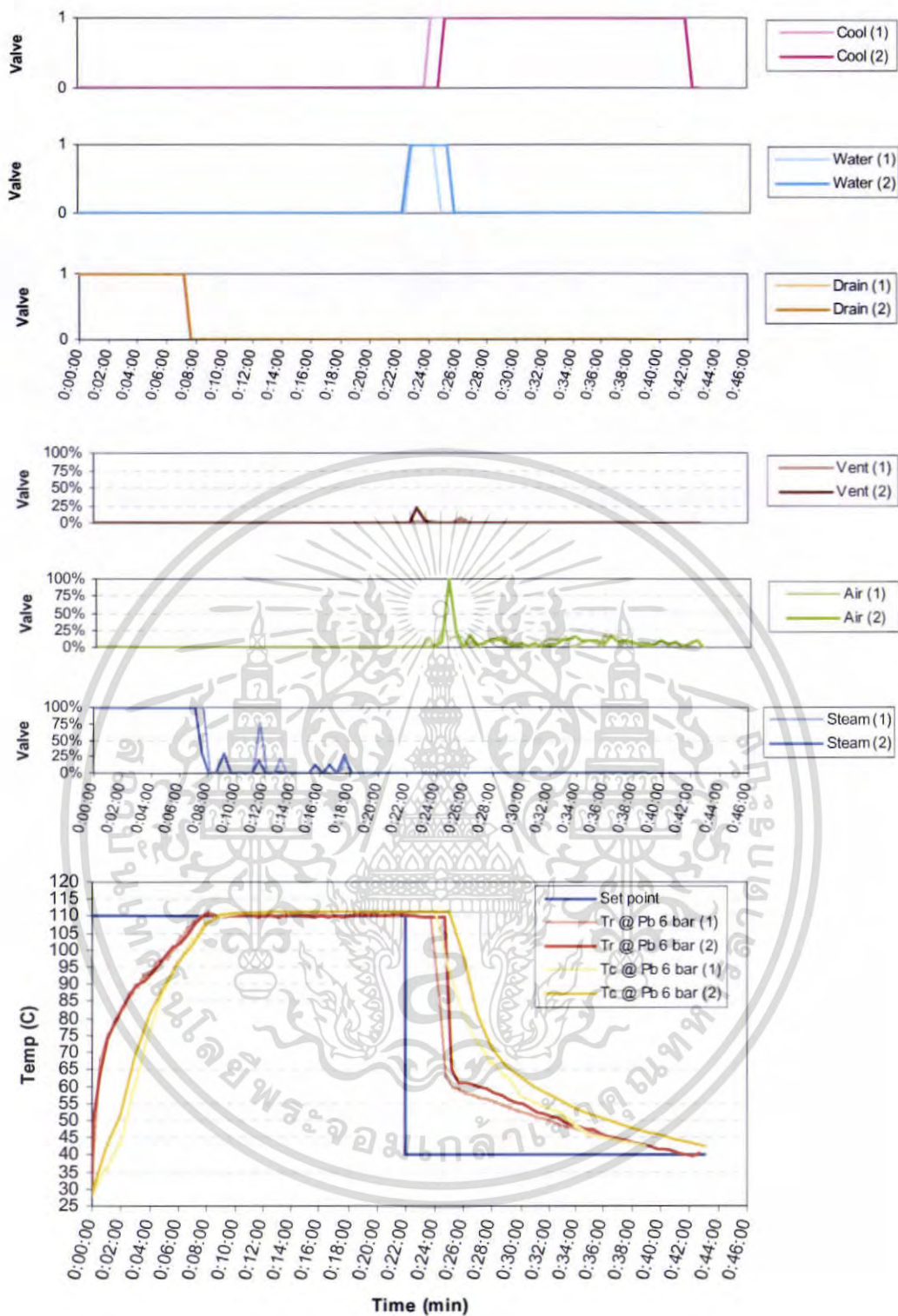
เมื่อพิจารณาผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อและตัวอย่างอาหารที่สภาวะอุณหภูมิ 80 °c ใช้เวลาในการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายเร็วที่สุด โดยใช้เวลาในช่วง Come up น้อยที่สุด และมีค่า $\tau_{1,2}$ ต่ำที่สุด แต่ในช่วง Cooking มีการแกว่งของอุณหภูมิและมีการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การปล่อยไอน้ำมาก เนื่องจากอุณหภูมิเป้าหมาย (80 °c) เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิไอน้ำ (100 °c) เมื่อมีไอน้ำเข้ามาในหม้อฆ่าเชื้อ ทำให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย (80 °c) อย่างรวดเร็ว วาล์วควบคุมไอน้ำจึงรีบลดการปล่อยไอน้ำ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมาย (80 °c) และเมื่ออุณหภูมิกายในหม้อฆ่าเชื้อต่ำกว่าอุณหภูมิเป้าหมาย (80 °c) วาล์วควบคุมไอน้ำก็จะเพิ่มการปล่อยไอน้ำอีกครั้งหนึ่ง และนอกจากนี้การทดลองที่อุณหภูมิเป้าหมาย (80 °c) ใช้ปริมาณน้ำมันน้อยที่สุด เพราะเป็นอุณหภูมิเป้าหมายที่ไม่สูงและใช้เวลาในการฆ่าเชือน้อย

4.3 ปัญหาระบบคงค่า (Load problem)

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำซึ่งมีการตั้งความดันเป็นช่วงต่างกัน

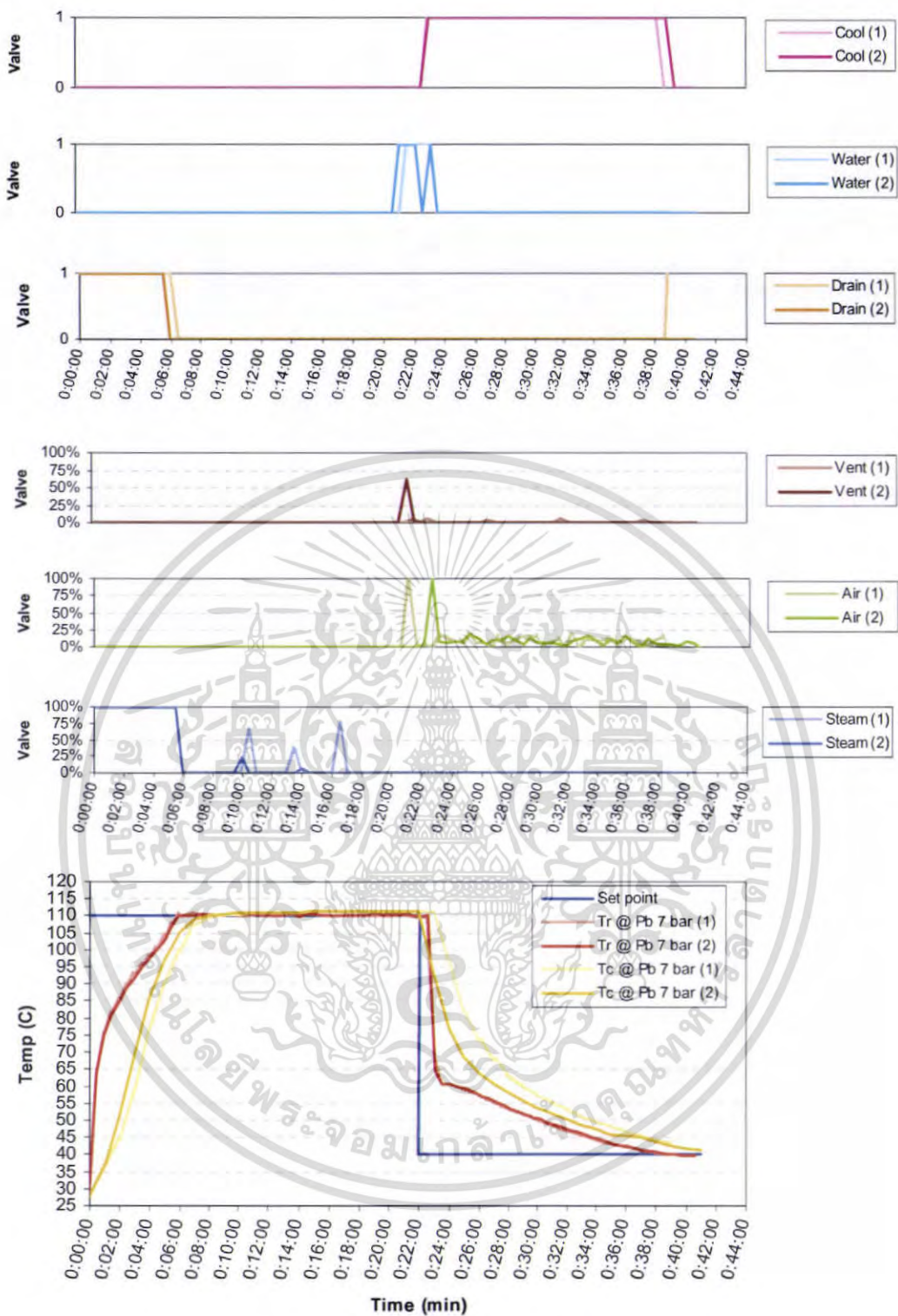


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามการใช้นอกเหนือการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



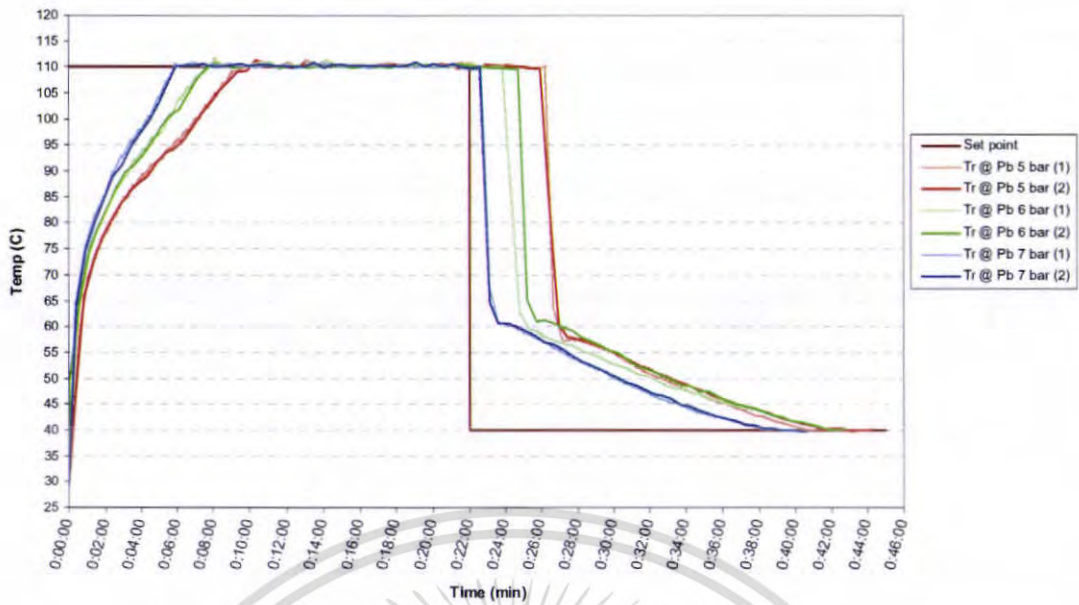
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

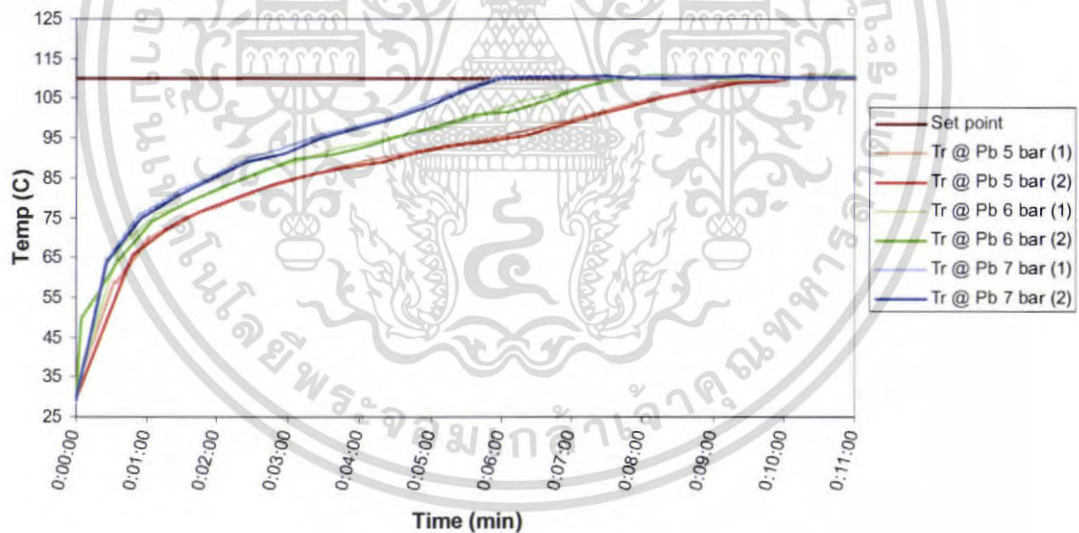


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

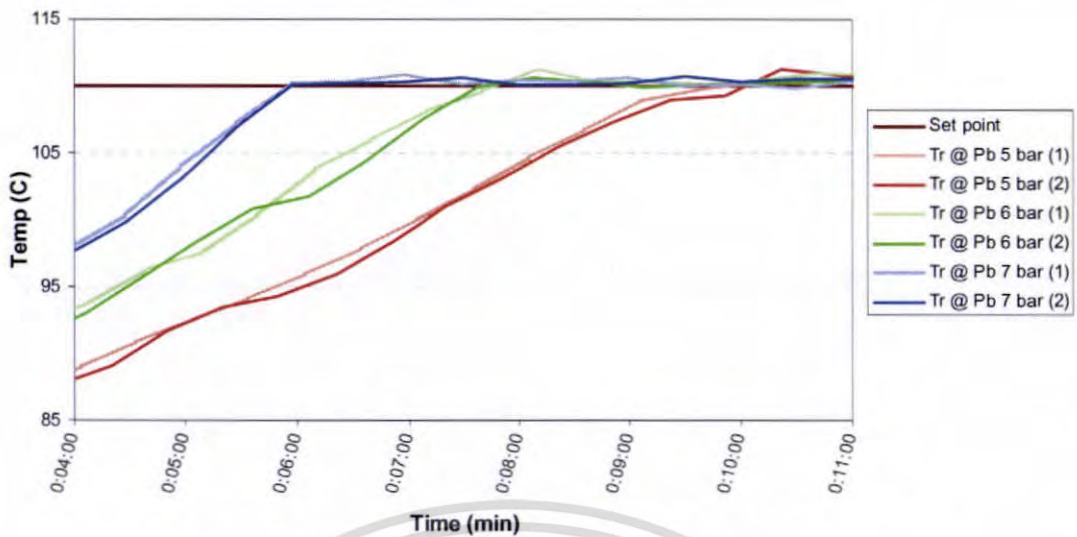


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

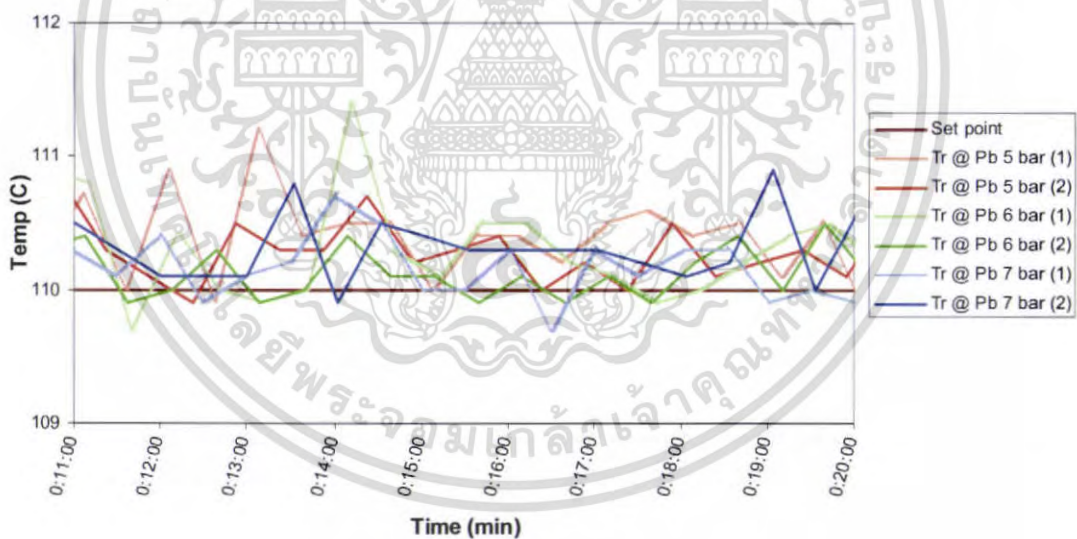


รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

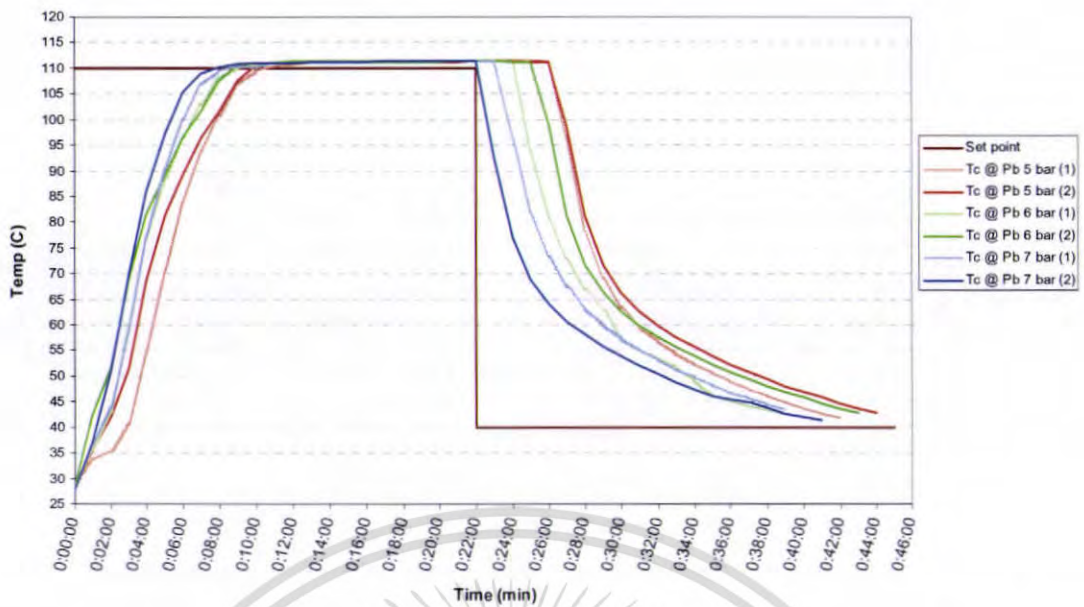


รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย

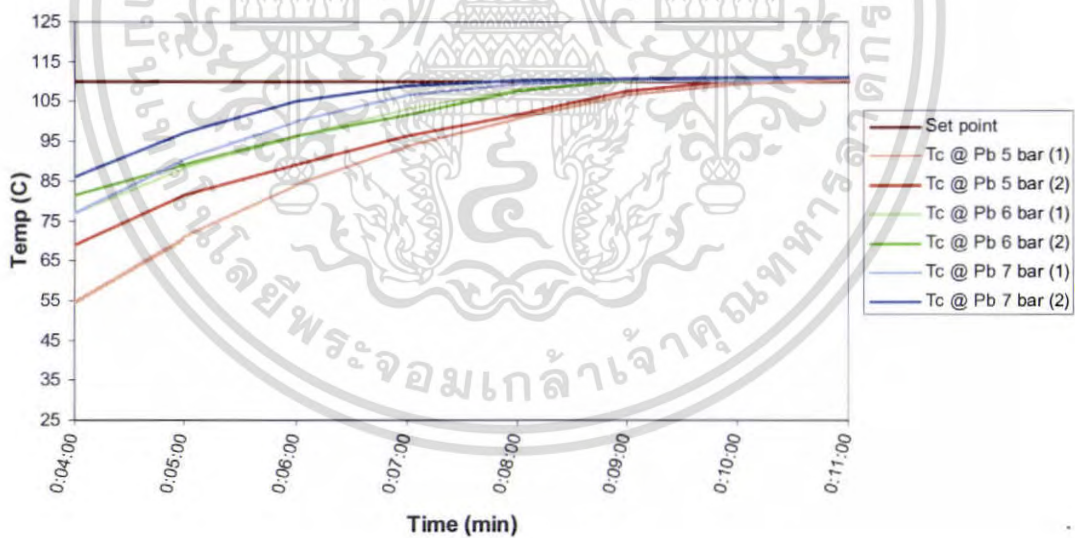


รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

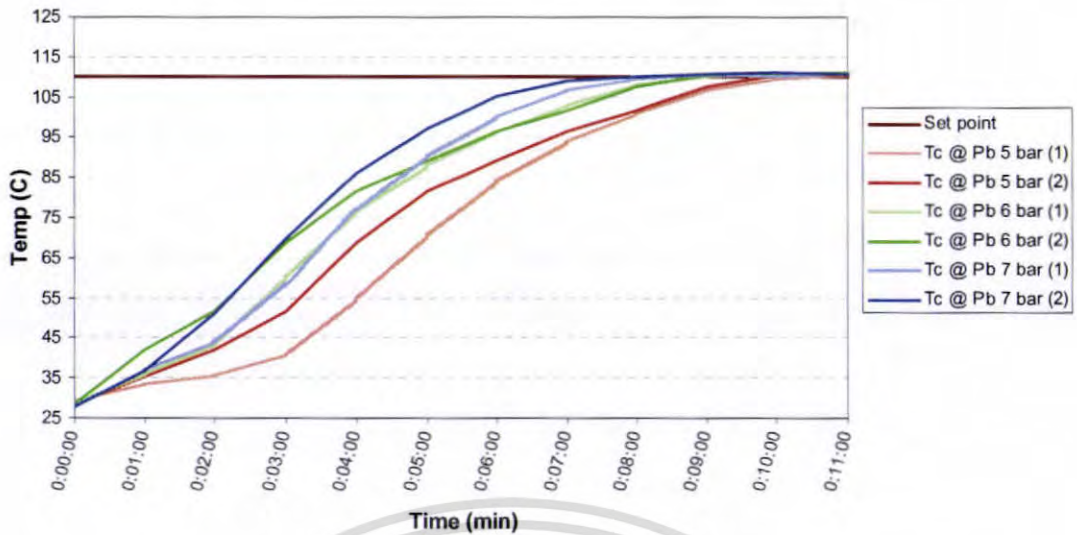


รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวอย่างอาหาร ในกระป๋อง ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

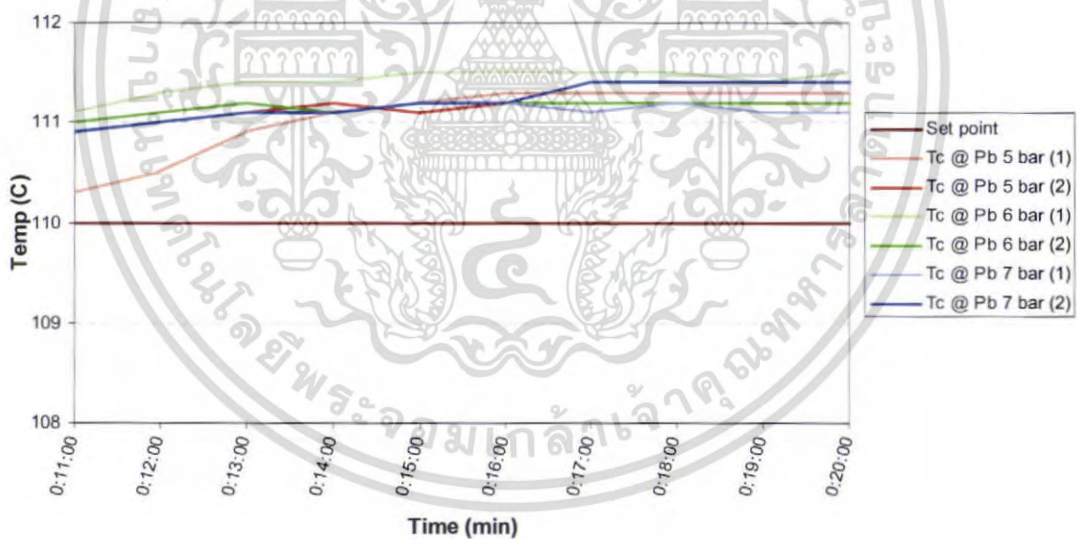


รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดัน ของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

P _{sp} Boiler (บาร์)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาฬิกา)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
5.0	1	577	1036	927	2540	42:20	4	144	0.7255
	2	542	1036	1104	2682	44:42	4	137	0.7273
	เฉลี่ย	559.5	1036	1015.5	2611	43:31	4	141	0.7264
6.0	1	444	1037	1016	2497	41:37	4	105	0.7281
	2	457	1023	1119	2599	43:19	4	108	0.7291
	เฉลี่ย	450.5	1030	1067.5	2548	42:28	4	107	0.7286
7.0	1	388	1005	927	2320	38:40	4	78	0.7336
	2	358	1037	1119	2514	41:54	4	73	0.7355
	เฉลี่ย	373	1021	1023	2417	40:16	4	76	0.7346

ตารางที่ 4.7 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วงที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = 0.0041x + 0.7054$	0.8852	0.0015	0.0051
$\tau_{1,2}$	$y = -32.5x + 302.5$	0.9755	3.8079	0.0123

หมายเหตุ : x = ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ, $y = K_{1,2}, \tau_{1,2}$

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)

P _{sp} Boiler (บาร์)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาฬิกา)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
5.0	1	600	1020	900	2520	42:00	4	346	0.7291
	2	600	1020	1020	2640	44:00	4	281	0.7252
	เฉลี่ย	600	1020	960	2580	43:00	4	314	0.7272

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ในช่วง 5.0 บาร์(ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์(ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) (ต่อ)

P _{sp} Boiler (บาร์)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
6.0	1	480	1020	840	2340	39:00	4	256	0.7359
	2	480	1020	1080	2580	43:00	4	228	0.7390
	เฉลี่ย	480	1020	960	2460	41:00	4	242	0.7375
7.0	1	420	1020	900	2340	39:00	4	249	0.7409
	2	420	1020	1080	2520	42:00	4	213	0.7390
	เฉลี่ย	420	1020	990	2430	40.30	4	231	0.7400

ตารางที่ 4.10 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของน้ำในหม้อฆ่าเชื้อกับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วงที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = 0.0037x + 0.7091$	0.7673	0.0020	0.0221
$\tau_{1,2}$	$y = -41.25x + 509.67$	0.6712	35.3871	0.1807

หมายเหตุ : x = ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ , y = $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$

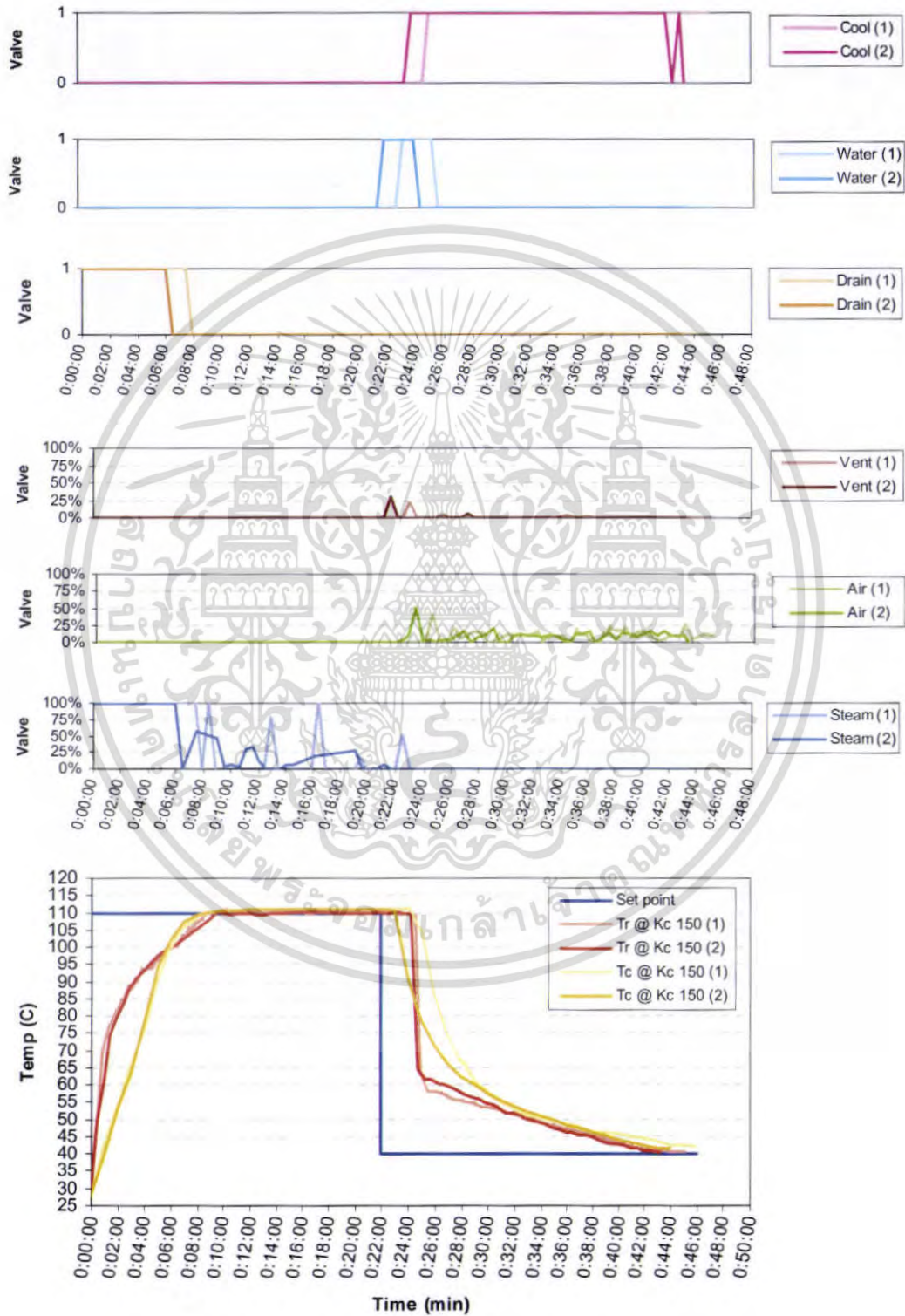
จากการทดลองที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์(ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์(ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์(ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) มีค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 110 °C

เมื่อพิจารณาผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อและตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์(ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์)เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายได้เร็ว และใช้เวลาในช่วง Come up น้อยที่สุดและมีค่า $\tau_{1,2}$ ต่ำ และที่ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์(ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ใช้เวลาในช่วง Come up มากที่สุดและมีค่า $\tau_{1,2}$ สูง เนื่องจากเมื่อความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำสูง ก็จะมีแรงดันในการส่งไอน้ำสูง ทำให้อุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อสามารถเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายได้เร็ว ในขณะที่ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันใกล้เคียงกับการฆ่าเชื้อที่ความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่มีค่าต่ำ

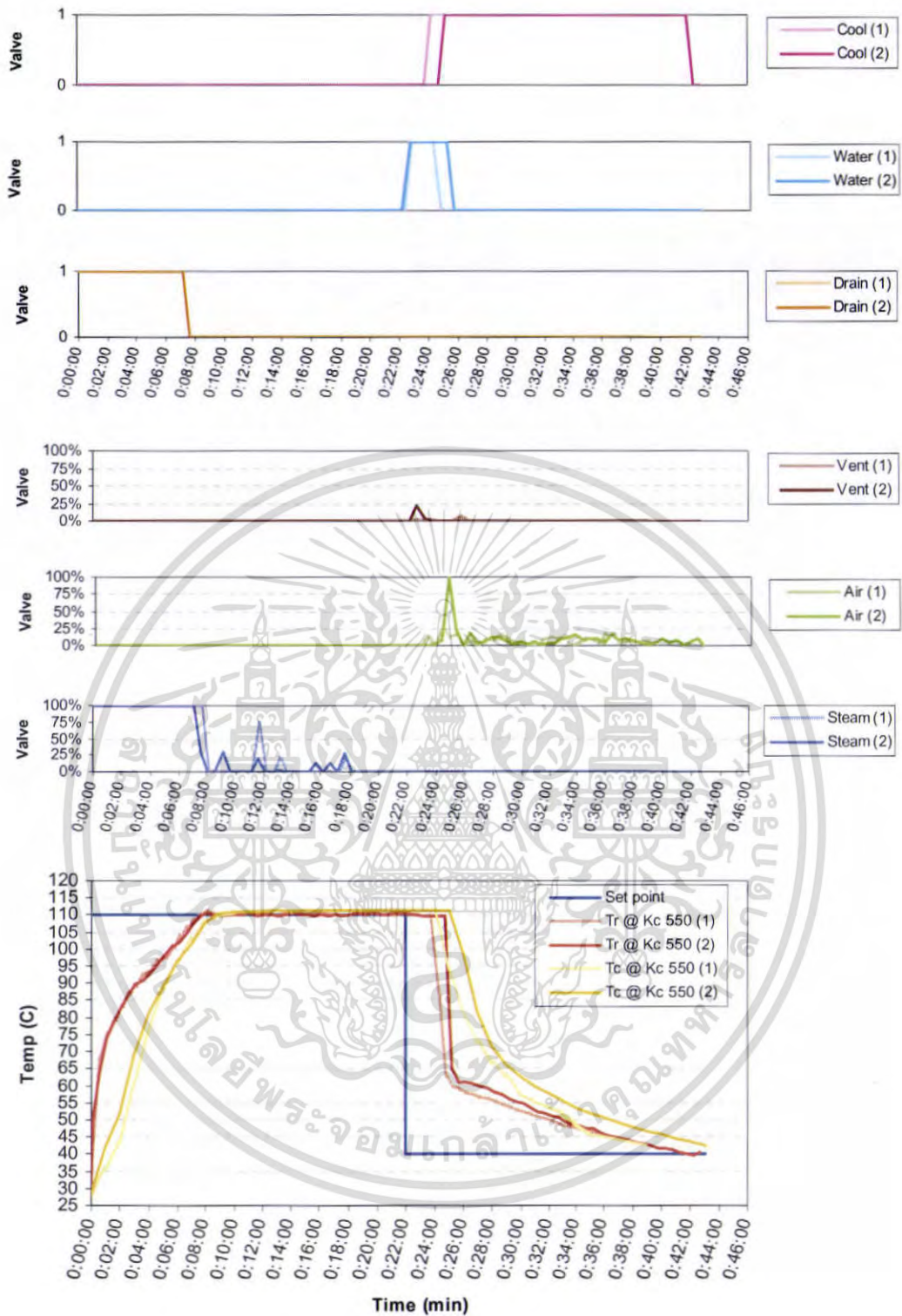
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

4.4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิต่างกัน

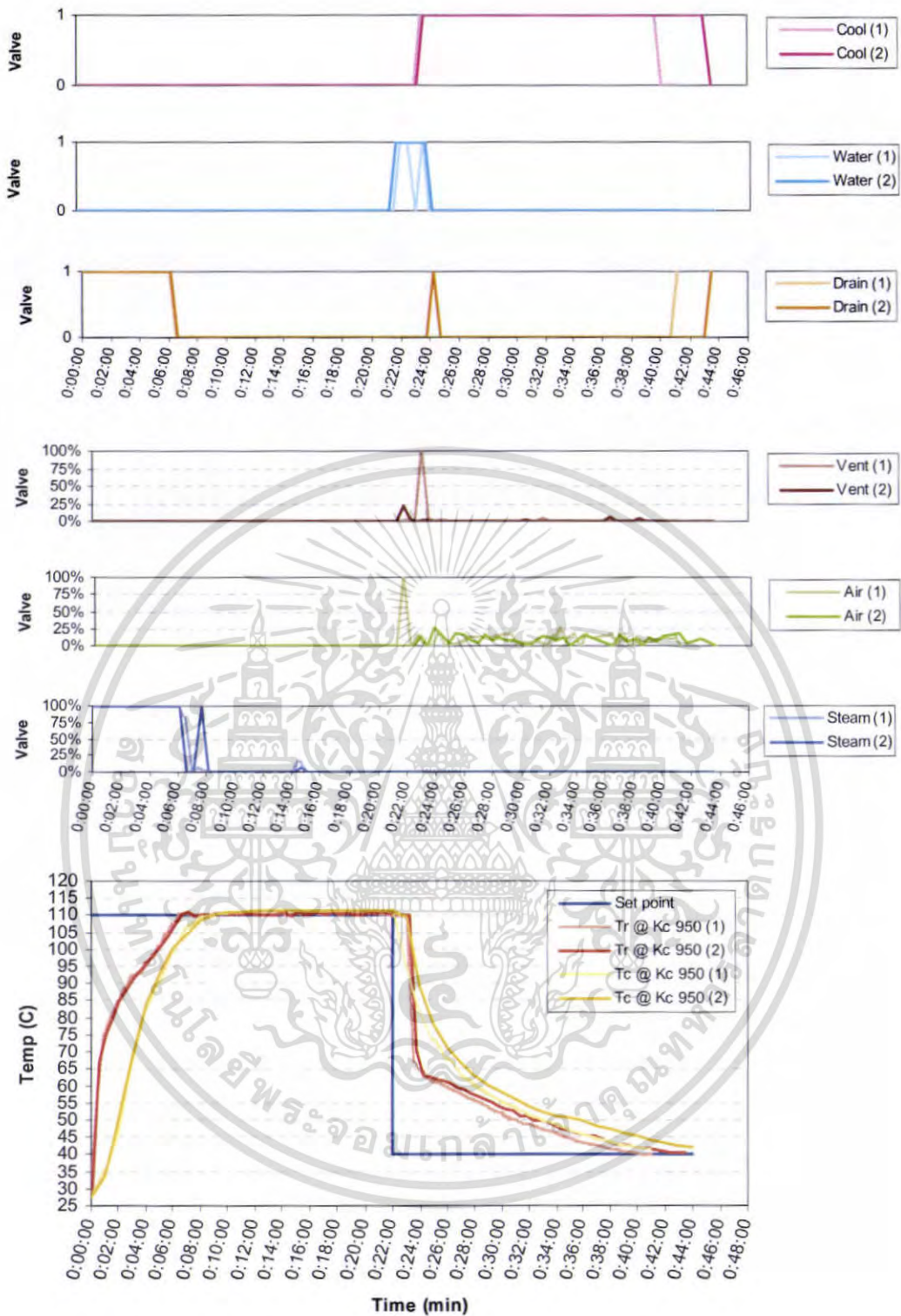


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็น 150 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



