ออกแบบเครื่องฟักไข่อัตโนมัติโดยใช้ PID Controller ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

AUTOMATIC EGG INCUBATOR CONTROLLED BY PID CONTROLLER

จิรวัฒน์ พัฒนชัยวงษ์คูณ

ภาสวี พู่พันธ์

ภูวิศ แสงแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC EGG INCUBATOR CONTROLLED BY PID CONTROLLER

Jirawat Pattanachaiwongkoon

Pasavee Pupun

Puwit Sangkaew

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE FEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERRING

FACULTY OF ENGINEERING

ACADEMIC TEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกแบบเครื่องฟักไข่อัตโนมัติโดยใช้ PID Controller ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น AUTOMATIC EGG INCUBATOR CONTROLLED BY PID CONTROLLER			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจิรวัฒน์	พัฒนชัยวงษ์คูณ	**รหัสนักศึกษา**	61010147
	นายภาสวี	พู่พันธ์	**รหัสนักศึกษา**	61010820
	นายภูวิศ	แสงแก้ว	**รหัสนักศึกษา**	61010848
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศกรรมการวัดคุม			
ปีการศึกษา	2564			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.สุธรรม สัทธรรมสกุล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกแบบเครื่องฟักไข่อัตโนมัติโดยใช้ PID Controller ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น			
	AUTOMATIC EGG INCUBATOR CONTROLLED BY PID CONTROLLER			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจิรวัฒน์	พัฒนชัยวงษ์คูณ	รหัสนักศึกษา	61010147
	นายภาสวี	พู่พันธ์	รหัสนักศึกษา	61010820
	นายภูวิศ	แสงแก้ว	รหัสนักศึกษา	61010848
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สุธรรม	สัทธรรมสกุล		
ปีการศึกษา	2564			

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการพัฒนาอุปกรณ์รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ ในการเพาะพันธุ์ไข่ไก่ให้มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสามารถควบคุมการผลิตได้ด้วยตนเองเพื่อช่วยลดอัตราการสูญเสียและสร้างความปลอดภัยกับไข่ จึงเป็นที่มาของโครงงานวิจัยฉบับนี้ โดยมีการออกแบบการควบคุมปัจจัยที่จำเป็นในการฟักไข่ คือ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การไหลเวียนของอากาศและปริมาณก๊าซออกซิเจนภายใน โดยควบคุมผ่านพีไอดีคอนโทรลเลอร์ (PID Controller) รวมถึงการออกแบบระบบมอเตอร์พลิกไข่ พร้อมทั้งออกแบบตู้ฟักไข่ที่มีฉนวนเพื่อลดการรบกวนที่จะเกิดขึ้นขณะดำเนินการ โดยการนำเซนเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ มาช่วยในการตรวจวัดค่าและควบคุมระบบการฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AUTOMATIC EGG INCUBATOR CONTROLLED BY PID CONTROLLER	
Authors	Mr. Jirawat	Pattanachaiwongkoon
	Mr. Pasavee	Pupun
	Mr. Puwit	Sangkaew
Thesis Advisor	Asst. Prof. Sutham	Satthamsakul
Year	2021	

ABSTRACT

This research project presents a method for developing efficient egg breeding equipment with self-control to reduce wastage and ensure egg safety. Therefore, this is the origin of this research project. It is designed to control the factors necessary for incubation, namely temperature and humidity control. airflow and internal oxygen content by controlling them through the PID Controller, including the design of the egg-turning motor system. In addition, the incubator is designed to be insulated to reduce the noise that will occur during operation by using a sensor and a microcontroller to help measure and control the incubation system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณ ผศ.สุธรรม สัทธรรมสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา และขอขอบคุณ คุณสมพล บุษบรรณ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่ขาดไม่ได้คือคณาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้ความรู้และสนับสนุนการทำโครงการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องและเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ และขอบคุณพี่ ๆ ในบริษัท ศิวโรจน์เอ็นจิเนียร์ริ่ง จำกัด และบริษัท นาคา อินซูเมน และทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้องสำหรับการให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ

สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์อันที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่านและขอให้ทุก ๆ ท่านจงมีแต่ความสุขความเจริญตลอดไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ i
ABSTRACT ii
กิตติกรรมประกาศ iii
สารบัญ iv
สารบัญตาราง viii
สารบัญรูป ix

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการวิจัย 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 Proportional-Integral-Derivative Controller (PID) 3
2.1.1 แบบสัดส่วน (Proportional) 3
2.1.2 ปริพันธ์ (Integral) 4
2.1.3 อนุพันธ์ (Derivative) 5
2.1.4 ผลรวม 6
2.1.5 การปรับจูนด้วยมือ 6
2.2 ทฤษฎีการฟักไข่ 7
2.2.1 อุณหภูมิ (Temperature) 8
2.2.2 ความชื้น (Humidity) 8
2.2.3 อากาศและการถ่ายเทอากาศในตู้ฟักไข่ (Ventilation) 9
2.2.4 การวางไข่ในตู้ฟัก (Egg positioning) 9
2.2.5 การกลับไข่ฟัก (Egg turning) 10
2.2.6 การส่องไข่ฟัก 10
2.3 PID Controller Yogokawa Model YS170 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ทรานสมิตเตอร์ 11
2.4.1 TRH-300 series 302 11
2.4.2 ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ : Rosemount™ 248 13
2.5 Rosemount-214c RTD Temperature and Temperature Assembly 13
2.6 ลิมิตสวิตช์ : ไมโครสวิตช์ LXW5-11N1 14
2.7 ดิจิตอลไทม์เมอร์สวิตช์ THC15A 14
2.8 Arduino 15
2.8.1 Arduino UNO 15
2.8.2 Arduino Mega 2560 16
2.8.3 PWM 5 - 36VDC 15A 16
2.8.4 Data Logger Shield 17
2.8.5 PWM Motor DC Control 12 - 40V DC 18
2.9 Arduino IDE 18
2.10 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ควบคุมผ่าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ 19
2.10.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น DHT21/AM2301 19
2.10.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น SHT20 20
2.11 The Gravity: I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์ ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 21
2.12 มอเตอร์รอบต่ำพร้อมตัวเก็บประจุ 22
2.13 รีเลย์ 22
2.13.1 รีเลย์ รุ่น MY2N MT2N-GS 24V/AC 22
2.13.2 โมดูลรีเลย์ 1 ช่อง และ 3 ช่อง 23
2.13.3 โซลิดสเตตรีเลย์ 4 - 20 mA 23
2.14 เบรกเกอร์ 24
2.14.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ 24
2.14.2 เซฟตี้เบรกเกอร์ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.15 พาวเวอร์ซัพพลาย 25
2.15.1 พาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรงขนาด 12V 25
2.15.2 พาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรงขนาด 24V 26
2.15.3 พาวเวอร์ซัพพลายรุ่น DeltaV Bulk 26
2.16 เครื่องสร้างหมอก 28
2.17 พัดลมระบายอากาศและพัดลมพาความชื้น 28
2.17.1 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 2 สาย 28
2.17.2 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 3 สาย 29
2.17.3 พัดลมรขนาด 12 นิ้ว 30
2.18 โฟมโพลียูริเทน (Polyurethane) 30
2.19 ฮีตเตอร์ 31

บทที่ 3 การออกแบบและดำเนินการ 33
3.1 ออกแบบระบบเครื่องฟักไข่ 33
3.1.1 ออกแบบตู้ฟักไข่และเครื่องพลิกไข่อัตโนมัติ 34
3.1.2 ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ 35
3.1.3 ออกแบบระบบควบคุมความชื้น 36
3.1.4 ออกแบบระบบไหลเวียนอากาศ 36
3.2 วิธีการดำเนินงาน 37
3.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ 38
3.2.2 ระบบควบคุมความชื้น 42
3.2.3 ระบบไหลเวียนอากาศและวัดค่าออกซิเจน 44
3.2.4 การบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ 45
3.2.5 การสร้างตู้ฟักไข่ เครื่องพลิกไข่อัตโนมัติ และการติดตั้งอุปกรณ์ 47
3.2.6 การทดสอบระบบ 49
3.3 การฟักไข่ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....57