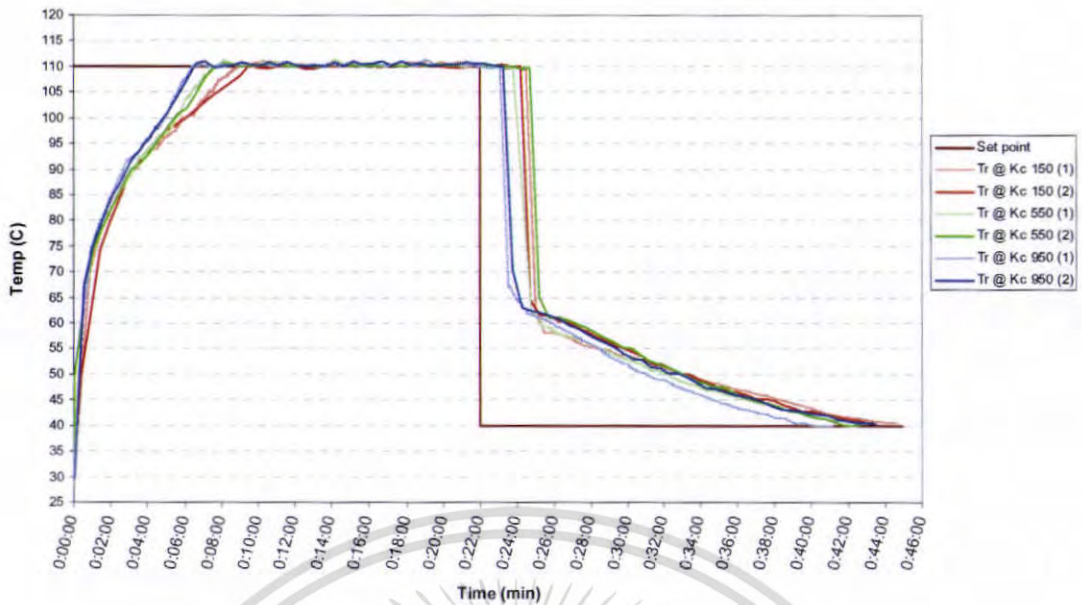
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

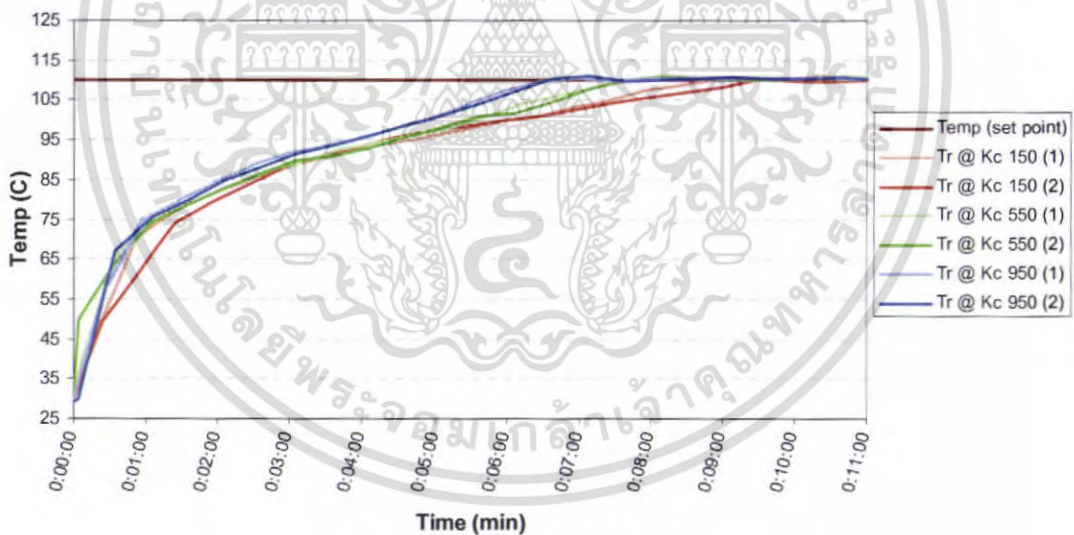


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

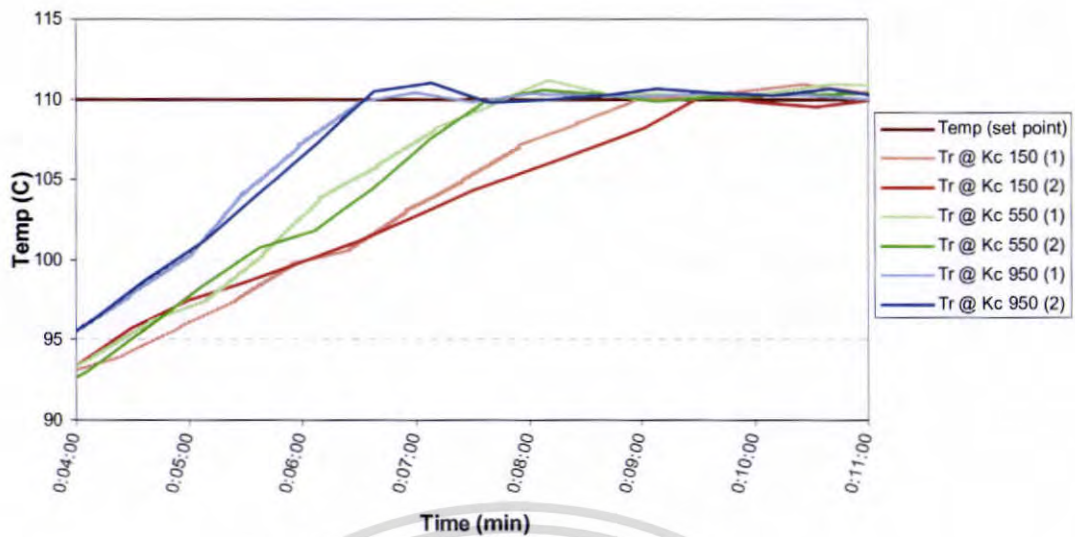


รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950

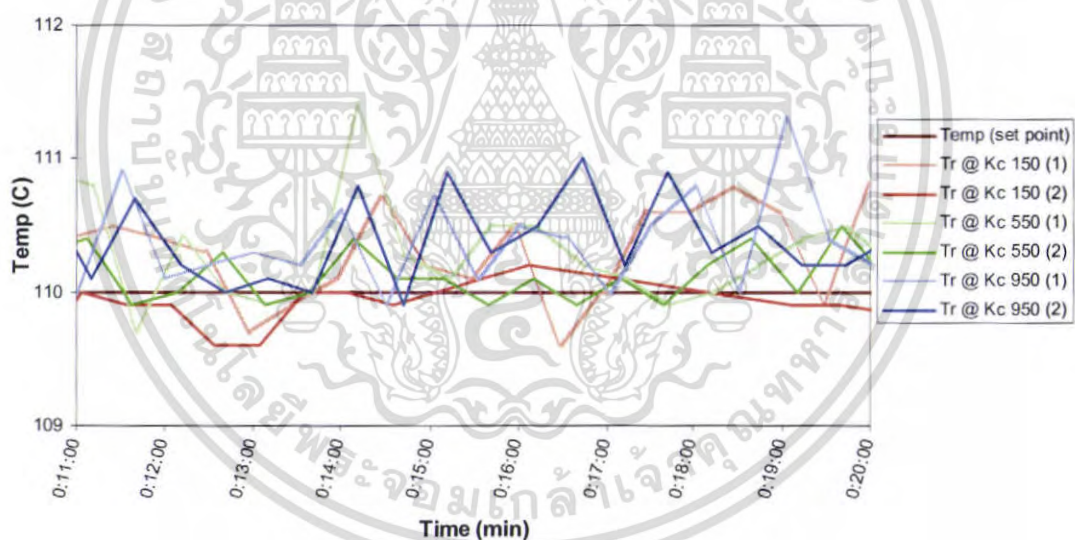


รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

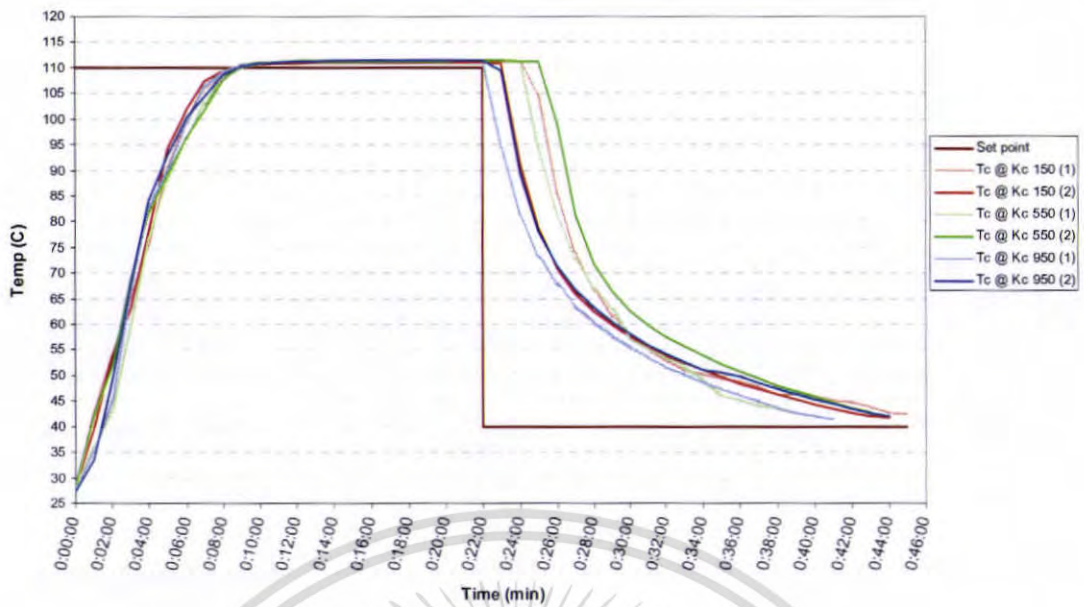


รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย

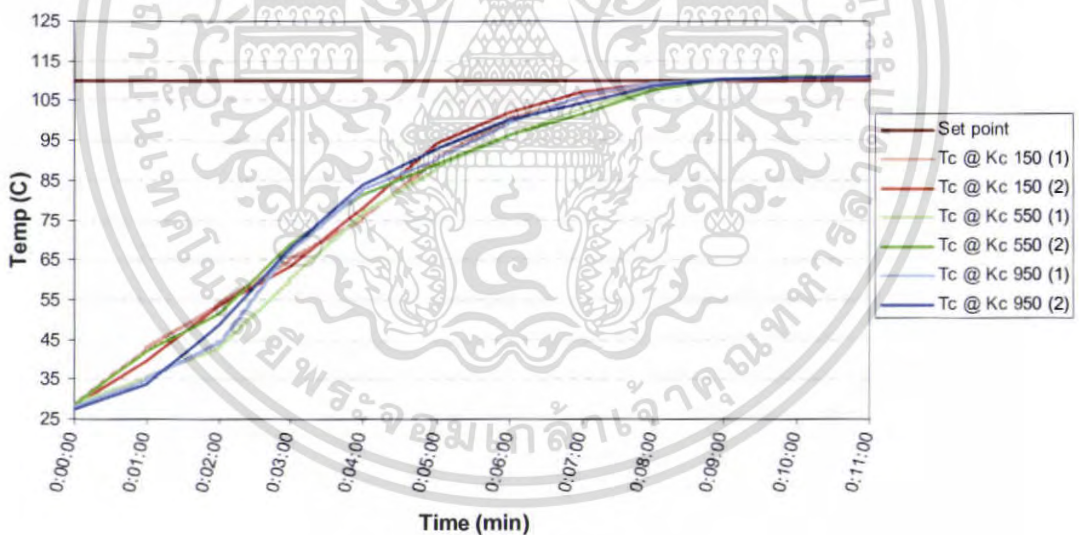


รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

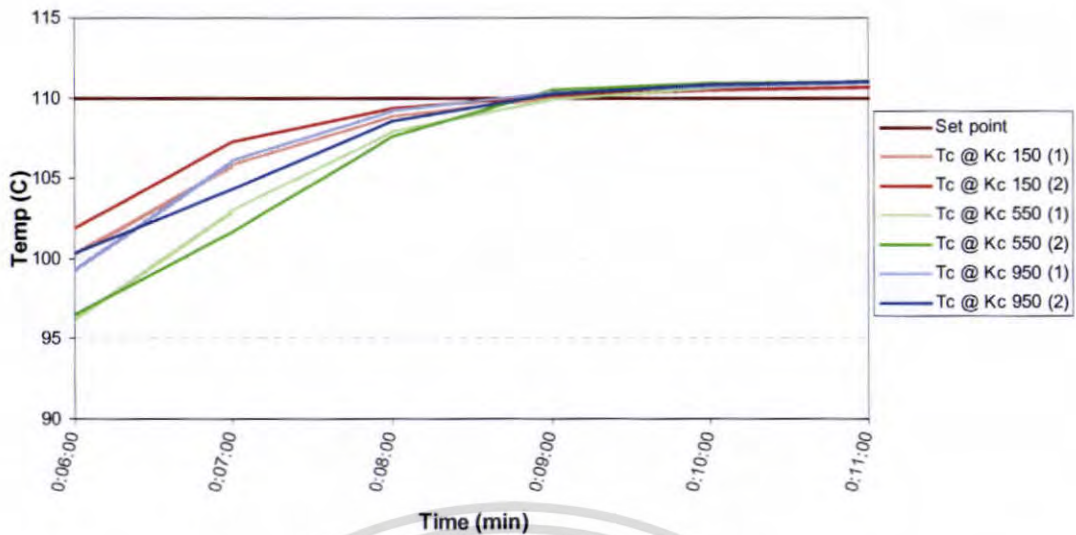


รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950

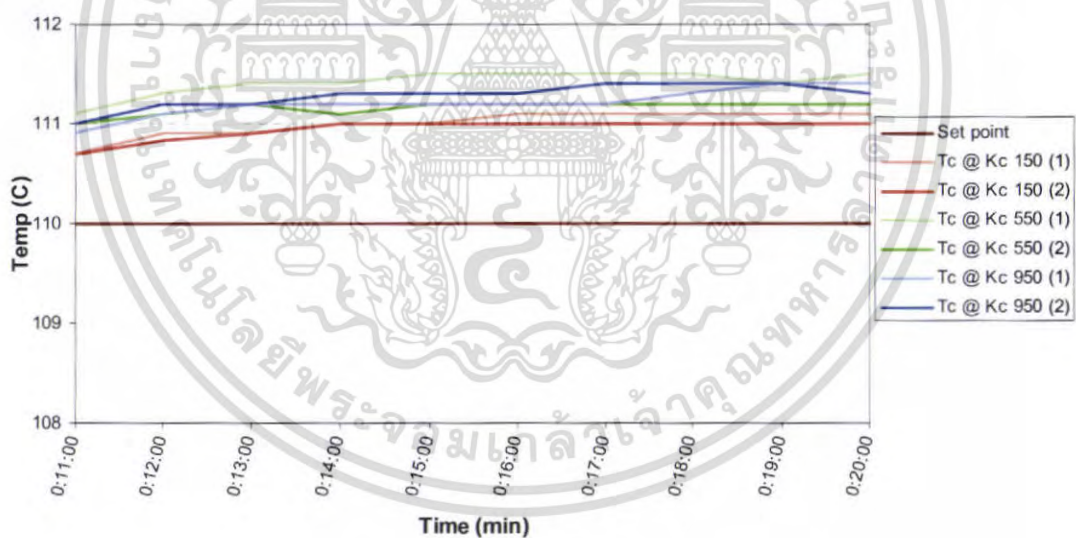


รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย



รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950

K_c	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาทื)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
150	1	453	1005	1246	2704	45:04	5	108	0.7364
	2	378	1010	1201	2589	43:09	5	124	0.7291
	เฉลี่ย	416	1008	1223	2647	44:07	5	116	0.7328
550	1	444	1006	862	2312	38:32	4	105	0.7286
	2	442	1023	1079	2544	42:24	4	108	0.7291
	เฉลี่ย	443	1014.5	970.5	2428	40:28	4	107	0.7289
950	1	378	1004	1082	2464	41:04	4	90	0.7281
	2	383	1025	1190	2598	43:18	4	99	0.7391
	เฉลี่ย	380.5	1014.5	1136	2531	42:11	4	95	0.7386

ตารางที่ 4.12 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = (1 \times 10^{-5})x + 0.7243$	0.8012	0.0027	0.0159
$\tau_{1,2}$	$y = -0.0269x + 120.45$	0.7252	6.6160	0.0314

หมายเหตุ : $x =$ ค่า K_c , $y =$ ค่า $K_{1,2}, \tau_{1,2}$

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950

K_c	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาทื)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
150	1	480	1020	1260	2760	46:00	5	257	0.7345
	2	420	1020	1200	2640	44:00	5	252	0.7362
	เฉลี่ย	450	1020	1230	2700	45:00	5	255	0.7354

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950 (ต่อ)

K_c	ครั้งที่	เวลา (วินาที)				Total (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
		Come up	Cooking	Cooling	Total				
550	1	480	1020	840	2340	39:00	4	256	0.7409
	2	480	1020	1080	2580	43:00	4	228	0.7190
	เฉลี่ย	480	1020	960	2460	41:00	4	242	0.7300
950	1	420	1020	1020	2460	41:00	4	245	0.7409
	2	420	1020	1200	2640	44:00	4	246	0.7390
	เฉลี่ย	420	1020	1110	2550	42:30	4	246	0.7400

ตารางที่ 4.15 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกัน

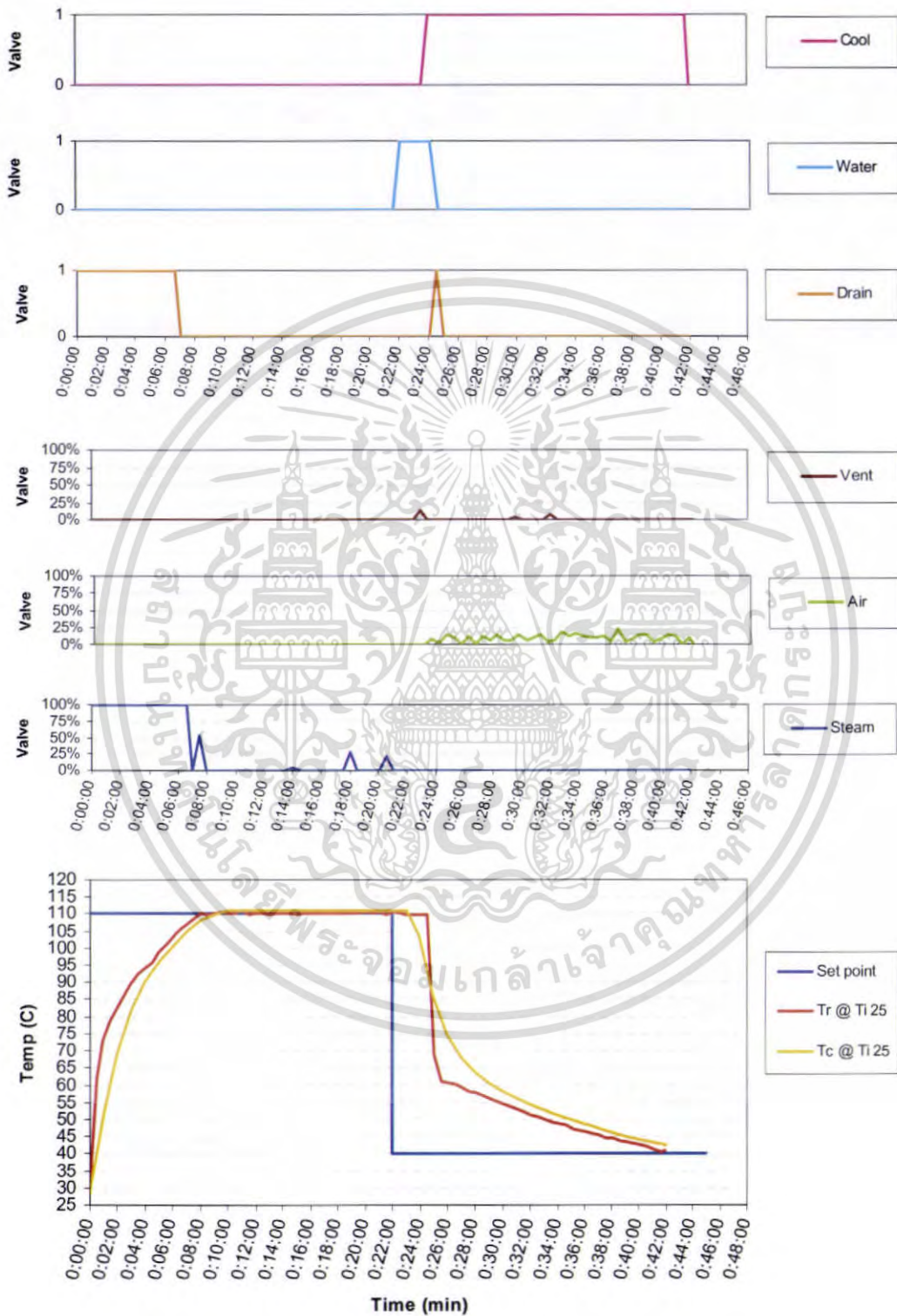
ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = (6 \times 10^{-6})x + 0.7344$	0.7230	0.0014	0.4619
$\tau_{1,2}$	$y = -0.0113x + 253.52$	0.1418	11.0717	0.0319

หมายเหตุ : x = ค่า K_c , y = ค่า $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$

จากการทดลองที่ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150, 550 และ 950 มีอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 110 °C และช่วงความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำในช่วง 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์)

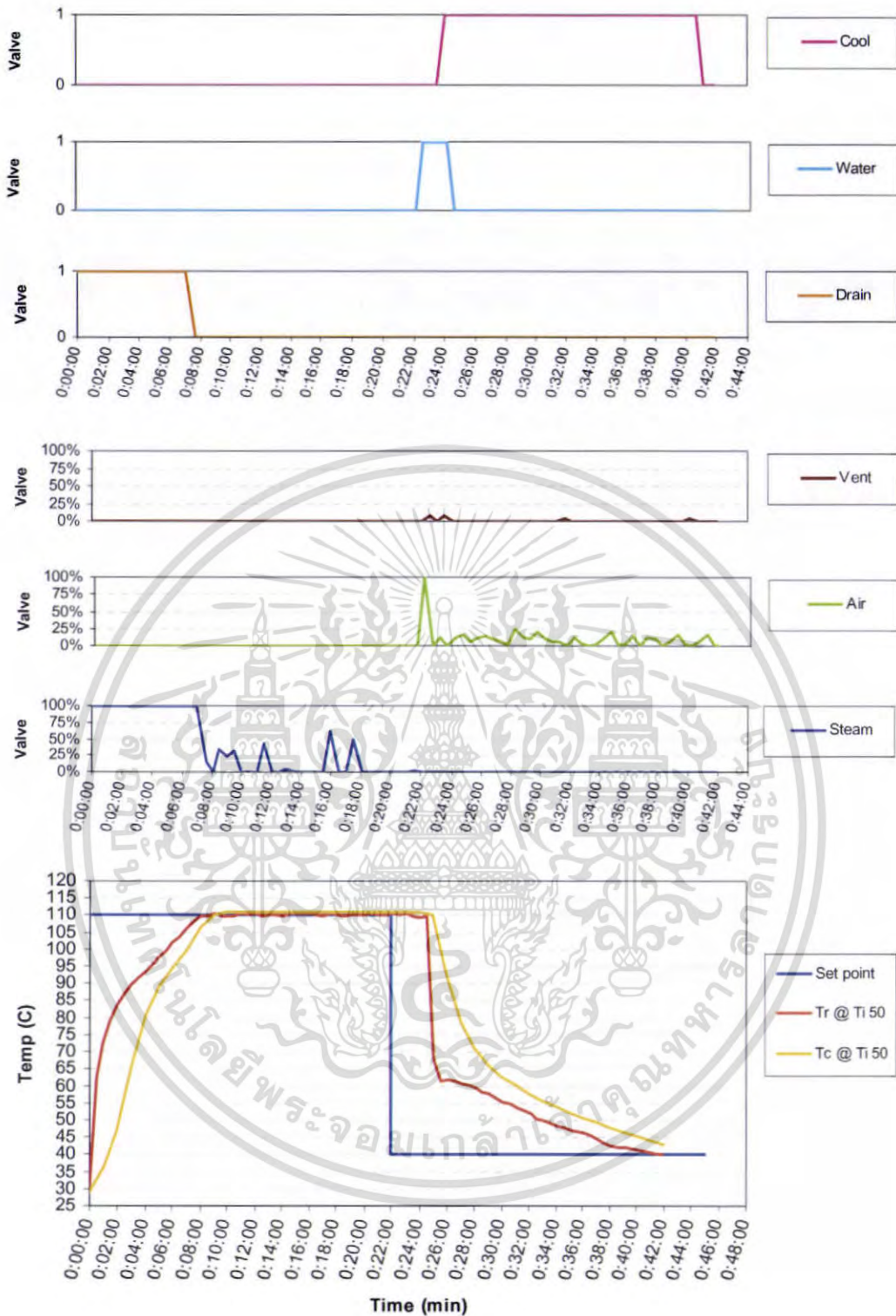
เมื่อพิจารณาผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อและตัวอย่างอาหารที่สภาวะ K_c เท่ากับ 950 เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายเร็วที่สุด และใช้เวลาในช่วง Come up น้อย และมีค่า $\tau_{1,2}$ ต่ำ แต่ในช่วง Cooking มีการแกว่งของอุณหภูมิมากที่สุด

4.4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ต่างกัน



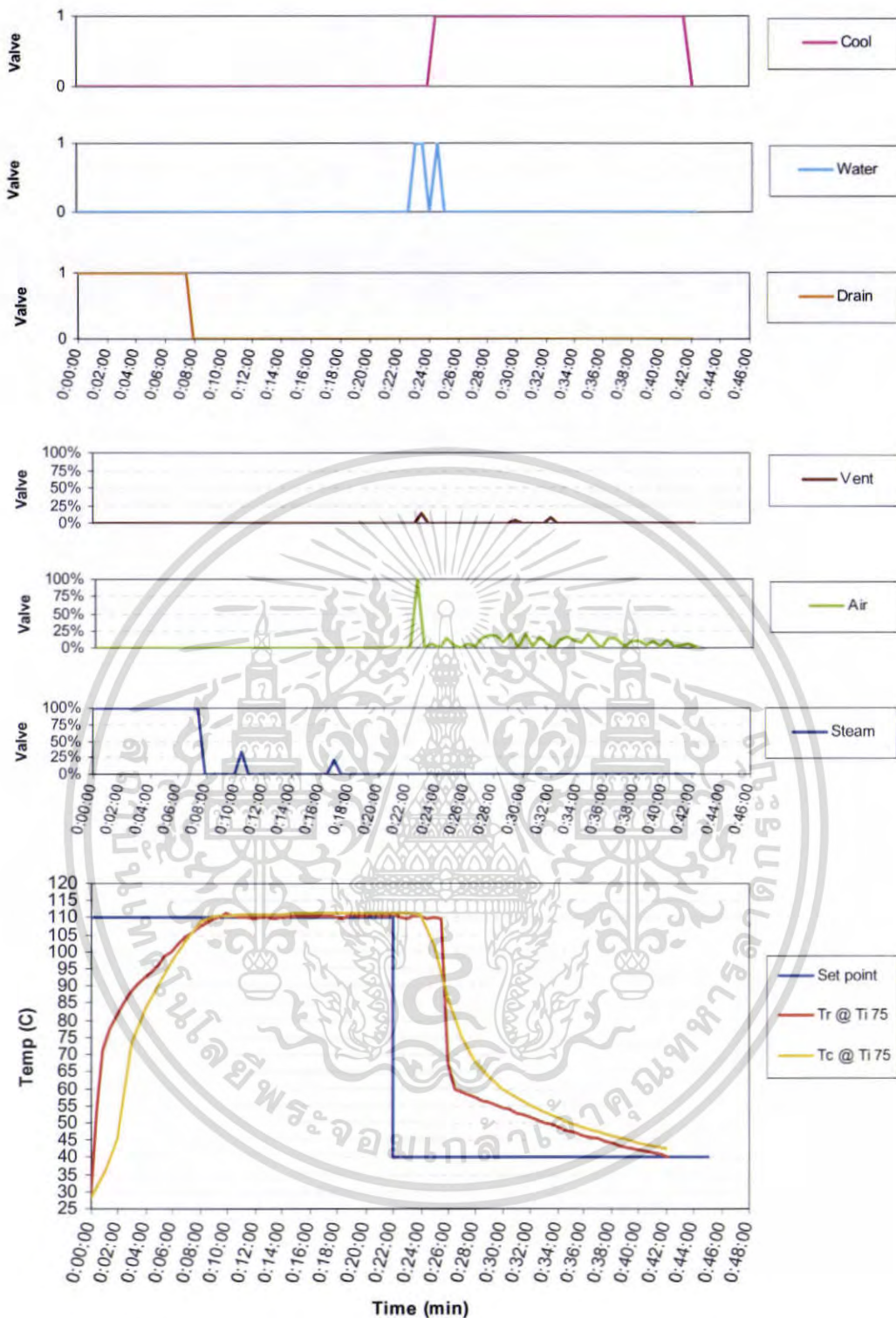
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุม
อุณหภูมิเท่ากับ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



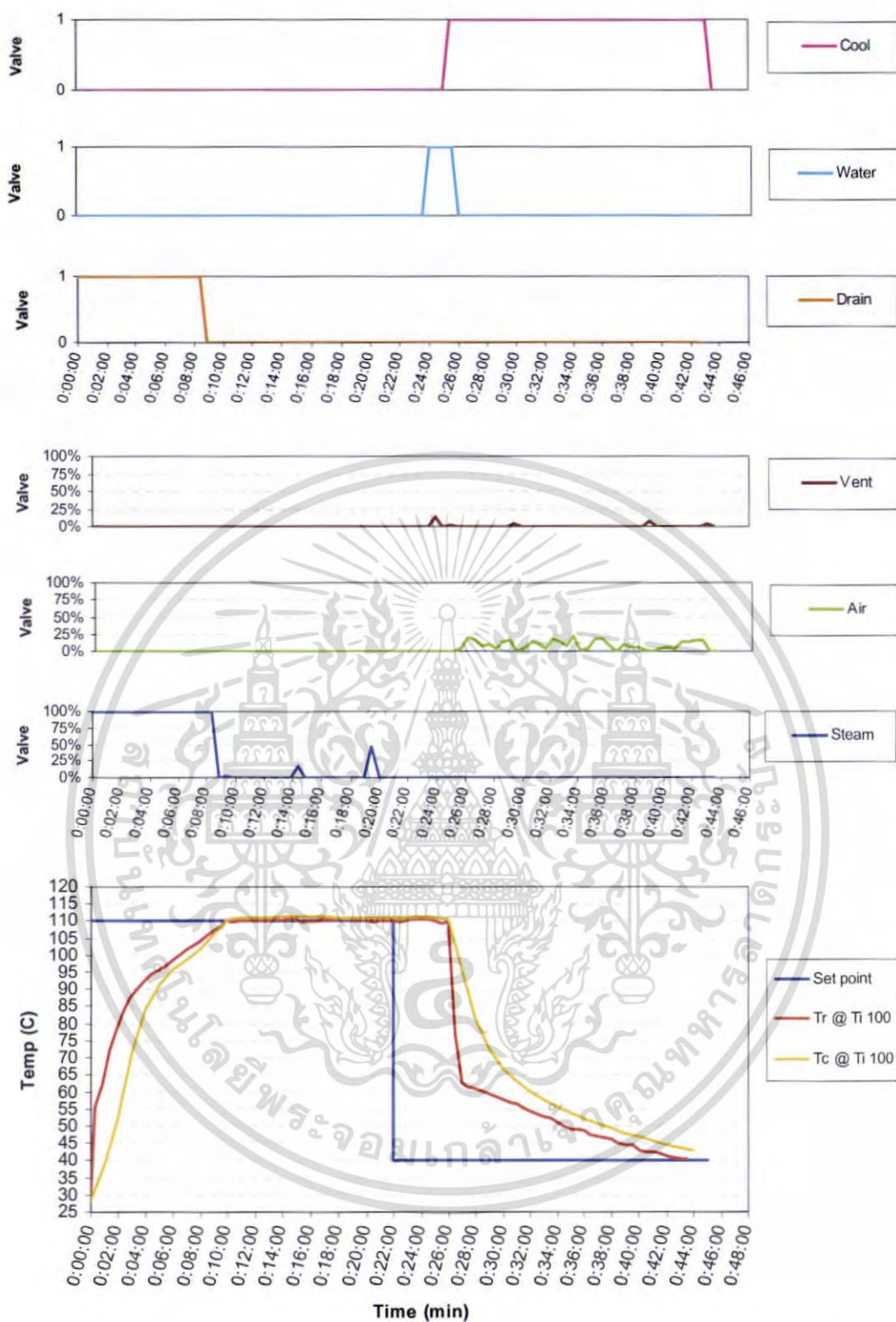
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



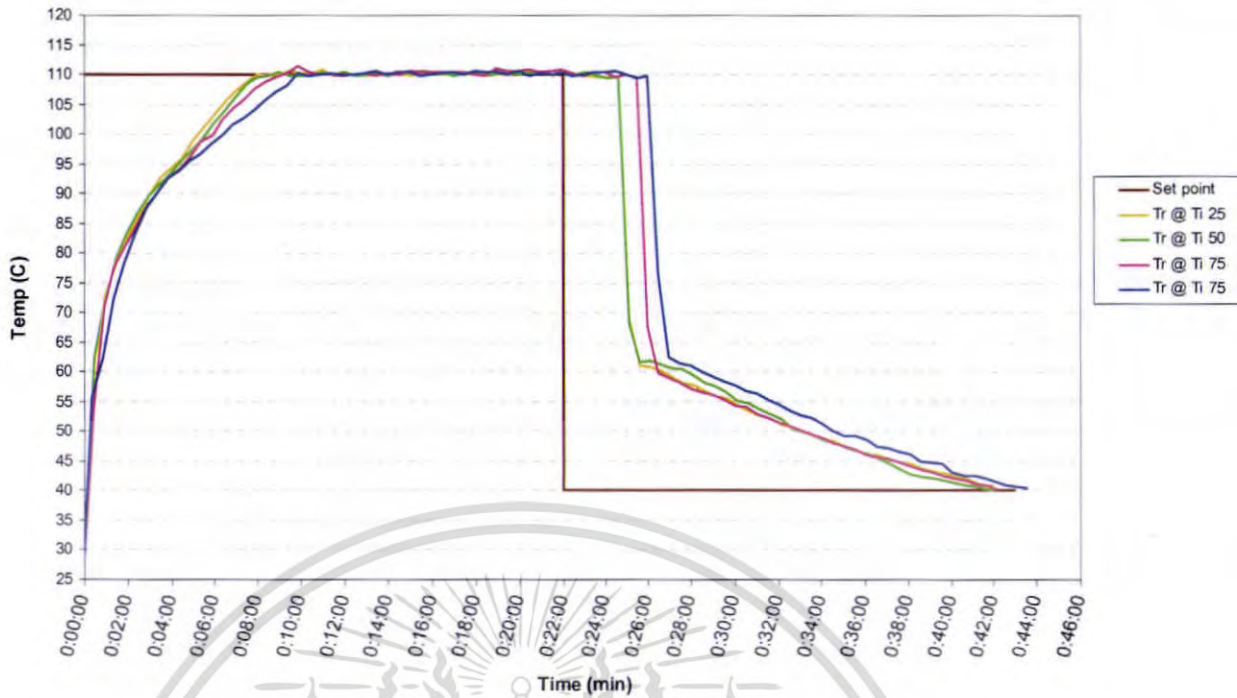
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