4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น และออกซิเจน 57

4.2 ผลการเปรียบเทียบ 58

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 60

5.1 สรุปผลการวิจัย 60

5.2 ปัญหาที่พบขณะการดำเนินการ..... 60

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ 61

เอกสารอ้างอิง 62

ภาคผนวก.....63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางผลของการเพิ่มตัวแปรอย่างอิสระ 7
2.2 ตารางตารางการฟักไข่ของไข่แต่ละชนิด 8
2.3 ตารางรายละเอียดของ TRH-300 12
2.4 ตารางรายละเอียดของ TRH-302 12
2.5 ตารางรายละเอียดชอง เซนเซอร์ AM2301 19
2.6 ตารางรายละเอียดของ เซนเซอร์ SHT20 20
2.7 ตารางรายละเอียดพาวเวอร์ซัพพลาย DeltaV Bulk 24V 27
2.8 ตารางขั้วต่อสายไฟและการเดินสายไฟ 28
3.1 ตารางรายละเอียดในการควบคุมกระบวนการ 33
4.1 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง 58
4.2 อัตราความสำเร็จของการฟักสำหรับตู้ฟักไข่ในงานวิจัยนี้ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงกราฟของ Proportional 4
2.2 แสดงกราฟของ Integral 5
2.3 แสดงกราฟของ Derivative 6
2.4 (ก) หน้าจอ PID Controller (ข) Loop Single Mode 11
2.5 ทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ 11
2.6 ทรานสมิตเตอร์ Rosemount™ 248 13
2.7 (ก) RTD Rosemount-214c RTD Temperature 13
2.8 (ก) ไมโครสวิตซ์ LXW5-11N1 (ข) วงจรภายใน ลิมิตสวิตซ์ 14
2.9 ดิจิตอลไทม์เมอร์สวิตซ์ THC15A 15
2.10 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ Arduino UNO 16
2.11 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ Arduino Mega 2560 16
2.12 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ PWM 17
2.13 Data Logger Shield 17
2.14 Motor DC (FAN) 18
2.15 โปรแกรม Arduino IDE 18
2.16 เซนเซอร์ AM2301 วัดอุณหภูมิและความชื้น 19
2.17 (ก) เซนเซอร์ SHT20 (ข) กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ 20
2.18 I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์ 21
2.19 มอเตอร์รอบต่ำพร้อมตัวเก็บประจุ 22
2.20 (ก) รีเลย์ MY2N (ข) วงจรภายในรีเลย์ MY2N 22
2.21 (ก) รีเลย์ 1 ช่อง (ข) รีเลย์ 3 ช่อง (ค) วงจรภายในรีเลย์ 23
2.22 (ก) โซลิดสเตตรีเลย์ 4-20 mA (ข) วงจรภายในโซลิดสเตตรีเลย์ 23
2.23 เซอร์กิตเบรกเกอร์ 24
2.24 เซฟตี้เบรกเกอร์ PHILIPS 25
2.25 พาวเวอร์ซัพพลาย 12V 25
2.26 พาวเวอร์ซัพพลาย 24V 26
2.27 พาวเวอร์ซัพพลายรุ่น DeltaV Bulk 26
2.28 เครื่องสร้างหมอก 28
2.29 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 2 สาย 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.30 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 3 สาย 29
2.31 พัดลมระบายความร้อน 12 นิ้ว 30
2.32 โฟมโพลียูริเทน 31
2.33 ฮีตเตอร์กลม 200W 32
3.1 ระบบของเครื่องฟักไข่ 33
3.2 (ก) ตู้ฟักไข่ด้านหน้า (ข) ตู้ฟักไข่ด้านหลัง (ค) ตู้ฟักไข่ด้านซ้าย (ง) ตู้ฟักไข่ด้านขวา 34
3.3 (ก) ด้านหน้าระบบพลิกไข่ (ข) ด้านข้างระบบพลิกไข่ (ค) ด้านบนระบบพลิกไข่ 35
3.4 ไดอะแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิ 36
3.5 ไดอะแกรมระบบควบคุมความชื้น 36
3.6 ไดอะแกรมระบบไหลเวียนอากาศ 37
3.7 ไดอะแกรมทั้งหมดของตู้ฟัก 37
3.8 นำอุปกรณ์ PT 100 กับ ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ Rosemount 248 มาสอบเทียบ 38
3.9 ตั้งค่าอุณหภูมิสอบเทียบ 38
3.10 (ก) วัดอุณหภูมิ PT100 (ข) ตั้งค่า Fluke Calibration 9143 Field Metrology Well 37
3.11 (ก) ทำการสอบเทียบที่ 4mA (ข) ทำการสอบเทียบที่ 12mA 38
(ค) ทำการสอบเทียบ 20mA
3.12 ทำการติดตั้ง PT 100 40
3.13 แปลงสัญญาณเป็น 4-20 mA เพื่อควบคุมอุณหภูมิ 40
3.14 ติดตั้งพัดลมระบาย 41
3.15 (ก) ตั้งค่า PID 1 (ข) ตั้งค่า PID กำหนดค่า P, I, D 41
3.16 (ก) อุปกรณ์สอบเทียบทรานสมิตเตอร์ความชื้น TRH-302 (ข) ทำการสอบเทียบ 42
(ค) สอบเทียบความชื้นที่ 60%
3.17 ติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302 42
3.18 เชื่อมต่อ TRH-302 กับ PID Controller 43
3.19 สายแปลงสัญญาณเพื่อไปยัง PWM 43
3.20 การแปลงค่าเพื่อควบคุมความเร็วพัดลม 44
3.21 (ก) ตั้งค่า PID 1 (ข) ตั้งค่า PID กำหนดค่า P, I, D 44
3.22 เขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่า และควบคุมออกซิเจน 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.23 ทดสอบระบบระบายอากาศ 45
3.24 ติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศ 46
3.25 ไดอะแกรมการบันทึกข้อมูล..... 46
3.26 Data Logger Shield เชื่อมต่อกับ Arduino Mega 46
3.27 โปรแกรมสั่งเก็บข้อมูลลง SD card..... 47
3.28 (ก) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 1on (ข) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 1off (ค) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 2on..... 47
(ง) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 2off
3.29 วงจรของระบบมอเตอร์กลับไข่ 48
3.30 (ก) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 1 (ข) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 2..... 48
(ค) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 3
3.31 วงจรสายไฟของตู้ 49
3.32 วงจรสายไฟจริงของตู้ 49
3.33 ทดสอบระบบพลิกไข่ 50
3.34 (ก) ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิขณะฮีตเตอร์ทำงาน (ข) โซลิดสเตตรีเลย์ขณะทำงาน..... 50
(ค) ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิขณะฮีตเตอร์หยุดทำงาน
3.35 (ก) ทดสอบระบบความชื้นขณะพัดลมทำงาน 51
(ข) ทดสอบระบบความชื้นขณะพัดลมหยุดทำงาน (ค) พัดลมขณะทำงาน
(ง) เครื่องสร้างหมอกขณะทำงาน
3.36 (ก) เซนเซอร์ออกซิเจนขณะทำงาน (ข) พัดลมไหลเวียนอากาศขณะทำงาน..... 51
3.37 (ก) ด้านหน้าตู้ขณะทำงาน (ข) ด้านหลังตู้ขณะทำงาน 52
3.38 (ก) ระบบทำงานขณะ 13.00 น. (ข) ระบบทำงานขณะ 19.04 น..... 52
(ค) ระบบทำงานขณะ 22.02 น
3.49 ไข่ไก่มีเชื้อ..... 53
3.40 แยกไข่ไก่ที่มีเชื้อที่ไม่มีรอยเปื้อน 53
3.41 (ก) นำไข่ไก่มีเชื้อเข้าตู้ (ข) ระบบเริ่มทำงาน 54
3.42 (ก) ไข่มีเชื้อ (ข) ไข่เชื้อตาย 54
3.43 (ก) ภาพประกอบลักษณะของการส่องไข่ (ข) ลักษณะของไข่ไก่ที่มีเชื้อตาม..... 55
จำนวนวันที่เริ่มทำการฟัก
3.44 ไข่ที่มีเชื้อหลังการคัดแยกแล้ว..... 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.45 (ก) ส่องไข่เพื่อตรวจดูเชื้อ (ข) วางไข่เตรียมรอฟัก 55
3.46 ทำกรงอนุบาลลูกเจี๊ยบ.....56
4.1 กราฟบันทึกผลการทดลอง..... 57
4.2 (ก) ลูกเจี๊ยบขณะฟักในตู้ฟัก (ข) นำลูกเจี๊ยบเข้ากรงอนุบาล.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันเกษตรกรรมมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาผลการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูง และได้ผลผลิตที่มากขึ้นที่สุด ทำให้เกิดความสนใจการเพาะพันธุ์ไข่ไก่ให้มีประสิทธิภาพ โดยพื้นฐานแล้วการฟักไข่ในธรรมชาติจากแม่ไก่จะมีอัตราความสำเร็จประมาณ 71.15% โดยอาศัยอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในเกษตรกรรม กระบวนการเพาะพันธุ์ไข่ไก่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิกับความชื้นที่พอเหมาะ โดยเฉพาะอุณหภูมิควบคุมอยู่ที่ 37.3 – 37.8 องศาเซลเซียส และความชื้นที่ 50 - 60% พร้อมทั้งยังมีตัวแปรสำคัญอีกตัวที่ส่งผลต่อการเพาะพันธุ์ไข่ไก่ คือ ปริมาณก๊าซออกซิเจนในอากาศซึ่งปกติจะอยู่ระหว่าง 20.0 – 21.0% และความต้องการอากาศจะมากขึ้นในช่วงท้ายของการฟัก ในระยะแรกของการฟักไข่การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นน้อย แต่การแลกเปลี่ยนก๊าซจะมากขึ้นเมื่อลูกไก่มีการเจริญเติบโตขึ้น โดยไข่ 100 ฟอง ต้องการออกซิเจนประมาณ 4.5 ลูกบาศก์ฟุต/วัน และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณ 2.5 ลูกบาศก์ฟุต/วัน นอกจากนี้ยังเกิดความร้อนจากการเมตาบอลิซึมอีกด้วย การเปิดช่องระบายอากาศจะช่วยในการระบายความร้อนออก ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในอากาศที่บริสุทธิ์มีค่าประมาณ 20 - 21% ถ้าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงเหลือ 17% ส่งผลให้อัตราการฟักไข่ลดลง ดังนั้นในตู้ฟักไข่จึงต้องมีระบบระบายอากาศที่ดีเพื่อสามารถระบายอากาศได้อย่างเพียงพอทำให้การเพาะพันธ์ไข่ไก่มีประสิทธิภาพ จากการศึกษาข้อมูลพบว่าการกลับไข่และการวางไข่ในตู้ฟักก็มีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์ไข่ไก่เช่นกัน โครงการวิจัยนี้จะทดลองการฟักไข่ไก่โดยใช้ระยะเวลา 21 วัน ซึ่งใน 18 วันแรก ต้องมีการกลับไข่ทุก ๆ 1 ชั่วโมงหรือใน 1 วันต้องมีการกลับไข่อย่างน้อย 3 ครั้ง โดยการกลับไข่ที่เหมาะสมที่สุดคือ มุม 45 องศาจากแนวดิ่งกลับไปมา

ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติ ที่สามารถฟักไข่ได้มากที่สุดถึง 88 ฟอง พร้อมทั้งมีการวัด และควบคุมตัวแปร อุณหภูมิและความชื้นผ่าน PID Controller โดยใช้ฮีตเตอร์ในการควบคุมอุณหภูมิ และในส่วนของความชื้นจะมีออกแบบระบบสร้างหมอกที่จะส่งความชื้นผ่านพัดลมเข้าไปภายในตู้ ซึ่งการควบคุมความเร็วการหมุนของใบพัดนั้นจะควบคุมโดย PID Controller พร้อมทั้งออกแบบระบบระบายอากาศ เพื่อที่จะควบคุมก๊าซออกซิเจนที่เป็นตัวแปรสำคัญที่วัดมาจากเซนเซอร์ I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์ ในทางด้านการกลับไข่และการวางไข่ จะทำการออกแบบระบบกลับไข่อัตโนมัติแบบตั้งเวลาการกลับไข่และหยุดในมุมที่พอเหมาะที่สุดของการวางไข่ คือที่ 45 องศา ซึ่งเครื่องฟักไข่ในท้องตลาดนั้น ส่วนใหญ่เป็นการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบเปิด/ปิด (on/off) จึงเป็นเหตุผลที่ทำการออกแบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นผ่าน PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีการฟักไข่
2) ร่างแบบตู้ฟักไข่โดยใช้ AutoCAD
3) ออกแบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดย PID Controller
4) ออกแบบระบบควบคุมภายในตู้ผ่าน Arduino
5) จำลองการฟักไข่ไก่

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ออกแบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิและความชื้นซึ่งความชื้นจะมีระบบการสร้างหมอกที่จะทำการส่งความชื้นผ่านพัดลมเข้าไปในตู้ และในส่วนของอุณหภูมิจะใช้ฮีตเตอร์ในการลด-เพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ในอุณหภูมิที่กำหนดโดยจะควบคุมด้วย PID Controller

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีการฟักไข่ให้มีประสิทธิภาพ การควบคุมและวิธีการกำหนดค่า PID และหลักการส่งข้อมูลระหว่างคอลโทรลเลอร์กับ Arduino
2) ศึกษาวิธีใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (AM2301, RTD PT100), อุปกรณ์วัดความชื้น (SHT20, Rixen TRH-300), controller YS170 และอุปกรณ์ Arduino เป็นต้น
3) ศึกษาโปรแกรม AutoCad และโปรแกรม Arduino
4) ออกแบบตู้ฟักไข่และตู้คอนโทรล
5) ออกแบบวงจร Wiring ระหว่าง PID Controller, Arduino และอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งกำหนดค่า PID ที่เหมาะสม
6) ทดลองระบบฟักไข่ โดยใช้ระยะเวลา 21 วัน ติดตามผลการทดลองทุกวัน
7) สรุปผลการทดลอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตู้ฟักไข่อัตโนมัติกับสมมุติฐานการฟักแบบธรรมชาติ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการฟักไข่ไก่ โดยใช้ความรู้ที่ศึกษามาประยุกต์ใช้กับการออกแบบตู้ฟักไข่อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Proportional-Integral-Derivative Controller (PID)

ระบบควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional) – ปริพันธ์ (integral) – อนุพันธ์ (Derivative) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ ซึ่งมีค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ โดยวิธีการคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับตัวแปรสามตัว คือ ค่าสัดส่วน, ค่าปริพันธ์และค่าอนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์ที่กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมค่าความผิดพลาดที่พึ่งผ่านพ้นไป และค่าอนุพันธ์จะกำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามพารามิเตอร์นี้จะนำมาใช้ในการปรับกระบวนการ โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมค่าโอเวอร์ชูต และค่าแกว่งของระบบ วิธีการควบคุมแบบ PID ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุด หรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรมากที่สุด การประยุกต์ใช้งานในบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบก็ได้ ดังนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ การควบคุมแบบ PID บางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใด การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการที่ 2.1

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \qquad (2.1)$$

เมื่อ P_{out}, I_{out} และ D_{out} เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอมซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่าง

2.1.1 แบบสัดส่วน (Proportional)

เทอมของสัดส่วน หรือบางครั้งเรียกว่า อัตราขยาย จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้ โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p หรือที่เรียกว่า อัตราขยายสัดส่วน เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการที่ 2.2 และกราฟดังรูปที่ 2.1 ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ โดยในทางตรงกันข้ามผลอัตราขยายสัดส่วนที่มีค่าต่ำกว่าระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย

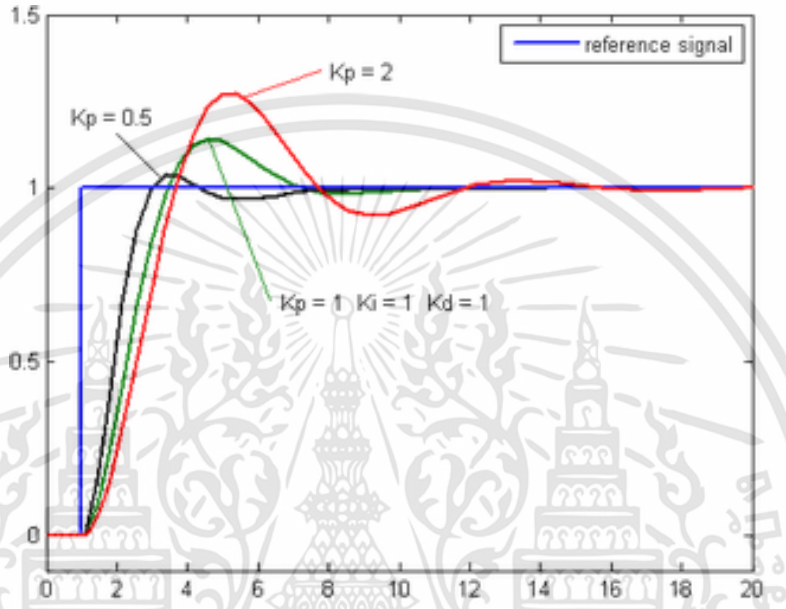
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.2)$$

เมื่อ P_{out} : สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

K_p : อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

e : ค่าความผิดพลาด = $SP - PV$



รูปที่ 2.1 แสดงกราฟของ Proportional

2.1.2 ปริพันธ์ (Integral)

ผลจากเทอมปริพันธ์ หรือบางครั้งเรียกว่า reset เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาดผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา หรือปริพันธ์ของความผิดพลาด จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้าความผิดพลาดสะสม จะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์ k_i เทอมปริพันธ์จะเป็นไป ดังสมการที่ 2.3 และกราฟดังรูปที่ 2.2 เทอมปริพันธ์จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วนแต่อย่างไรเทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau)d\tau \quad (2.3)$$

เมื่อ I_{out} : สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

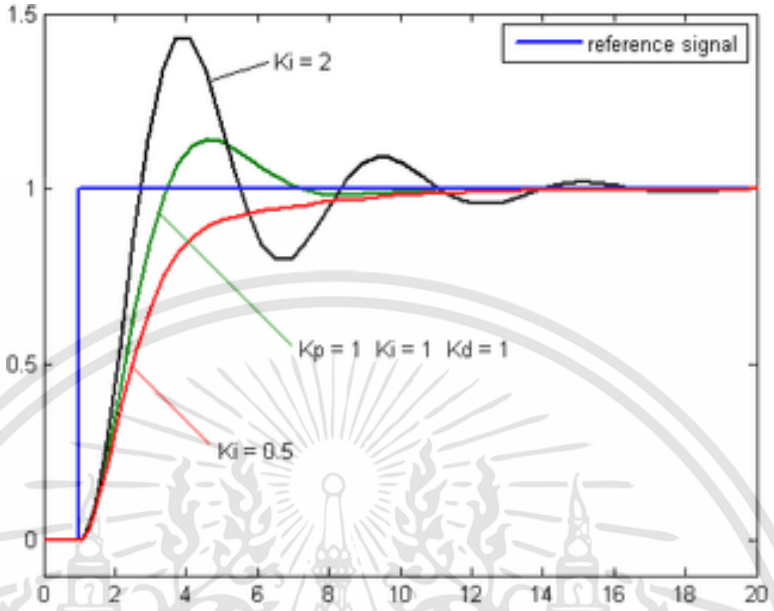
K_i : อัตราขยายปริพันธ์

e : ความผิดพลาด = $SP - PV$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t : เวลา

τ : ตัวแปรปริพันธ์หุ่น



รูปที่ 2.2 แสดงกราฟของ Integral

2.1.3 อนุพันธ์ (Derivative)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการ สามารถคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุก ๆ เวลา นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์ K_d ขนาดผลของเทอมอนุพันธ์ขึ้นกับอัตราขยายอนุพันธ์ K_d เทอมอนุพันธ์เป็นไปดังสมการที่ 2.4 และกราฟดังรูปที่ 2.3 เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขาออกของระบบควบคุม และจะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ

ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูต ที่เกิดจากเทอมปริพันธ์และทำให้เกิดความเสถียรภาพในการรวมกันของระบบควบคุมที่ดีขึ้นแต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวน ในเทอมของส่วนความผิดพลาด สามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{2.4}$$

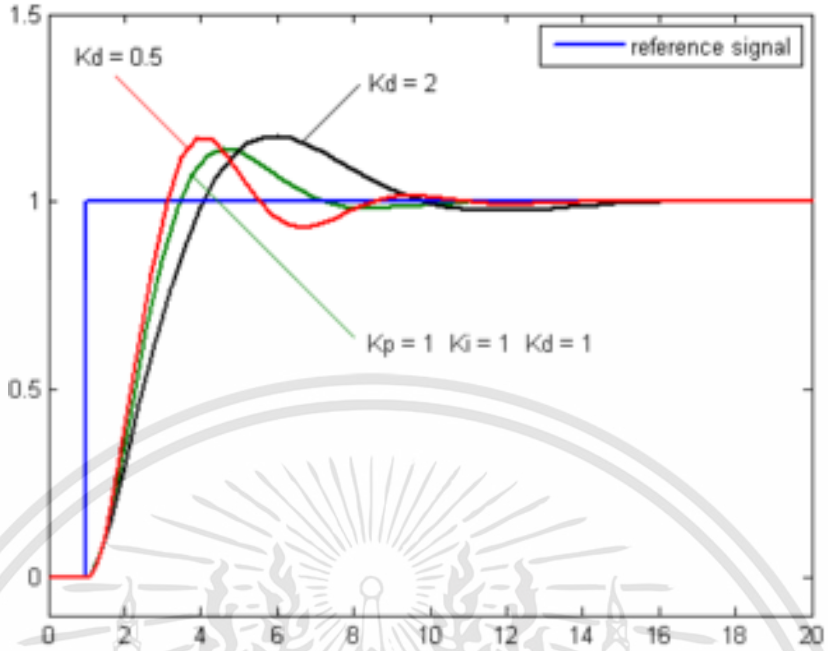
เมื่อ D_{out} : สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

K_d : อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e : ความผิดพลาด = SP – PV

t : เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงกราฟของ Derivative

2.1.4 ผลรวม

เทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID กำหนดให้ $\mathbf{u(t)}$ เป็นสัญญาณขาออก สมการสุดท้ายของวิธี PID ดังสมการที่ 2.5

$$\mathbf{u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)} \quad (2.5)$$

2.1.5 การปรับจูนด้วยมือ

ถ้าระบบยังคงทำงาน ขั้นแรกให้ตั้งค่า $\mathbf{K_i}$ และ $\mathbf{K_d}$ เป็นศูนย์ เพิ่มค่า $\mathbf{K_p}$ จนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง (Oscillate) แล้วตั้งค่า $\mathbf{K_p}$ ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งสำหรับการตอบสนองชนิด "quarter amplitude decay" แล้วเพิ่ม $\mathbf{K_i}$ จนกระทั่งออฟเซตถูกต้องในเวลาที่พอเพียงของกระบวนการ แต่ถ้า $\mathbf{K_i}$ มากไปจะทำให้ไม่เสถียร สุดท้ายถ้าต้องการ ให้เพิ่มค่า $\mathbf{K_d}$ จนกระทั่งลูปอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า $\mathbf{K_d}$ มากเกินไปจะเป็นเหตุให้การตอบสนองและโอเวอร์ชูต (Overshoots) เกินยอมรับได้ ปกติการปรับจูน PID ถ้าเกิดโอเวอร์ชูต (Overshoots) เล็กน้อยจะช่วยให้เข้าสู่จุดที่ต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิดโอเวอร์ชูต (Overshoots) ได้ และถ้าค่า $\mathbf{K_d}$ น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการแกว่ง โดยมีผลของการเพิ่มตัวแปรอิสระ ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลของการเพิ่มตัวแปรอย่างอิสระ

ตัวแปร	ช่วงเวลาขึ้น (Rise time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	เวลาสมดุล (Setting time)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-State error)	เสถียรภาพ
K_p	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ลด	ลด
K_i	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	ลด
K_d	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ตามทฤษฎีไม่มีผล	ดีขึ้นถ้า K_d มีค่าน้อย

2.2 ทฤษฎีการฟักไข่

สัตว์ปีกเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังเลือดอุ่นชนิดเดียวที่มีการออกลูกเป็นไข่ คือ ตัวอ่อนมีการเจริญและพัฒนาภายนอกร่างกาย ซึ่งแตกต่างจากสัตว์เลือดอุ่นที่เลี้ยงลูกด้วยนมทั่วไป ที่ตัวอ่อนมีการเจริญและพัฒนาอยู่ภายในร่างกายของแม่จนกว่ามีอวัยวะครบสมบูรณ์แล้วจึงออกจากร่างกายของตัวแม่ และในบรรดาสัตว์ที่ออกลูกเป็นไข่สัตว์ปีกก็เป็นสัตว์ชนิดเดียวที่มีการฟักให้ความอบอุ่นและดูแลลูกอ่อนหลังจากฟักออกจากไข่ ยกเว้นนกบางชนิดในวงศ์นกเมกาพอดที่อยู่ในทวีปออสเตรเลีย, เกาะบอร์เนียวและหมู่เกาะใกล้เคียง จะไม่ใช้ความร้อนจากตัวเองในการฟักไข่ แต่จะใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์แทน ตัวอย่างเช่น นกมาลีโอ (Maleo; Megacephalon maleo) ไก่งวงพู่กัน (Brush turkey; Alectura lanthami) และนกมอลลี (Mallee fowl; Leipoa ocellata) ฯลฯ เมื่อมนุษย์นำสัตว์ปีกมาเลี้ยงเพื่อเอาผลผลิตเนื้อและไข่เป็นจำนวนมากจึง จำเป็นจะต้องหาวิธีฟักไข่ให้ได้คราวละมาก ๆ วิธีฟักไข่ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การให้แม่สัตว์ปีกฟักเองโดยธรรมชาติ วิธีนี้จะได้ลูกในปริมาณน้อยเนื่องจากในช่วงที่ไม่ฟักไข่นั้นจะไม่มีการวางไข่ ดังนั้นมนุษย์จึงหาวิธีทำให้แม่สัตว์ปีกผลิตไข่ได้คราวละมาก ๆ โดยไม่ต้องเสียเวลามาฟักเอง โดยการใช้เครื่องฟักไข่การที่ใช้เครื่องฟักไข่นั้นจะเป็นการเพิ่มปริมาณการฟักของไข่ เนื่องจากสามารถทำการฟักได้ตลอดช่วงเวลาทั้งปี พร้อมทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการฟักของไข่อีกด้วย และระยะเวลาในการฟักจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไข่ที่นำเข้าฟัก ตามตารางข้างล่าง ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางการฟักไข่ของไข่แต่ละชนิด

ชนิดสายพันธุ์	ระยะเวลาการฟัก	หยุดพลิกไข่	อุณหภูมิ	ความชื้น
ไก่ดำ, ไก่แจ้, ไก่ชน	21 วัน	วันที่ 19	37.5°C	60 - 70%
ไก่งวง	28 วัน	วันที่ 26	37.3°C	60 - 70%
นกฟินช์	14 วัน	วันที่ 12	37.3°C	45 - 50%
เป็ดทุกสายพันธุ์	28 วัน	วันที่ 26	37.5°C	45 - 50%
ห่านทุกสายพันธุ์	28 - 32 วัน	วันที่ 26	37.3°C	45 - 50%
นกกระทา	16 - 23 วัน	วันที่ 21	37.3°C	50 - 60%
นกยูง	28 - 30 วัน	วันที่ 26	37.3°C	50 - 60%

ปัจจัยสำคัญสำหรับการฟักไข่ การฟักไข่นั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการฟักซึ่งมีดังนี้

2.2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณภูมิเป็นปัจจัยสำคัญของการฟักไข่ อุณหภูมิของแต่ละชนิดของการฟักไข่จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ตามตารางที่ 2.2 โดยโครงการวิจัยนี้เป็นการฟักไข่ไก่ แบ่งเป็น 2 ระยะ 18 วันแรกจะใช้อุณหภูมิประมาณ 37.5 – 37.7 องศาเซลเซียส และในระยะ 3 วันหลังใช้อุณหภูมิประมาณ 37.2 – 37.5 องศาเซลเซียสดังนั้น อุณภูมิตลอดการฟักไข่ 21 วันคือ 37.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในฟองไข่ที่เพิ่งฟักใหม่ ๆ จะผันแปรไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายในตู้ฟัก ในขณะที่ตัวอ่อนภายในฟองไข่ฟักเริ่มมีการพัฒนาจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในฟองไข่ ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไม่ให้สูงเกินไป โดยให้เพิ่มการระบายอากาศ และถ้าสามารถนำประโยชน์ของความร้อนจากไข่ฟักมาร่วมกับการใช้ความร้อนจากตู้ฟักได้ จะช่วยให้ประหยัดกระแสไฟได้ ในตู้ฟักบางชนิดมีชุดทำความเย็น (cooling unit) ไว้ป้องกันอุณหภูมิภายในตู้ฟักที่สูงเกินไป การควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอจะต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้ฟัก เพราะถ้ามีการหมุนเวียน หรือการระบายอากาศมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายในตู้ฟักลดลงยังมีผลต่อความชื้น และการระเหยของน้ำภายในตู้ฟักอีกด้วย ซึ่งจากการวิจัยที่นำมาอ้างอิงการที่อุณหภูมิที่ 38.5 หรือ 39.5 องศาเซลเซียสจะมีโอกาสให้อัตราการฟักลดลงและลูกไก่ไม่แข็งแรง

2.2.2 ความชื้น (Humidity)

ในระหว่างการเจริญของตัวอ่อนจำเป็นต้องได้รับความชื้นที่มีค่าเหมาะสม เพื่อทำให้กระบวนการต่าง ๆ ดำเนินไปได้ตามปกติ ไข่ฟักจะสูญเสียความชื้นตลอดเวลาในระหว่างการฟัก อัตราการสูญเสียความชื้นประมาณ 11 - 13% การสูญเสียความชื้นจะมากในระยะแรกและจะลดลงเรื่อย ๆ แล้วจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายของการฟัก โดยทั่วไปในช่วง 18 วันแรกของการฟัก ไข่ต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60% แต่ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟัก ไข่ฟักจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 70 - 75% เพื่อให้ลูกไก่สามารถเจาะเข้าไปในอากาศได้สะดวกและช่วยให้ขนฟูหลักจากฟักแล้ว อัตราการระเหยของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณของพื้นผิวเปลือกไข่ ลมที่พัดผ่าน อุณหภูมิและความอิ่มตัวของน้ำในอากาศในระหว่างการฟัก ดังนั้นในระหว่างการฟักจำเป็นต้องมีการควบคุมการระเหยของน้ำโดยการปรับหรือเติมไอน้ำในตู้ฟัก เพื่อควบคุมความชื้นให้เหมาะสม คุณภาพของเปลือกไข่จะมีผลต่อการสูญเสียน้ำจากฟองไข่ด้วย ไข่เปลือกบางไม่แข็งแรงหรือมีรูพรุนมากเกินไป จะสูญเสียน้ำจากฟองไข่มากกว่าไข่ที่มีเปลือกหนา

2.2.3 อากาศและการถ่ายเทอากาศในตู้ฟักไข่ (Ventilation)

ปริมาณอากาศและอัตราการไหลเวียนของอากาศในตู้ฟักจะต้องเหมาะสม ปริมาณของอากาศที่แลกเปลี่ยนในตู้ฟักนั้นถูกควบคุมโดยตำแหน่งและขนาดของรูระบายอากาศในตู้ฟักไข่ ซึ่งสามารถปรับขนาดได้ตามความต้องการ ความต้องการอากาศจะมากขึ้นในช่วงท้าย ๆ ของการฟัก โดยในระยะแรกของการฟักการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นน้อย แต่การแลกเปลี่ยนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อลูกไก่มีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยไข่ 100 ฟอง ต้องการออกซิเจนประมาณ 4.5 ลูกบาศก์ฟุต/วัน และปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกประมาณ 2.5 ลูกบาศก์ฟุต/วัน นอกจากนี้ยังเกิดความร้อนจากการเมตาบอริซึมอีกด้วย ดังนั้นการเปิดรูระบายอากาศจึงช่วยในการระบายความร้อนออกด้วย ความเข้มเข้มของก๊าซออกซิเจนในอากาศบริสุทธ์ มีค่าประมาณ 20% ซึ่งถ้าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงเหลือประมาณที่ 17% จะมีผลให้อัตราการฟักออกลดลง ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม คือ 0.4% ถ้าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นถึง 2% จะมีผลทำให้ตัวอ่อนตายได้ และถ้าสูงขึ้นจะถึง 5% ตัวอ่อนภายในไข่จะตายหมด ดังนั้นในตู้ฟักไข่จึงควรมีระบบระบายอากาศที่ดี สามารถระบายอากาศได้อย่างเพียงพอ จึงจะทำให้การฟักไข่ได้ผลดี

2.2.4 การวางไข่ในตู้ฟัก (Egg positioning)

โดยธรรมชาติแล้วการเจริญเติบโตของลูกไก่ในฟองไข่ ลูกไก่จะหันหัวขึ้นด้านบนเสมอ เมื่อไข่ฟักมีอายุมากขึ้นส่วนหัว และปากของลูกไก่จะอยู่ใกล้ช่องอากาศมากขึ้น จึงควรวางไข่ให้เหมาะสมกับลักษณะทางธรรมชาติ คือ วางเอาด้านป้านขึ้น ซึ่งจะให้ผลดี จากการทดลองวางไข่ฟักโดยเอาด้านแหลมขึ้น จะทำให้การฟักออกลดลงประมาณ 10% อีกทั้งลูกไก่ที่ฟักออกจะมีคุณภาพลดลงประมาณ 35 - 40% ยกเว้นในช่วงท้ายของการฟักควรวางไข่ในแนวนอน เพื่อให้ลูกไก่สามารถดันเปลือกออกได้สะดวกมากขึ้น สำหรับตู้ฟักที่ไม่มีช่องวางไข่ฟักจะใช้วิธีวางไข่แนวนอนเหมือนการฟักไข่ธรรมชาติจะให้ผลการฟักออกไม่แตกต่างกันแต่ต้องมีการกลับไข่ให้ทั่วถึงทุกฟอง ซึ่งไม่สะดวกถ้าฟักไข่ครั้งละมาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การกลับไข่ฟัก (Egg turning)

โดยธรรมชาติของการฟักไข่ของแม่ไก่จะมีการกลับไข่โดยเฉลี่ยทุก ๆ 35 นาที และถ้าไม่มีการกลับไข่เลยทำให้ไข่ฟักไม่ออก ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดควรต้องมีการกลับไข่วันละ 3 ครั้ง แต่สำหรับตู้ฟักที่มีอุปกรณ์สำหรับกลับไข่อัตโนมัติ ควรกลับไข่ทุก ๆ ชั่วโมง การกลับไข่เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการฟักไข่ในระยะแรก ๆ และจะหยุดกลับไข่ใน 3 วันสุดท้าย การกลับไข่บ่อยเกินไป ไม่มีผลทำให้การฟักออกสูงขึ้น แต่จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน มุมของการกลับไข่ที่เหมาะสมคือ 45 องศาจากแนวดิ่งกลับไปมา การใช้มุมกลับไข่ในระดับอื่นจะมีผลทำให้ผลการฟักออกลดลง