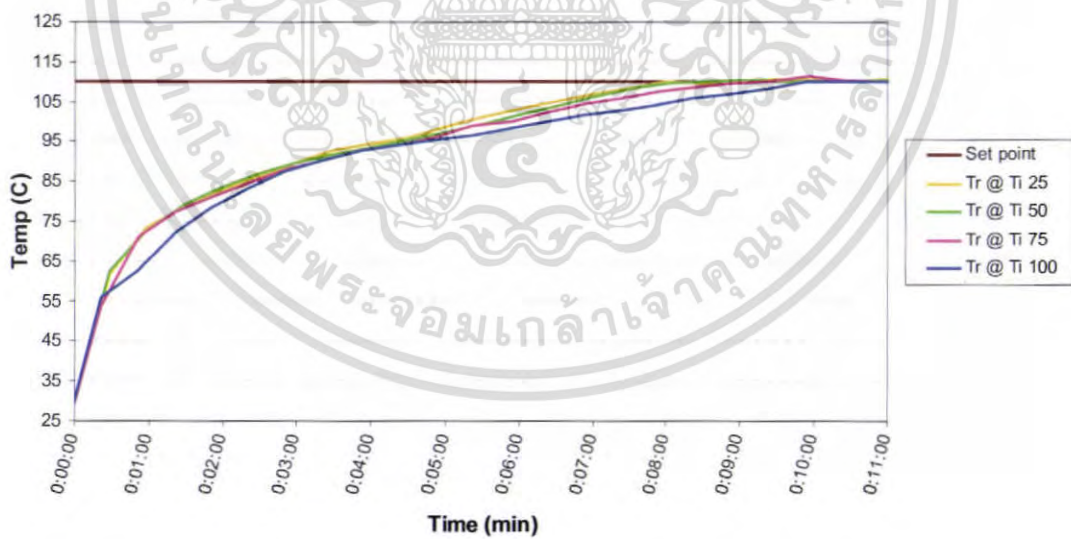


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงอุณหภูมิและการทำงานของวาล์ว ที่ค่าพารามิเตอร์ T_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

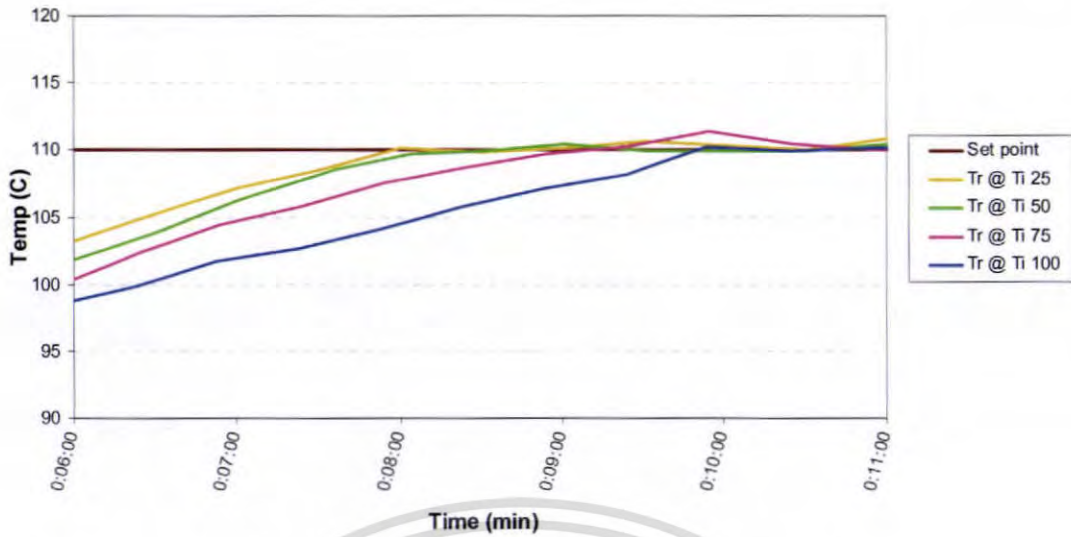


รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของ เครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100

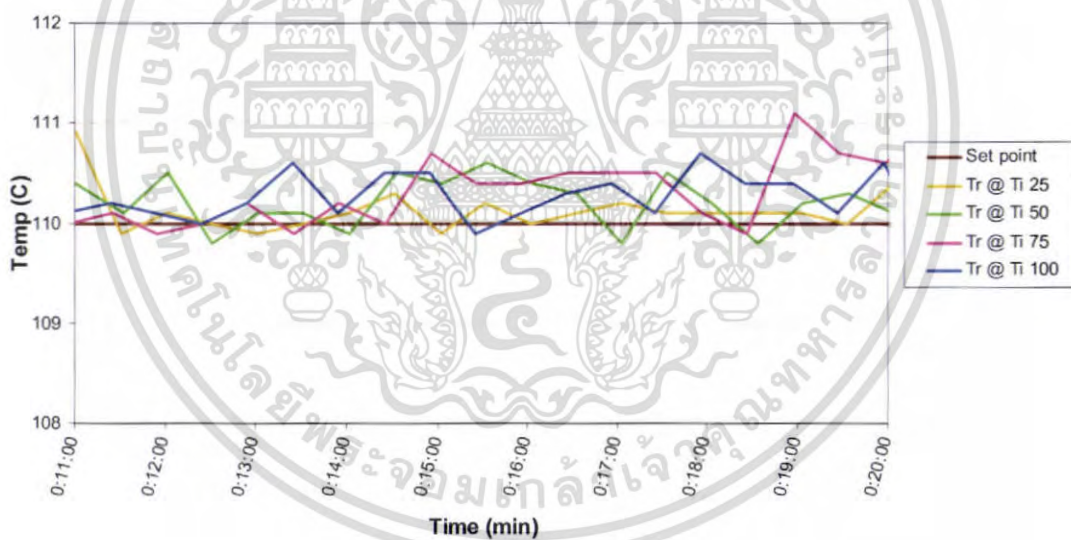


รูปที่ 4.39 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อน้ำเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

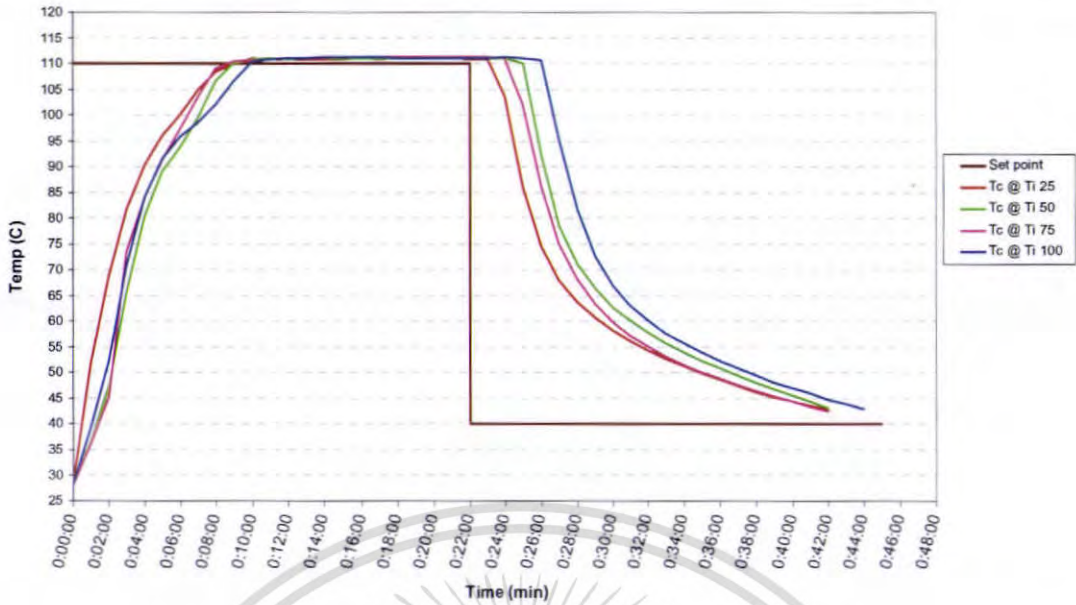


รูปที่ 4.40 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย

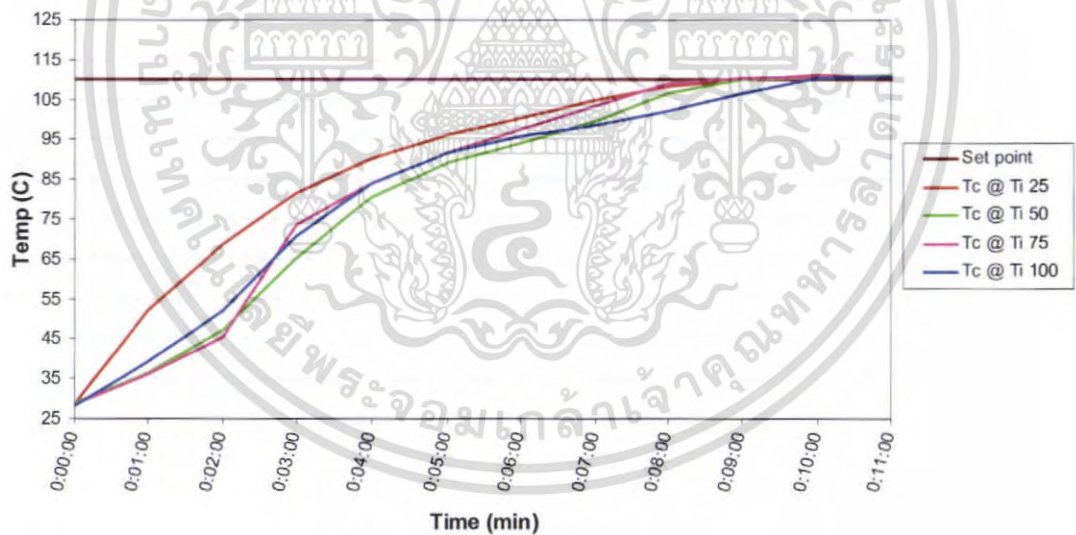


รูปที่ 4.41 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ T_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

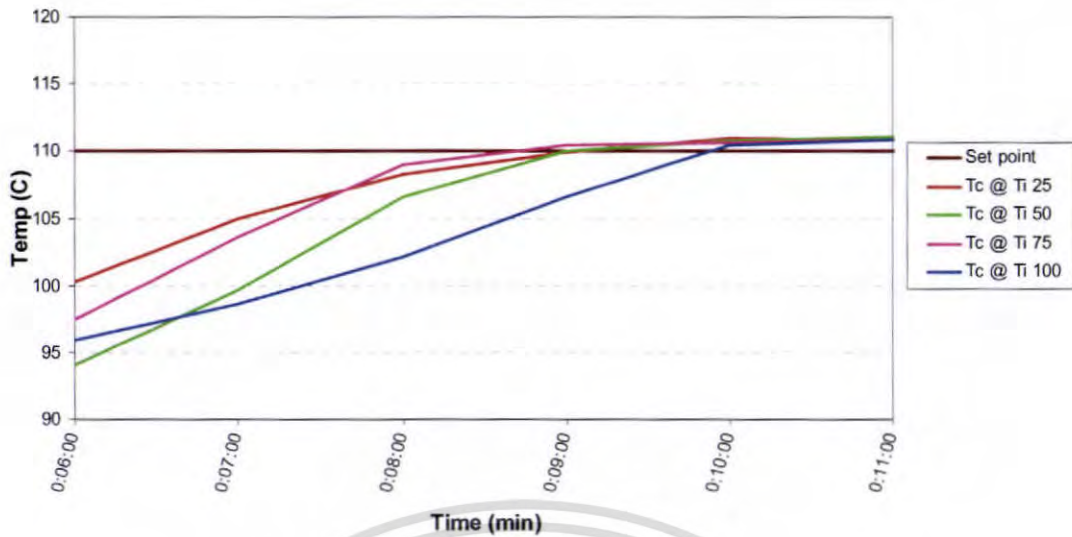


รูปที่ 4.42 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100

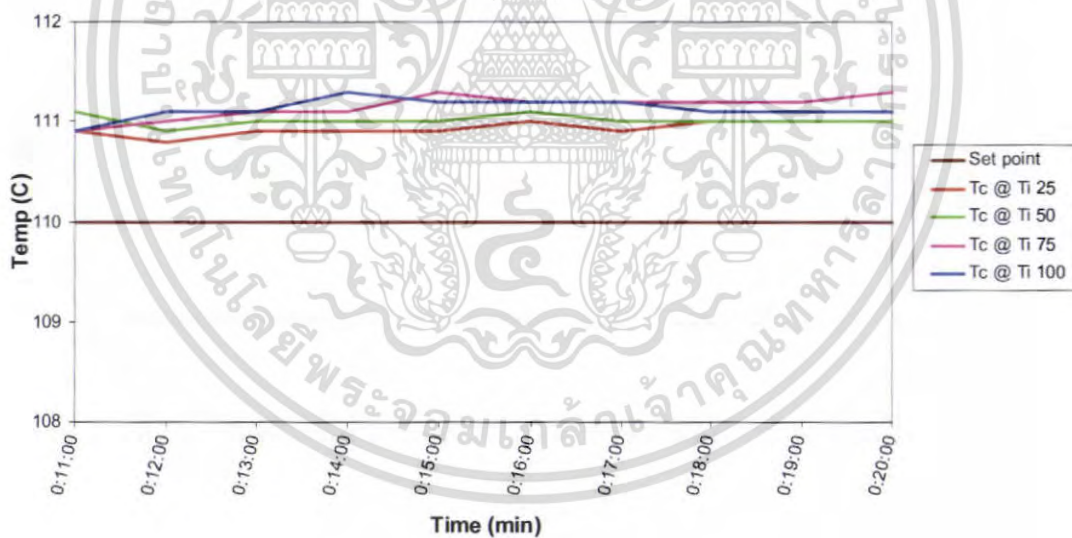


รูปที่ 4.43 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Come up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่ค่าพารามิเตอร์ T_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วงเข้าใกล้อุณหภูมิเป้าหมาย



รูปที่ 4.45 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายของตัวอย่างอาหารในกระป๋องที่ค่าพารามิเตอร์ T_c เครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 ในช่วง Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_1 ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 25, 50, 75 และ 100

τ_1	เวลา (วินาที)				เวลา (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
	Come up	Cooking	Cooling	Total				
25	420	1023	1050	2495	41:35	4	92	0.7382
50	442	1001	1049	2492	41:32	4	96	0.7291
75	452	988	1085	2525	42:05	4	105	0.7218
100	512	1006	1081	2599	43:19	4	117	0.7017

ตารางที่ 4.17 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของหม้อฆ่าเชื้อกับค่าพารามิเตอร์ τ_1 ของวาล์วควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = -0.0005x + 0.7519$	0.9434	0.0045	0.0287
$\tau_{1,2}$	$y = 0.336x + 81.5$	0.9561	2.8460	0.0222

หมายเหตุ : $x =$ ค่า τ_1 , $y =$ ค่า $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองของตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ_1 ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100

τ_1	เวลา (วินาที)				เวลา (นาที)	น้ำมัน (ลิตร)	$\tau_{1,2}$ (วินาที)	$K_{1,2}$
	Come up	Cooking	Cooling	Total				
25	480	1020	1020	2520	42:00	4	172	0.7301
50	480	1020	1020	2520	42:00	4	234	0.7263
75	480	1020	1020	2520	42:00	4	214	0.7136
100	540	1020	1080	2640	44:00	4	212	0.7027

ตารางที่ 4.19 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ ของตัวอย่างอาหารในกระป๋องกับค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ค่าพารามิเตอร์	ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์			
	สมการ	R Square	Standard Error	Significance F
$K_{1,2}$	$y = -0.0004x + 0.7419$	0.9609	0.0030	0.0197
$\tau_{1,2}$	$y = 0.4x + 183$	0.2470	27.6044	0.5030

จากการทดลอง ที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 มีค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 อุณหภูมิเป้าหมาย 110 °C และช่วงความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 5.5-6.0 บาร์)

จากการศึกษาผลทดลองของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ τ ของวาล์วควบคุมอุณหภูมิเมื่อพิจารณาผลการทดลองของหม้อน้ำเชื้อและตัวอย่างอาหารในกระป๋อง ที่อุณหภูมิเป้าหมายเดียวกัน พบว่าที่ค่าพารามิเตอร์ τ ของวาล์วควบคุมอุณหภูมิที่สูงกว่า เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายได้ช้า โดยใช้เวลาระหว่าง Come up (T_{nsc}) มาก และมีค่า $\tau_{1,2}$ สูง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อหม้อฆ่าเชื้อดำเนินการตามประเภทปัญหาของระบบควบคุม โดยแบ่งการศึกษาเป็นแบบปัญหาห้ระบบปรับค่าตาม (Servo problem) โดยศึกษาจากอุณหภูมิเป้าหมายซึ่งศึกษาที่อุณหภูมิ 80°C , 100°C และ 110°C ปัญหาห้ระบบคงค่า (Load problem) โดยศึกษาจากความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำเท่ากับ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์), 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) และ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุม ซึ่งศึกษาจากค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 150, 550 และ 950 และค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 25, 50, 75 และ 100 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ปัญหาห้ระบบปรับค่าตาม (Servo problem)

- เมื่ออุณหภูมิเป้าหมายต่ำ การเข้าสู่อุณหภูมิจะใช้เวลาน้อย และในช่วง Come up (T_{nsc}) ของหม้อฆ่าเชื้อจะใช้เวลาเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายได้เร็วที่สุด
- การแกว่งของอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อในช่วง ที่อุณหภูมิต่ำจะมีการแกว่งมากที่สุด
- ที่อุณหภูมิเป้าหมายต่ำ มีการใช้ปริมาณน้ำมันของเครื่องกำเนิดไอน้ำน้อยกว่า

5.2.2 ปัญหาห้ระบบคงค่า (Load problem)

ที่ค่าความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำสูง เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายเร็วขึ้น โดยเวลาในช่วง Come up (T_{nsc}) ของหม้อฆ่าเชื้อจะใช้เวลาเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายลดลง

5.2.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

5.2.3.1 ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายได้เร็ว โดยเวลาในช่วง Come up (T_{nsc}) ของหม้อฆ่าเชื้อจะใช้เวลาเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายลดลง
- ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิในช่วง Cooking ของหม้อฆ่าเชื้อมีการแกว่งของอุณหภูมิมากขึ้น

5.2.3.2 ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- ค่าพารามิเตอร์ τ , มีค่าสูง ทำให้เข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายช้ากว่า โดยเวลาในช่วง Come up (T_{nsc}) ของหม้อฆ่าเชื้อจะใช้เวลาเข้าสู่อุณหภูมิเป้าหมายมากขึ้น
- ค่าพารามิเตอร์ τ , มีค่าสูง อุณหภูมิในช่วง Cooking ของหม้อฆ่าเชื้อมีการแกว่งของอุณหภูมิน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

จากการทดลองโครงการในช่วงแรก ผู้ทดลองใช้เวลาในการศึกษาการเปิดปิดและการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อเป็นเวลาพอสมควร เนื่องจากผู้ทดลองยังไม่มี ความชำนาญในการเปิดปิดหม้อฆ่าเชื้อมาก่อน ดังนั้นในโครงการเล่มนี้จึงได้จัดทำวิธีการเปิดปิดหม้อฆ่าเชื้อในภาคผนวก ค ขึ้นสำหรับผู้สนใจ

ปัญหาที่พบอีกอย่างหนึ่งคือเมื่อทำการทดลองพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของหม้อฆ่าเชื้อและตัวอย่างอาหารภายในกระป๋องไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาวะอากาศในแต่ละวันที่ทำการทดลอง จึงแก้ไขปัญหานี้โดยนำตัวอย่างอาหารที่บรรจุกระป๋อง และจัดเรียงในตะกร้าเรียงเรียบร้อยแล้วเชิญเข้าในหม้อฆ่าเชื้อ แล้วปิดประตูหม้อฆ่าเชื้อทิ้งไว้ประมาณ 10 – 15 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิเกิดการถ่ายเทระหว่างหม้อฆ่าเชื้อ และตัวอย่างอาหารภายในกระป๋อง ขณะช่วงเวลาดังกล่าวต้องมีการวัดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อ และตัวอย่างอาหารภายในกระป๋อง ไปด้วย เมื่อเห็นว่าอุณหภูมิใกล้เคียงกันแล้วจึงค่อยดำเนินการ

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

เครื่องกำเนิดไอน้ำ ควรมีมิเตอร์ที่สามารถวัดปริมาณการใช้ไอน้ำที่ละเอียดมากกว่านี้ โดยมิเตอร์ที่ใช้ควรมีทศนิยม 2 ตำแหน่ง เพื่อความแม่นยำในการเก็บข้อมูลด้านเชื้อเพลิง

เชิญทางบริษัทที่รับผิดชอบดูแลหม้อฆ่าเชื้อมาปรับแต่งขอบเขตค่าพารามิเตอร์ของเครื่อง เพื่อสามารถทดลองหาค่าพารามิเตอร์ของหม้อฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับอาหารแต่ละประเภท

เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ มาตรฐานวัดอัตราการไหล และเซนเซอร์วัดความดัน เป็นต้น ควรมีการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งเพื่อความเที่ยงตรงของข้อมูล และความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- ชวพงษ์ สิงห์แพทย์, เป็รื่องบุญ จักกะพาก และวุฒิชัย กปิตกาญจน์, 2531, “การควบคุม
อัตโนมัติ”, กรุงเทพฯ, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์, 2543, “พลศาสตร์และการควบคุมกระบวนการ”, พิมพ์ครั้งที่ 1,
กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ บริษัท ท.พัฒนาการพิมพ์ จำกัด
- ศุภวุฒิ สารเชษพันธุ, 2547, “การปรับปรุงช่วงเวลาไล่อากาศของหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อประหยัด
พลังงานในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สมยศ เชิญอักษร และ พงษ์ศักดิ์ เทียมทัน, 2546, “การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ
สำหรับตู้อบลมร้อนขนาดเล็ก”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ครั้งที่4, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, pp.383-389
- อภิชาติ พลพิทักษ์, 2549, “การพัฒนาตัวควบคุมพีไอดีแบบปรับค่าพารามิเตอร์อัตโนมัติบน
เครื่องควบคุม PLC”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม
วัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- FDA, 2551, Available : http://www.fda.gov/ora/inspect_ref/igs/lacfp2/lacfp240.html,
[online]
- Ghani al-baali, A.G.Abdul and Farid, Mohammed M., 2006, “Sterilization of food in retort
pouches”, Springer, New York
- Holdsworth, S.D., 1997, “Thermal Processing of Packaged foods”, Blackie A&P, London,
pp.6-7
- Hudson, Steve B., 2003, Available : <http://www.retorts.com/steam-retorts.html>, [online]
- Iguaz, A., Budman, H. and Douglas, P., 2002, “Modelling and Control of an Alfalfa Rotary
Dryer”, Drying Technology, Vol. 20, Issue 9, pp.1869-1887
- KM Grand Pack, 2007, Available : [http://www.kmgrandpack.com/index.php?option=com_](http://www.kmgrandpack.com/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=37)
[content&task=view&id=27&Itemid=37](http://www.kmgrandpack.com/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=37), [online]
- Phonphithak, A., Pannil, P., Suesut, T., Masuchun, R. and Julsereewong, P., 2004, “Self-
Tuning PID Controller Based on PLC”, International Conference on Control Automatic
and Systems, Bangkok, pp.272-276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Stephanopoulos, G., 1984, "Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice", Prentice Hall, Englewood-Cliffs
- Teixeira, A. A. and Tucker, G. S., 1997, "On-line retort control in thermal sterilization of canned foods", Food Control, Volume 8, Issue 1, pp.13-20
- Zanoelo, E. F., Abitante, A. and Melerio, L. A. C., 2007, "Dynamic modeling and feedback control for conveyors-belt dryers of mate leaves", Journal of Food Engineering, Vol.84, Issue 3, pp.458-468



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ก.1 ผลการทดลองที่สภาวะแตกต่างกัน

ก.1.1 ผลการทดลองของหม้อฆ่าเชื้อ

ตารางที่ ก.1 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c, ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°c)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°c)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:00:00	80.0	28.0	0%	START	0:16:25	80.0	80.4	0%	COOKING
0:00:18	80.0	49.5	100%	COME UP	0:17:26	80.0	80.4	0%	COOKING
0:01:18	80.0	77.7	100%	COME UP	0:18:26	80.0	80.3	0%	COOKING
0:02:19	80.0	80.7	0%	COME UP	0:19:26	80.0	79.3	0%	COOKING
0:03:21	80.0	81.3	0%	COME UP	0:20:27	80.0	78.7	0%	COOKING
0:03:51	80.0	79.6	100%	COME UP	0:20:57	80.0	78.3	0%	COOLING
0:04:21	80.0	80.7	0%	COOKING	0:21:57	40.0	47.0	0%	COOLING
0:05:21	80.0	81.8	0%	COOKING	0:22:58	40.0	47.1	0%	COOLING
0:06:22	80.0	81.0	0%	COOKING	0:23:58	40.0	46.9	0%	COOLING
0:07:22	80.0	81.2	0%	COOKING	0:24:58	40.0	45.7	0%	COOLING
0:08:23	80.0	80.7	0%	COOKING	0:25:59	40.0	44.9	0%	COOLING
0:09:23	80.0	81.8	0%	COOKING	0:26:59	40.0	44.0	0%	COOLING
0:10:23	80.0	82.3	0%	COOKING	0:27:59	40.0	43.0	0%	COOLING
0:11:24	80.0	80.2	0%	COOKING	0:29:00	40.0	42.6	0%	COOLING
0:12:24	80.0	80.1	0%	COOKING	0:30:00	40.0	41.5	0%	COOLING
0:13:24	80.0	79.8	44%	COOKING	0:31:00	40.0	40.5	0%	COOLING
0:14:25	80.0	80.6	0%	COOKING	0:31:23	40.0	40.9	0%	FINISH
0:15:25	80.0	81.1	0%	COOKING					

ตารางที่ ก.2 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80 °c, ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°c)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (°c)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:00:00	80.0	28.4	100%	START	0:02:25	80.0	81.0	0%	COME UP
0:00:25	80.0	55.0	100%	COME UP	0:03:26	80.0	81.6	0%	COME UP
0:01:25	80.0	77.2	100%	COME UP	0:04:26	80.0	80.0	0%	COOKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:05:26	80.0	82.0	0%	COOKING	0:18:30	80.0	79.9	13%	COOKING
0:06:27	80.0	81.3	0%	COOKING	0:19:30	80.0	77.2	0%	COOKING
0:07:27	80.0	79.7	77%	COOKING	0:20:31	80.0	77.5	0%	COOKING
0:08:27	80.0	81.1	0%	COOKING	0:21:01	80.0	77.3	0%	COOKING
0:09:28	80.0	80.7	0%	COOKING	0:21:31	40.0	77.2	0%	COOLING
0:10:28	80.0	80.4	0%	COOKING	0:22:31	40.0	43.1	0%	COOLING
0:11:28	80.0	80.2	0%	COOKING	0:23:32	40.0	42.8	0%	COOLING
0:12:28	80.0	80.2	0%	COOKING	0:24:32	40.0	42.2	0%	COOLING
0:13:29	80.0	81.6	0%	COOKING	0:25:32	40.0	41.8	0%	COOLING
0:14:29	80.0	80.0	0%	COOKING	0:26:33	40.0	41.0	0%	COOLING
0:15:29	80.0	81.0	0%	COOKING	0:27:03	40.0	40.7	0%	COOLING
0:16:29	80.0	80.2	0%	COOKING	0:27:32	40.0	40.7	0%	FINISH
0:17:30	80.0	80.5	0%	COOKING					

ตารางที่ ก.3 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	100.0	28.2	100%	START	0:16:53	100	99.7	81%	COOKING
0:00:19	100.0	45.9	100%	COME UP	0:17:53	100.0	100.8	0%	COOKING
0:01:19	100.0	75.3	100%	COME UP	0:18:54	100.0	100.7	0%	COOKING
0:02:19	100.0	83.4	100%	COME UP	0:19:54	100.0	100.6	0%	COOKING
0:03:19	100.0	89.1	100%	COME UP	0:20:54	100.0	100.4	0%	COOKING
0:04:20	100.0	93.8	100%	COME UP	0:21:55	100.0	99.6	0%	COOKING
0:05:20	100.0	97.5	100%	COME UP	0:22:25	40	99.9	0%	COOLING
0:05:50	100.0	100.7	0%	COOKING	0:23:25	40.0	55.5	0%	COOLING
0:06:50	100.0	101.9	0%	COOKING	0:24:25	40.0	55.4	0%	COOLING
0:07:51	100.0	100.4	0%	COOKING	0:25:26	40.0	54.4	0%	COOLING
0:08:51	100.0	100.6	0%	COOKING	0:26:26	40.0	52.6	0%	COOLING
0:09:51	100.0	100.4	0%	COOKING	0:27:26	40.0	51.2	0%	COOLING
0:10:51	100.0	100.3	0%	COOKING	0:28:26	40.0	50.1	0%	COOLING
0:11:51	100.0	100.1	0%	COOKING	0:29:27	40.0	48.7	0%	COOLING
0:12:52	100.0	100.7	0%	COOKING	0:30:27	40.0	47.3	0%	COOLING
0:13:52	100.0	100.5	0%	COOKING	0:31:27	40.0	46.3	0%	COOLING
0:14:52	100.0	100.6	0%	COOKING	0:32:28	40.0	45.1	0%	COOLING
0:15:53	100.0	100.5	0%	COOKING	0:33:28	40.0	44.3	0%	COOLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:34:28	40.0	43.0	0%	COOLING	0:37:29	40.0	40.8	0%	COOLING
0:35:29	40.0	42.4	0%	COOLING	0:37:59	40.0	40.7	0%	COOLING
0:36:29	40.0	41.6	0%	COOLING	0:38:07	40.0	40.9	0%	FINISH

ตารางที่ ก.4 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:00:00	100.0	28.9	100%	START	0:19:18	100.0	100.0	0%	COOKING
0:00:12	100.0	36.1	100%	COME UP	0:20:18	100.0	99.8	0%	COOKING
0:01:13	100.0	75.7	100%	COME UP	0:21:18	100.0	99.6	0%	COOKING
0:02:13	100.0	85.0	100%	COME UP	0:21:49	100.0	99.8	0%	COOKING
0:03:13	100.0	90.5	100%	COME UP	0:22:19	40.0	61.7	0%	COOLING
0:04:14	100.0	93.4	100%	COME UP	0:23:19	40.0	56.6	0%	COOLING
0:04:44	100.0	96.4	100%	COME UP	0:24:19	40.0	55.8	0%	COOLING
0:05:14	100.0	98.8	100%	COOKING	0:25:20	40.0	54.4	0%	COOLING
0:06:14	100.0	101.1	0%	COOKING	0:26:20	40.0	52.8	0%	COOLING
0:07:14	100.0	101.1	0%	COOKING	0:27:20	40.0	51.3	0%	COOLING
0:08:15	100.0	99.9	0%	COOKING	0:28:21	40.0	50.1	0%	COOLING
0:09:15	100.0	100.6	0%	COOKING	0:29:21	40.0	48.3	0%	COOLING
0:10:15	100.0	100.3	0%	COOKING	0:30:21	40.0	47.1	0%	COOLING
0:11:16	100.0	99.8	37%	COOKING	0:31:21	40.0	46.0	0%	COOLING
0:12:16	100.0	100.4	0%	COOKING	0:32:22	40.0	44.6	0%	COOLING
0:13:16	100.0	99.9	34%	COOKING	0:33:22	40.0	43.6	0%	COOLING
0:14:16	100.0	100.3	0%	COOKING	0:34:22	40.0	42.4	0%	COOLING
0:15:17	100.0	100.4	0%	COOKING	0:35:22	40.0	41.6	0%	COOLING
0:16:17	100.0	100.2	0%	COOKING	0:36:23	40.0	40.7	0%	COOLING
0:17:17	100.0	100.4	0%	COOKING	0:36:53	40.0	40.2	0%	COOLING
0:18:17	100.0	100.0	0%	COOKING	0:37:05	40.0	40.4	0%	FINISH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.5	100%	START	0:19:46	110.0	110.5	0%	COOKING
0:00:08	110.0	40.2	100%	COME UP	0:20:46	110.0	110.2	0%	COOKING
0:01:08	110.0	75.4	100%	COME UP	0:21:46	110.0	110.6	0%	COOKING
0:02:09	110.0	83.0	100%	COME UP	0:22:47	110.0	109.8	0%	COOKING
0:03:09	110.0	89.1	100%	COME UP	0:23:47	110.0	109.8	0%	COOKING
0:04:09	110.0	93.9	100%	COME UP	0:24:17	40.0	86.7	0%	COOLING
0:05:09	110.0	97.5	100%	COME UP	0:25:19	40.0	59.7	0%	COOLING
0:06:10	110.0	103.8	100%	COME UP	0:26:19	40.0	57.8	0%	COOLING
0:07:10	110.0	108.1	100%	COME UP	0:27:19	40.0	56.7	0%	COOLING
0:07:40	110.0	109.6	100%	COOKING	0:28:20	40.0	55.2	0%	COOLING
0:08:41	110.0	110.3	0%	COOKING	0:29:20	40.0	53.7	0%	COOLING
0:09:41	110.0	110.1	0%	COOKING	0:30:51	40.0	51.8	0%	COOLING
0:10:41	110.0	110.9	0%	COOKING	0:31:51	40.0	50.5	0%	COOLING
0:11:41	110.0	109.7	74%	COOKING	0:32:52	40.0	48.8	0%	COOLING
0:12:42	110.0	110.0	0%	COOKING	0:33:52	40.0	47.8	0%	COOLING
0:13:42	110.0	110.0	0%	COOKING	0:34:52	40.0	46.8	0%	COOLING
0:14:42	110.0	110.3	0%	COOKING	0:35:53	40.0	45.7	0%	COOLING
0:15:43	110.0	110.5	0%	COOKING	0:36:53	40.0	44.7	0%	COOLING
0:16:44	110.0	110.2	0%	COOKING	0:37:54	40.0	43.8	0%	COOLING
0:17:45	110.0	109.9	17%	COOKING	0:38:54	40.0	43.0	0%	FINISH
0:18:45	110.0	110.2	0%	COOKING					

ตารางที่ ก.6 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.7	100%	START	0:08:37	110.0	110.3	0%	COOKING
0:00:05	110.0	49.6	100%	COME UP	0:09:38	110.0	110.1	0%	COOKING
0:01:05	110.0	74.2	100%	COME UP	0:10:38	110.0	110.3	0%	COOKING
0:02:05	110.0	82.7	100%	COME UP	0:11:38	110.0	109.9	20%	COOKING
0:03:06	110.0	89.9	100%	COME UP	0:12:39	110.0	110.3	0%	COOKING
0:04:06	110.0	93.0	100%	COME UP	0:13:39	110.0	110.0	0%	COOKING
0:05:06	110.0	98.3	100%	COME UP	0:14:39	110.0	110.1	0%	COOKING
0:06:07	110.0	101.8	100%	COME UP	0:15:40	110.0	109.9	13%	COOKING
0:07:07	110.0	107.5	100%	COME UP	0:16:40	110.0	109.9	13%	COOKING
0:07:37	110.0	109.9	30%	COOKING	0:17:40	110.0	109.9	27%	COOKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:18:40	110.0	110.4	0%	COOKING	0:31:44	40.0	52.0	0%	COOLING
0:19:41	110.0	110.5	0%	COOKING	0:32:44	40.0	50.6	0%	COOLING
0:20:41	110.0	110.1	0%	COOKING	0:33:44	40.0	48.7	0%	COOLING
0:21:41	110.0	110.4	0%	COOKING	0:34:45	40.0	47.5	0%	COOLING
0:22:42	110.0	110.1	0%	COOKING	0:35:45	40.0	46.4	0%	COOLING
0:23:42	110.0	109.9	0%	COOKING	0:36:45	40.0	45.1	0%	COOLING
0:24:12	110.0	109.6	0%	COOKING	0:37:45	40.0	44.2	0%	COOLING
0:24:42	40.0	109.7	0%	COOLING	0:38:46	40.0	42.9	0%	COOLING
0:25:42	40.0	61.0	0%	COOLING	0:39:46	40.0	41.9	0%	COOLING
0:26:43	40.0	60.6	0%	COOLING	0:40:46	40.0	41.3	0%	COOLING
0:27:43	40.0	59.2	0%	COOLING	0:41:46	40.0	40.2	0%	COOLING
0:28:43	40.0	57.2	0%	COOLING	0:42:17	40.0	39.9	0%	COOLING
0:29:43	40.0	55.4	0%	COOLING	0:42:41	40.0	40.4	0%	FINISH
0:30:44	40.0	53.8	0%	COOLING					

ตารางที่ ก.7 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	28.9	100%	START	0:14:57	110.0	110.2	0%	COOKING
0:00:23	110.0	49.2	100%	COME UP	0:15:58	110.0	110.5	0%	COOKING
0:01:24	110.0	77.2	100%	COME UP	0:16:58	110.0	110	0%	COOKING
0:02:24	110.0	84.6	100%	COME UP	0:17:58	110.0	110.6	0%	COOKING
0:03:24	110.0	90.3	100%	COME UP	0:18:59	110.0	110.6	0%	COOKING
0:04:25	110.0	94.0	100%	COME UP	0:19:59	110.0	110.8	0%	COOKING
0:05:25	110.0	97.5	100%	COME UP	0:20:59	110.0	110.7	0%	COOKING
0:06:25	110.0	100.6	100%	COME UP	0:21:59	110.0	110	0%	COOKING
0:07:25	110.0	104.9	100%	COME UP	0:23:00	110.0	110	0%	COOKING
0:07:55	110.0	107.1	0%	COOKING	0:24:00	110	109.7	0%	COOKING
0:08:56	110.0	109.9	0%	COOKING	0:24:30	40.0	109.1	0%	COOLING
0:09:56	110.0	110.5	0%	COOKING	0:25:30	40.0	58.2	0%	COOLING
0:10:56	110.0	110.4	0%	COOKING	0:26:31	40.0	57.5	0%	COOLING
0:11:57	110.0	110.4	0%	COOKING	0:27:31	40.0	55.7	0%	COOLING
0:12:57	110.0	109.7	77%	COOKING	0:28:31	40.0	54.8	0%	COOLING
0:13:57	110.0	110.1	0%	COOKING	0:29:32	40.0	53.6	0%	COOLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:30:32	40.0	53.1	0%	COOLING	0:38:34	40.0	44.8	0%	COOLING
0:31:32	40.0	51.9	0%	COOLING	0:39:34	40.0	43.9	0%	COOLING
0:32:32	40.0	50.5	0%	COOLING	0:40:35	40.0	42.7	0%	COOLING
0:33:33	40.0	49.1	0%	COOLING	0:41:35	40.0	41.8	0%	COOLING
0:34:33	40.0	48.4	0%	COOLING	0:42:35	40.0	41.3	0%	COOLING
0:35:33	40.0	47.6	0%	COOLING	0:43:36	40.0	40.8	0%	COOLING
0:36:34	40.0	46.7	0%	COOLING	0:44:36	40.0	40.5	0%	COOLING
0:37:34	40.0	45.8	0%	COOLING	0:45:06	40.0	40.5	0%	FINISH