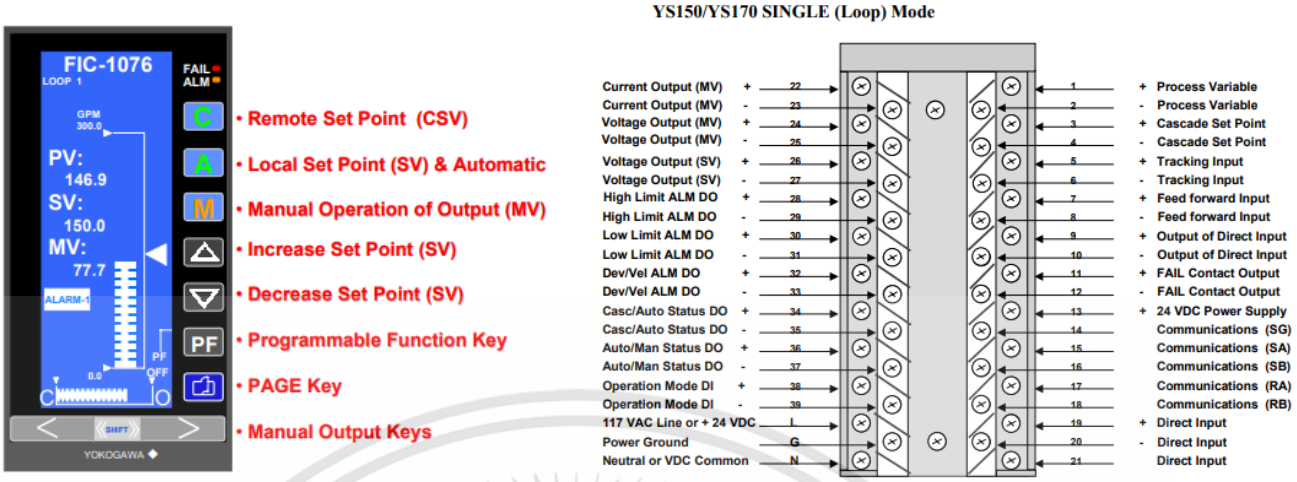
2.2.6 การส่องไข่ฟัก

การตรวจสอบหาไข่มีเชื้อไข่เชื้อตายหรือสิ่งผิดปกติในฟองไข่ จะใช้วิธีส่องไข่โดยอาศัยเพียงแสงไฟจากหลอดไฟที่อยู่ในกล่องหรือกระบอก ที่สามารถบังคับให้มีแสงสว่างออกมาเพียงด้านเดียว เมื่อไข่ไปทาบรูที่แสงออกจะได้ไม่มีแสงสว่างมารบกวน และควรทำในที่มืด สำหรับแสงสว่างที่ใช้จะมากหรือน้อยไม่มีปัญหา แต่ไม่ควรให้ความร้อนสูงจนเกินไปเพราะจะเกิดผลเสียต่อตัวอ่อนลูกไก่ได้ ไข่ฟักที่มีเปลือกไข่สีขาวนั้นสามารถส่องเห็นได้ง่ายกว่าไข่ที่มีเปลือกสีน้ำตาล การส่องไข่ทำเพื่อแยกไข่มีเชื้อกับไม่มีเชื้อ สามารถทำได้หลังจากนำไข่เข้าตู้ฟักไปแล้วเป็นเวลา 15 - 18 ชั่วโมงแต่ในทางปฏิบัติการส่องไข่จะทำในวันที่ 3 ของการฟักไข่สำหรับไข่เปลือกขาว และสำหรับไข่เปลือกน้ำตาลควรส่องในไข่ในวันที่ 5 ของการฟัก เนื่องจากไข่เปลือกสีน้ำตาลจะมีลักษณะทึบมากกว่า ทำให้มองรายละเอียดต่าง ๆ ได้ยาก การส่องไข่ไม่ว่าจะเป็นช่วงใดก็ตามจะมีผลกระทบต่อไข่ฟักไม่มากก็น้อย จึงควรทำด้วยความระมัดระวังและใช้เวลาให้น้อยที่สุดในการนำไข่ออกมาจากตู้ฟัก

2.3 PID Controller Yogokawa Model YS170

ในระบบปิดตัวควบคุม PID รวมถึงระบบควบคุมป้อนกลับ โดยระบบส่วนนี้จะประเมินตัวแปรป้อนกลับโดยใช้จุดคงที่ เพื่อสร้างสัญญาณข้อผิดพลาดจากนั้นระบบจะเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตของระบบ ขั้นตอนนี้จะดำเนินต่อไปจนกว่าข้อผิดพลาดจะมีค่าเป็นศูนย์ มิฉะนั้นค่าของตัวแปรป้อนกลับจะเทียบเท่ากับจุดคงที่ คอนโทรลเลอร์ดังแสดงตามรูปที่ 2.4 สามารถให้ผลลัพธ์การควบคุมที่แม่นยำกว่าและมีเสถียรภาพที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับคอนโทรลเลอร์ประเภท เปิด/ปิด ซึ่งมีเพียงสองเงื่อนไขที่สามารถใช้ได้ในการจัดการระบบ เมื่อค่าของกระบวนการต่ำกว่าจุดคงที่แล้วก็จะเปิด ในทำนองเดียวกันจะปิดเมื่อค่าสูงกว่าค่าคงที่ที่ตั้งไว้ เอาต์พุตของคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้จะไม่คงที่ และจะแกว่งขึ้นลงในช่วงของค่าคงที่ที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 (ก) หน้าจอ PID Controller (ข) Loop Single Mode

2.4 ทรานสมิตเตอร์

โดยทรานสมิตเตอร์ในโครงการวิจัย ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ทรานสมิตเตอร์วัดความชื้นโดยใช้แบรนด์ RIXEN รุ่น TRH-300 Series 302 และทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิโดยใช้แบรนด์ Rosemount™ รุ่น 248

2.4.1 TRH-300 series 302

TRH-302 คือ ทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในตระกูลของทรานสมิตเตอร์ TRH-300 series ที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถทนทานต่อสภาพอากาศได้ในทุก ๆ สถานการณ์ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าสามารถตอบสนองต่อการวัดอุณหภูมิความชื้นสัมพันธ์ได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.5 พร้อมมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4

รูปที่ 2.5 ทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของ TRH-300

Model	Descriptions	
TRH-301	Temperature Transmitter	
TRH-302	Humidity Transmitter	
TRH-303	Humi/Temp Transmitter	
Shape (Mounting)	W	Wall mount Type
	D	Duet mount Type
	S	Separated Type
Output Signal	A	Current out
	V	Voltage out

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของ TRH-302

Measurement Range	0 ~ 100% RH 0 ~ 100°C (-20 ~ +80°C,0 ~ +50°C,-40 ~ 60°C available)
Accuracy (At 25 °C)	±2% RH, ±0.3°C
Long-term Stability	Better than 1% RH per year(Typical)
Temp. Compensation	±0.008% RH/ °C (Effect @0% RH)
Response	<15 seconds (90% at +25°C in moving air at 0.5M/S)
Sensors	Humidity : Thin-Film capacitor Temperature : RTD Pt100Ω IEC751,DIN43760
Output	Humi: 4-20 mA Two wire Temp: 4-20 mA Two wire (scalable) Selectable signal output of 0 to 1 V,0 to 5 V,0 to 10 V or 1 to 5 V (option)
Supply Voltage	12 – 40 VDC
Sensor Protection	Sintered filter,Part,No,TR-3066(option)
Housing	ABS plastic watertight enclosure (IP65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ : Rosemount™ 248

ทรานสมิตเตอร์ ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น และแรงดัน ให้เป็นสัญญาณมาตรฐานส่งออกทางด้านเอาต์พุต เช่น สัญญาณอนาล็อกมาตรฐานด้านเอาต์พุต 0 - 10VDC, 4 - 20mA เป็นต้น เพื่อส่งไปยังส่วนควบคุม (Control Device), ส่วนประมวลผล (Calculator) หรือส่วนแสดงค่า (Indicating Device) ที่อยู่ห่างไกลออกไปจากเซนเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ แต่ก่อนที่ทรานสมิตเตอร์จะส่งสัญญาณมาตรฐานออกทางด้านเอาต์พุตออกไป อาจทำการปรับปรุงสัญญาณที่รับเข้ามาก่อนก็ได้ โดยทั่วไปลักษณะของการปรับปรุงสัญญาณ รวมถึงการขยายสัญญาณ (Amplification), Isolation, Linearization และกรองสัญญาณ (Filtering) ก่อนส่งไปยังส่วนประมวลผลและส่วนแสดงค่าต่อไป โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ทรานสมิตเตอร์ Rosemount™ 248

2.5 Rosemount-214c RTD Temperature and Temperature Assembly

Resistance thermometers หรือ Resistance temperature detectors (RTDs) เป็นเซนเซอร์วัดระดับอุณหภูมิโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของเส้นลวด โดยส่วนใหญ่แล้วโครงสร้างภายในเป็นเส้นลวดขนาดเล็กพันรอบแกนกลางที่เป็นเซรามิกแก้ว สำหรับขดลวดของ RTDs จะเป็นโลหะบริสุทธิ์ โดยทั่วไปมักเป็นแพลทินัม เงิน หรือนิกเกิล ซึ่งโลหะเหล่านี้จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่แน่นอน ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้เซนเซอร์สามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ โดยปกติจะมี Temperature Assembly ไว้เพื่อสามารถติดตั้ง RTD ในตู้ได้ง่ายขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.7

(ก) (ข)

รูปที่ 2.7 (ก) RTD Rosemount-214c RTD Temperature
(ข) Rosemount Temperature Assembly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ลิมิตสวิตช์ : ไมโครสวิตซ์ LXW5-11N1

ลิมิตสวิตช์ หรือ สวิตช์จำกัดระยะ คือ อุปกรณ์ เปิด/ปิด วงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจำกัดระยะทางและตัด/ต่อ โดยเลือกใช้ลิมิตสวิตช์รุ่น ไมโครสวิตซ์ LXW5-11N1 มีลักษณะดังรูปที่ 2.8 (ก) วงจรการทำงานของระบบอัตโนมัติต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เพื่อควบคุมการทำงานของระบบอัตโนมัติ และใช้ตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุว่ามีหรือไม่มี โครงสร้างของลิมิตสวิตช์มีลักษณะคล้ายสวิตช์ปุ่มกดทั่วไปคือมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก ประกอบด้วยปุ่มสวิตช์เปิด/ปิดหลากหลายรูปทรงให้เลือกใช้งาน ภายในจะเป็นจุดเชื่อมต่อที่มีหลักการทำงาน 2 ลักษณะ มีลักษณะดังรูปที่ 2.8 (ข) ได้แก่

1) แบบปกติเปิด (NO : Normal Open) หน้าสัมผัสจะไม่ต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไม่ได้
2) แบบปกติปิด (NC : Normal Close) หน้าสัมผัสต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไฟลผ่านได้ เมื่อมีแรงมากระทำ จะทำให้หน้าสัมผัสไม่สัมผัสกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 (ก) ไมโครสวิตซ์ LXW5-11N1
(ข) วงจรภายใน ลิมิตสวิตซ์

2.7 ดิจิตอลไทม์เมอร์สวิตท์ THC15A

การทำงานของดิจิตอลไทม์เมอร์สวิตซ์ เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานของอุปกรณ์บางอย่างให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ จะถูกใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเครื่องจักร ซึ่งในเครื่องจักรอาจไม่มีไทม์เมอร์แค่ตัวเดียว บางเครื่องจักรอาจมีเป็นร้อยตัวเลยก็ได้ ไทม์เมอร์เป็นอุปกรณ์ตั้งเวลาและควบคุมการทำงานให้เอาต์พุตทำงานตามเงื่อนไขและเวลาที่ตั้งไว้การเลือกใช้กับอุปกรณ์ในการตั้งเวลา โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ดิจิตอลไทม์เมอร์สวิตท์ THC15A