ตารางที่ ก.8 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.7	100%	START	0:24:13	40.0	109.9	0%	COOLING
0:00:24	110.0	49.5	100%	COME UP	0:25:14	40.0	61.6	0%	COOLING
0:01:25	110.0	74.3	100%	COME UP	0:26:15	40.0	60.5	0%	COOLING
0:02:26	110.0	83.9	100%	COME UP	0:27:16	40.0	59.2	0%	COOLING
0:03:26	110.0	90.9	100%	COME UP	0:28:16	40.0	57.3	0%	COOLING
0:04:29	110.0	95.7	100%	COME UP	0:29:22	40.0	55.8	0%	COOLING
0:05:29	110.0	98.6	100%	COME UP	0:30:23	40.0	54.2	0%	COOLING
0:05:59	110.0	99.8	100%	COME UP	0:31:24	40.0	52.0	0%	COOLING
0:06:29	110.0	101.1	0%	COOKING	0:32:24	40.0	51.3	0%	COOLING
0:09:02	110.0	108.2	47%	COOKING	0:33:25	40.0	49.9	0%	COOLING
0:10:03	110.0	109.8	7%	COOKING	0:34:25	40.0	48.5	0%	COOLING
0:11:04	110.0	110.0	30%	COOKING	0:35:26	40.0	46.9	0%	COOLING
0:12:04	110.0	109.9	13%	COOKING	0:36:26	40.0	46.0	0%	COOLING
0:13:05	110.0	109.6	0%	COOKING	0:37:28	40.0	45.2	0%	COOLING
0:14:05	110.0	110.0	7%	COOKING	0:38:29	40.0	44.0	0%	COOLING
0:16:07	110.0	110.2	19%	COOKING	0:39:29	40.0	42.8	0%	COOLING
0:19:40	110.0	109.9	0%	COOKING	0:40:30	40.0	42.5	0%	COOLING
0:21:11	110.0	109.7	7%	COOKING	0:41:30	40.0	41.6	0%	COOLING
0:22:12	110.0	110.0	0%	COOKING	0:42:31	40.0	40.9	0%	COOLING
0:22:43	110.0	110.0	0%	COOKING	0:43:01	40.0	40.6	0%	COOLING
0:23:13	110.0	110.4	0%	COOLING	0:43:15	40.0	40.6	0%	FINISH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.6	100%	START	0:21:33	110.0	110.1	0%	COOKING
0:00:28	110.0	58.9	100%	COME UP	0:22:33	110.0	109.6	0%	COOKING
0:00:58	110.0	74.4	100%	COME UP	0:23:04	40.0	109.7	0%	COOLING
0:01:58	110.0	84.2	100%	COME UP	0:24:04	40.0	64.4	0%	COOLING
0:02:59	110.0	91.6	100%	COME UP	0:25:04	40.0	61.2	0%	COOLING
0:03:59	110.0	95.5	100%	COME UP	0:26:04	40.0	59.6	0%	COOLING
0:04:59	110.0	100.2	100%	COME UP	0:27:05	40.0	57.7	0%	COOLING
0:05:59	110.0	107.1	100%	COME UP	0:28:05	40.0	55.7	0%	COOLING
0:06:30	110.0	109.8	81%	COOKING	0:29:05	40.0	53.5	0%	COOLING
0:07:30	110.0	109.8	6%	COOKING	0:30:05	40.0	51.9	0%	COOLING
0:08:30	110.0	110.2	0%	COOKING	0:31:06	40.0	50.0	0%	COOLING
0:09:30	110.0	110.3	0%	COOKING	0:32:06	40.0	48.9	0%	COOLING
0:10:30	110.0	110.2	0%	COOKING	0:33:06	40.0	47.1	0%	COOLING
0:11:31	110.0	110.9	0%	COOKING	0:34:06	40.0	45.8	0%	COOLING
0:12:31	110.0	110.2	0%	COOKING	0:35:07	40.0	44.5	0%	COOLING
0:13:31	110.0	110.2	0%	COOKING	0:36:07	40.0	43.3	0%	COOLING
0:14:31	110.0	109.9	12%	COOKING	0:37:07	40.0	42.5	0%	COOLING
0:15:32	110.0	110.1	0%	COOKING	0:38:07	40.0	41.3	0%	COOLING
0:16:32	110.0	110.4	0%	COOKING	0:39:08	40.0	40.4	0%	COOLING
0:17:32	110.0	110.5	0%	COOKING	0:40:08	40.0	40.0	0%	COOLING
0:18:32	110.0	110.0	0%	COOKING	0:40:38	40.0	39.9	0%	COOLING
0:19:33	110.0	110.4	0%	COOKING	0:41:07	40.0	40.0	0%	FINISH
0:20:33	110.0	110.6	0%	COOKING					

ตารางที่ ก.10 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.2	100%	START	0:06:38	110.0	110.5	0%	COOKING
0:00:05	110.0	29.9	100%	COME UP	0:07:39	110.0	109.8	100%	COOKING
0:01:06	110.0	75.5	100%	COME UP	0:08:39	110.0	110.2	0%	COOKING
0:02:06	110.0	84.8	100%	COME UP	0:09:40	110.0	110.4	0%	COOKING
0:03:07	110.0	91.5	100%	COME UP	0:10:40	110.0	110.7	0%	COOKING
0:04:07	110.0	96.1	100%	COME UP	0:11:40	110.0	110.7	0%	COOKING
0:05:08	110.0	101.2	100%	COME UP	0:12:41	110.0	110.0	0%	COOKING
0:06:08	110.0	107.3	100%	COME UP	0:13:41	110.0	110.0	0%	COOKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:14:42	110.0	109.9	6%	COOKING	0:28:48	40.0	56.1	0%	COOLING
0:15:42	110.0	110.3	0%	COOKING	0:29:48	40.0	54.1	0%	COOLING
0:16:43	110.0	111.0	0%	COOKING	0:30:48	40.0	52.8	0%	COOLING
0:17:43	110.0	110.9	0%	COOKING	0:31:49	40.0	51.2	0%	COOLING
0:18:44	110.0	110.5	0%	COOKING	0:32:49	40.0	50.1	0%	COOLING
0:19:44	110.0	110.2	0%	COOKING	0:34:20	40.0	47.4	0%	COOLING
0:20:44	110.0	110.4	0%	COOKING	0:35:51	40.0	46.0	0%	COOLING
0:21:45	110.0	110.6	0%	COOKING	0:36:52	40.0	45.3	0%	COOLING
0:22:45	110.0	110.1	0%	COOKING	0:37:54	40.0	43.8	0%	COOLING
0:23:15	110.0	110.0	0%	COOKING	0:38:55	40.0	43.1	0%	COOLING
0:23:46	40.0	70.5	0%	COOLING	0:39:56	40.0	42.4	0%	COOLING
0:24:46	40.0	62.5	0%	COOLING	0:41:28	40.0	41.2	0%	COOLING
0:25:46	40.0	61.4	0%	COOLING	0:42:58	40.0	40.5	0%	COOLING
0:26:47	40.0	59.6	0%	COOLING	0:43:30	40.0	40.4	0%	FINISH
0:27:47	40.0	57.7	0%	COOLING					

ตารางที่ ก.11 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.9	100%	START	0:13:38	110.0	110.4	0%	COOKING
0:00:03	110.0	35.0	100%	COME UP	0:14:38	110.0	110.5	0%	COOKING
0:01:03	110.0	69.5	100%	COME UP	0:15:39	110.0	110.4	0%	COOKING
0:02:03	110.0	78.0	100%	COME UP	0:16:39	110.0	110.2	0%	COOKING
0:03:04	110.0	84.6	100%	COME UP	0:17:39	110.0	110.6	0%	COOKING
0:04:04	110.0	89.0	100%	COME UP	0:18:40	110.0	110.5	0%	COOKING
0:05:04	110.0	92.5	100%	COME UP	0:19:40	110.0	110.5	0%	COOKING
0:06:05	110.0	95.9	100%	COME UP	0:20:40	110.0	110.0	0%	COOKING
0:07:05	110.0	100.0	100%	COME UP	0:21:40	110.0	110.6	0%	COOKING
0:08:06	110.0	104.7	100%	COME UP	0:22:41	110.0	109.9	17%	COOKING
0:09:06	110.0	108.9	100%	COME UP	0:23:41	110.0	110.3	0%	COOKING
0:09:37	110.0	109.7	91%	COOKING	0:24:42	110.0	110.1	0%	COOKING
0:10:37	110.0	110.2	0%	COOKING	0:25:42	110.0	109.4	0%	COOKING
0:11:37	110.0	110.0	0%	COOKING	0:26:13	40.0	110.0	0%	COOLING
0:12:38	110.0	109.9	0%	COOKING	0:27:13	40.0	57.2	0%	COOLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:28:13	40.0	57.3	0%	COOLING	0:36:16	40.0	45.1	0%	COOLING
0:29:14	40.0	55.9	0%	COOLING	0:37:17	40.0	43.6	0%	COOLING
0:30:14	40.0	54.8	0%	COOLING	0:38:17	40.0	42.6	0%	COOLING
0:31:15	40.0	52.3	0%	COOLING	0:39:18	40.0	41.4	0%	COOLING
0:32:15	40.0	50.6	0%	COOLING	0:40:18	40.0	40.4	0%	COOLING
0:33:15	40.0	49.1	0%	COOLING	0:41:18	40.0	40.1	0%	COOLING
0:34:16	40.0	47.3	0%	COOLING	0:41:40	40.0	40.0	0%	FINISH
0:35:16	40.0	46.0	0%	COOLING					

ตารางที่ ก.12 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.3	100%	START	0:22:56	110	110.4	0%	COOKING
0:00:18	110.0	43.2	100%	COME UP	0:23:57	110	110.1	0%	COOKING
0:01:19	110.0	72.5	100%	COME UP	0:24:57	110	110.1	0%	COOKING
0:02:19	110.0	80.5	100%	COME UP	0:25:57	110	109.7	0%	COOKING
0:03:20	110.0	86.0	100%	COME UP	0:26:28	40.0	83.7	0%	COOLING
0:04:20	110.0	89.1	100%	COME UP	0:27:28	40.0	58.0	0%	COOLING
0:05:20	110.0	93.4	100%	COME UP	0:28:28	40.0	57.3	0%	COOLING
0:06:21	110.0	95.9	100%	COME UP	0:29:28	40.0	56.0	0%	COOLING
0:07:21	110.0	101.0	100%	COME UP	0:30:29	40.0	54.3	0%	COOLING
0:08:21	110.0	105.4	100%	COME UP	0:31:29	40.0	52.4	0%	COOLING
0:09:22	110.0	109.0	100%	COME UP	0:32:29	40.0	50.9	0%	COOLING
0:09:52	110.0	109.3	100%	COOKING	0:33:29	40.0	49.6	0%	COOLING
0:10:52	110.0	110.8	0%	COOKING	0:34:30	40.0	48.1	0%	COOLING
0:11:52	110.0	110.1	0%	COOKING	0:35:30	40.0	46.7	0%	COOLING
0:12:53	110.0	110.5	0%	COOKING	0:36:30	40.0	45.5	0%	COOLING
0:13:53	110.0	110.3	0%	COOKING	0:37:31	40.0	44.3	0%	COOLING
0:14:54	110.0	110.2	0%	COOKING	0:38:31	40.0	43.4	0%	COOLING
0:15:54	110.0	110.4	0%	COOKING	0:39:31	40.0	42.1	0%	COOLING
0:16:54	110.0	110.2	0%	COOKING	0:40:32	40.0	41.3	0%	COOLING
0:17:55	110.0	110.5	0%	COOKING	0:41:32	40.0	40.1	0%	COOLING
0:18:55	110.0	110.2	0%	COOKING	0:42:32	40.0	40.3	0%	COOLING
0:19:55	110.0	110.1	0%	COOKING	0:43:32	40.0	39.9	0%	COOLING
0:20:56	110.0	110.3	0%	COOKING	0:44:03	40.0	39.9	0%	COOLING
0:21:56	110.0	110.4	0%	COOKING	0:44:12	40.0	40.1	0%	FINISH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	28.5	100%	START	0:20:33	110.0	110.2	0%	COOKING
0:00:26	110.0	64.6	100%	COME UP	0:21:33	110.0	109.8	0%	COOKING
0:01:27	110.0	81.6	100%	COME UP	0:22:33	110.0	109.5	0%	COOKING
0:02:27	110.0	89.9	100%	COME UP	0:23:03	40.0	68.0	0%	COOLING
0:03:27	110.0	95.6	100%	COME UP	0:24:04	40.0	60.5	0%	COOLING
0:04:28	110.0	100.3	100%	COME UP	0:25:04	40.0	58.9	0%	COOLING
0:05:28	110.0	107.2	100%	COME UP	0:26:04	40.0	57.3	0%	COOLING
0:05:58	110.0	110.2	0%	COME UP	0:27:05	40.0	55.2	0%	COOLING
0:06:28	110.0	110.3	0%	COOKING	0:28:05	40.0	53.3	0%	COOLING
0:07:29	110.0	110.1	0%	COOKING	0:29:05	40.0	51.8	0%	COOLING
0:08:29	110.0	110.3	0%	COOKING	0:30:05	40.0	50.0	0%	COOLING
0:09:29	110.0	110.0	0%	COOKING	0:31:06	40.0	48.5	0%	COOLING
0:10:30	110.0	109.8	67%	COOKING	0:32:06	40.0	46.9	0%	COOLING
0:11:30	110.0	110.1	0%	COOKING	0:33:06	40.0	45.5	0%	COOLING
0:12:30	110.0	109.9	0%	COOKING	0:34:07	40.0	44.3	0%	COOLING
0:13:30	110.0	110.2	37%	COOKING	0:35:07	40.0	43.1	0%	COOLING
0:14:31	110.0	110.5	0%	COOKING	0:36:07	40.0	42.5	0%	COOLING
0:15:31	110.0	110.0	0%	COOKING	0:37:07	40.0	41.5	0%	COOLING
0:16:31	110.0	109.7	77%	COOKING	0:38:08	40.0	40.1	0%	COOLING
0:17:32	110.0	110.1	0%	COOKING	0:38:38	40.0	40.0	0%	COOLING
0:18:32	110.0	110.3	0%	COOKING	0:38:48	40.0	40.2	0%	FINISH
0:19:32	110.0	110.0	0%	COOKING					

ตารางที่ ก.14 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.3	100%	START	0:06:59	110	110.3	0%	COOKING
0:00:26	110.0	63.7	100%	COME UP	0:07:59	110	110.1	0%	COOKING
0:01:26	110.0	80.5	100%	COME UP	0:09:00	110	110.2	0%	COOKING
0:02:27	110.0	89.0	100%	COME UP	0:10:00	110	110.3	24%	COOKING
0:03:27	110.0	94.9	100%	COME UP	0:11:01	110	110.5	0%	COOKING
0:04:28	110.0	99.8	100%	COME UP	0:12:01	110	110.1	0%	COOKING
0:05:28	110.0	106.9	100%	COME UP	0:13:01	110	110.1	0%	COOKING
0:05:58	110.0	110.1	0%	COOKING	0:14:02	110	109.9	7%	COOKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:16:03	110.0	110.3	0%	COOKING	0:29:43	40.0	50.9	0%	COOLING
0:17:03	110.0	110.3	0%	COOKING	0:30:43	40.0	49.3	0%	COOLING
0:18:04	110.0	110.1	0%	COOKING	0:31:44	40.0	47.9	0%	COOLING
0:19:04	110.0	110.9	0%	COOKING	0:32:44	40.0	46.6	0%	COOLING
0:20:04	110.0	110.6	0%	COOKING	0:33:44	40.0	44.9	0%	COOLING
0:21:05	110.0	110.7	0%	COOKING	0:34:45	40.0	43.9	0%	COOLING
0:22:05	110.0	109.7	0%	COOKING	0:35:45	40.0	42.6	0%	COOLING
0:22:35	40.0	110.0	0%	COOLING	0:36:45	40.0	41.9	0%	COOLING
0:23:36	40.0	60.6	0%	COOLING	0:37:46	40.0	41.1	0%	COOLING
0:24:36	40.0	60.0	0%	COOLING	0:38:46	40.0	40.3	0%	COOLING
0:25:41	40.0	58.2	0%	COOLING	0:39:46	40.0	39.9	0%	COOLING
0:26:42	40.0	56.5	0%	COOLING	0:40:16	40.0	39.7	0%	COOLING
0:27:43	40.0	54.4	0%	COOLING	0:40:34	40.0	39.8	0%	FINISH
0:28:43	40.0	52.5	0%	COOLING					

ตารางที่ ก.15 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่า เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.5	100%	START	0:15:02	110.0	109.9	0%	COOKING
0:00:28	110.0	61.8	100%	COME UP	0:16:02	110.0	110.0	0%	COOKING
0:01:29	110.0	78.8	100%	COME UP	0:17:03	110.0	110.2	0%	COOKING
0:02:29	110.0	86.2	100%	COME UP	0:18:03	110.0	110.1	28%	COOKING
0:03:29	110.0	92.6	100%	COME UP	0:19:03	110.0	110.1	0%	COOKING
0:04:29	110.0	95.9	100%	COME UP	0:20:04	110.0	110.4	0%	COOKING
0:05:30	110.0	101.1	100%	COME UP	0:21:04	110.0	110.4	0%	COOKING
0:06:37	110.0	105.7	100%	COME UP	0:22:04	110.0	110.7	0%	COOKING
0:07:00	110.0	107.1	0%	COOKING	0:23:04	110.0	109.9	0%	COOKING
0:08:00	110.0	110.1	0%	COOKING	0:23:34	110.0	109.7	0%	COOKING
0:09:01	110.0	110.1	0%	COOKING	0:24:05	110.0	109.7	0%	COOLING
0:10:01	110.0	110.3	0%	COOKING	0:25:05	40.0	69.0	0%	COOLING
0:11:01	110.0	110.9	0%	COOKING	0:26:05	40.0	60.8	0%	COOLING
0:12:01	110.0	110.1	1%	COOKING	0:27:05	40.0	59.2	0%	COOLING
0:13:02	110.0	109.9	0%	COOKING	0:28:06	40.0	57.8	0%	COOLING
0:14:02	110.0	110.1	4%	COOKING	0:29:06	40.0	56.0	0%	COOLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) (ต่อ)

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:30:06	40.0	54.5	0%	COOLING	0:37:08	40.0	45.3	0%	COOLING
0:31:06	40.0	52.8	0%	COOLING	0:38:09	40.0	44.5	0%	COOLING
0:32:07	40.0	51.1	0%	COOLING	0:39:09	40.0	43.4	0%	COOLING
0:33:07	40.0	49.8	0%	COOLING	0:40:09	40.0	42.5	0%	COOLING
0:34:07	40.0	48.8	0%	COOLING	0:41:10	40.0	41.4	0%	COOLING
0:35:08	40.0	47.3	0%	COOLING	0:41:40	40.0	40.7	0%	COOLING
0:36:08	40.0	46.2	0%	COOLING	0:41:55	40.0	40.8	0%	FINISH

ตารางที่ ก.16 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์วควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:00:00	110.0	29.7	100%	START	0:19:34	110.0	110.3	0%	COOKING
0:00:28	110.0	62.5	100%	COME UP	0:20:35	110.0	110.4	0%	COOKING
0:01:28	110.0	79.0	100%	COME UP	0:21:35	110.0	110.1	3%	COOKING
0:02:28	110.0	86.8	100%	COME UP	0:22:35	110	110.0	0%	COOKING
0:03:29	110.0	91.6	100%	COME UP	0:23:35	110	109.8	0%	COOKING
0:04:29	110.0	95.5	100%	COME UP	0:24:06	40.0	109.5	0%	COOLING
0:05:30	110.0	99.4	100%	COME UP	0:25:06	40.0	68.2	0%	COOLING
0:06:30	110.0	103.8	100%	COME UP	0:26:06	40.0	62.0	0%	COOLING
0:07:00	110.0	106.2	100%	COME UP	0:27:07	40.0	60.7	0%	COOLING
0:07:37	110.0	108.6	14%	COOKING	0:28:07	40.0	59.5	0%	COOLING
0:08:31	110.0	109.9	34%	COOKING	0:29:07	40.0	57.7	0%	COOLING
0:09:31	110.0	109.9	31%	COOKING	0:30:07	40.0	55.2	0%	COOLING
0:10:31	110.0	109.9	0%	COOKING	0:31:08	40.0	53.7	0%	COOLING
0:11:32	110.0	110.1	42%	COOKING	0:32:08	40.0	52.2	0%	COOLING
0:12:32	110.0	109.8	0%	COOKING	0:33:08	40.0	49.9	0%	COOLING
0:13:32	110.0	110.1	0%	COOKING	0:34:08	40.0	48.5	0%	COOLING
0:14:33	110.0	110.5	0%	COOKING	0:35:09	40.0	47.3	0%	COOLING
0:15:33	110.0	110.6	0%	COOKING	0:36:09	40.0	46.2	0%	COOLING
0:16:33	110.0	110.3	0%	COOKING	0:37:09	40.0	44.6	0%	COOLING
0:17:34	110.0	110.5	49%	COOKING	0:38:09	40.0	42.8	0%	COOLING
0:18:34	110.0	109.8	0%	COOKING	0:39:10	40.0	42.2	0%	COOLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) (ต่อ)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:40:10	40.0	41.4	0%	COOLING
0:41:10	40.0	40.7	0%	COOLING

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:41:40	40.0	40.2	0%	COOLING
0:41:54	40.0	40.1	0%	FINISH

ตารางที่ ก.17 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:00:00	110.0	29.2	100%	START
0:00:22	110.0	53.7	100%	COME UP
0:01:22	110.0	77.5	100%	COME UP
0:02:23	110.0	84.6	100%	COME UP
0:03:23	110.0	90.4	100%	COME UP
0:04:23	110.0	94.1	100%	COME UP
0:05:23	110.0	98.8	100%	COME UP
0:06:24	110.0	102.4	100%	COME UP
0:07:24	110.0	105.8	100%	COME UP
0:07:54	110.0	107.5	0%	COOKING
0:08:54	110.0	109.7	0%	COOKING
0:09:55	110.0	111.4	0%	COOKING
0:10:55	110.0	110.0	0%	COOKING
0:11:55	110.0	109.9	0%	COOKING
0:12:55	110.0	110.2	1%	COOKING
0:13:56	110.0	110.2	0%	COOKING
0:14:56	110.0	110.7	0%	COOKING
0:15:56	110.0	110.4	0%	COOKING
0:16:57	110.0	110.5	21%	COOKING
0:17:57	110.0	110.1	0%	COOKING
0:18:58	110.0	111.1	0%	COOKING
0:19:58	110.0	110.6	0%	COOKING
0:20:58	110.0	110.5	0%	COOKING

เวลา (นาทิจ)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุม ไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อต้ม เชื้อ		
0:21:59	110.0	110.8	0%	COOKING
0:22:59	110.0	109.8	0%	COOKING
0:23:29	110.0	110.5	0%	COOKING
0:24:00	40.0	110.5	0%	COOLING
0:25:00	40.0	110.0	0%	COOLING
0:26:00	40.0	67.6	0%	COOLING
0:27:01	40.0	59.1	0%	COOLING
0:28:01	40.0	57.2	0%	COOLING
0:29:02	40.0	56.1	0%	COOLING
0:30:02	40.0	54.4	0%	COOLING
0:31:02	40.0	53.0	0%	COOLING
0:32:03	40.0	51.6	0%	COOLING
0:33:04	40.0	50.1	0%	COOLING
0:34:05	40.0	48.8	0%	COOLING
0:35:01	40.0	47.6	0%	COOLING
0:35:57	40.0	46.3	0%	COOLING
0:37:06	40.0	45.4	0%	COOLING
0:38:06	40.0	44.2	0%	COOLING
0:39:06	40.0	43.1	0%	COOLING
0:40:06	40.0	42.1	0%	COOLING
0:41:07	40.0	41.2	0%	COOLING
0:42:07	40.0	40.2	0%	COOLING
0:42:09	40.0	40.2	0%	FINISH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)		วาล์ว ควบคุมไอน้ำ	กระบวนการ
	เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ				เป้าหมาย	หม้อฆ่าเชื้อ		
0:00:00	110.0	29.8	100%	START	0:22:58	110.0	110.1	0%	COOKING
0:00:21	110.0	55.8	100%	COME UP	0:23:58	110.0	110.5	0%	COOKING
0:01:21	110.0	72.2	100%	COME UP	0:24:59	110.0	110.0	0%	COOKING
0:02:21	110.0	83.4	100%	COME UP	0:25:29	40.0	109.5	0%	COOLING
0:03:22	110.0	90.1	100%	COME UP	0:26:29	40.0	76.8	0%	COOLING
0:04:22	110.0	94.0	100%	COME UP	0:27:29	40.0	61.4	0%	COOLING
0:05:22	110.0	96.7	100%	COME UP	0:28:30	40.0	60.1	0%	COOLING
0:06:23	110.0	99.9	100%	COME UP	0:29:30	40.0	58.5	0%	COOLING
0:07:23	110.0	102.7	100%	COME UP	0:30:30	40.0	56.8	0%	COOLING
0:08:23	110.0	105.8	100%	COME UP	0:31:31	40.0	55.3	0%	COOLING
0:08:53	110.0	107.1	0%	COOKING	0:32:31	40.0	53.5	0%	COOLING
0:09:54	110.0	110.2	0%	COOKING	0:33:31	40.0	52.3	0%	COOLING
0:10:54	110.0	110.1	0%	COOKING	0:34:32	40.0	50.1	0%	COOLING
0:11:54	110.0	110.1	0%	COOKING	0:35:32	40.0	49.2	0%	COOLING
0:12:55	110.0	110.2	0%	COOKING	0:36:32	40.0	47.4	0%	COOLING
0:13:55	110.0	110.1	0%	COOKING	0:37:33	40.0	46.7	0%	COOLING
0:14:55	110.0	110.5	0%	COOKING	0:38:33	40.0	45.0	0%	COOLING
0:15:56	110.0	110.1	0%	COOKING	0:39:33	40.0	44.5	0%	COOLING
0:16:56	110.0	110.4	0%	COOKING	0:40:34	40.0	42.6	0%	COOLING
0:17:56	110.0	110.7	0%	COOKING	0:41:34	40.0	42.2	0%	COOLING
0:18:57	110.0	110.4	0%	COOKING	0:42:34	40.0	41.0	0%	COOLING
0:19:57	110.0	110.6	0%	COOKING	0:43:04	40.0	40.6	0%	COOLING
0:20:57	110.0	110.3	0%	COOKING	0:43:31	40.0	40.4	0%	FINISH
0:21:58	110.0	110.2	0%	COOKING					

ก.1.2 ผลอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารภายในกระป๋อง

ตารางที่ ก.19 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.3	0:05:00	64.3
0:01:00	37.0	0:06:00	66.0
0:02:00	49.9	0:07:00	67.9
0:03:00	56.3	0:08:00	69.8
0:04:00	62.3	0:09:00	71.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:10:00	72.3	0:22:00	57.3
0:11:00	73.1	0:23:00	53.3
0:12:00	74.4	0:24:00	50.7
0:13:00	74.8	0:25:00	48.7
0:14:00	75.0	0:26:00	47.2
0:15:00	75.6	0:27:00	46.0
0:16:00	75.9	0:28:00	44.8
0:17:00	76.1	0:29:00	43.9
0:18:00	76.5	0:30:00	43.0
0:19:00	76.4	0:31:00	42.4
0:20:00	76.3	0:32:00	41.5
0:21:00	74.1		

ตารางที่ ก.20 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.5	0:15:00	74.8
0:01:00	44.7	0:16:00	74.6
0:02:00	60.5	0:17:00	75.4
0:03:00	64.2	0:18:00	75.8
0:04:00	64.9	0:19:00	76.1
0:05:00	66.9	0:20:00	75.9
0:06:00	68.0	0:21:00	75.6
0:07:00	69.5	0:22:00	71.7
0:08:00	70.0	0:23:00	60.1
0:09:00	71.0	0:24:00	53.1
0:10:00	71.9	0:25:00	49.0
0:11:00	72.5	0:26:00	46.4
0:12:00	73.7	0:27:00	44.7
0:13:00	74.5	0:28:00	44.3
0:14:00	74.2		

ตารางที่ ก.21 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27	0:03:00	49.3
0:01:00	35.5	0:04:00	67
0:02:00	40.9	0:05:00	80.8

ตารางที่ ก.21 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:06:00	90.5	0:23:00	101.1
0:07:00	96.1	0:24:00	80.6
0:08:00	98.4	0:25:00	69.9
0:09:00	99.5	0:26:00	63.6
0:10:00	100.1	0:27:00	59.8
0:11:00	100.5	0:28:00	56.9
0:12:00	100.7	0:29:00	54.5
0:13:00	100.8	0:30:00	52.5
0:14:00	101	0:31:00	50.8
0:15:00	101	0:32:00	49.3
0:16:00	101.1	0:33:00	48
0:17:00	101.1	0:34:00	46.8
0:18:00	101.2	0:35:00	45.7
0:19:00	101.2	0:36:00	44.7
0:20:00	101.2	0:37:00	43.7
0:21:00	101.3	0:38:00	42.9
0:22:00	101.2	0:39:00	42.5

ตารางที่ ก.22 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.6	0:17:00	101.3
0:01:00	38.8	0:18:00	101.3
0:02:00	52.3	0:19:00	101.2
0:03:00	69.1	0:20:00	101.3
0:04:00	82	0:21:00	101.3
0:05:00	89.5	0:22:00	101.2
0:06:00	96.8	0:23:00	97.2
0:07:00	99.4	0:24:00	79.9
0:08:00	100.3	0:25:00	69.4
0:09:00	100.8	0:26:00	63.4
0:10:00	101	0:27:00	59.6
0:11:00	100.9	0:28:00	56.8
0:12:00	101.1	0:29:00	54.6
0:13:00	101.2	0:30:00	52.8
0:14:00	101.1	0:31:00	51.2
0:15:00	101.2	0:32:00	49.7
0:16:00	101.2	0:33:00	48.3

ตารางที่ ก.22 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:34:00	47	0:37:00	43.7
0:35:00	45.8	0:38:00	43.2
0:36:00	44.7		

ตารางที่ ก.23 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.4	0:20:00	111.5
0:01:00	35.6	0:21:00	111.4
0:02:00	42.9	0:22:00	111.4
0:03:00	59.9	0:23:00	111.4
0:04:00	76.5	0:24:00	111.2
0:05:00	88.0	0:25:00	93.8
0:06:00	96.2	0:26:00	80.9
0:07:00	102.9	0:27:00	72.4
0:08:00	107.9	0:28:00	66.8
0:09:00	109.9	0:29:00	62.8
0:10:00	110.6	0:30:00	57.2
0:11:00	111.1	0:31:00	55.1
0:12:00	111.3	0:32:00	53.5
0:13:00	111.4	0:33:00	51.9
0:14:00	111.4	0:34:00	49.2
0:15:00	111.5	0:35:00	46.0
0:16:00	111.5	0:36:00	45.0
0:17:00	111.5	0:37:00	44.1
0:18:00	111.5	0:38:00	43.4
0:19:00	111.4	0:39:00	42.5

ตารางที่ ก.24 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.5	0:05:00	89.2
0:01:00	42.1	0:06:00	96.5
0:02:00	51.6	0:07:00	101.6
0:03:00	68.9	0:08:00	107.6
0:04:00	81.5	0:09:00	110.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.24 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:10:00	110.9	0:27:00	81.4
0:11:00	111.0	0:28:00	71.7
0:12:00	111.1	0:29:00	66.3
0:13:00	111.2	0:30:00	62.6
0:14:00	111.1	0:31:00	59.9
0:15:00	111.2	0:32:00	57.6
0:16:00	111.2	0:33:00	55.7
0:17:00	111.2	0:34:00	53.8
0:18:00	111.2	0:35:00	52.2
0:19:00	111.2	0:36:00	50.7
0:20:00	111.2	0:37:00	49.3
0:21:00	111.3	0:38:00	48
0:22:00	111.5	0:39:00	46.9
0:23:00	111.4	0:40:00	45.8
0:24:00	111.2	0:41:00	44.7
0:25:00	111.2	0:42:00	43.7
0:26:00	98.9	0:43:00	42.8

ตารางที่ ก.25 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.0	0:17:00	111.1
0:01:00	42.6	0:18:00	111.1
0:02:00	53.9	0:19:00	111.1
0:03:00	65.2	0:20:00	111.1
0:04:00	75.1	0:21:00	111.1
0:05:00	90.5	0:22:00	111.1
0:06:00	100.2	0:23:00	111.0
0:07:00	105.8	0:24:00	111.0
0:08:00	108.8	0:25:00	104.8
0:09:00	110.0	0:26:00	85.1
0:10:00	110.5	0:27:00	73.8
0:11:00	110.7	0:28:00	66.5
0:12:00	110.9	0:29:00	61.4
0:13:00	110.9	0:30:00	58.0
0:14:00	111.0	0:31:00	55.3
0:15:00	111.0	0:32:00	53.0
0:16:00	111.1	0:33:00	51.0

ตารางที่ ก.25 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:34:00	50.2	0:41:00	45.0
0:35:00	49.3	0:42:00	44.7
0:36:00	48.8	0:43:00	43.8
0:37:00	47.7	0:44:00	42.7
0:38:00	46.0	0:45:00	42.4
0:39:00	46.3	0:46:00	42.1
0:40:00	45.8		

ตารางที่ ก.26 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 150 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.3	0:23:00	110.8
0:01:00	39.7	0:24:00	91.2
0:02:00	53.7	0:25:00	78.9
0:03:00	63.2	0:26:00	70.9
0:04:00	78.1	0:27:00	66.0
0:05:00	94.5	0:28:00	62.5
0:06:00	101.9	0:29:00	59.9
0:07:00	107.3	0:30:00	57.6
0:08:00	109.4	0:31:00	55.7
0:09:00	110.1	0:32:00	53.9
0:10:00	110.5	0:33:00	52.4
0:11:00	110.7	0:34:00	51.0
0:12:00	110.8	0:35:00	49.7
0:13:00	110.9	0:36:00	48.4
0:14:00	111.0	0:37:00	47.3
0:15:00	111.0	0:38:00	46.2
0:16:00	111.0	0:39:00	45.2
0:17:00	111.0	0:40:00	44.3
0:18:00	111.0	0:41:00	43.5
0:19:00	111.0	0:42:00	42.6
0:20:00	111.0	0:43:00	41.9
0:21:00	111.0	0:44:00	41.8
0:22:00	110.9		

ตารางที่ ก.27 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.7	0:21:00	111.3
0:01:00	34.9	0:22:00	111.2
0:02:00	44.6	0:23:00	94.4
0:03:00	66.7	0:24:00	81.0
0:04:00	82.6	0:25:00	73.0
0:05:00	90.1	0:26:00	67.6
0:06:00	99.2	0:27:00	63.6
0:07:00	106.1	0:28:00	60.5
0:08:00	109.2	0:29:00	57.8
0:09:00	110.3	0:30:00	55.5
0:10:00	110.7	0:31:00	53.5
0:11:00	110.9	0:32:00	51.7
0:12:00	111.1	0:33:00	50.1
0:13:00	111.2	0:34:00	48.6
0:14:00	111.2	0:35:00	47.3
0:15:00	111.2	0:36:00	46.0
0:16:00	111.2	0:37:00	44.8
0:17:00	111.2	0:38:00	43.7
0:18:00	111.3	0:39:00	42.7
0:19:00	111.4	0:40:00	42.0
0:20:00	111.4	0:41:00	41.3

ตารางที่ ก.28 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.3	0:12:00	111.2
0:01:00	33.7	0:13:00	111.2
0:02:00	48.8	0:14:00	111.3
0:03:00	67.9	0:15:00	111.3
0:04:00	83.9	0:16:00	111.3
0:05:00	92.9	0:17:00	111.4
0:06:00	100.3	0:18:00	111.4
0:07:00	104.3	0:19:00	111.4
0:08:00	108.6	0:20:00	111.3
0:09:00	110.2	0:21:00	111.3
0:10:00	110.8	0:22:00	111.4
0:11:00	111.0	0:23:00	109.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.28 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:24:00	89.1	0:35:00	50.6
0:25:00	78.1	0:36:00	49.8
0:26:00	71.3	0:37:00	48.5
0:27:00	66.7	0:38:00	47.4
0:28:00	63.2	0:39:00	46.3
0:29:00	60.4	0:40:00	45.3
0:30:00	58.1	0:41:00	44.4
0:31:00	56.0	0:42:00	43.5
0:32:00	54.2	0:43:00	42.7
0:33:00	52.6	0:44:00	42.0
0:34:00	51.1		

ตารางที่ ก.29 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	29.0	0:22:00	111.4
0:01:00	33.5	0:23:00	111.4
0:02:00	35.5	0:24:00	111.3
0:03:00	40.5	0:25:00	111.3
0:04:00	54.4	0:26:00	111.2
0:05:00	70.5	0:27:00	96.4
0:06:00	84.0	0:28:00	78.3
0:07:00	93.8	0:29:00	68.8
0:08:00	100.7	0:30:00	63.3
0:09:00	106.6	0:31:00	59.6
0:10:00	109.4	0:32:00	56.8
0:11:00	110.3	0:33:00	54.4
0:12:00	110.5	0:34:00	52.3
0:13:00	110.9	0:35:00	50.5
0:14:00	111.1	0:36:00	48.9
0:15:00	111.2	0:37:00	47.4
0:16:00	111.3	0:38:00	46.1
0:17:00	111.3	0:39:00	44.8
0:18:00	111.3	0:40:00	43.7
0:19:00	111.3	0:41:00	42.6
0:20:00	111.3	0:42:00	41.8
0:21:00	111.3		

ตารางที่ ก.30 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.6	0:23:00	111.5
0:01:00	35.5	0:24:00	111.4
0:02:00	42.1	0:25:00	111.2
0:03:00	51.6	0:26:00	111.2
0:04:00	68.9	0:27:00	98.9
0:05:00	81.5	0:28:00	81.4
0:06:00	89.2	0:29:00	71.7
0:07:00	96.5	0:30:00	66.3
0:08:00	101.6	0:31:00	62.6
0:09:00	107.6	0:32:00	59.9
0:10:00	110.5	0:33:00	57.6
0:11:00	110.9	0:34:00	55.7
0:12:00	111.0	0:35:00	53.8
0:13:00	111.1	0:36:00	52.2
0:14:00	111.2	0:37:00	50.7
0:15:00	111.1	0:38:00	49.3
0:16:00	111.2	0:39:00	48.0
0:17:00	111.2	0:40:00	46.9
0:18:00	111.2	0:41:00	45.8
0:19:00	111.2	0:42:00	44.7
0:20:00	111.2	0:43:00	43.7
0:21:00	111.2	0:44:00	42.8
0:22:00	111.3		

ตารางที่ ก.31 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.7	0:11:00	110.9
0:01:00	36.7	0:12:00	111.0
0:02:00	43.7	0:13:00	111.1
0:03:00	58.6	0:14:00	111.1
0:04:00	76.7	0:15:00	111.2
0:05:00	90.3	0:16:00	111.2
0:06:00	99.9	0:17:00	111.1
0:07:00	106.7	0:18:00	111.2
0:08:00	109.4	0:19:00	111.1
0:09:00	110.3	0:20:00	111.1
0:10:00	110.0	0:21:00	111.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.31 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:22:00	111.2	0:31:00	55.1
0:23:00	111.1	0:32:00	53.1
0:24:00	96.4	0:33:00	51.3
0:25:00	82.0	0:34:00	49.7
0:26:00	73.2	0:35:00	48.2
0:27:00	67.4	0:36:00	46.8
0:28:00	63.3	0:37:00	45.6
0:29:00	60.0	0:38:00	44.4
0:30:00	57.4	0:39:00	43.4

ตารางที่ ก.32 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และ ความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 2

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	27.9	0:21:00	111.5
0:01:00	36.8	0:22:00	111.4
0:02:00	51.0	0:23:00	92.8
0:03:00	69.7	0:24:00	77.0
0:04:00	86.0	0:25:00	68.8
0:05:00	97.2	0:26:00	64.1
0:06:00	105.3	0:27:00	60.7
0:07:00	108.9	0:28:00	58.1
0:08:00	110.2	0:29:00	55.8
0:09:00	110.7	0:30:00	53.8
0:10:00	111.0	0:31:00	52.0
0:11:00	110.9	0:32:00	50.4
0:12:00	111.0	0:33:00	48.8
0:13:00	111.1	0:34:00	47.4
0:14:00	111.1	0:35:00	46.0
0:15:00	111.2	0:36:00	45.4
0:16:00	111.2	0:37:00	44.9
0:17:00	111.4	0:38:00	43.8
0:18:00	111.4	0:39:00	42.7
0:19:00	111.4	0:40:00	41.9
0:20:00	111.4	0:41:00	41.3

ตารางที่ ก.33 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.6	0:22:00	110.9
0:01:00	52.0	0:23:00	110.8
0:02:00	68.8	0:24:00	103.6
0:03:00	81.7	0:25:00	85.9
0:04:00	90.4	0:26:00	74.6
0:05:00	96.2	0:27:00	68.0
0:06:00	100.3	0:28:00	63.7
0:07:00	105.0	0:29:00	60.6
0:08:00	108.3	0:30:00	58.2
0:09:00	109.9	0:31:00	56.1
0:10:00	111.0	0:32:00	54.3
0:11:00	110.9	0:33:00	52.7
0:12:00	110.8	0:34:00	51.2
0:13:00	110.9	0:35:00	49.9
0:14:00	110.9	0:36:00	48.6
0:15:00	110.9	0:37:00	47.4
0:16:00	111.0	0:38:00	46.3
0:17:00	110.9	0:39:00	45.2
0:18:00	111.0	0:40:00	44.3
0:19:00	111.0	0:41:00	43.5
0:20:00	111.0	0:42:00	42.8
0:21:00	111.0		

ตารางที่ ก.34 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาทื)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.9	0:10:00	110.8
0:01:00	36.6	0:11:00	111.1
0:02:00	47.2	0:12:00	110.9
0:03:00	65.4	0:13:00	111.0
0:04:00	80.5	0:14:00	111.0
0:05:00	89.3	0:15:00	111.0
0:06:00	94.0	0:16:00	111.1
0:07:00	99.7	0:17:00	111.0
0:08:00	106.6	0:18:00	111.0
0:09:00	110.0	0:19:00	111.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.34 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) (ต่อ)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:20:00	111.0	0:32:00	57.8
0:21:00	111.0	0:33:00	55.8
0:22:00	111.0	0:34:00	54.0
0:23:00	111.1	0:35:00	52.4
0:24:00	111.0	0:36:00	50.9
0:25:00	110.0	0:37:00	49.5
0:26:00	92.0	0:38:00	48.1
0:27:00	78.7	0:39:00	46.8
0:28:00	71.1	0:40:00	45.5
0:29:00	66.3	0:41:00	44.3
0:30:00	62.8	0:42:00	43.2
0:31:00	60.2		

ตารางที่ ก.35 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.3	0:20:00	111.3
0:01:00	36.2	0:21:00	111.3
0:02:00	45.4	0:22:00	111.2
0:03:00	73.5	0:23:00	111.2
0:04:00	84.1	0:24:00	111.0
0:05:00	91.5	0:25:00	102.1
0:06:00	97.5	0:26:00	86.2
0:07:00	103.6	0:27:00	75.1
0:08:00	109.0	0:28:00	68.2
0:09:00	110.4	0:29:00	63.4
0:10:00	110.7	0:30:00	59.9
0:11:00	110.9	0:31:00	57.3
0:12:00	111.0	0:32:00	55.1
0:13:00	111.1	0:33:00	53.1
0:14:00	111.1	0:34:00	51.6
0:15:00	111.3	0:35:00	50.1
0:16:00	111.2	0:36:00	48.8
0:17:00	111.2	0:37:00	47.6
0:18:00	111.2	0:38:00	46.4
0:19:00	111.2	0:39:00	45.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.35 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) (ต่อ)

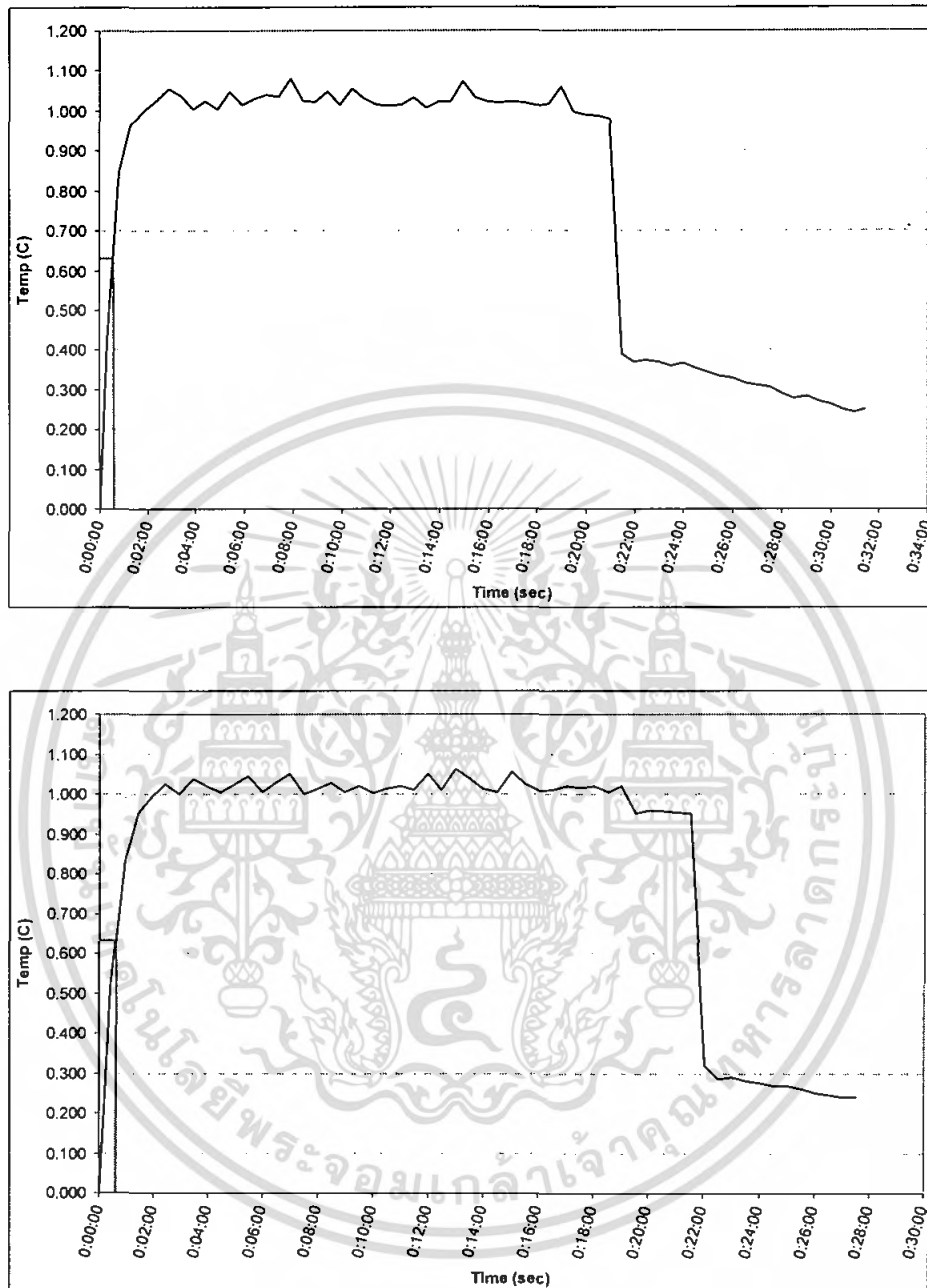
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:40:00	44.3	0:42:00	42.5
0:41:00	43.4		

ตารางที่ ก.36 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

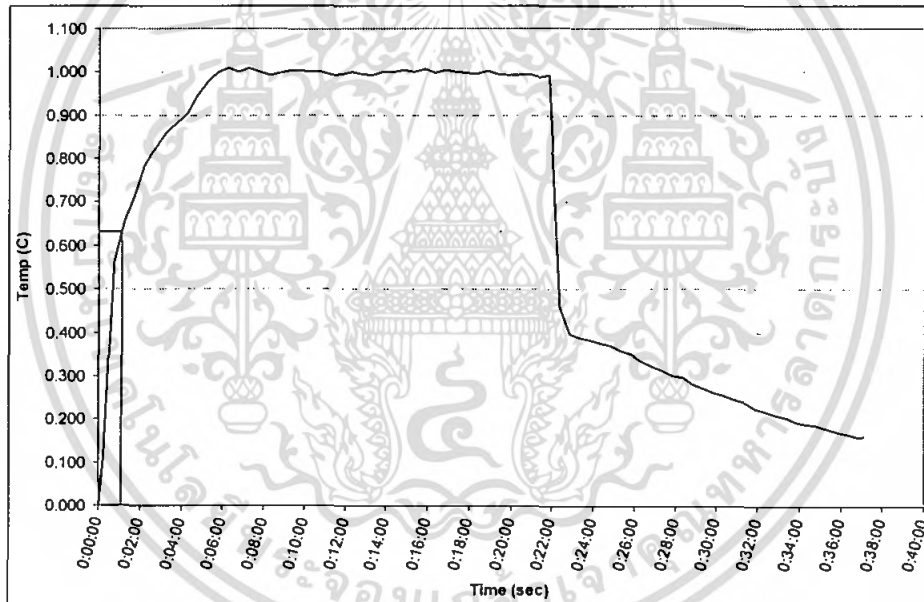
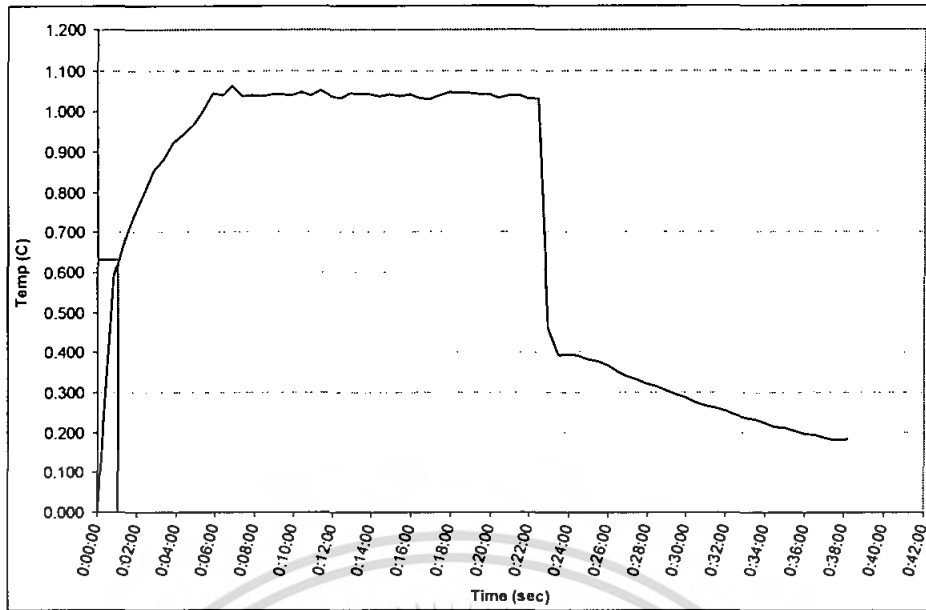
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
0:00:00	28.2	0:23:00	111.1
0:01:00	39.2	0:24:00	111.2
0:02:00	52.1	0:25:00	111.1
0:03:00	70.7	0:26:00	110.7
0:04:00	84.2	0:27:00	95.6
0:05:00	91.7	0:28:00	81.6
0:06:00	95.9	0:29:00	72.6
0:07:00	98.6	0:30:00	66.9
0:08:00	102.1	0:31:00	63.1
0:09:00	106.6	0:32:00	60.2
0:10:00	110.4	0:33:00	57.7
0:11:00	110.9	0:34:00	55.7
0:12:00	111.1	0:35:00	53.9
0:13:00	111.1	0:36:00	52.3
0:14:00	111.3	0:41:00	45.9
0:15:00	111.2	0:42:00	44.8
0:16:00	111.2	0:43:00	43.9
0:17:00	111.2	0:44:00	43.0
0:18:00	111.1	0:37:00	50.8
0:19:00	111.1	0:38:00	49.5
0:20:00	111.1	0:39:00	48.1
0:21:00	111.1	0:40:00	47.0
0:22:00	111.1		

ก.2 การหาค่าเวลาที่ของกระบวนการ ($\tau_{1,2}$)

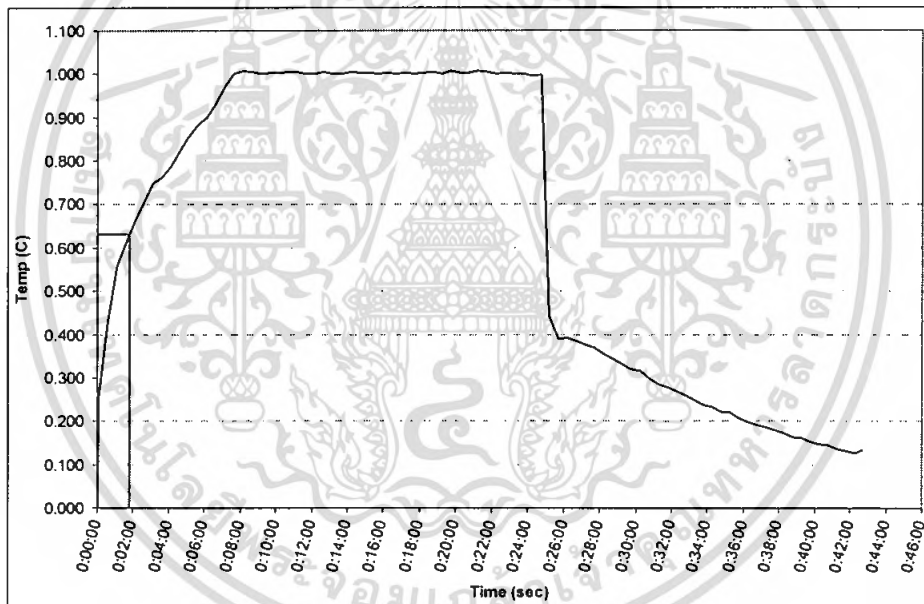
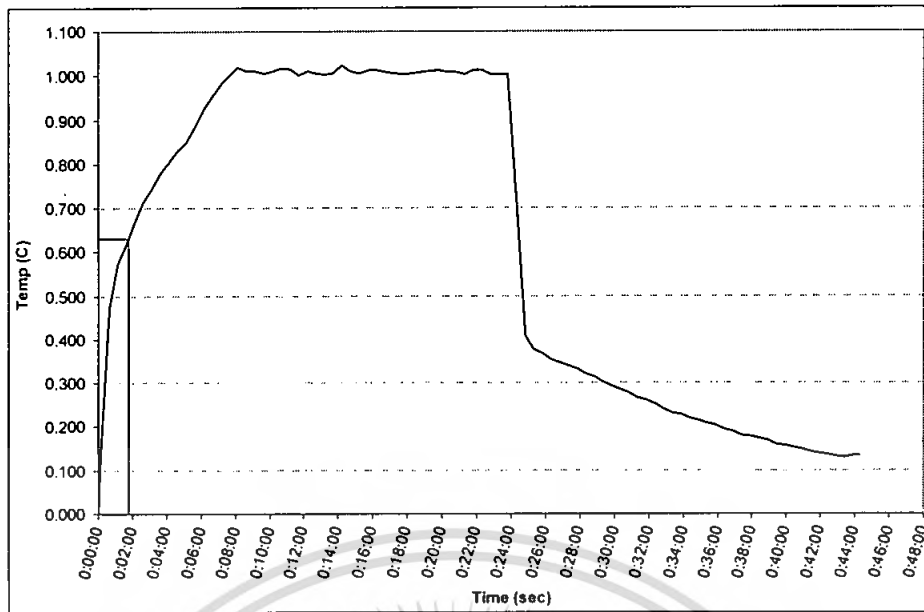
ก.2.1 ผลการทดลองของหม้อน้ำเชื้อ



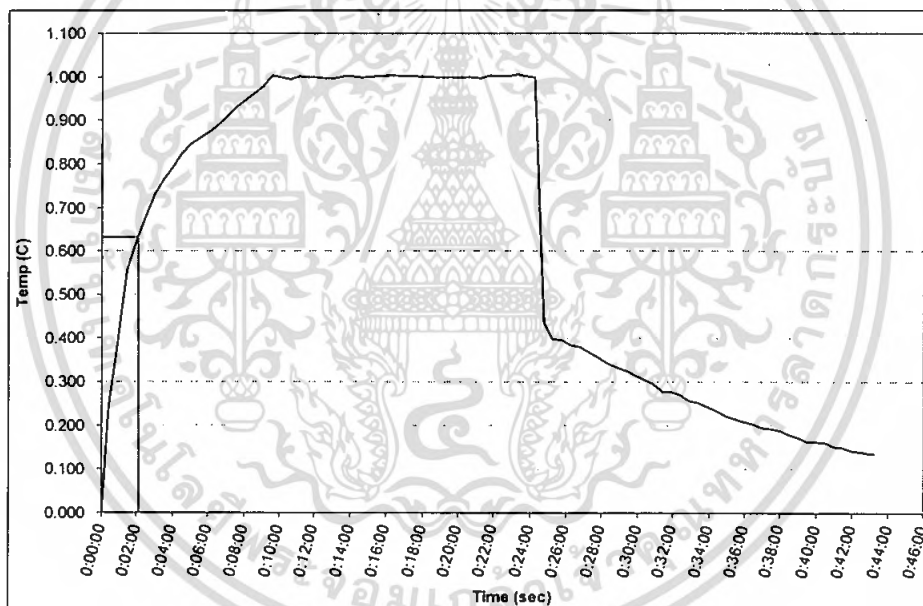
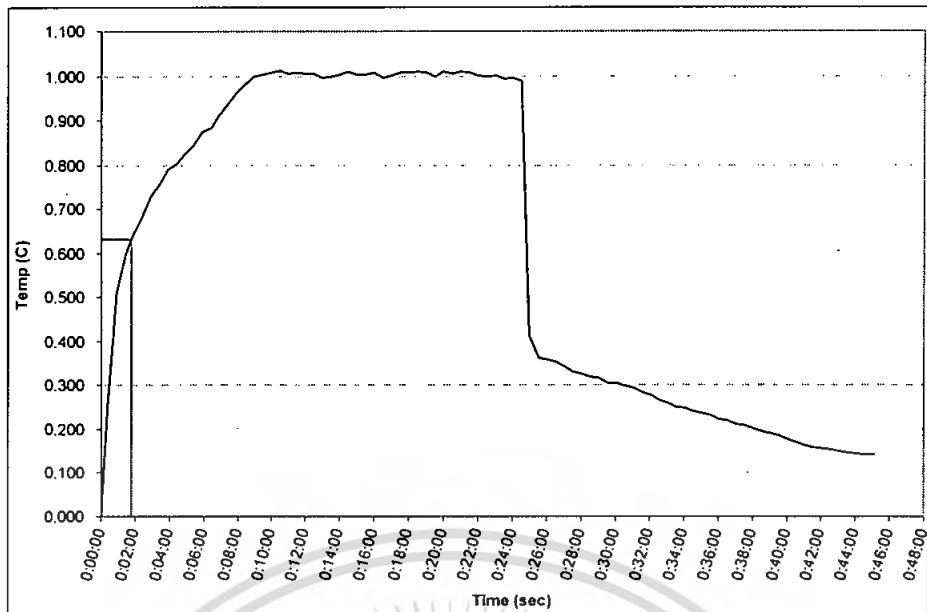
รูปที่ ก.1 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



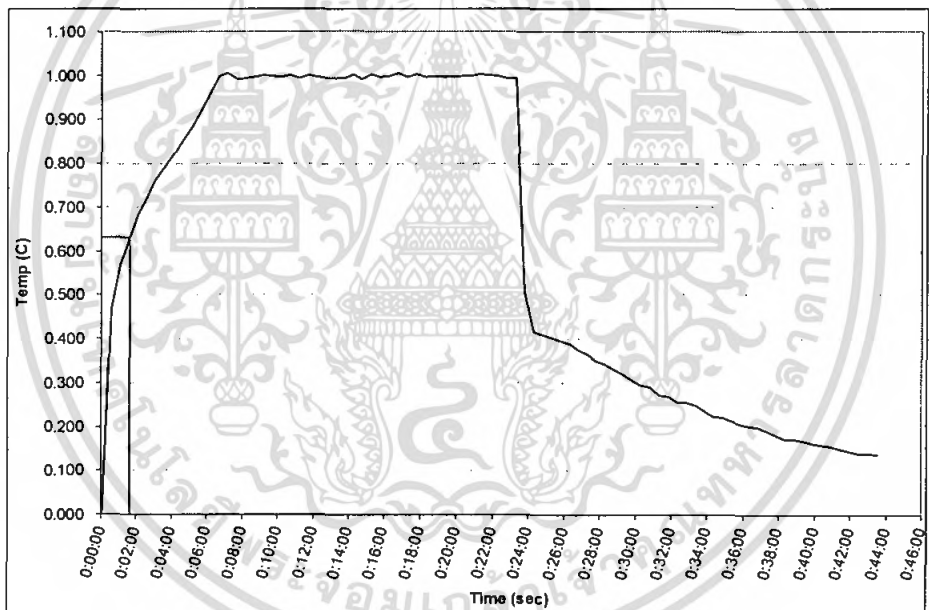
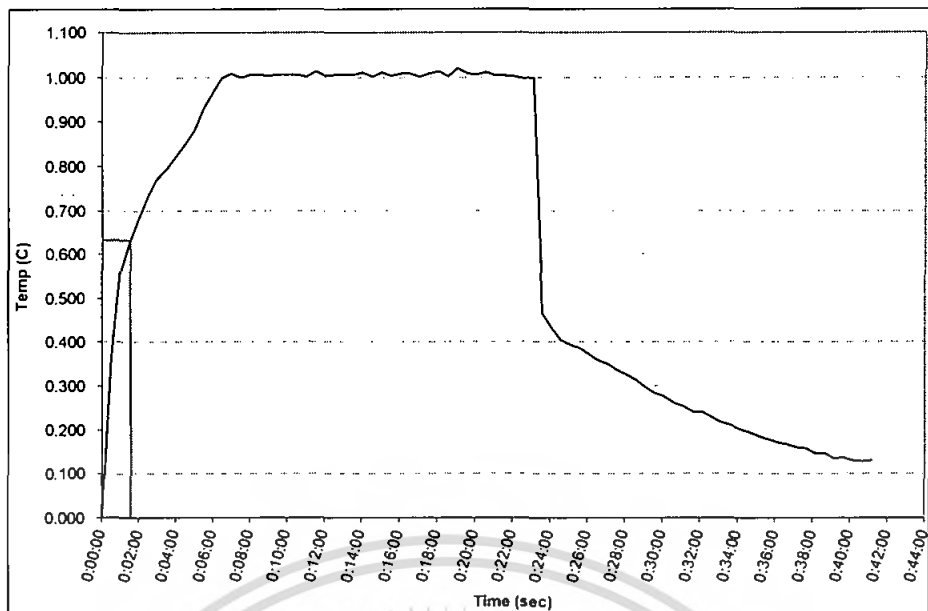
รูปที่ ก.2 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



รูปที่ ก.3 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2

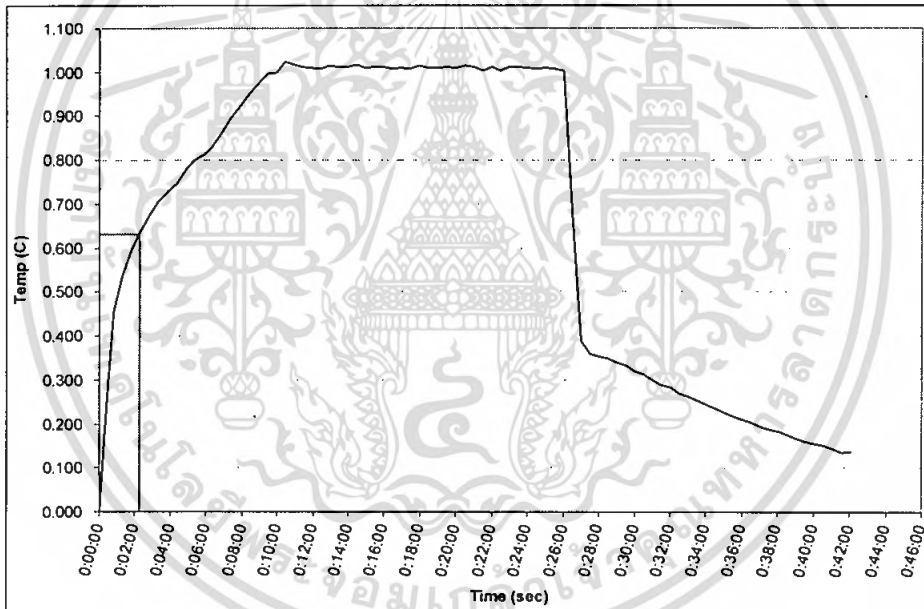
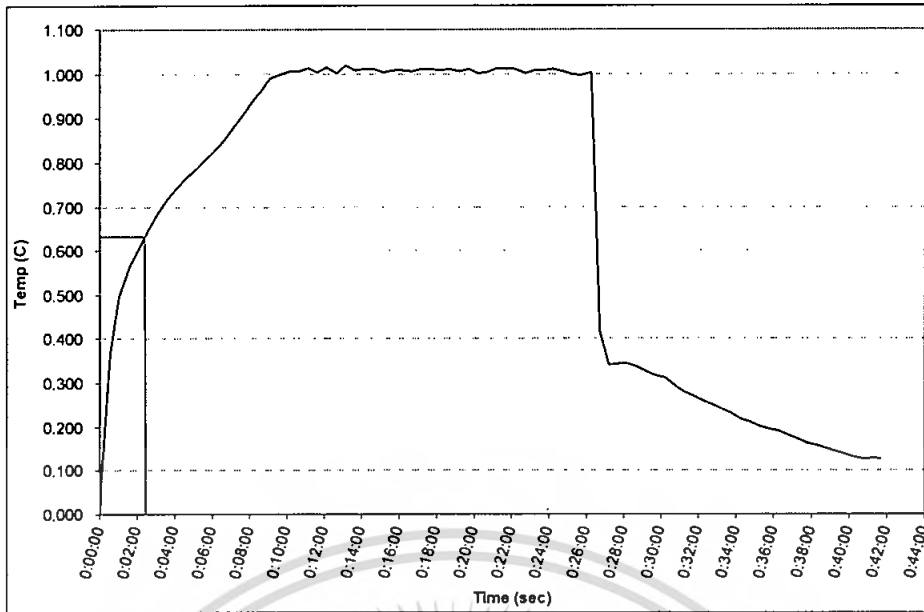


รูปที่ ก.4 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2

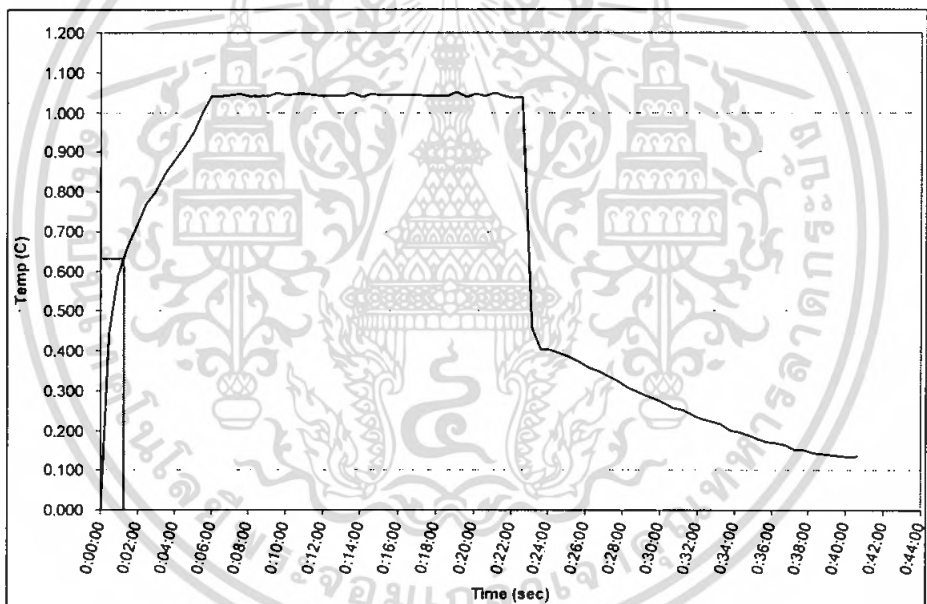
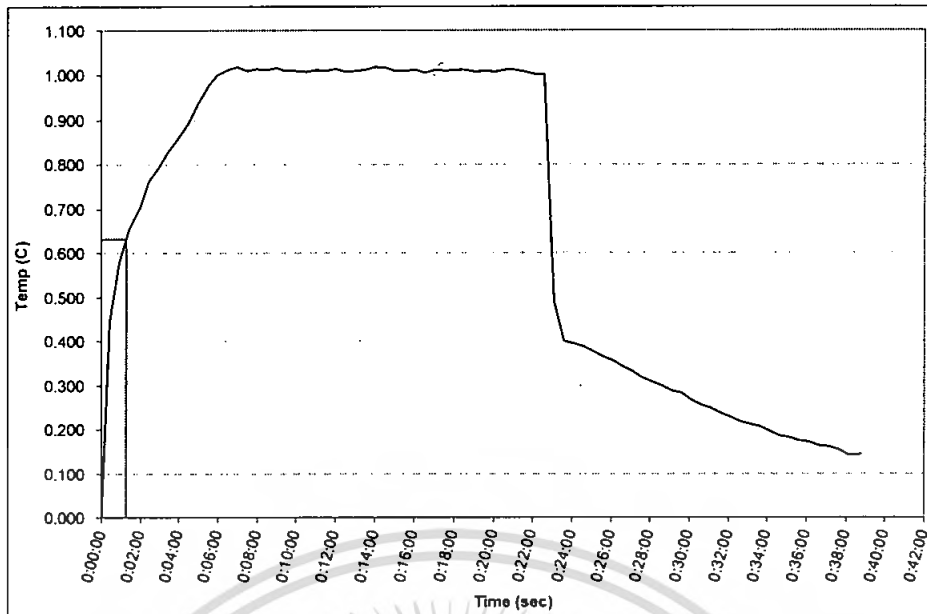


รูปที่ ก.5 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

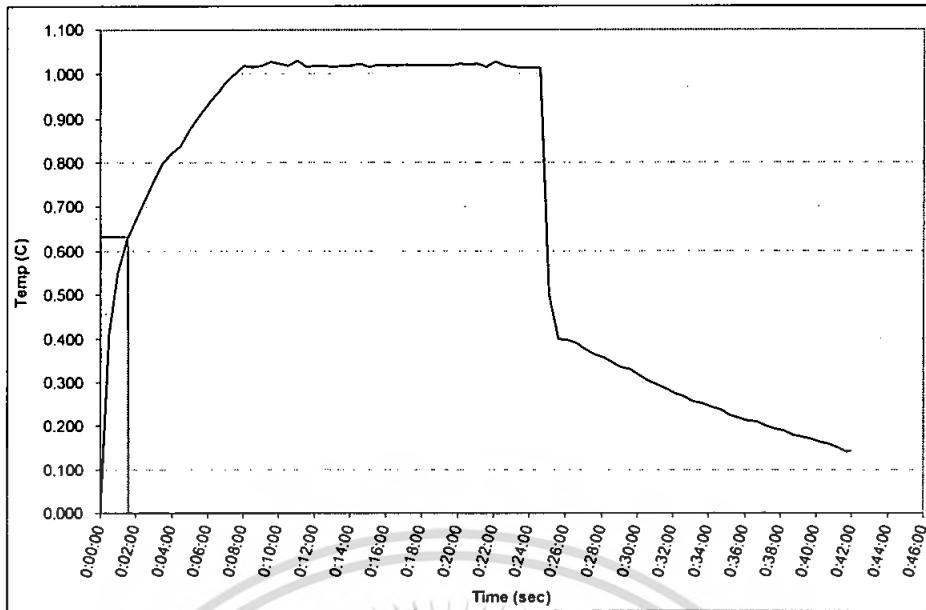
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



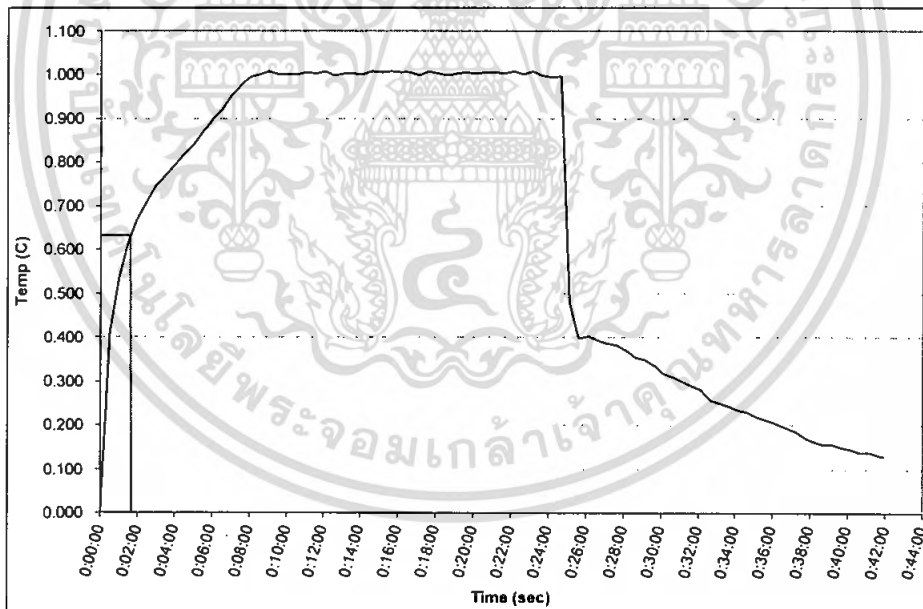
รูปที่ ก.6 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