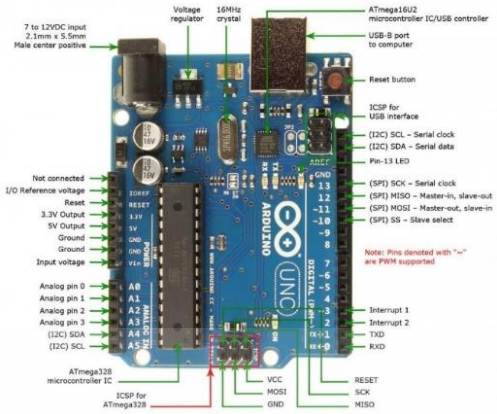
2.8 Arduino

Arduino คือ การที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือ มีการเขียนไลบรารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกันสามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกแบบบอร์ดทดลองมาหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นที่นิยมมาก เพราะซอฟต์แวร์สามารถใช้งานร่วมกันและดาวน์โหลดได้ฟรีตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแปลน ทำให้ผู้ผลิตจีนนำไปผลิตและขายออกมาในราคาที่ถูก Arduino นั้นได้ใช้ชิป AVR ใน Arduino แทบรุ่น สาเหตุมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตะกูล AVR นั้นมีความทันสมัย ในชิปบางตัวสามารถเชื่อมต่อ USB ได้โดยตรง สามารถใช้งานกับคอมพิวเตอร์ที่สมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี และในไมโครคอนโทรลเลอร์ตะกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า Bootloader อยู่ในระดับล่างกว่าส่วนโปรแกรมปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนโปรแกรมที่จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้สามารถเขียนคำสั่งให้ทำงานใด ๆ ก็ได้ ก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้ Arduino อาศัยส่วนโปรแกรมแกรมพิเศษนี้ ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมลงไปในชิปใช้เพียง USB to UART ก็เพียงพอ

2.8.1 Arduino UNO

เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ออกมา มีขนาดประมาณ 68.6x53.4 mm เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino UNO ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ Arduino UNO

2.8.2 Arduino Mega 2560

บอร์ดรุ่นใหญ่ โดยใช้ Atmega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก โดย MEGA มี Digital Pins ขา I/O จำนวน 54 ขา (เป็น PWM ได้ 15 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I^2C 1 ชุด SPI 1 ชุด และขาแหล่งจ่ายไฟ 5V จำนวน 3 ขา สามารถเขียนโปรแกรมบน Arduino และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการบอร์ด Arduino ที่มีหน่วยความจำและขาสัญญาณต่าง ๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ Arduino Mega 2560

2.8.3 PWM 5-36VDC 15A

โมดูลขับสัญญาณแบบ PWM โดยมีละเอียดดังรูปที่ 2.12 รับสัญญาณจาก Arduino มาควบคุมอุปกรณ์ เช่น หรี่ไฟ LED ควบคุมความเร็วมอเตอร์ สามารถควบคุมอุปกรณ์ ที่แรงดัน 5 - 36V กระแสแบบต่อเนื่องถึง 15A ทำงาน PWM ที่ความถี่ 0 – 20kHz ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

(1) แรงดันสำหรับการทำงาน: DC 5V - 36V

(2) การรับไฟ: digital high-low สามารถเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ต IO, อินเทอร์เฟส PLC, DC power ซึ่งจะสามารถเข้าถึงสัญญาณ PWM, ความถี่สัญญาณ 0-20 KHZ

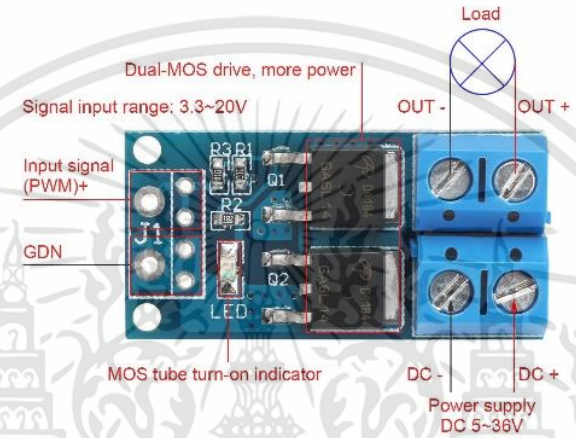
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ความสามารถในการจ่ายไฟ: DC 5V - 36V, กระแสไฟต่อเนื่อง 15A กำลัง 400W เงื่อนไขการทำความเย็นเสริมที่ต่ำกว่า กระแสไฟสูงสุดถึง 30A

(4) การประยุกต์ใช้งาน: สามารถควบคุมเอาต์พุตของอุปกรณ์ไฟฟ้า, มอเตอร์ DC ฯลฯ สามารถป้อน PWM, การควบคุมความเร็วมอเตอร์

(5) ทำงานที่อุณหภูมิ: -40 - 85℃

(6) ขนาด: 3.4 × 1.7 × 1.2cm



รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดแต่ละ Pin ของ PWM

2.8.4 Data Logger Shield

เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลที่วัดได้ จากเซนเซอร์ต่าง ๆ แล้วบันทึกค่าลงบน SD Card พร้อมกับ Time Stamp ได้ในชุดเดียวกัน อุปกรณ์ที่อยู่บนบอร์ดประกอบด้วย Real time clock (RTC) พร้อมถ่าน Back up กรณีไม่มีไฟเลี้ยงบอร์ดมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 Data Logger Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5 PWM Motor DC Control 12 - 40V DC

โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ Stepless มีลักษณะ ดังรูปที่ 2.14 โดยใช้ PWM ปรับได้ 0 - 100% รองรับแรงดัน DC 12 – 40V กระแสสูงสุด 10A โดยจะมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ความดันที่ทำงาน DC 12 ~ 40V

(2) ควบคุมกำลังไฟ 0.01 ~ 400W

(3) รอบการทำงานของ PWM 10% - 100% stepless

(4) ความถี่ของ PWM 13 kHz

(5) มีฟิวส์ไว้ป้องกัน 10A

รูปที่ 2.14 Motor DC (FAN)

2.9 Arduino IDE

เครื่องมือการเขียนโปรแกรมที่ใช้งานได้กับ Arduino ได้ทุกรุ่น โดยภายในจะมีเครื่องมือสำหรับติดต่อ Arduino เช่น การค้นหา Arduino ที่ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ การเลือกรุ่น Arduino ที่ต่ออยู่เพื่อตรวจสอบว่าขนาดของโปรแกรมที่เขียนหรือไลบรารี่ต่าง ๆ ซับพอร์ตกับ Arduino อีกทั้งยังมีโปรแกรมติดต่อผ่านซีเรียลโดยตรงสำหรับคอมพิวเตอร์ Arduino® Integrated Development Environment (IDE) เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์ สำหรับแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์สนี้แพลตฟอร์ม Arduino® เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะโปรแกรม ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 โปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

เซนเซอร์ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นที่ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งหมด 2 ตัว คือ เซนเซอร์ DHT21/AM2301 และเซนเซอร์ SHT20

2.10.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น DHT21/AM2301

โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นที่มีความแม่นยำสูง และเหมาะสำหรับการใช้ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนหรือในอาคารโดยค่า Output ส่งออกเป็นสัญญาณเป็นดิจิตอลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลักษณะดังรูปที่ 2.16 และมีรายละเอียด ดังตารางที่ 2.5

รูปที่ 2.16 เซนเซอร์ AM2301 วัดอุณหภูมิและความชื้น

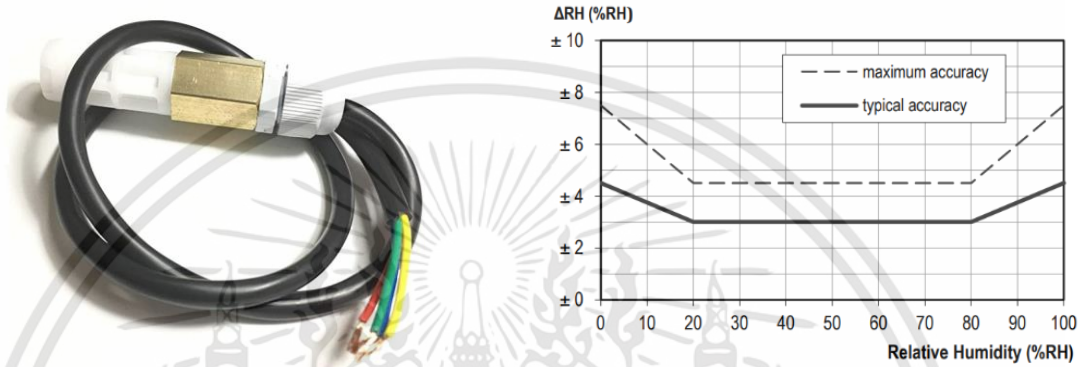
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดชอง เซนเซอร์ AM2301

Model	HM2301
Power Supply	2.2-5V DC
Output signal	Digital signal via signal-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Measuring range	Humidity 0 - 100%RH; temperature -40 -80 Celsius
Accuracy	Humidity +/-3%RH (Max +-5% RH); Temperature < +/-1 Celsius
Resolution or sensitivity	Humidity 0.1% RH; temperature 0.1 Celsius
Repeatability	Humidity +/-1%RH; temperature +/-0.2Celsuis
Humidity hysteresis	+/-0.3% RH
Long-term Stability	+/-0.5% RH/year
Sensing period	Average: 2s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น SHT20

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น SHT20 I^2C พร้อมโพรบกันน้ำเป็นชิปเซนเซอร์ 4C CMOSens SHT20 สามารถวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยรอบและความชื้นสัมพัทธ์ได้อย่างแม่นยำ พร้อมกับวัสดุห่อหุ้มที่กันน้ำและสามารถระบายอากาศได้ มีลักษณะดังรูปที่ 2.17 (ก) มีกราฟแสดงความแม่นยำของเซนเซอร์ดังรูปที่ 2.17 (ข) และรายละเอียดดังตารางที่ 2.6



(ก) (ข)

รูปที่ 2.17 (ก) เซนเซอร์ SHT20
(ข) กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์

ตารางที่ 2.6 รายละเอียดของ เซนเซอร์ SHT20

Parameter	Condition	Value	Units
Resolution	12 bit	0.04	%RH
	8 bit	0.7	%RH
Accuracy tolerance	Typ	±3.0	%RH
	Max	See Figure 2	%RH
Repeatability	-	±0.1	%RH
Hysteresis	-	±1	%RH
Nonlinearity	-	<0.1	%RH
Response time	τ 63%	8	s
Operating Range	Extended	0 to 100	%RH
Long Term Drift	Typ.	<0.25	%RH/ys

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 The Gravity: I²C ออกซิเจนเซนเซอร์ ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยใช้หลักการทาง Electrochemical วัดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนโดยรอบได้อย่างแม่นยำและสะดวก ด้วยความสามารถในการป้องกันการรบกวนสูง ความเสถียรสูงและความไวสูง และเซนเซอร์ออกซิเจนสามารถทำงานเข้ากันได้กับ Arduino นำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางกับฟิลด์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์พกพา อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพอากาศ และอุตสาหกรรม เหมือง โกดัง หรือ ที่อากาศถ่ายเทไม่สะดวก โดยมีละเอียด ดังรูปที่ 2.18

ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1) ตรวจจับก๊าซออกซิเจน
2) แรงดันสำหรับการใช้งาน: 3.3 to 5.5V DC
3) สัญญาณเอาต์พุต: I²C output
4) ช่วงของการวัด: 0 ~ 25% Vol
5) ขีดจำกัดของการวัด: 30% Vol
6) ความละเอียด: 0.15% Vol
7) ความไวในการตอบสนอง: (0.10 ± 0.05) mA (in the air)
8) ความเสถียร: <2% (Every month)
9) ความสามารถในการทำซ้ำ: <2%
10) เวลาตอบสนอง: ≤15 seconds
11) การทำงานในอุณหภูมิ: -20 - 50℃
12) การทำงานในความชื้น: 0 - 99% RH
13) ช่วงของความดัน: ความดันมาตรฐานที่ atmospheric ± 10%

รูปที่ 2.18 I²C ออกซิเจนเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 มอเตอร์รอบต่ำพร้อมตัวเก็บประจุ

การใช้มอเตอร์รอบต่ำในการควบคุมเพื่อควบคุมการหมุนที่ไม่เร็วเกินไป เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ มอเตอร์เกียร์รอบต่ำ 2.5rpm ขนาด 14W 220V แกนหมุน 7mm. หมุนได้ 2 ทิศทาง ซ้ายและขวา ใช้งานได้หลายประเภท เช่น ใช้งานในตู้เป็นมอเตอร์สำหรับควบคุมทิศทางของของการหมุน โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 มอเตอร์รอบต่ำพร้อมตัวเก็บประจุ

2.13 รีเลย์

ในโครงการวิจัยมีการใช้รีเลย์ในส่วนระบบพลิกไข่อัตโนมัติ, ควบคุมการเปิด/ปิดของพัดลม, การทำงานของฮีตเตอร์ และควบคุมการเปิด/ปิดเครื่องสร้างหมอก

2.13.1 รีเลย์ รุ่น MY2N MT2N-GS 24V/AC

รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายกับสวิตช์ ซึ่งในที่นี้จะเป็นตัวกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.20 (ก) และวงจรภายในอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 2.20 (ข)

(ก) (ข)

รูปที่ 2.20 (ก) รีเลย์ MY2N
(ข) วงจรภายในรีเลย์ MY2N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2 โมดูลรีเลย์ 1 ช่อง และ 3 ช่อง

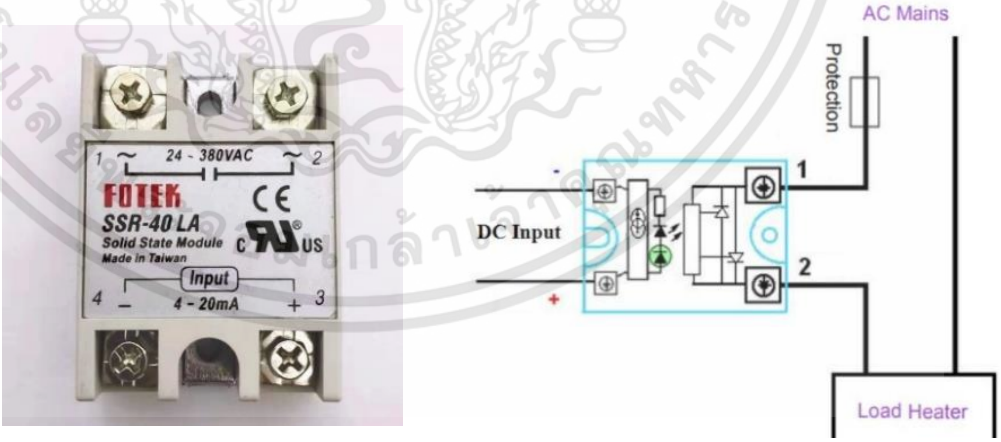
ในโครงการวิจัยใช้รีเลย์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จำนวน 4 ชิ้น โดยเลือกใช้รีเลย์ 1 และ 3 ช่อง อย่างละ 1 ชิ้น โดยรีเลย์ 1 และ 3 ช่อง มีรายละเอียดดังรูปที่ 2.21 (ก) และรูปที่ 2.21 (ข) ภายในของรีเลย์มีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2.21 (ค)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.21 (ก) รีเลย์ 1 ช่อง
(ข) รีเลย์ 3 ช่อง
(ค) วงจรภายในรีเลย์

2.13.3 โซลิดสเตตรีเลย์ 4 - 20 mA

โซลิดสเตตรีเลย์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสในการตัด-ต่อวงจรโดยจากการใช้เทคโนโลยี ของเซมิคอนดักเตอร์ที่ไม่มีส่วนเคลื่อนที่ จึงไม่มีเสียงในขณะเวลาตัด-ต่อของหน้าสัมผัส โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.22



(ก) (ข)

รูปที่ 2.22 (ก) โซลิดสเตตรีเลย์ 4 - 20 mA
(ข) วงจรภายในโซลิดสเตตรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 เบรกเกอร์

ในโครงการวิจัยนี้มีเบรกเกอร์ที่ใช้ทั้งหมด 2 ชิ้น คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์และเซฟตี้เบรกเกอร์

2.14.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์

สำหรับการใช้งานระบบไฟฟ้า เลือกใช่เบรกเกอร์จาก HACO Series H6 10A 1 pole 1 phase แสดงดังรูปที่ 2.23 อุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรแบบเฉพาะจุดเหมาะสำหรับติดตั้งภายในอาคาร และใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรและไฟเกิน เซอร์กิตเบรกเกอร์มีคุณสมบัติดังนี้

1) วัสดุผลิตจากพลาสติก ABS แข็งแรงทนทาน และไม่ลามไฟ
2) ตัดไฟลัดวงจรและไฟเกินได้แบบเฉพาะจุด ไฟจึงไม่ดับทั้งบ้าน
3) ติดตั้งและต่อสายได้ง่ายด้วยเบรกเกอร์รูปแบบรางล็อก
4) เหมาะสำหรับติดตั้งใช้งานกับตู้ C-UNIT ระบบ Single-phase แบบ Plug On
5) เหมาะกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 2,200 วัตต์ (10 แอมป์)

รูปที่ 2.23 เซอร์กิตเบรกเกอร์

2.14.2 เซฟตี้เบรกเกอร์

ในโครงการวิจัยนี้เลือกเซฟตี้เบรกเกอร์เป็น PHILIPS 20A 1 phase แสดงดังรูปที่ 2.24 เซฟตี้เบรกเกอร์ใช้ควบคุมทั้งวงจรไฟฟ้าให้มีความปลอดภัย เบรกเกอร์ทำหน้าที่ เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าและตัดวงจรแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัดและกระแสไฟฟ้าลัดวงจร มีความไวในการตัดวงจร 0.004 วินาที ทนทานไม่แตกง่าย โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) ความไวในการตัดวงจร 0.004 s
2) รองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 20A
3) พลาสติก ABS ไม่ลามไฟ ทนทานไม่แตกง่าย
4) ขั้วนอตใช้เหล็กชุบอย่างดี ไม่เป็นสนิม
5) คันโยกเบรกเกอร์ เปิด/ปิด ได้มากกว่า 1,000 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 เซฟตี้เบรกเกอร์ PHILIPS

2.15 พาวเวอร์ซัพพลาย

พาวเวอร์ซัพพลายหรือแหล่งจ่ายไฟ คือ อุปกรณ์จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะการใช้งาน คือ พาวเวอร์ซัพพลายกระแสสลับและพาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรง ซึ่งในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้พาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรง

2.15.1 พาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรงขนาด 12V

ในโครงการวิจัยเลือกใช้พาวเวอร์ซัพพลาย 12V แสดงดังรูปที่ 2.25 เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟ 12V โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายสำหรับต่อหลอด LED ขนาด 12 V 20A 240W โดยที่ซัพพลายตัวนี้เป็นซัพพลายที่จ่ายแรงดันไฟกระแสตรง ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านกระแสสลับให้กลายเป็นไฟกระแสตรงเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่าง ๆ หรือใช้กับหลอดไฟ LED หรือกล้องวงจรปิด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายตัวนี้มีขนาดเล็ก เวลาใช้งานความร้อนจะน้อยมาก เหมาะสำหรับจ่ายแรงดันไฟแบบค่าคงที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน
2) สามารถใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ
3) Input: 100 - 240V 50 - 60Hz
4) Output: 12V 20A 240W

รูปที่ 2.25 พาวเวอร์ซัพพลาย 12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.2 พาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรงขนาด 24V

เป็นพาวเวอร์ซัพพลายกระแสตรงขนาด 24V 240 W แสดงดังรูปที่ 2.26 มีคุณสมบัติดังนี้

1) สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายสำหรับต่อหลอด LED ขนาด 24 V 10A 240W โดยที่ซัพพลายตัวนี้เป็นซัพพลายที่จ่ายแรงดันไฟกระแสตรง ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านกระแสสลับให้กลายเป็นไฟกระแสตรงเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่าง ๆ หรือใช้กับหลอดไฟ LED หรือกล้องวงจรปิด สวิตชิ่งพาวเวอร์ซัพพลายตัวนี้มีขนาดเล็ก เวลาใช้งานความร้อนจะน้อยมาก เหมาะสำหรับจ่ายแรงดันไฟแบบค่าคงที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน
2) สามารถใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ
3) Input: 100 - 240V 50 - 60Hz
4) Output: 24V 10A 240W

รูปที่ 2.26 พาวเวอร์ซัพพลาย 24V

2.15.3 พาวเวอร์ซัพพลายรุ่น DeltaV Bulk

เป็น พาวเวอร์ซัพพลาย 24V ที่ใช้เป็นตัวหลักในการจ่ายไฟให้ PID Controller โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.27 พร้อมทั้งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.7 และขั้วต่อสายไฟและการเดินสายไฟดังตารางที่ 2.8

รูปที่ 2.27 พาวเวอร์ซัพพลายรุ่น DeltaV Bulk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 รายละเอียด พาวเวอร์ซัพพลาย DeltaV Bulk 24V

Description	**DeltaV Bulk AC to V DC, 20 A Power Supply Specifications**
Output Voltage	24V DC
Output Voltage Adjustment Range	23.5 – 28.5V DC
Output Current	20A 1.5 x Nominal Current for > 4 seconds minimum while holding voltage > 20 V DC
Output power	480W 720 W for 4 seconds minimum while holding voltage > 20 V DC
Output Ripple	Typ. < 100 mV peak-to-peak from 0HZ to 20MHZ
Output Hold-up Time	>20 ms (Full load, 100-230 V AC Input @ Tamb=+25 Celsius) to 95% output voltage
AC Input Voltage	100-240V nominal (85 – 264 range)
AC Mains Frequency	43 – 67 Hz
AC Input Current	6 A at 85 V AC 3 A at 264 V AC
AC Power Factor Correction	Active power factor correction type. 0.98 @ 115V AC/0.92 @ 230V AC
AC Inrush Current	Typ. <5.8A at 120 V AC, 11.5A at 230 V AC,measured at 25 Celsius
AC Efficiency	>92% typ.
AC Losses	38 W typ.
Input Protection	Internally fused, non – replaceable fuses. Note. The internal fuse is for an internal fault condition only. Shorts and overload will not cause the fuse to fall
Alarm Relay Contact Rating	N.O. contact rated 200mA/50 V DC, Signal Active when V out > 18.5V DC +/-5%
Dimension	Height: 123 mm (4.85 in) Width: 60 mm (2.36in) Depth: 110 mm (4.36 in)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ขั้วต่อสายไฟและการเดินสายไฟ

	Input Screw Type Terminal	Output Screw Type Terminals	DC-OK-Signal Screw TypeTerminals
Solid & Stranded Wire	1.5 - 6 mm^3 16 - 10 AWG	1.5 - 6 mm^3 16 - 10 AWG	1.5 - 6 mm^3 16 - 10 AWG
Screw Torque	4.4 lb-in (50 N-cm)	6 lb-in (68 N-cm)	6 lb-in (68 N-cm)