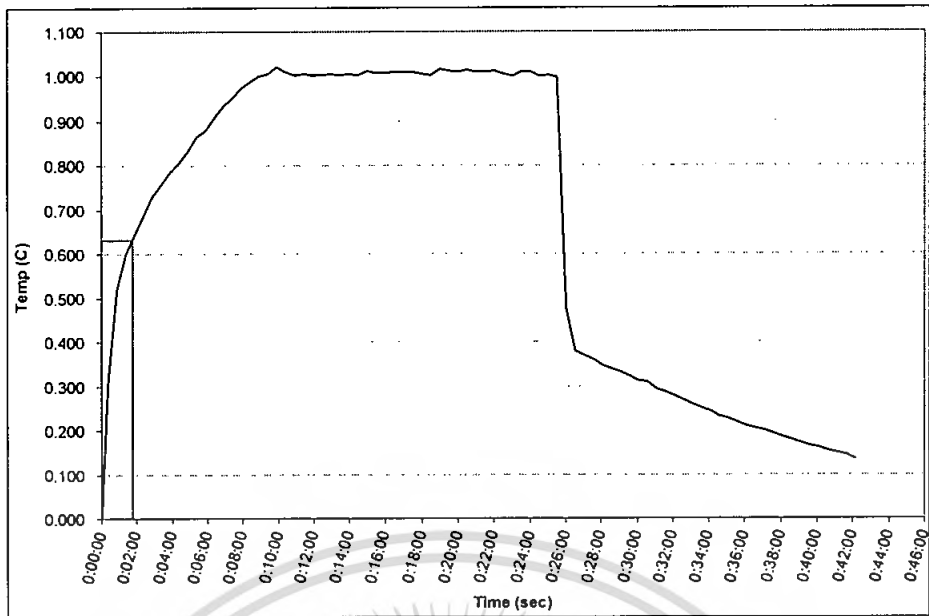
รูปที่ ก.7 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7.0 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



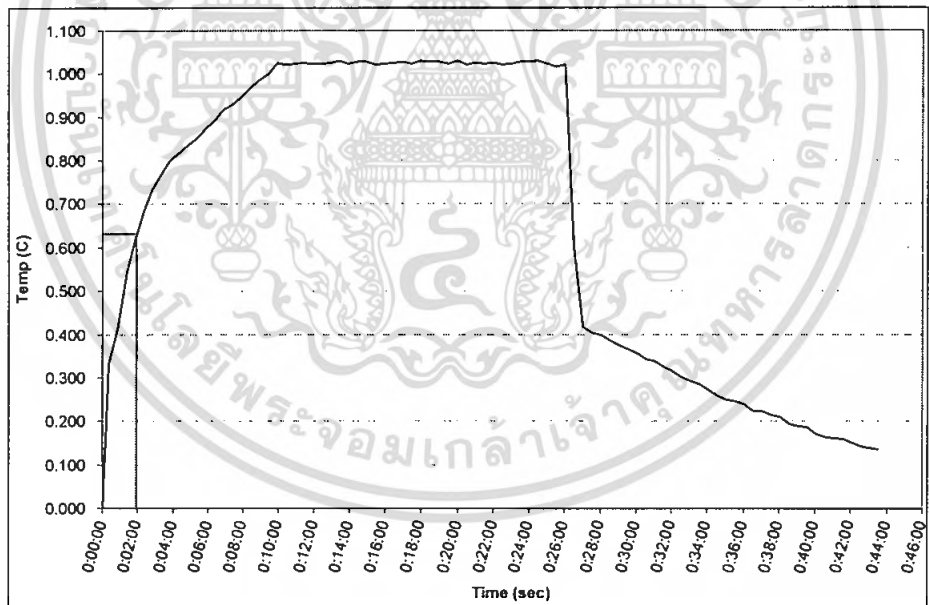
รูปที่ ๘.8 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)



รูปที่ ๘.9 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

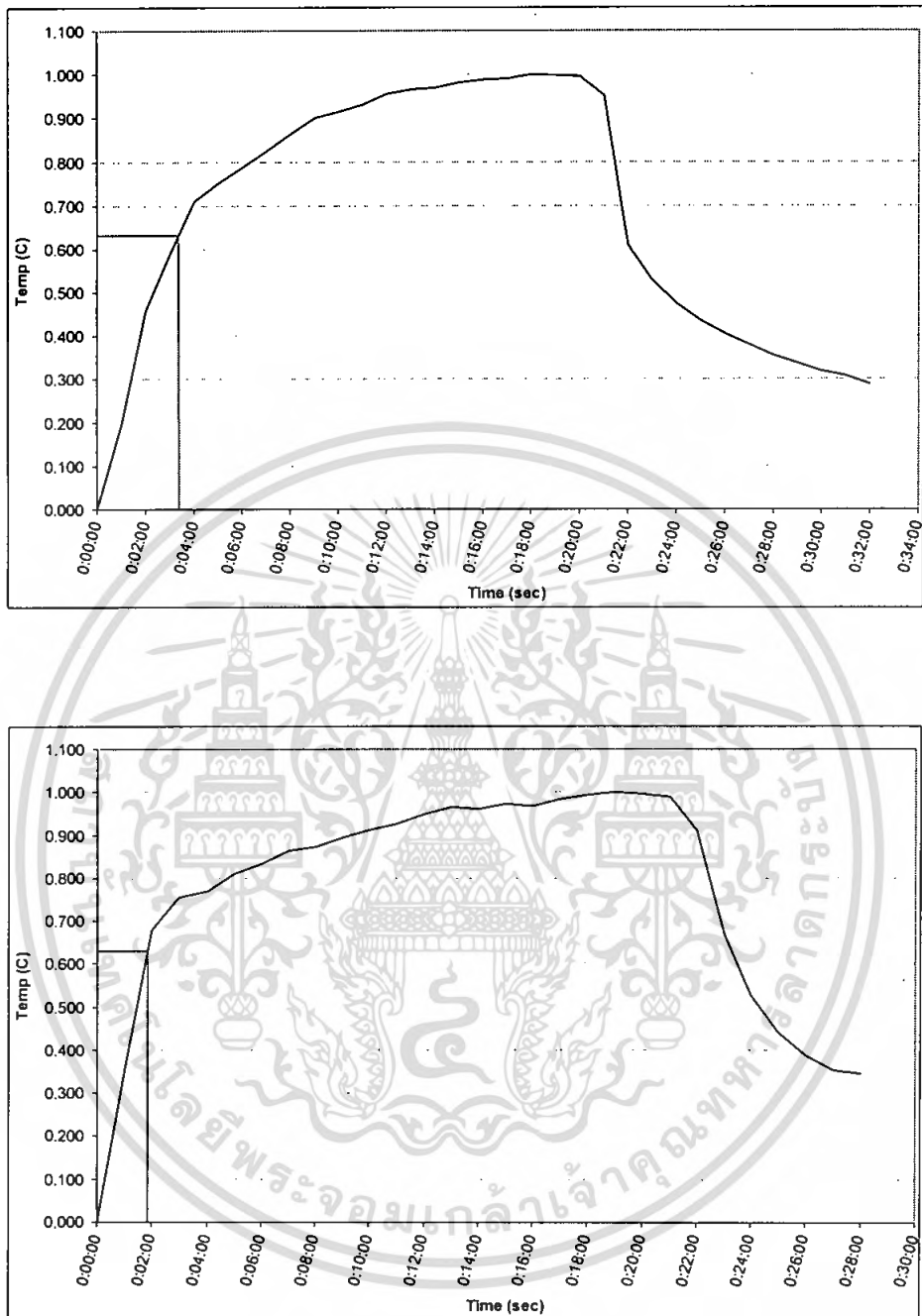


รูปที่ ก.10 กราฟแสดงการหาค่าที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

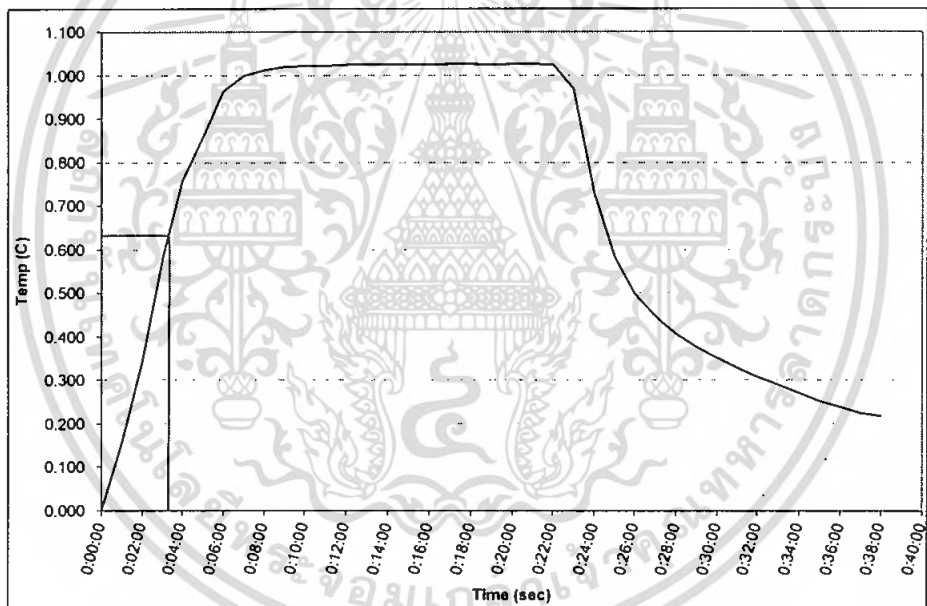
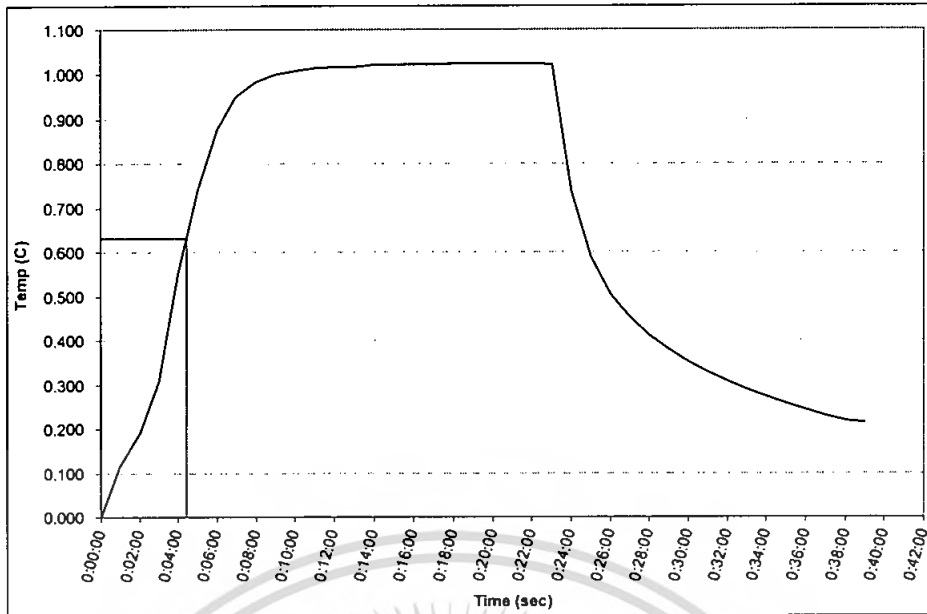


รูปที่ ก.11 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

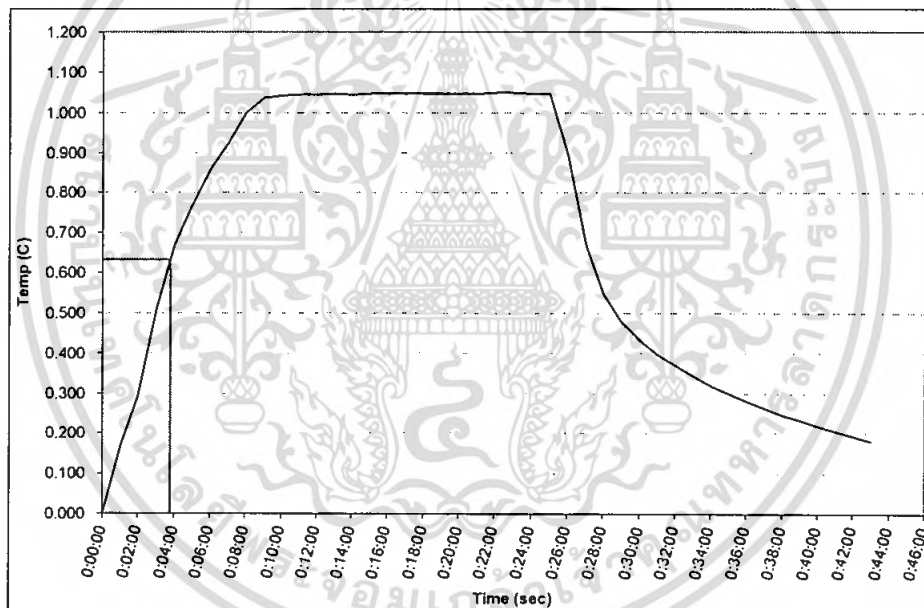
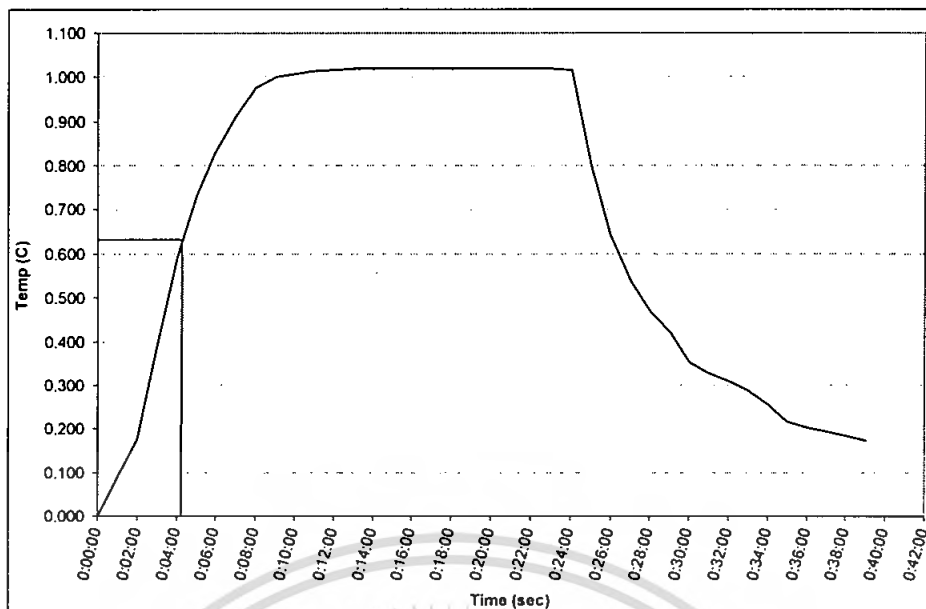
ก.2.2 ผลอุณหภูมิของตัวอย่างอาหารภายในกระป๋อง



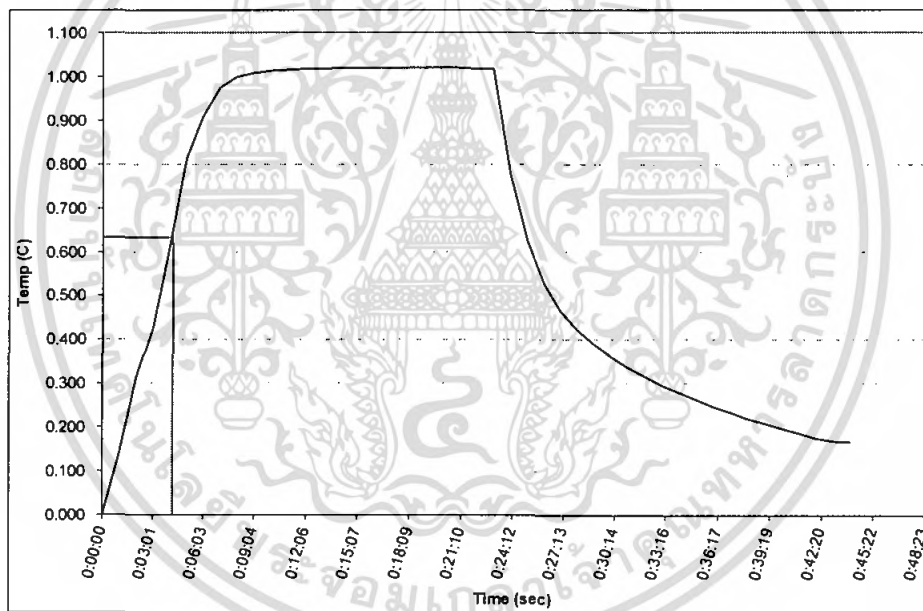
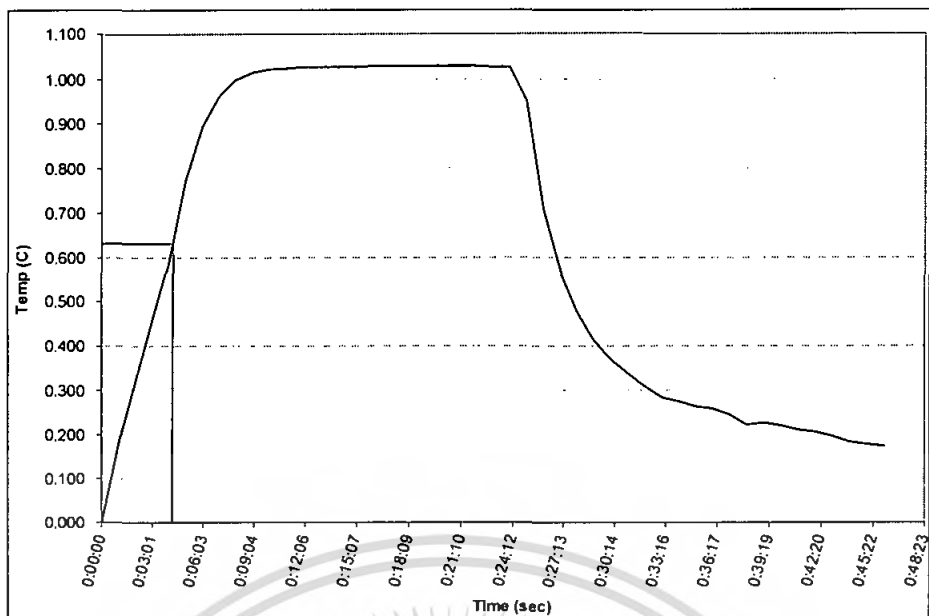
รูปที่ ก.12 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



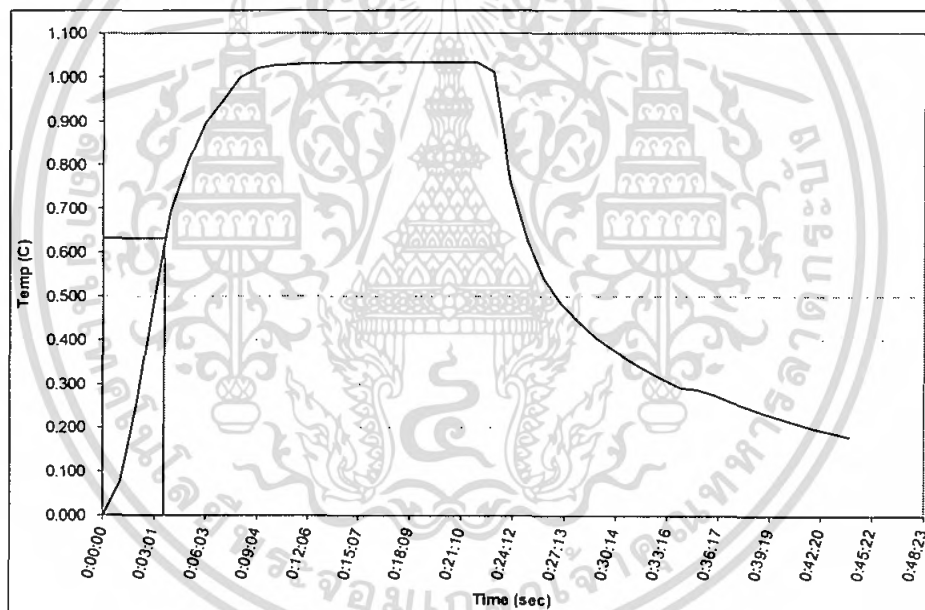
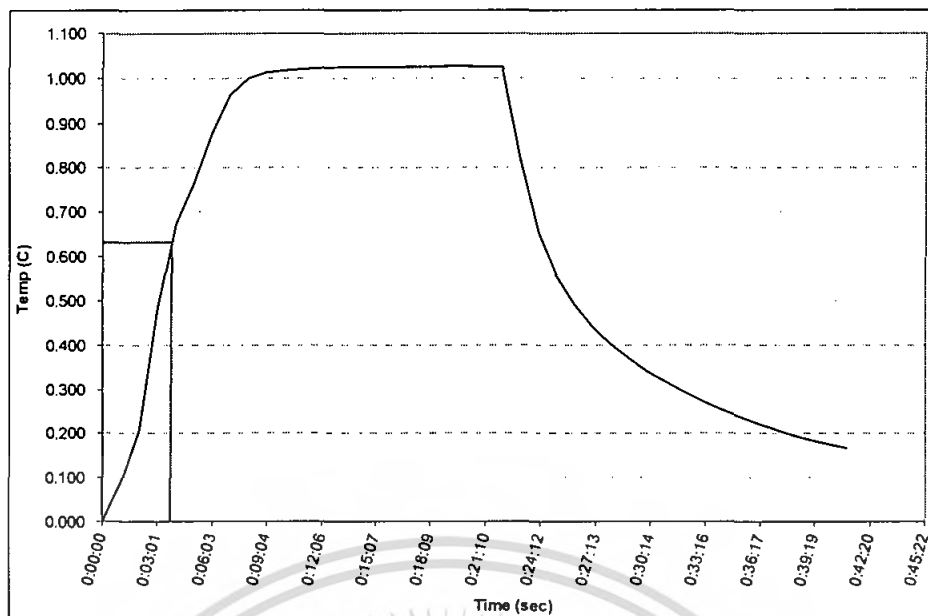
รูปที่ ก.13 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 100°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



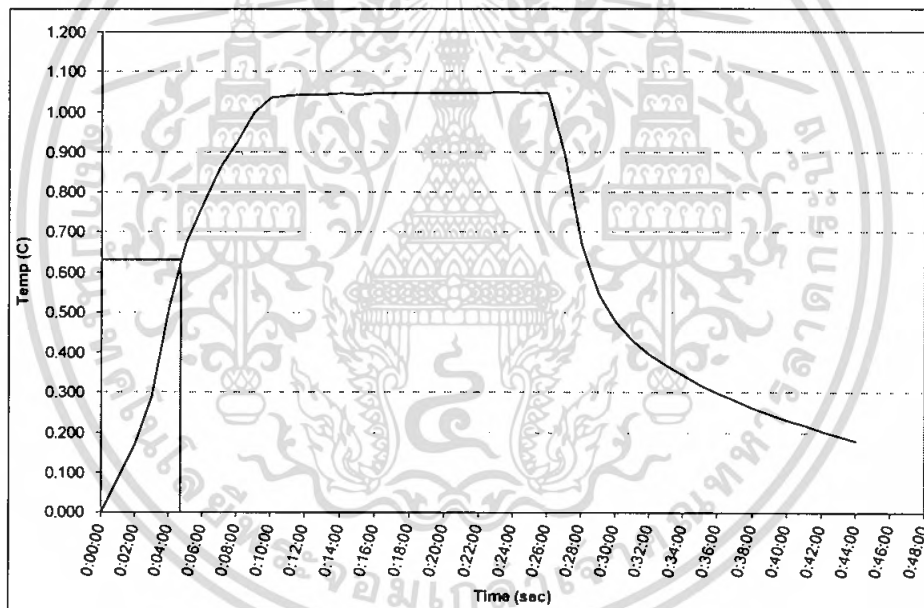
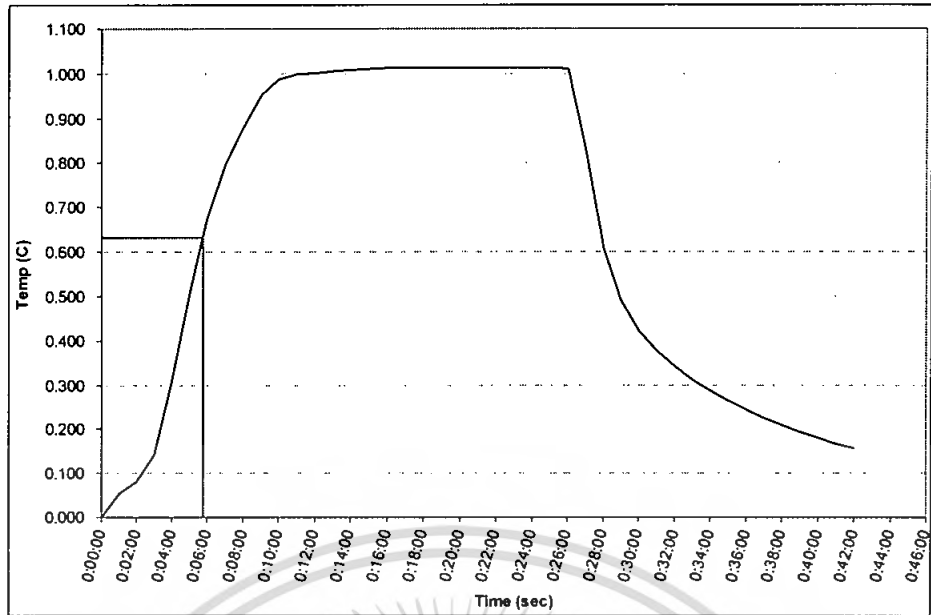
รูปที่ ก.14 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



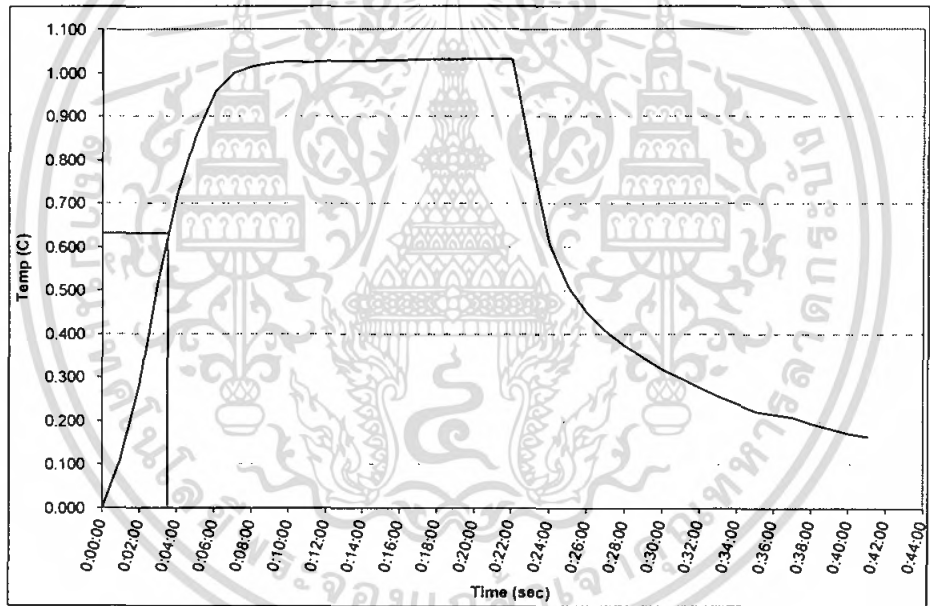
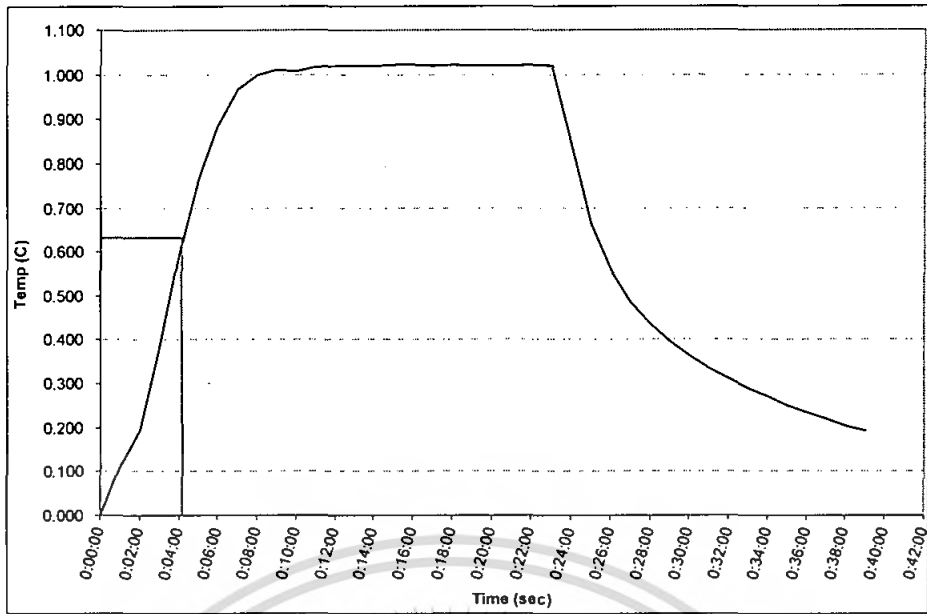
รูปที่ ก.15 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 80°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 150 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



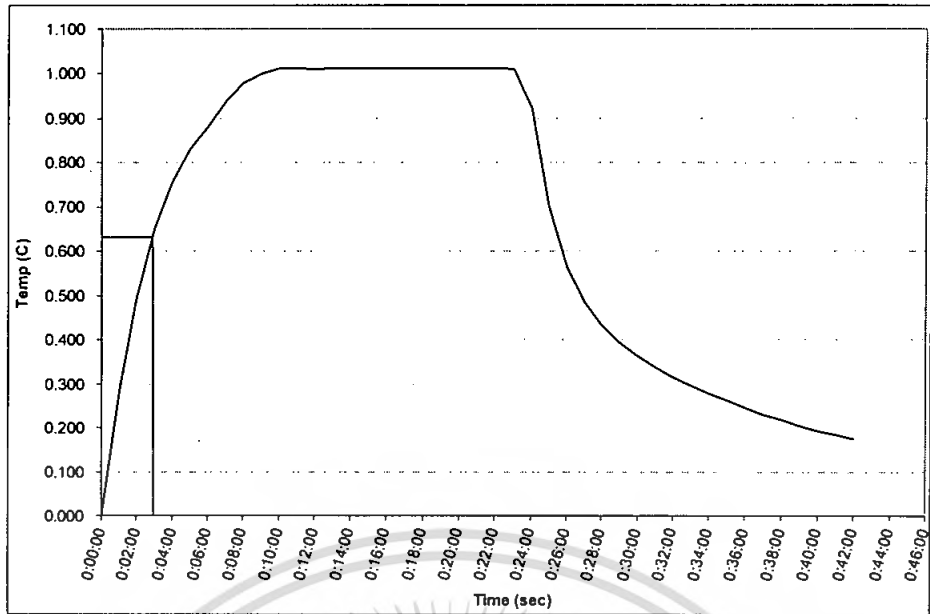
รูปที่ ก.16 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 950 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์) ครั้งที่ 2



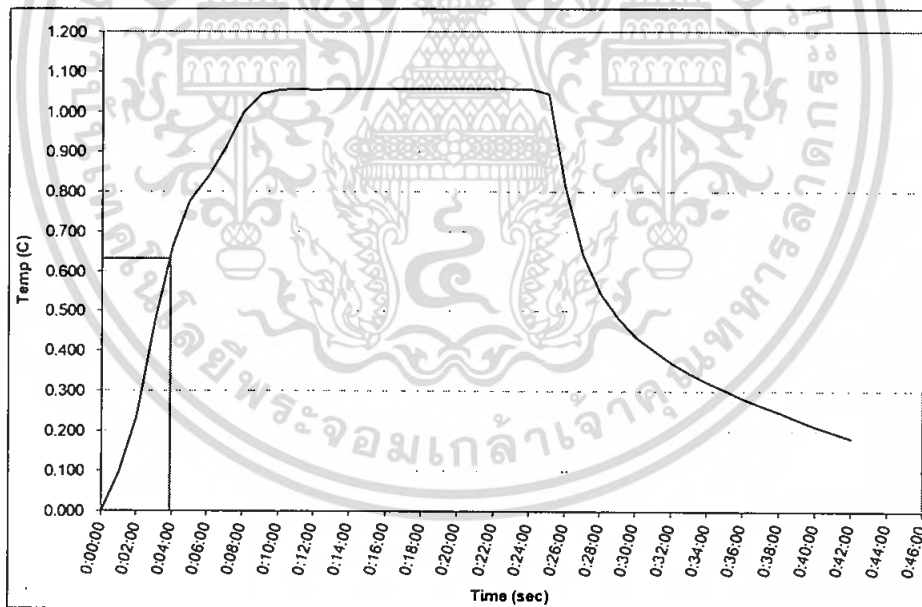
รูปที่ ก.17 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 5.0 บาร์ (ช่วง 4.5 – 5.0 บาร์) ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



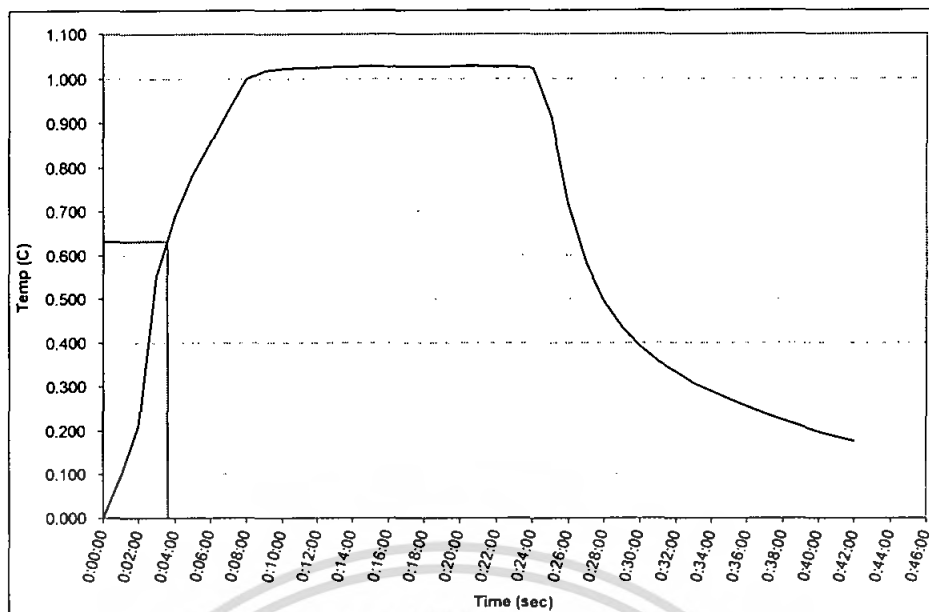
รูปที่ ก.18 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุม อุณหภูมิเท่ากับ 550 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 7 บาร์ (ช่วง 6.5 – 7.0 บาร์) ครั้งที่ 2



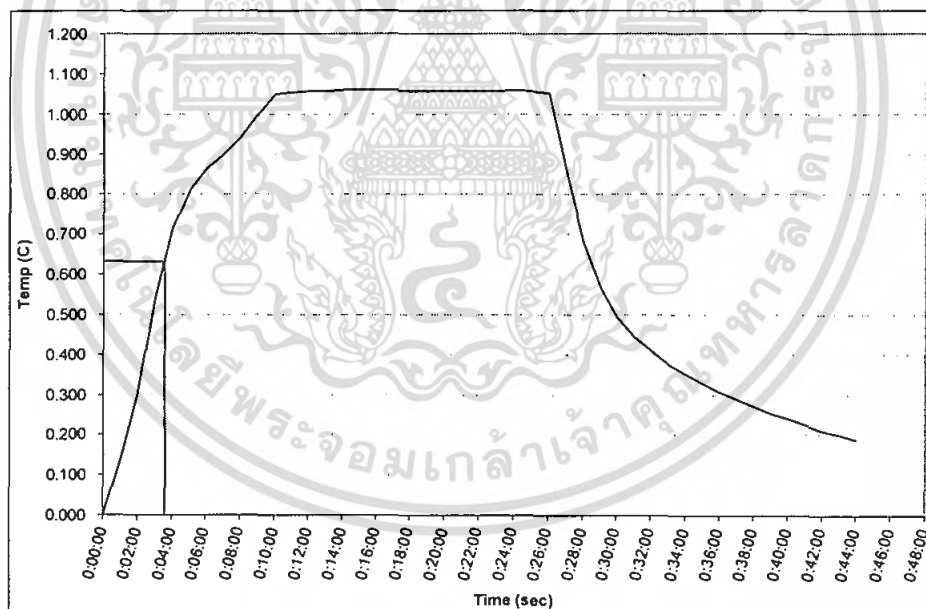
รูปที่ ก.19 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)



รูปที่ ก.20 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_i ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 50 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)



รูปที่ ก.21 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 75 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)



รูปที่ ก.22 กราฟแสดงการหาค่า $\tau_{1,2}$ ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 110°C , ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 550, ค่าพารามิเตอร์ τ_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 100 และความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ 6.0 บาร์ (ช่วง 5.5 – 6.0 บาร์)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยตาราง Anova

ข.1 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.1.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันดังนี้

$$y = 0.0032x + 0.38 ; R^2 = 0.9394$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.96920342							
R Square	0.93935527							
Adjusted R Square	0.92419408							
Standard Error	0.01236174							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.009467943	0.009468	61.95791	0.00140804			
Residual	4	0.00061125	0.000153					
Total	5	0.010079193						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.37996	0.039438724	9.633932	0.000649	0.270450548	0.489449	0.27045055	0.48944945
X Variable 1	0.003185	0.000404633	7.871335	0.001408	0.002061559	0.004308	0.00206156	0.00430844

รูปที่ ข.1 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.1.2 โดยมีสมการ ข.1ความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันดังนี้

$$y = 0.4467x + 66.754 ; R^2 = 0.8933$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.950538							
R Square	0.9035224							
Adjusted R Square	0.879403							
Standard Error	11.052634							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	4576.190476	4576.19	37.46041	0.003609235			
Residual	4	488.6428571	122.1607					
Total	5	5064.833333						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-145.21429	35.26218309	-4.11813	0.014635	-243.1178013	-47.31077	-243.117801	-47.31077
X Variable 1	2.2142857	0.361782365	6.120491	0.003609	1.209816838	3.2187546	1.20981684	3.21875459

รูปที่ ข.2 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.2.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันดังนี้

$$y = 0.0042x + 0.2836 ; R^2 = 0.9138$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.95593445							
R Square	0.91381067							
Adjusted R Square	0.89226333							
Standard Error	0.01960433							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.016299214	0.016299	42.40945	0.002869877			
Residual	4	0.001537319	0.000384					
Total	5	0.017836533						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.28360357	0.062545405	4.534363	0.010542	0.109949689	0.4572575	0.10994969	0.45725745
X Variable 1	0.00417893	0.000641702	6.512254	0.00287	0.002397277	0.0059606	0.00239728	0.00596058

รูปที่ ข.3 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันตัวอย่างอาหาร

ข.2.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันดังนี้

$$y = 2.7393x - 57.964 ; R^2 = 0.4975$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.70534767							
R Square	0.49751534							
Adjusted R Square	0.37189417							
Standard Error	42.0517326							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	7003.440476	7003.44	3.960442	0.117439136			
Residual	4	7073.392857	1768.348					
Total	5	14076.83333						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-57.964286	134.1613156	-0.43205	0.687976	-430.4558138	314.5272	-430.45581	314.527242
X Variable 1	2.73928571	1.376466055	1.990086	0.117439	-1.082396727	6.560968	-1.0823967	6.56096816

รูปที่ ข.4 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับอุณหภูมิเป้าหมายที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.3.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันดังนี้

$$y = 0.0041x + 0.7054 ; R^2 = 0.8852$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.94086143							
R Square	0.88522023							
Adjusted R Square	0.85652529							
Standard Error	0.00146735							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	6.64225E-05	6.64E-05	30.84935	0.005142641			
Residual	4	8.6125E-06	2.15E-06					
Total	5	7.5035E-05						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.7054	0.004442632	158.7798	9.44E-09	0.693065276	0.7177347	0.69306528	0.71773472
X Variable 1	0.004075	0.000733677	5.554219	0.005143	0.002037987	0.006112	0.00203799	0.00611201

รูปที่ ข.5 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.3.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันดังนี้

$$y = -32.5x + 302.5 ; R^2 = 0.9896$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.9876879							
R Square	0.9755274							
Adjusted R Square	0.9632911							
Standard Error	3.8078866							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	1156	1156	79.72414	0.012312081			
Residual	2	29	14.5					
Total	3	1185						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	310.5	21.02974084	14.7648	0.004556	220.0163282	400.9837	220.016328	400.983672
X Variable 1	-34	3.807886553	-8.92884	0.012312	-50.38401347	-17.61599	-50.3840135	-17.6159865

รูปที่ ข.6 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.4.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันดังนี้

$$y = 0.0037x + 0.7091 ; R^2 = 0.7673$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.87594191							
R Square	0.76727423							
Adjusted R Square	0.70909279							
Standard Error	0.00202397							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	5.40225E-05	5.4E-05	13.18761	0.022130961			
Residual	4	1.63858E-05	4.1E-06					
Total	5	7.04083E-05						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.70906667	0.006127876	115.7116	3.35E-08	0.692052954	0.72608	0.692052954	0.72608038
X Variable 1	0.003675	0.001011985	3.631475	0.022131	0.000865278	0.006485	0.000865278	0.00648472

รูปที่ ข.7 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.4.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันดังนี้

$$y = -41.25x + 509.67 ; R^2 = 0.6089$$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.81925894							
R Square	0.67118522							
Adjusted R Square	0.50677783							
Standard Error	35.3871446							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	5112.25	5112.25	4.082452	0.180741056			
Residual	2	2504.5	1252.25					
Total	3	7616.75						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	671	195.4318935	3.433421	0.075365	-169.87557	1511.8756	-169.87557	1511.87557
X Variable 1	-71.5	35.38714456	-2.02051	0.180741	-223.7585941	80.758594	-223.758594	80.75859413

รูปที่ ข.8 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับความดันเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อน้ำเชื้อ

ข.5.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = 1E-05x + 0.7243$; $R^2 = 0.8012$

SUMMARY OUTPUT							
<i>Regression Statistics</i>							
Multiple R	0.89509591						
R Square	0.80119669						
Adjusted R Square	0.75149586						
Standard Error	0.00270235						
Observations	6						
<i>ANOVA</i>							
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>		
Regression	1	0.000117722	0.000118	16.12039	0.015930074		
Residual	4	2.92108E-05	7.3E-06				
Total	5	0.000146933					
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i> <i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.72427396	0.002160738	335.1975	4.75E-10	0.718274788	0.730273	0.71827479
X Variable 1	1.3563E-05	3.37794E-06	4.01502	0.01593	4.18383E-06	2.29E-05	4.1838E-06

รูปที่ ข.9 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อน้ำเชื้อ

ข.5.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = -0.0269x + 120.45$; $R^2 = 0.7253$

SUMMARY OUTPUT							
<i>Regression Statistics</i>							
Multiple R	0.8516382						
R Square	0.7252877						
Adjusted R Square	0.6566096						
Standard Error	6.6159529						
Observations	6						
<i>ANOVA</i>							
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>		
Regression	1	462.25	462.25	10.56069	0.03138402		
Residual	4	175.0833333	43.77083				
Total	5	637.3333333					
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i> <i>Upper 95.0%</i>
Intercept	120.44792	5.289961893	22.76915	2.2E-05	105.760628	135.135205	105.7606279
X Variable 1	-0.026875	0.008289941	-3.24972	0.031384	-0.04983604	-0.003914	-0.049836038

รูปที่ ข.10 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อน้ำเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.6 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.6.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = 6E-06x + 0.7344$; $R^2 = 0.723$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.850273875							
R Square	0.722965663							
Adjusted R Square	0.653707078							
Standard Error	0.001423757							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	2.116E-05	2.12E-05	10.43864	0.031948595			
Residual	4	8.10833E-06	2.03E-06					
Total	5	2.92683E-05						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.734420833	0.001138403	645.1327	3.46E-11	0.731260121	0.7375815	0.73126012	0.73758155
X Variable 1	5.75E-06	1.7797E-06	3.230889	0.031949	8.08772E-07	1.069E-05	8.0877E-07	1.0691E-05

รูปที่ ข.11 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.6.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = -0.0113x + 253.52$; $R^2 = 0.1418$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.3765284							
R Square	0.1417736							
Adjusted R Square	-0.072783							
Standard Error	11.071736							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	81	81	0.660775	0.461898312			
Residual	4	490.3333333	122.5833					
Total	5	571.3333333						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	253.52083	8.852702085	28.63768	8.85E-06	228.941792	278.0999	228.941792	278.099875
X Variable 1	-0.01125	0.01383967	-0.81288	0.461898	-0.049675083	0.027175	-0.0496751	0.02717508

รูปที่ ข.12 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ K_c ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.7 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.7.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = -0.0005x + 0.7519$; $R^2 = 0.9434$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.97129844							
R Square	0.94342065							
Adjusted R Square	0.91513098							
Standard Error	0.00452261							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.000682112	0.000682	33.34859	0.028701564			
Residual	2	4.0908E-05	2.05E-05					
Total	3	0.00072302						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.7519	0.005539043	135.7455	5.43E-05	-0.72806742	0.7757326	0.72806742	0.77573258
X Variable 1	-0.0004672	8.09029E-05	-5.77482	0.028702	-0.000815297	-0.000119	-0.0008153	-0.0001191

รูปที่ ข.13 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

ข.7.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = 0.336x + 81.5$; $R^2 = 0.9561$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.9778024							
R Square	0.9560976							
Adjusted R Square	0.9341463							
Standard Error	2.8460499							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	352.8	352.8	43.55556	0.022197586			
Residual	2	16.2	8.1					
Total	3	369						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	81.5	3.485685012	23.38134	0.001824	66.50230787	96.497692	66.5023079	96.4976921
X Variable 1	0.336	0.050911688	6.599663	0.022198	0.116944686	0.5550553	0.11694469	0.55505531

รูปที่ ข.14 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.8 ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิที่ต่างกัน $K_{1,2}$, $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.8.1 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $K_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = -0.0004x + 0.7419$; $R^2 = 0.9609$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.9802511							
R Square	0.9608922							
Adjusted R Square	0.9413383							
Standard Error	0.0030271							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.0004503	0.00045	49.14067	0.01974892			
Residual	2	1.8327E-05	9.16E-06					
Total	3	0.000468627						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.7419	0.003707459	200.1101	2.5E-05	0.725948093	0.757852	0.72594809	0.75785191
X Variable 1	-0.0003796	5.41509E-05	-7.01004	0.019749	-0.00061259	-0.00015	-0.0006126	-0.0001466

รูปที่ ข.15 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $K_{1,2}$ ค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

ข.8.2 โดยมีสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันดังนี้ $y = 0.4x + 183$; $R^2 = 0.247$

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.49702673							
R Square	0.24703557							
Adjusted R Square	-0.1294466							
Standard Error	27.6043475							
Observations	4							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	500	500	0.656168	0.502973267			
Residual	2	1524	762					
Total	3	2024						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	183	33.80828301	5.412875	0.032477	37.53469883	328.4653	37.5346988	328.465301
X Variable 1	0.4	0.49380158	0.810042	0.502973	-1.724656714	2.524657	-1.72465671	2.52465671

รูปที่ ข.16 แสดงตาราง Anova ความสัมพันธ์ของ $\tau_{1,2}$ กับค่าพารามิเตอร์ τ , ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

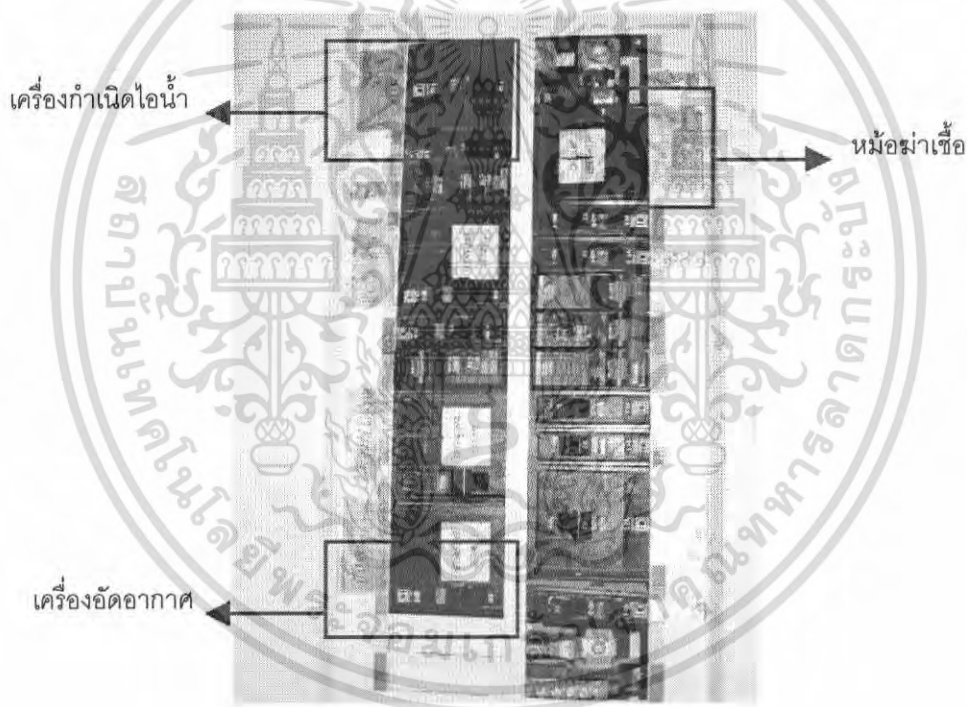
คู่มือการเปิด – ปิดหม้อฆ่าเชื้อ(Retort)

การทำงานของหม้อฆ่าเชื้อประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

- ไอน้ำ(Steam)
- ความดัน(Pressure)

ดังนั้นก่อนการใช้งานควรรู้จักแหล่งกำเนิดพลังงานของทั้ง2ชนิดก่อน โดยไอน้ำเกิดจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Steam Boiler) และความดันเกิดจากเครื่องอัดลม (Air Compressor) ต่อไปจะเป็นการอธิบายการใช้งานโดยละเอียด

1. เปิดเบรกเกอร์ของหม้อฆ่าเชื้อ, เครื่องกำเนิดไอน้ำ และเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ ค.1 เบรกเกอร์

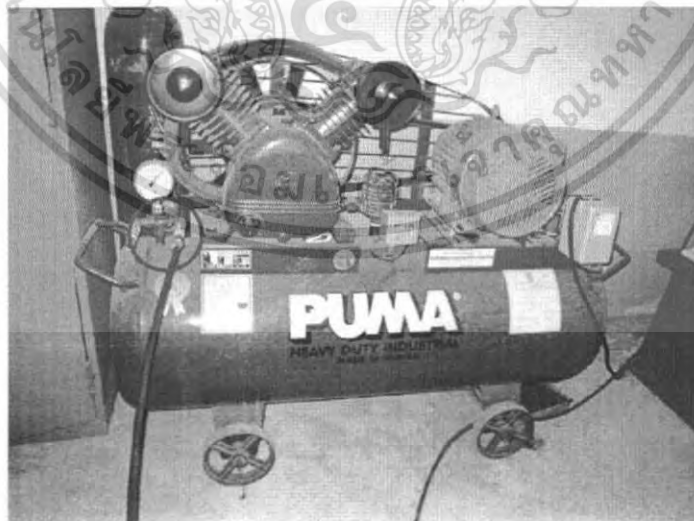
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต่อท่อลมจากเครื่องอัดอากาศไปยังถังเก็บอากาศ



รูปที่ ค.2 ถังเก็บอากาศ

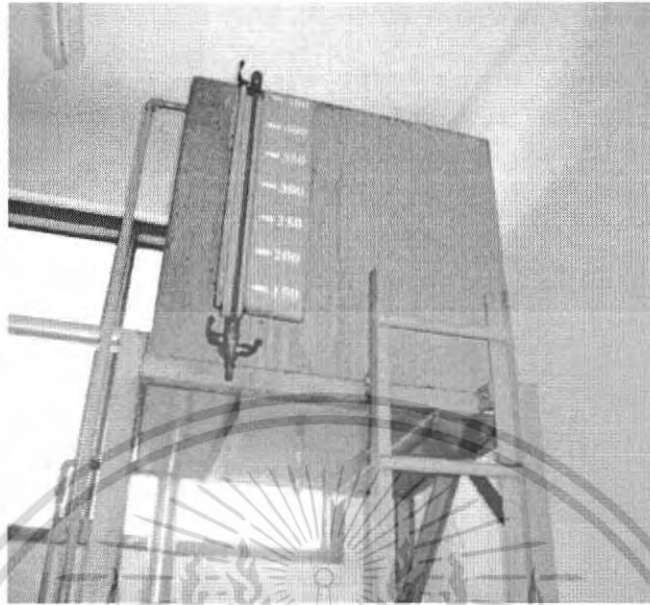
3. จากนั้นเปิดวาล์วให้ลม ไหลผ่าน ไปยังถังเก็บอากาศดังรูปที่ ค.3



รูปที่ ค.3 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ขนาด 7.5 Hp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจสอบปริมาณน้ำมันในถังด้านบน หากน้ำมันเหลือน้อยต้องเติมก่อนเปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำ



รูปที่ ก.4 ถังเก็บน้ำมัน

5. ก่อนเปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำให้อ่านมาตรวัดน้ำมันที่อยู่ด้านบน แล้วบันทึกค่าการใช้งานน้ำมันไว้ทุกครั้ง ที่ใช้งานทั้งก่อน และหลังการใช้งาน



รูปที่ ก.5 มาตรวัดน้ำมัน

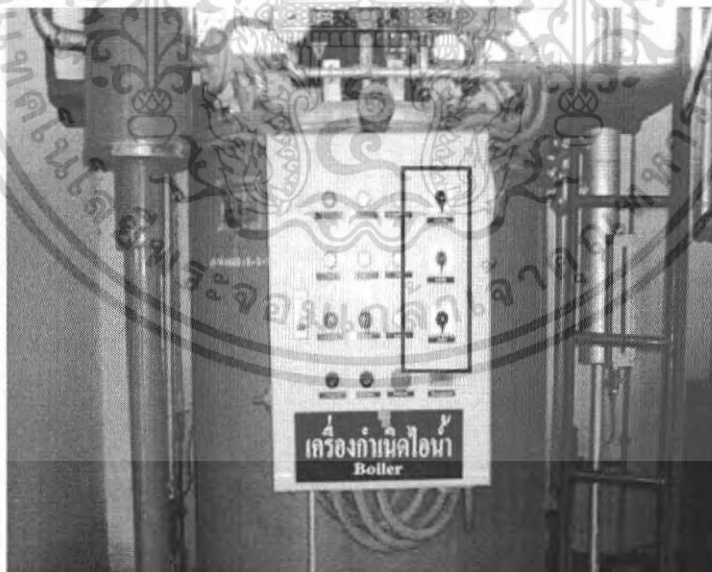
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หมุนสวิตช์ด้านข้างของเครื่องกำเนิดไอน้ำไปที่คำว่า ON



รูปที่ ค.6 ตำแหน่งของสวิตช์เปิด-ปิด เครื่องกำเนิดไอน้ำ

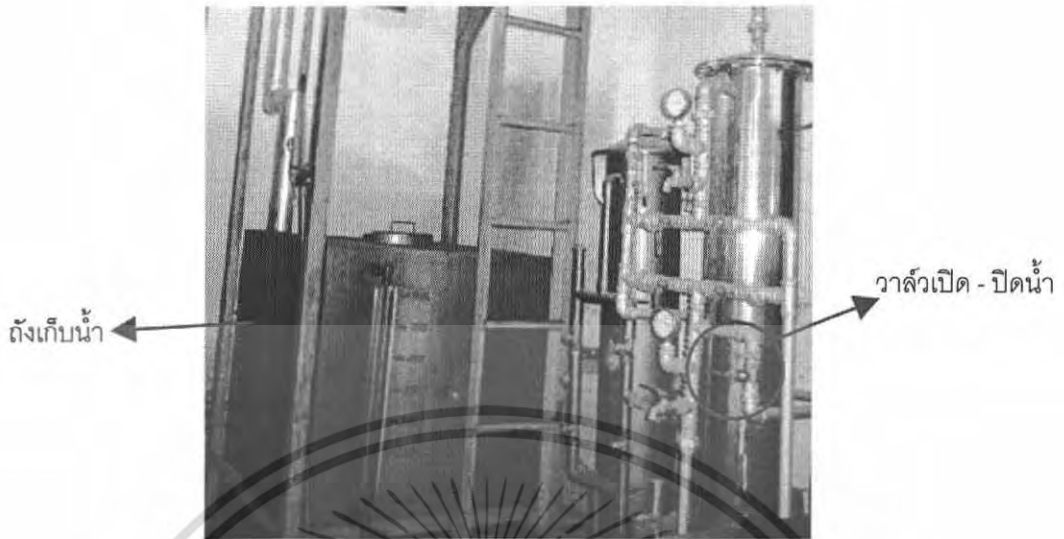
7. หมุนสวิตช์ด้านหน้าตู้ควบคุมทั้ง 3 คือ สวิตช์เปิดเครื่อง สวิตช์ไฟใหญ่ และสวิตช์ปั้มน้ำไปที่เลข 2



รูปที่ ค.7 สวิตซ์การทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

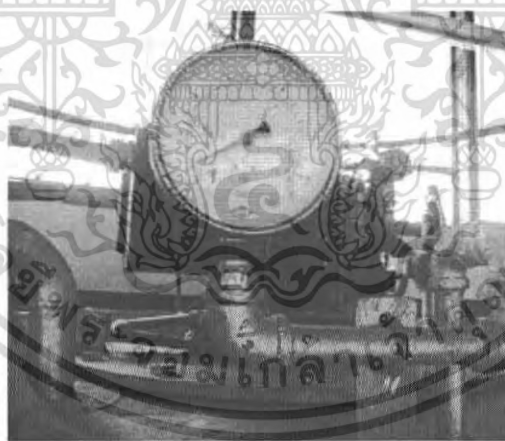
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ตรวจสอบปริมาณน้ำในถังด้านล่าง หากน้ำเหลือประมาณครึ่งถังให้เปิดวาล์วน้ำด้านขวาเมื่อดังรูปที่ ค.8



รูปที่ ค.8 ถังเก็บน้ำ และวาล์วควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ

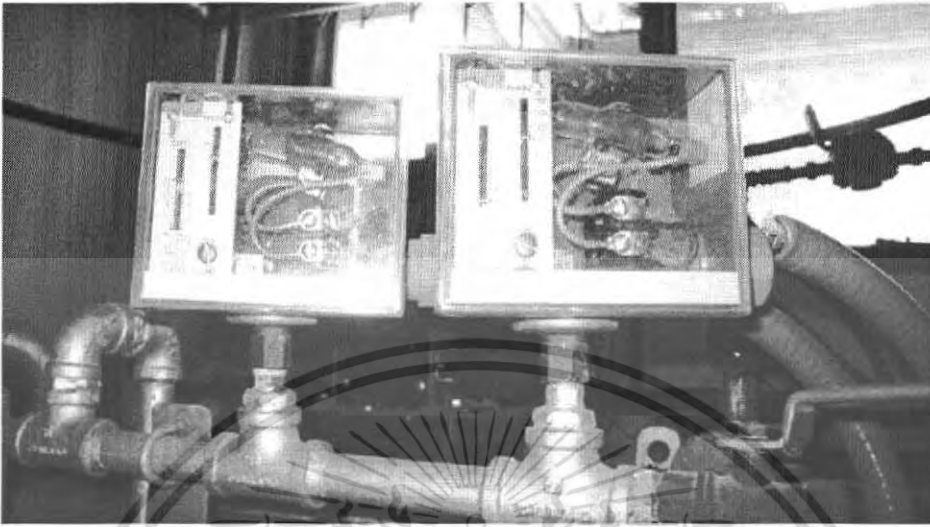
9. รอกจนมาตรวัดความดันคงที่



รูปที่ ค.9 มาตรวัดความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. หากมีการปรับค่าความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำสามารถปรับค่าจากอุปกรณ์ควบคุมความดันดัง
รูปที่ ค.10



รูปที่ ค.10 มาตรฐานช่วงความดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

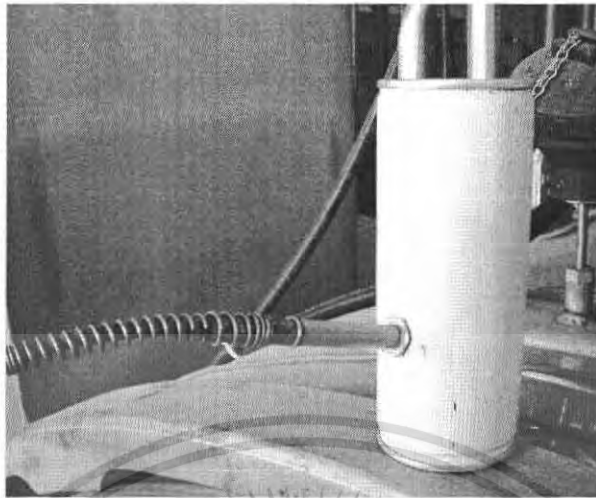
11. ต่อสาย Thermocouple เข้าในหม้อมาเชื้อ



รูปที่ ค.11 ต่อสาย Thermocouple

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. นำสาย Thermocouple สอดเข้าไปในกระป๋องเจาะรูไว้ แล้วนำไปวางในตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุด



รูปที่ ค.12 กระป๋องที่เสียบสาย Thermocouple

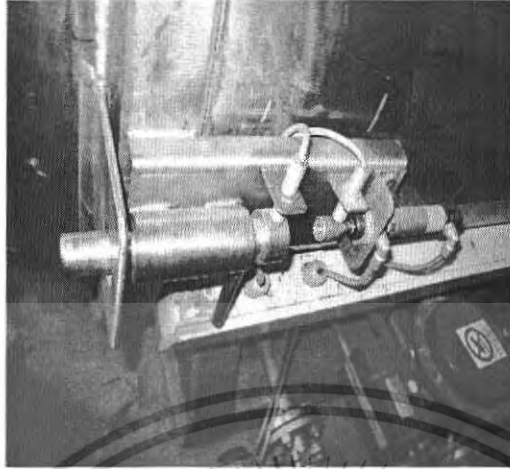
13. นำกระป๋องทั้งหมด และกระป๋องที่เสียบสาย Thermocouple จัดเรียงรวมกันในตระกร้า โดยจัดเรียงในตระกร้าขนาด 17 แถว แถวละ 11 กระป๋อง แล้วจึงนำตระกร้าเข้าห้อมมาเชื้อจำนวน 3 ชั้น



รูปที่ ค.13 ตะกร้าที่บรรจุกระป๋องในห้อมมาเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ปิดฝาหม้อฆ่าเชื้อและล็อกให้เรียบร้อย



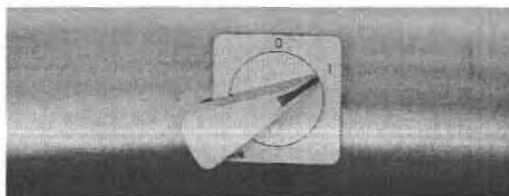
รูปที่ ค.14 ฝาหม้อที่ถูกล็อก

15. นำสาย Thermocouple อีกด้านหนึ่งต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



รูปที่ ค.15 สาย Thermocouple อีกด้านหนึ่ง ต่อเข้ากับเครื่อง Data logger ที่เสียบสาย

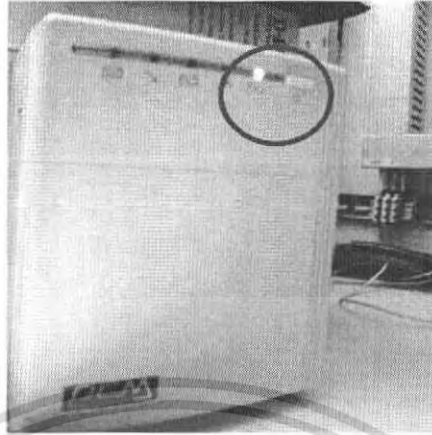
16. หมุนสวิทช์ที่อยู่ข้างตู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อ ไปที่หมายเลข 1 เพื่อเปิดหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.16 ตำแหน่งของสวิทช์เปิด-ปิด หม้อฆ่าเชื้อ

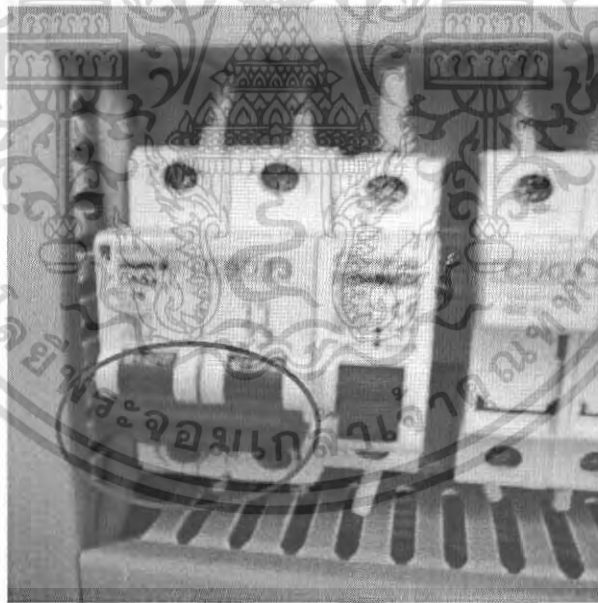
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. เปิดสวิตช์ของเครื่องสำรองไฟที่อยู่ภายในตู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อ โดยกดค้างไว้



รูปที่ ค.17 เครื่องสำรองไฟ

18. เปิดสวิตช์เครื่องควบคุมอุณหภูมิตู้ควบคุมของหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.18 สวิตช์เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

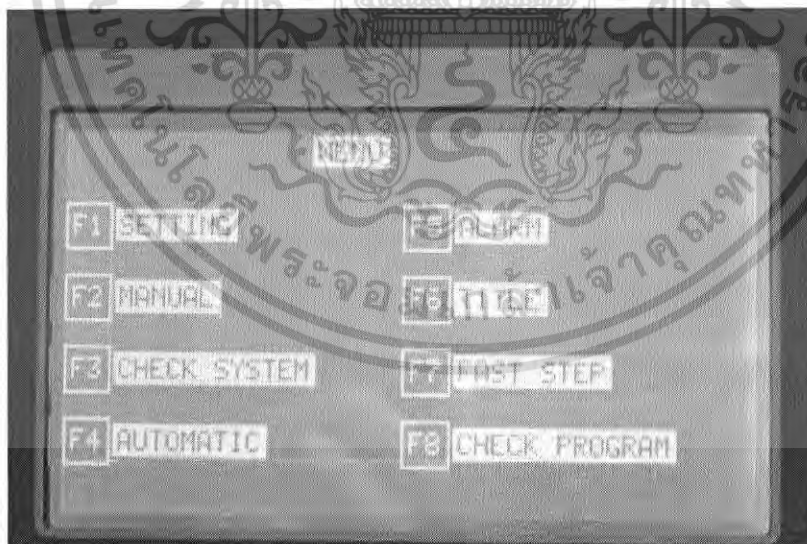
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. เมื่อเปิดสวิตช์ที่อยู่ภายในตู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อ จะแสดงภาพบนหน้าจอที่อยู่ข้างหน้าตู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อ กดปุ่ม F1 หรือ F2 เพื่อเลือกว่าต้องการ ใช้ water spray retort หรือ steam retort ในการฆ่าเชื้อ



รูปที่ ค.19 แสดงหน้าจอ

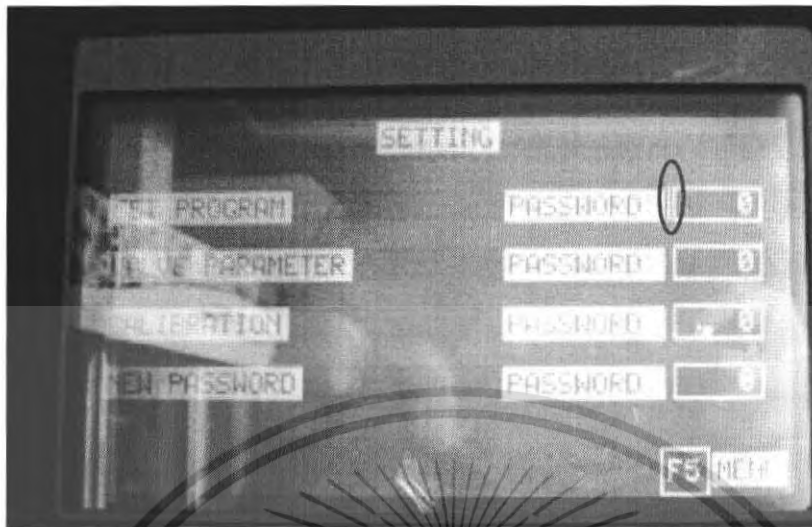
20. เมื่อกด F1 หรือ F2 หน้าจอจะแสดงเมนู



รูปที่ ค.20 แสดงหน้าจอเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. จากหน้าจอเมนู หากกด F1 (setting) หน้าจอจะแสดงดังนี้



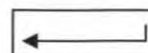
รูปที่ ค.21 แสดงหน้าจอตั้งค่าโปรแกรม

22. เมื่อต้องการตั้งค่าโปรแกรม ให้เลื่อน cursor ให้ตรงกับแถวของ SET PROGRAM กดปุ่ม


← แล้วกดปุ่มหมายเลข 1 และกดปุ่ม ← อีกครั้ง

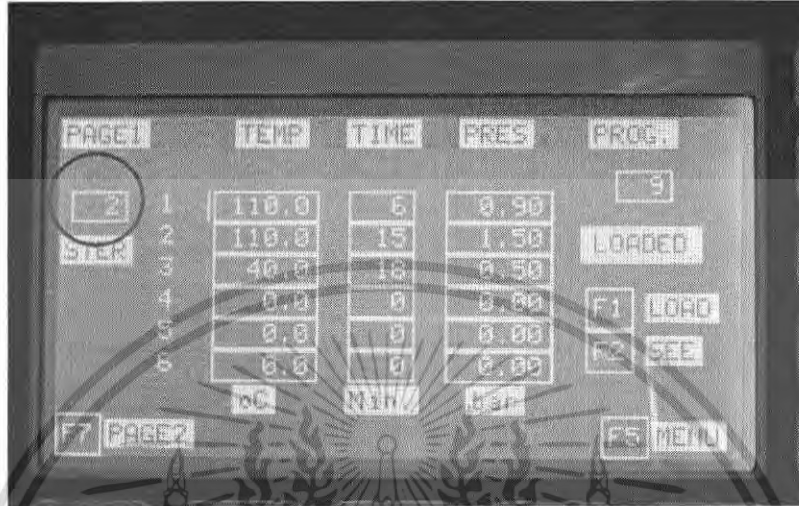


รูปที่ ค.22 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่มEnter



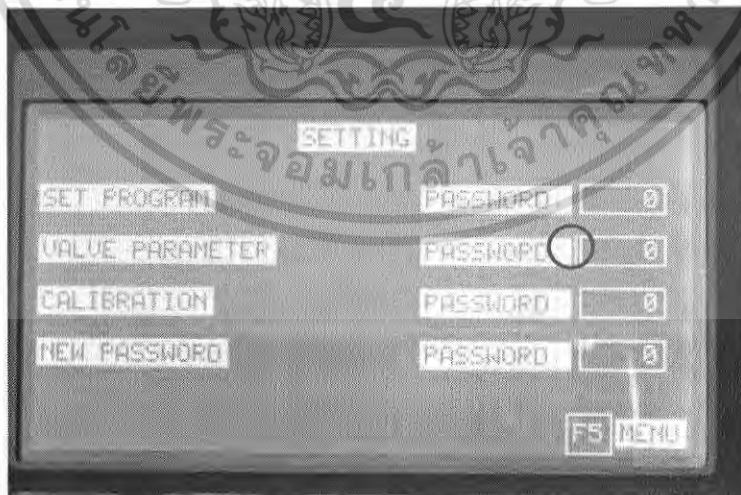
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. หน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ค.23 ให้ป้อนค่าอุณหภูมิ เวลา และความดันที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ และต้องกำหนดช่วง Cooking โดยใส่หมายเลขลำดับขั้นตอน Cooking ในวงกลมสีแดง โดยเลื่อน cursor ให้อยู่ตำแหน่งนั้นและกด  แล้วพิมพ์เลขลำดับขั้นตอนลงไป เมื่อเช็คทุกขั้นตอนเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม F1 เพื่อทำการโหลดข้อมูล จากนั้นกดปุ่ม F5 เพื่อกลับไปสู่นำเมนู



รูปที่ ค.23 แสดงหน้าจอที่ตั้งค่าอุณหภูมิ เวลา ความดัน

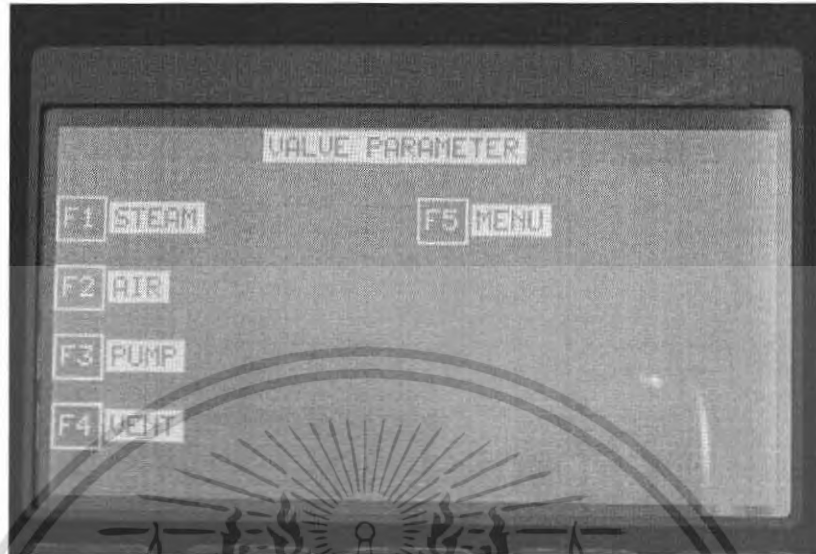
24. เมื่อต้องตั้งค่าพารามิเตอร์ของหม้อฆ่าเชื้อ กดปุ่ม F1 ที่หน้าจอเมนู แล้วเลื่อน cursor ให้อยู่ในแถวเดียวกับ VALVE PARAMETER จากนั้นกดปุ่ม  แล้วกดปุ่มหมายเลข 2 และกด  อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ ค.24 หน้าจอแสดงรายการการตั้งค่า

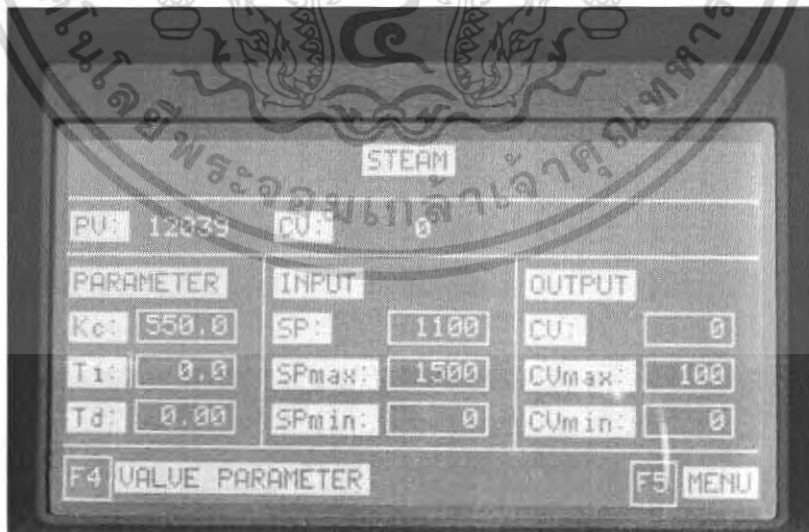
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. หน้าจอแสดงรายการของ Valve Parameter เลือกว่าต้องการปรับค่าพารามิเตอร์ของวาล์วใด และสามารถกดเลือกได้ทันที โดยกด F1 ถึง F5



รูปที่ ก.25 แสดงหน้าจอรายการของวาล์วที่ต้องการตั้งค่าพารามิเตอร์

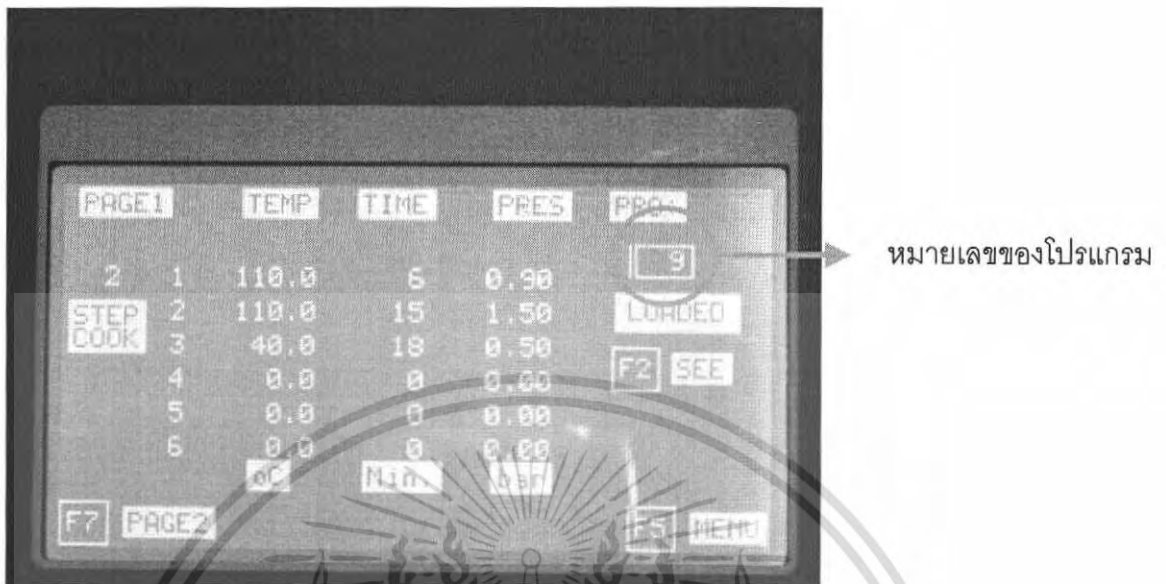
26. เมื่อกดปุ่มเลือกวาล์วที่ต้องการปรับค่าพารามิเตอร์ หน้าจอจะแสดงค่าพารามิเตอร์และค่าอินพุทของค่าเป้าหมายซึ่งสามารถป้อนค่าที่ต้องการ หากต้องการปรับแต่งค่าได้ก็สามารถเลื่อน cursor และกด Enter แล้วบันทึกค่าที่ต้องการ และกด Enter อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ ก.26 หน้าจอแสดงตั้งค่าพารามิเตอร์

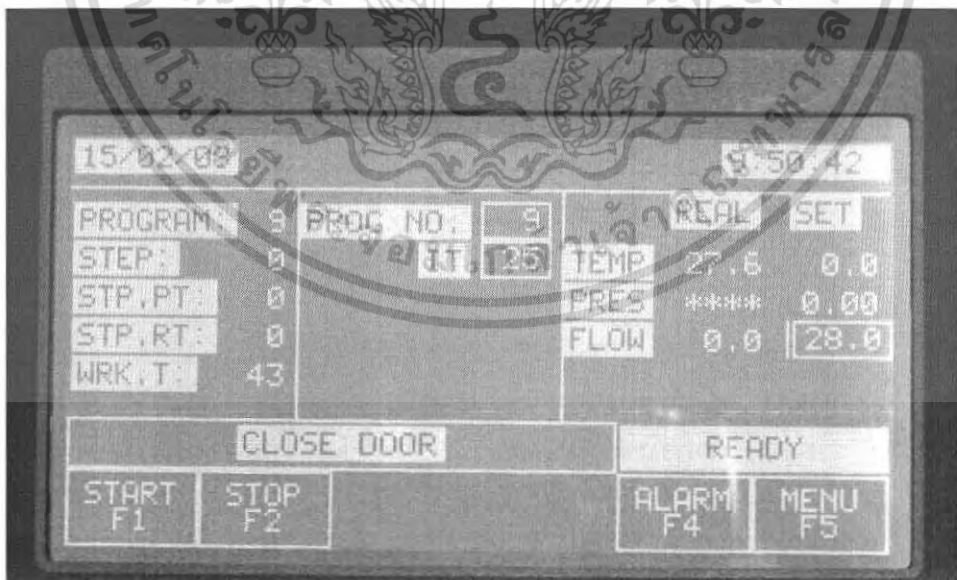
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27. จากหน้าจอเมนูเมื่อต้องการตรวจสอบโปรแกรมของค่าอุณหภูมิ เวลา และความดันที่บันทึก กดปุ่ม F8 หน้าจอแสดงดังรูปที่ ๑.27 จากนั้นกดหมายเลขของโปรแกรมที่บันทึกไว้



รูปที่ ๑.27 หน้าจอแสดงโปรแกรมที่ตั้งค่า

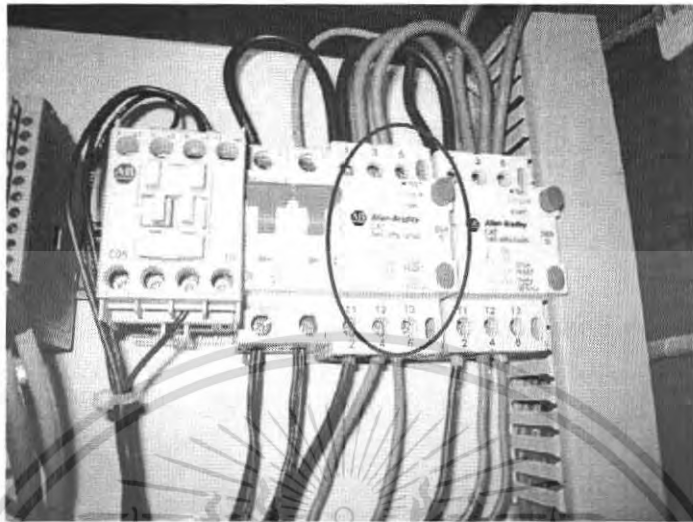
28. กดปุ่ม F4 ที่หน้าจอเมนูแสดงดังรูปที่ ๑.28 จากนั้นกด F1 เพื่อให้หม้อฆ่าเชื้อดำเนินการตามโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้



รูปที่ ๑.28 แสดงหน้าจอเมื่อต้องให้หม้อฆ่าเชื้อทำงาน

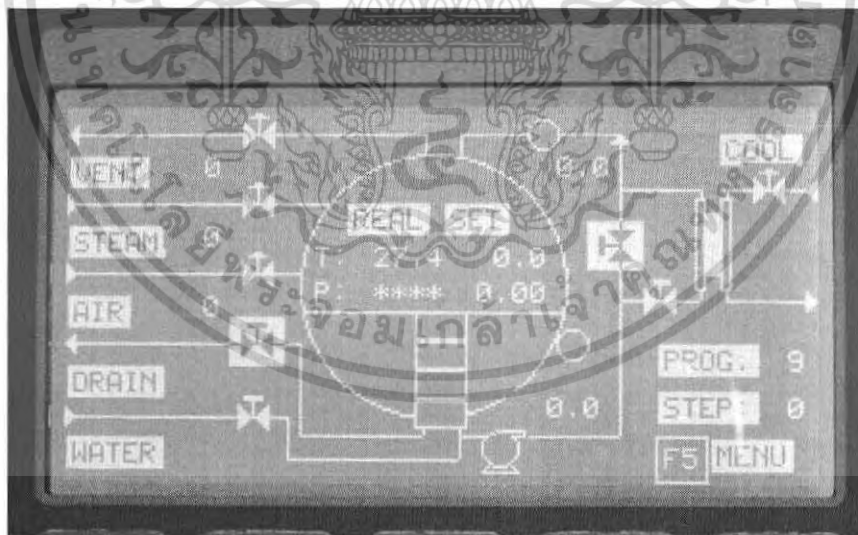
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. ในระหว่างที่หม้อน้ำเชื้อดำเนินการอยู่ หากเข้าในช่วง Cooling ให้เปิดสวิตซ์ Cooling Tower ปุ่มสีเขียวในวงกลมสีแดง และเมื่อเครื่องดำเนินการเสร็จให้กดปุ่มสีแดง เพื่อปิด Cooling Tower



รูปที่ ค.29 แสดงตำแหน่งสวิตซ์ Cooling Tower

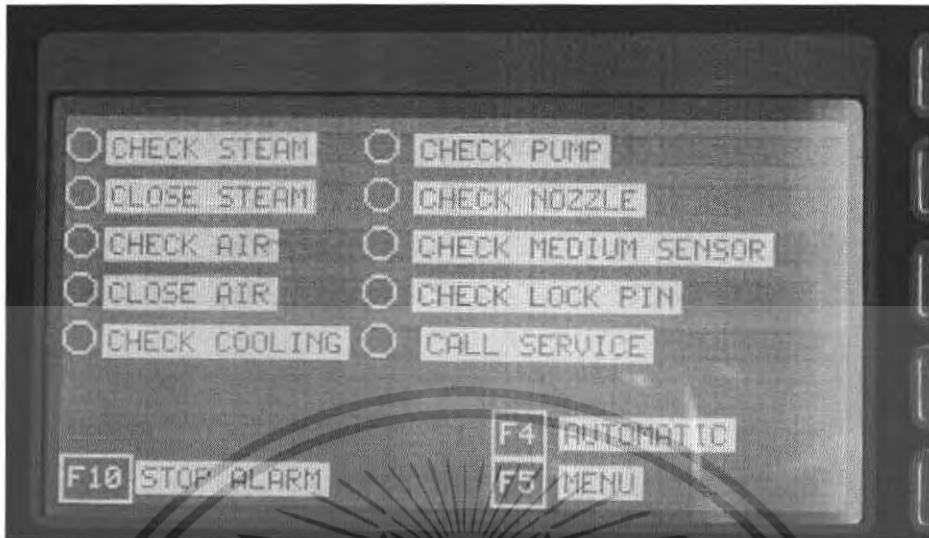
30. จากหน้าจอเมนูเมื่อต้องการดูการทำงานของวาล์ว กดปุ่ม F3 หน้าจอจะแสดงภาพดังรูปที่ ค.30



รูปที่ ค.30 หน้าจอแสดงการทำงานของวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. จากหน้าจอเมนูเมื่อต้องการตรวจสอบสัญญาณเตือนของหม้อน้ำเชื้อขณะเกิดเสียงสัญญาณเตือน กดปุ่ม F5 หน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ค.31



รูปที่ ค.31 หน้าจอแสดงการตรวจสอบสัญญาณจากหม้อน้ำเชื้อ

32. จากหน้าจอเมนูเมื่อต้องการข้ามลำดับขั้นตอนการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ กดปุ่ม F7 หน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ค.32



รูปที่ ค.32 หน้าจอแสดงการข้ามลำดับขั้นตอนการทำงานของหม้อน้ำเชื้อ

33. วิธีการปิดหม้อน้ำเชื้อ จากหน้าเมนูให้กด F6 เพื่อกลับไป Title จากนั้นปิดเครื่องสำรองไฟ และ สวิตซ์ข้างตู้ควบคุม จากนั้นปิดเบรกเกอร์ ส่วนเครื่องกำเนิดไอน้ำให้ปิดสวิตซ์บนแผงควบคุมไปที่เลข 0 โดยเรียงจากบนลงล่าง จากนั้นจึงหมุนสวิตซ์ด้านข้างไปที่ OFF และสุดท้ายเครื่องอัดอากาศปิดวาล์วที่ ตัวเครื่องก่อน แล้วจึงไปถอดสายลมจากถังเก็บอากาศม้วนเก็บ จากนั้นจึงไปปิดที่เบรกเกอร์เป็นลำดับ

สุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้โปรแกรม Ladkrabang Retort

ง.1 วิธีการเชื่อมต่อโปรแกรมกับสายSerial Port

1. เมื่อต่อสาย Serial Port เข้ากับ โน้ตบุคที่มี Serial Port เรียบร้อยแล้วให้เช็คดูไอคอน ด้านขวาล่าง ดังรูปที่ ง.1 ถ้ามีไอคอนปรากฏบนหน้าจอระบบอาจมีการเชื่อมต่ออยู่แล้ว แต่ถ้าหากไม่พบไอคอน ให้ทำตามข้อที่2



รูปที่ ง.1 แสดงไอคอนว่ามีารเชื่อมต่อ

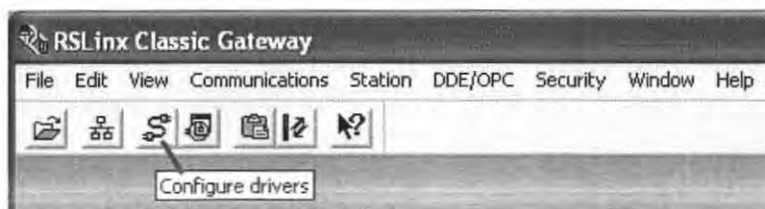
2. ไปที่ Start > All Program > Rockwell Software > RSLinx > RSLinx Classic จะมีหน้าต่างRSLinx Classic Gateway ขึ้นมา จากนั้นเลือกแถบด้านบน ดังรูปที่ ง.2



รูปที่ ง.2 คลิกเลือกคำสั่ง DDE/OPC

DDE/OPC > Topic Configuration ดูที่ Topic list ถ้าหาก KM002 หายไปต้องทำการกำหนดการเชื่อมต่อขึ้นมาใหม่

3. การกำหนดการเชื่อมต่อใหม่ (Add driver) โดยเลือก icon Configure drivers ดังรูปที่ ง.3

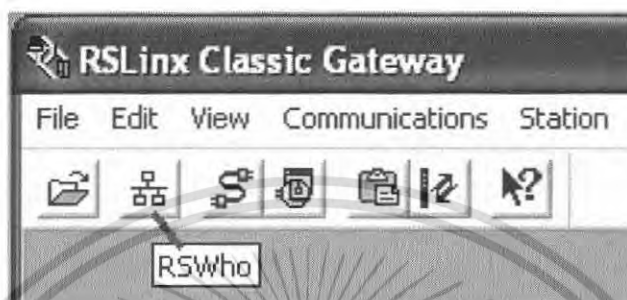


รูปที่ ง.3 แสดงไอคอน Configure drivers

หน้าต่าง Configure RS-232 DFI Devices > กด Auto Configure สังเกตทางด้านขวามือจะขึ้นคำว่า “Auto Configuration Successful!” ให้กด OK เป็นอันเสร็จขั้นตอนการกำหนดการเชื่อมต่อใหม่

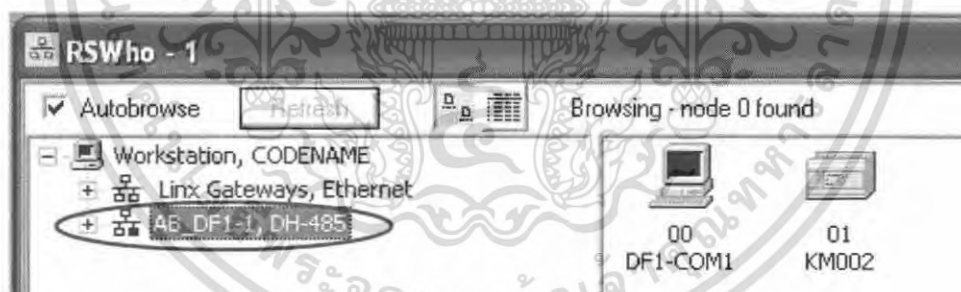
4. จากหน้าต่าง Configure Drivers คู่มือในส่วนของช่อง Name and Description จะปรากฏข้อความว่า “AB_DFI-1DH485sta: 0 COM1: RUNNING” และส่วนช่อง Status จะปรากฏข้อความว่า “Running” เมื่อช่องต่างๆปรากฏข้อความตามที่กล่าวไว้ให้กด Close ได้เลย

5. เช็การเชื่อมต่อว่าเกิดขึ้นจริงหรือไม่ กด ไอคอน RSWho ดังรูปที่ ๓.4



รูปที่ ๓.4 แสดงไอคอน RSWho

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง RSWho-1 สังเกตทางด้านซ้ายมือ ไอคอนดังรูปที่ ๓.5 ให้กดที่เครื่องหมาย “+” จะปรากฏไอคอนทางด้านขวามือจะเห็นไอคอน KM002 แสดงว่าโน้ตบุคยอมรับการเชื่อมต่อแล้ว สามารถเปิดโปรแกรม Ladkrabang Retort ใช้งานได้เลย



รูปที่ ๓.5 แสดงไอคอน AB_DFI-1, DH-485 คือ Driver ที่เพิ่มเข้าไป

แต่ถ้าหากไอคอน KM002 ขึ้นเครื่องหมายกากบาทดังรูปที่ ๓.6 แสดงว่าโน้ตบุคยังไม่ยอมรับกับการเชื่อมต่อ ต้องลองทำการเชื่อมต่อใหม่อีกครั้ง



รูปที่ ๓.6 ไอคอนแสดงว่าการเชื่อมต่อไม่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หากทำการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้ว ให้เปิดโปรแกรม LADKRABANG RETORT.exe ได้เลย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้โปรแกรม Ladkrabang Retort

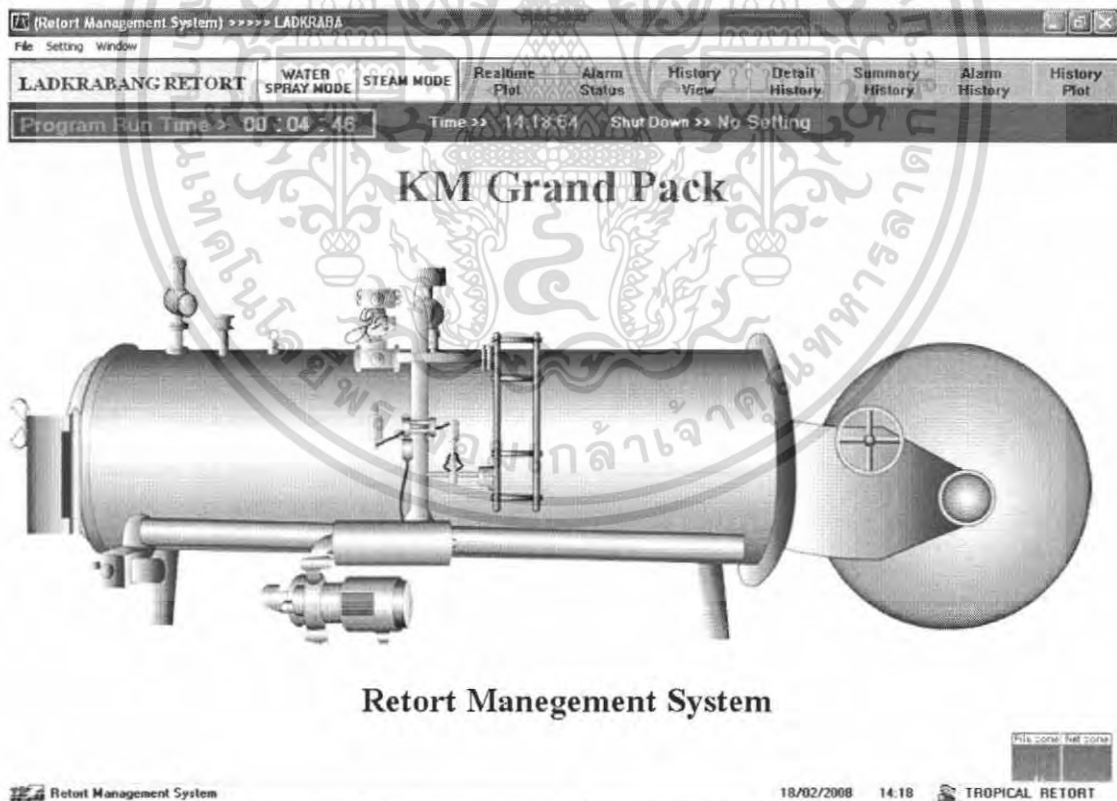
ง.2 วิธีการใช้โปรแกรม Ladkrabang Retort

1. ดับเบิ้ลคลิกโปรแกรม Ladkrabang Retort ที่หน้า Desktop ของโน้ตบุค



รูปที่ ง.7 ไอคอนโปรแกรม LADKRABANG RETORT.exe

2. หน้าตาของโปรแกรมจะเป็นดังรูปที่ ง.8.1 จากนั้นสามารถเลือกการใช้ได้ 2 โหมด คือ Water Spray และ Steam โดยเลือกจากเมนูด้านบนดังรูปที่ ง.8.2



Retort Management System

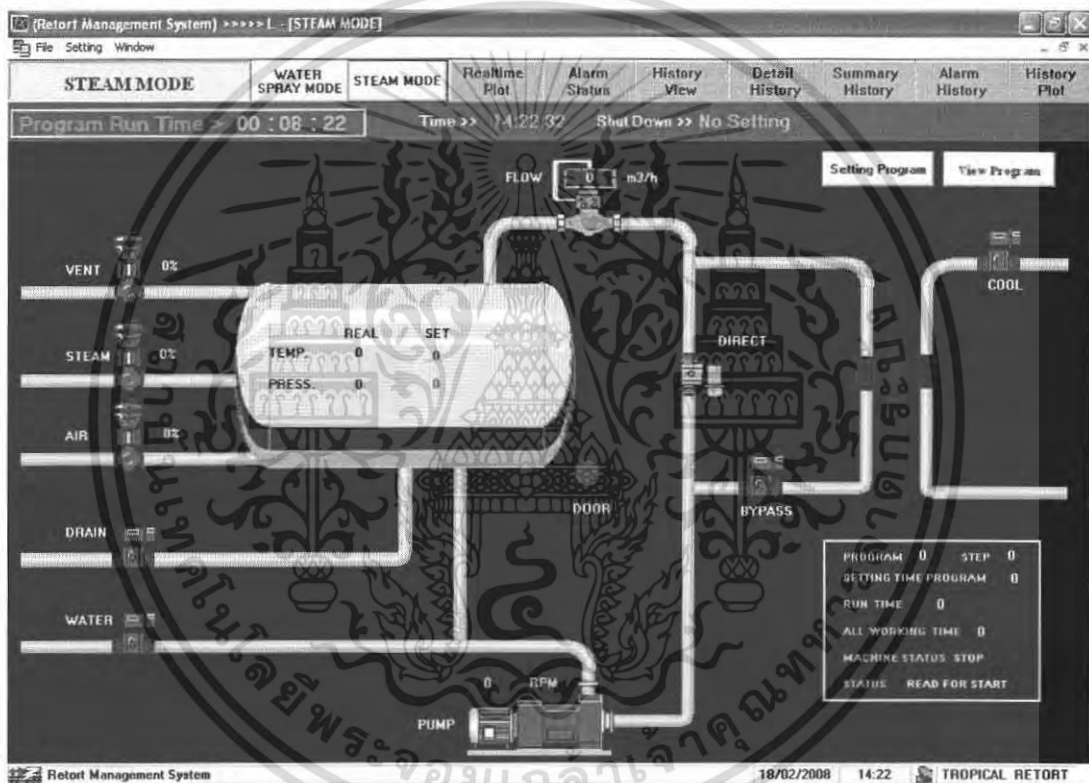
รูปที่ ง.8.1 หน้าแรกของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER SPRAY MODE	STEAM MODE
---------------------	------------

รูปที่ ๙.๘.๒ คลิกเพื่อเลือกโหมดการทำงานของโปรแกรม

3. คลิกเลือกโหมด Steam หน้าจอของ โปรแกรมจะปรากฏดังรูปที่ ๙.๙.๑ ซึ่งหน้าจอจะแสดงผลของ อุณหภูมิ ความดัน และการเปิดปิดของวาล์วต่างๆขณะดำเนินการ อีกทั้งมุมขวาล่างยังมีส่วนแสดงลำดับของ โปรแกรมที่นำมาใช้งาน และปุ่มมุมขวาดังรูปที่ ๙.๙.๒ เมื่อคลิกจะปรากฏ โปรแกรมที่บันทึกข้อมูลไว้ดังรูปที่ ๙.๙.๓



รูปที่ ๙.๙.๑ โหมดของ Steam Retort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

View Program

รูปที่ ง.9.2 ปุ่ม View Program



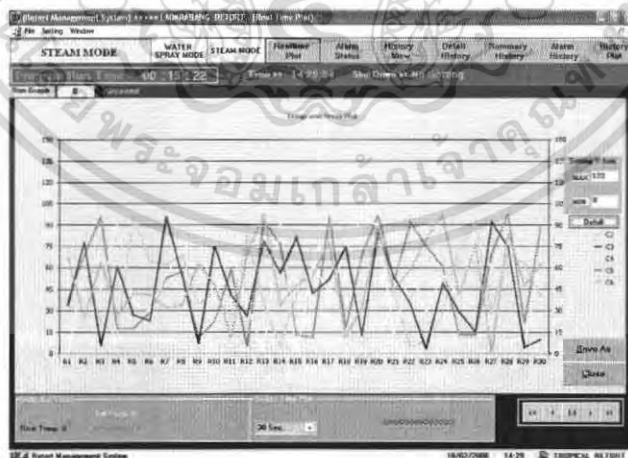
รูปที่ ง.9.3 หน้าต่าง Realtime Program of Retort Mode

4. เมนูบาร์ที่มีใน โปรแกรมดังรูปที่ ง.10



รูปที่ ง.10 เมนูบาร์

5. เมื่อเลือก Realtime Plot จะแสดงกราฟ โหมดที่เครื่องกำลังดำเนินการ โดยจะมีสี่ของกราฟแสดง อยู่ด้านขวามือดังรูปที่ ง.11



รูปที่ ง.11 หน้าต่าง Realtime Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากหน้าต่าง Realtime Plot มีฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้

6.1 สามารถปรับค่าแกน Y เพื่อขยายความละเอียดของสเกลที่ Setting Y Axis



รูปที่ ง.12.1 Setting Y Axis

6.2 สามารถปรับเวลาในการแสดงผลที่ Select Time Plot



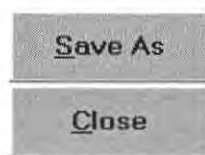
รูปที่ ง.12.2 Select Time Plot(30 sec., 1min, 5min และ 10min)

6.3 สามารถปรับเลื่อนกราฟไปทางซ้าย-ขวา และหยุดชั่วคราวได้ดังรูปที่ ง.12.3



รูปที่ ง.12.3 แถบเลื่อนกราฟ

6.4 สามารถบันทึกกราฟให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์รูป(.bmp)ได้ โดยกดที่ Save As



รูปที่ ง.12.4 ปุ่มบันทึก และปุ่มปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หากมีสัญญาณที่หม้อน้ำเชื่อดัง สามารถกด Alarm Status จะแสดงผลการเตือนจากหม้อน้ำเชื่อว่าเกิดการข้อผิดพลาดใด

8. History View จะเป็นการดึงข้อมูลผลการทำงานของระบบหม้อน้ำเชื้อทั้งหมดออกมาจากฐานข้อมูล (Database) ที่ถูกบันทึกไว้ขณะเครื่องดำเนินการ โดยวิธีการเลือกข้อมูลทำดังนี้

8.1 กดบริเวณ Select Database โดยเลือกเดือนที่ต้องการดูผลการทำงานของเครื่อง จากนั้นกดบริเวณ Select Day/Month/Year โดยเลือกวันของเดือนที่ได้เลือกไว้จาก Database และขั้นตอนสุดท้ายคือเลือก Batch Number โดยเลือกกว่าต้องการดูผลของ Batch ที่เท่าไร จากนั้นกด Apply ผลจะปรากฏโดยรวมในด้านขวาของหน้าต่างดังรูปที่ ง.13.2

8.2 ผลการทำงานของหม้อน้ำเชื้อทั้งหมดที่ดึงจากฐานข้อมูลสามารถเข้าไปดูได้ โดยเลือก Detail History View หากไม่มีการดึงฐานข้อมูลจาก History View ก็จะไม่สามารถเข้าดูผลได้ และจากหน้าต่างนี้สามารถส่งข้อมูลทั้งหมดไปยังไฟล์ Excel ได้ โดยกดปุ่มดังรูปที่ ง.13.4

8.3 Summary History เป็นการสรุปผลช่วงเวลาการดำเนินงานของเครื่อง โดยแบ่งเป็นขั้นตอน Come up, Cooking และ Cooling ในส่วนของ Summary History นี้หากไม่ดึงฐานข้อมูลจาก History View ก็จะไม่สามารถเข้าดูผลได้เช่นกัน



รูปที่ ง.13.1 เมื่อคลิกเลือกวันที่ของเดือนที่ต้องการดูผล

Choose Batch File

Select Database

Database

D:\Database
LADKRABANG\Month-Year
01-2008(1).mdb

Select Day/Month/Year

03/01/2008

Date 03/01/2008

Batch Number 1

Apply

Start Time 13:38:59

End Time 14:20:38

Mode Steam Mode

Program Use 9

Time Come Up 6 Minute

Time Cook 15 Minute

Time Cool 18 Minute

Total Time 39 Minute

รูปที่ ง.13.2 เมื่อเลือกข้อมูลที่ต้องการดึงจากฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

(Ret - [Detail History of Steam Mode])

File Setting Window

STEAM MODE WATER SPRAY MODE STEAM MODE RealTime Plot Alarm Status History View Detail History Summary History Alarm History History Plot

Program Run Time > 00 : 33 : 0.5 Time >> 144 / 25 Shut Down >> No Setting

Time	Set Temp(C)	Temp(C)	Set Press(bar)	Press(bar)	Steam	Air	Drain	Vent1	Water	Cool	Flow(m3/h)	Step
13:39:00	110	24.9	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	READ FOR START
13:39:03	110	25	0	0.03	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:39:33	110	58.9	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:40:03	110	69.5	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:40:33	110	74.8	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:41:03	110	79	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:41:33	110	81.3	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:42:04	110	84.6	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:42:34	110	87	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:43:04	110	89	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:43:34	110	90.8	0	-0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:44:04	110	92.5	0	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:44:34	110	94.1	0	0.01	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:45:05	110	95.9	0	0.02	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:45:35	110	97.8	0	0.05	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:46:05	110	100	0	0.1	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:46:36	110	102.3	0	0.18	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:47:06	110	104.7	0	0.26	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:47:36	110	106.7	0	0.33	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:48:06	110	108.9	0	0.42	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13:48:37	110	109.7	0	0.43	91%	0%	OFF	0%	OFF	OFF	0	COOKING
13:49:07	110	110.2	0	0.46	0%	0%	OFF	0%	OFF	OFF	0	COOKING
13:49:37	110	110.2	0	0.48	0%	0%	OFF	0%	OFF	OFF	0	COOKING
13:50:07	110	110.7	0	0.48	0%	0%	OFF	0%	OFF	OFF	0	COOKING
13:50:37	110	110	0	0.48	0%	0%	OFF	0%	OFF	OFF	0	COOKING

Export to Excel Close

Retort Management System 18/02/2008 14:47 TROPICAL RETORT

รูปที่ ง.13.3 Detail History of Steam Mode แสดงผลเวลา อุณหภูมิ และการทำงานของวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.13.4 กดปุ่ม Export to Excel

Microsoft Excel - Book1

LADERABANG-Detail History Report

Date: 8/10/2008 Start Time: 13:38:59 End Time: 14:14:38
 Mode: Steam Mode Program: 1 Batch: 1
 Come Up: 4 Minutes Cooking: 13 Minutes Cooling: 13 Minutes
 Total Time: 34 Minutes

Time	Set Temp	Temp	Set Press	Press(bar)	Steam	Air	Drain	Vent	Water	Cool	Flow(m3/h)	Step
8	113.33	110	26.9	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	READ FOR START
9	113.33	110	37	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
10	113.33	110	38.9	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
11	113.33	110	43.3	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
12	113.33	110	76.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
13	113.33	110	78	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
14	113.33	110	81.5	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
15	113.33	110	84.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
16	113.33	110	87	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
17	113.33	110	91	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
18	113.33	110	93.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
19	113.33	110	92.5	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
20	113.33	110	94.3	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
21	113.33	110	95.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
22	113.33	110	97.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
23	113.33	110	100	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
24	113.33	110	103.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
25	113.33	110	104.5	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
26	113.33	110	104.7	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
27	113.33	110	102.5	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COME UP
28	113.33	110	100.7	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
29	113.33	110	110.2	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
30	113.33	110	110.2	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
31	113.33	110	111.5	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
32	113.33	110	110	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
33	113.33	110	110.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
34	113.33	110	109.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
35	113.33	110	111.2	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
36	113.33	110	110.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
37	113.33	110	110.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING
38	113.33	110	110.8	0	100%	0%	ON	0%	OFF	OFF	0	COOKING

รูปที่ ๑.13.5 ข้อมูลที่ถูกส่งมายัง Excel เรียบร้อยแล้ว

Retort Management Syst - [Summary History of Steam Mode]

File Setting Window

STEAMMODE WATER SPRAY MODE STEAM MODE Realtime Alarm History Detail Summary Alarm History History Plot

Program Run Time > 00:18:21 Time >> 15:18:10 Shut Down >> No Setting

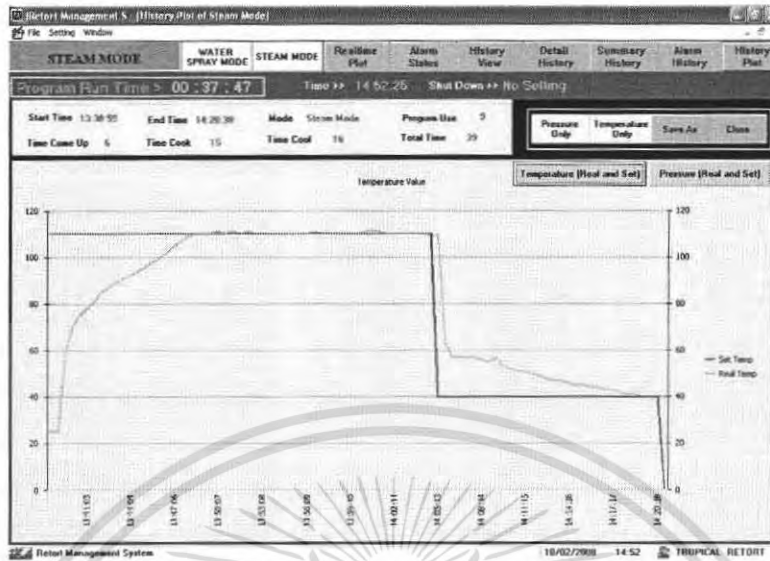
Time	Step	Elapsed time	Temp(°C)	Pressure(bar)	Flow(m3/h)	Level	Drain	Pump	Steam	Air	Water	Drain	Cool	Vent
12:58:25	READ FOR START	0	32.6	0.01	0	0	Close	OFF	100%	0%	OFF	ON	OFF	0%
13:05:04	COME UP	6	109.6	0.48	0	0	Close	OFF	100%	0%	OFF	OFF	OFF	0%
13:21:39	COOKING	15	109.6	1.19	0	Min Medium	Close	ON	0%	0%	OFF	OFF	OFF	100%
13:39:39	COOLING	0	40.4	0.49	0	Min Medium	Close	OFF	0%	0%	OFF	OFF	OFF	0%
13:39:49	COOLING	0	40.3	0.49	0	Min Medium	Close	OFF	0%	0%	OFF	OFF	OFF	0%
13:39:50	FINISH	0	40.3	0.49	0	Min Medium	Close	OFF	0%	0%	OFF	OFF	OFF	0%

รูปที่ ๑.13.6 Summary History of Steam Retort

8.4 Alarm History จะแสดงข้อมูลการเตือนจากหม้อมาเชื้อ ในฐานข้อมูลที่ตั้งออกมา หากไม่มีการตั้งฐานข้อมูลก็จะไม่สามารถเปิด Alarm History ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. History Plot เป็นส่วนผลของการแสดงกราฟจากฐานข้อมูล โดยมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้



รูปที่ ง.14.1 หน้าต่าง History Plot แสดงกราฟที่ดึงมาจากฐานข้อมูล

9.1 สามารถให้โปรแกรมแสดงผลอุณหภูมิจริง และอุณหภูมิที่บันทึกค่าไว้ หรือ ความดันจริง และความดันที่บันทึกค่าไว้ โดยเลือกปุ่มสีชมพูด้านบนขวาดังรูปที่ ง.14.2

Temperature (Real and Set) Pressure (Real and Set)

รูปที่ ง.14.2 เลือกแสดงอุณหภูมิ หรือ ความดัน

9.2 สามารถเลือกให้โปรแกรมแสดงผลอุณหภูมิจริง หรือ ความดันจริงได้

Pressure Only Temperature Only

รูปที่ ง.14.3 เลือกแสดงอุณหภูมิ หรือ ความดันเพียงอย่างเดียว

9.3 สามารถบันทึกกราฟที่แสดงให้อยู่ในไฟล์ของรูปภาพ(.bmp) โดยเลือก Save As ดัง

รูปที่ ง.14.4

Save As Close

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก หรือ ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้