2.16 เครื่องสร้างหมอก

เครื่องสร้างหมอกจะใช้คลื่นเสียง Ultrasonic มีลักษณะดังรูปที่ 2.28 สั่นสะเทือนน้ำให้แตกตัวออกมาเป็นไอน้ำเย็นบาง ๆ คล้ายไอหมอก โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) ไฟสำหรับการทำงาน: 24V DC 2A
2) ขนาด: 45*25mm
3) หัวแจ็คขนาด: 5.5*2.1mm

รูปที่ 2.28 เครื่องสร้างหมอก

2.17 พัดลมระบายอากาศและพัดลมพาความชื้น

หน้าที่หลักของพัดลมระบายอากาศ คือ จะมีการระบายอากาศเพื่อช่วยให้อากาศมีการถ่ายเทที่สะดวกมากขึ้น ทำให้อากาศในตู้ถ่ายเทได้ไม่สะดวก เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

2.17.1 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 2 สาย

พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว (92x92x25 mm) มีลักษณะดังรูปที่ 2.29 และมีคุณสมบัติดังนี้

1) มอเตอร์ Single phase DC
2) วัสดุเฟรมและใบพัด เป็นเทอร์โมพลาสติก PBT ของ UL 94V-0
3) ทิศทางการหมุน หมุนทวนเข็มนาฬิกา
4) กำลังไฟ 12V 140mA 16.8W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) อุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการใช้งาน -10 – 70°C
6) อุณหภูมิสภาพแวดล้อมในการเก็บ -40 – 70°C
7) ความเร็ว 3000 RPM ± 15%
8) ระบายอากาศ 51.5 CFM
9) ระดับความดังในการทำงาน 34 dB

รูปที่ 2.29 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 2 สาย

2.17.2 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 3 สาย

พัดลม 3 สาย CJY ขนาด 3.5 นิ้ว (92x92x25 mm) มีลักษณะดังรูปที่ 2.30 และคุณสมบัติดังนี้

1) ขั้วต่อเป็นขั้วต่อแบบ 3 ขา
2) เชื่อมต่อกับเมนบอร์ด แรงดันไฟ 12V 0.18A
3) สามารถควบคุมความเร็วได้สูงสุด 2400 RPM
4) อัตราการไหลของอากาศ 65 CFM ระดับเสียง 22.5 dB

รูปที่ 2.30 พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 3 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.3 พัดลมขนาด 12 นิ้ว

พัดลมระบายความร้อนขนาด 12 นิ้ว 10 ใบพัด มีลักษณะดังรูปที่ 2.31 และคุณสมบัติดังนี้

1) พัดลมระบายความร้อน 12 นิ้ว 24V โครงพลาสติก
2) เส้นผ่านศูนย์กลางโครงพัดลม 12.5 นิ้ว ความหนา 7 เซนติเมตร
3) กำลังไฟ 80W
4) ออกแบบมาเป็นแบบดูด แต่สามารถดัดแปลงเป็นได้ทั้งแบบเป่า และแบบดูด โดยวิธี
   4.1) ถอดใบพัดแล้วกลับด้านใบพัดประกอบใส่คืน
   4.2) ต่อสลับสายไฟ
   4.3) กลับด้านโครงพัดลม
5) ติดตั้งพัดลมเพื่อระบายความร้อนออกในการพัดอากาศให้ไหลเวียน

รูปที่ 2.31 พัดลมระบายความร้อน 12 นิ้ว

2.18 โฟมโพลียูริเทน (Polyurethane)

โฟมชนิด PU มีลักษณะดังรูปที่ 2.32 เป็นวัสดุป้องกันความร้อน - เย็น รั่วซึม และลดเสียงดังได้ดี โดยโครงสร้างเป็นเซลล์ปิด (Closed Cell) มีช่องอากาศเป็นโพรง เรียกว่า Air Gap เป็นจำนวนมาก ติดตั้งโดยวิธีฉีดพ่นไปยังวัตถุ เช่น ไม้, โลหะ, อิฐ, คอนกรีต, แก้ว และพลาสติก เป็นต้น เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปัญหาเรื่องระบายความร้อน แต่ข้อเสียคือมีจุดหลอมเหลวต่ำ หากโดนอุณหภูมิร้อนจัดอาจทำให้เปลี่ยนสภาพได้ การฉีดพ่นหากช่างพ่นไม่ดีทำให้ฉนวนฟุ้งกระจายได้ ฉนวน P.U.FOAM เป็นเนื้อเดียวกับวัสดุ ไร้รอยต่อของฉนวน สามารถกำหนดความหนาของเนื้อโฟมได้ตามต้องการ ทำให้สามารถลดความร้อนได้มาก โดยมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สามารถลดการแผ่รังสีจากแสงแดดซึ่งผ่านทางหลังคาได้มากกว่า 90%
2) สามารถป้องกันเสียงรบกวนกันซึม, กันรั่ว, กันร้าว, กันความชื้นและกันสนิมได้เป็นอย่างดี เพราะติดแน่นเป็นงานชิ้นเดียวกับหลังคา
3) โดยใช้ได้ดีกับหลังคาทุกประเภทเช่นกระเบื้อง, สังกะสี, อลูมิเนียม, คอนกรีต, เหล็ก, งานห้อง เย็นและเครื่องปรับอากาศ
4) สามารถหุ้มผนังห้องเย็นได้ทุกด้าน เพื่อกันการสูญเสียความเย็นจากผนังห้องเย็น จึงเป็นการรักษาความเย็นให้คง สภาพในอุณหภูมิต่ำ ได้เป็นระยะเวลานาน ตลอดจนการหุ้มท่อลมเย็นท่อน้ำเย็น ไม่ให้สูญเสียความเย็นระหว่างทางของท่อ
5) เหมาะสำหรับเครื่องปรับอากาศ, เครื่องทำน้ำเย็นที่เกี่ยวกับถาดน้ำทิ้งท่อลมเย็น รวมถึงท่อน้ำเย็น ฯลฯ งานเรือประมง, เรือเดินทะเล, หุ่น, แพ, ลูกลอย เป็นต้น

รูปที่ 2.32 โฟมโพลียูริเทน

2.19 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์กลมทำความร้อน ขนาด 200w 220v มีลักษณะดังรูปที่ 2.33 เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท, เกษตรกรรม, งานทำความร้อนในอาคาร หรือระบบระบายอากาศที่ต้องการสร้างความร้อนให้กับชิ้นงาน, อาหาร, ห้องอบสี, งานบรรจุหีบห่อ, อบขึ้นรูปพลาสติก ฯลฯ โดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ (ตัวความต้านทาน R) ซึ่งส่งผลให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดัน 220V AC และ 380V AC ทำให้สามารถใช้งานฮีตเตอร์ ได้ง่าย การคำนวณเลือก ฮีตเตอร์ผ่านในตู้ฟักไข่ ซึ่งเป็นการคำนวณกำลังไฟฟ้า เพื่อที่จะเลือกขนาดของฮีตเตอร์ที่เหมาะสมจะได้ ความสัมพันธ์แสดงดังสมการที่ 2.6

$$kw = \frac{CF(\text{ลูกบาศก์ฟุต}) \times \Delta T(^{\circ}\text{F})}{3000 \times Heat\ Up\ Time(hr)} \qquad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ CF = ปริมาตรตู้อบ (ลูกบาศก์ฟุต)

T(°F) = อุณหภูมิที่ต้องการ - อุณหภูมิเริ่มต้น (°F)

3000 = ค่าคงที่

Heater up time = ระยะเวลาที่ต้องการ (ชั่วโมง)

รูปที่ 2.33 ฮีตเตอร์กลม 200W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและดำเนินการ

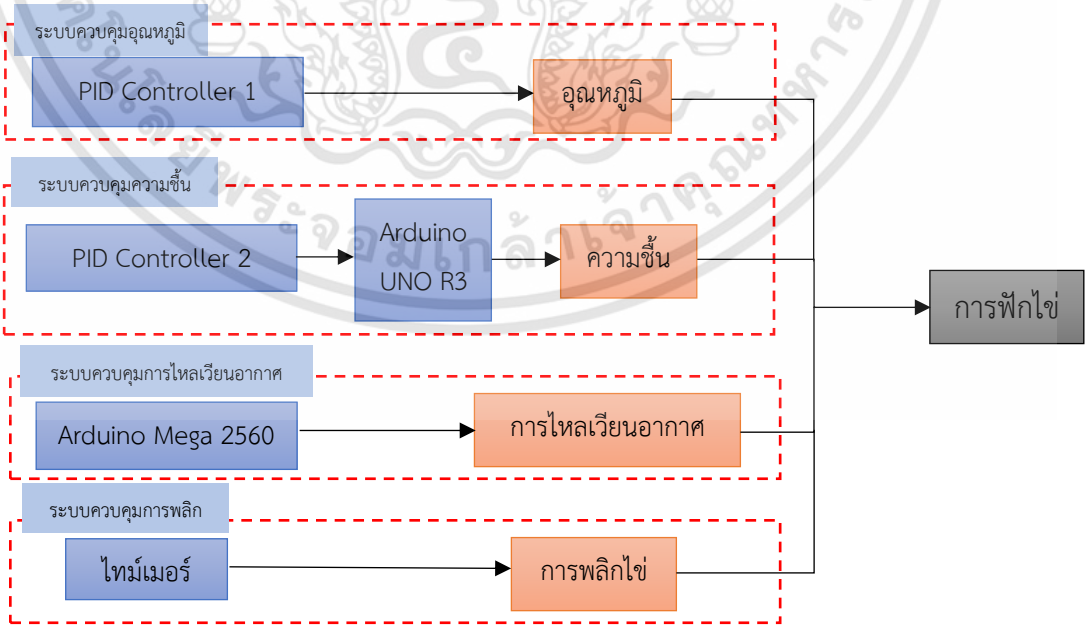
ในบทนี้จะเป็นการออกแบบและดำเนินการ เพื่อเพิ่มอัตราความสำเร็จของการฟักไข่และเพิ่มประสิทธิภาพจึงทำการจัดทำตู้ฟักไข่อัตโนมัติ ส่วนสำคัญของกระบวนการนี้คือ การควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, การไหลเวียนอากาศ และก๊าซออกซิเจน สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ดังนั้นต้องเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมมาใช้ในการวัดและควบคุม มีการเปรียบเทียบการฟักไข่ตามธรรมชาติ และการฟักไข่โดยใช้ตู้ฟักอัตโนมัติ ในการทดลองได้นำไก่ไข่สดเข้าฟักไข่ในเครื่องฟัก สามารถใช้กับ ไก่ดำ, ไก่แจ้, ไก่ชนได้ โดยมีรายละเอียดในการควบคุมกระบวนการ ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดในการควบคุมกระบวนการ

วันที่	อุณหภูมิ	ความชื้น	ออกซิเจน	หมายเหตุ
1 - 18	37.5 °C	60 %	21 %	พลิกไข่ทุก ๆ 1 ชั่วโมง
19 - 21	37.2 °C	65 %	21 %	นำไข่ใส่ถาด พร้อมฟัก

3.1 ออกแบบระบบเครื่องฟักไข่

กระบวนการฟักไข่มีปัจจัยสำคัญ 4 ประการ คือ การควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, การไหลเวียนอากาศ และการพลิกไข่ จึงนำปัจจัยสำคัญทั้ง 4 มาออกแบบเป็นระบบในการฟักไข่ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบของเครื่องฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

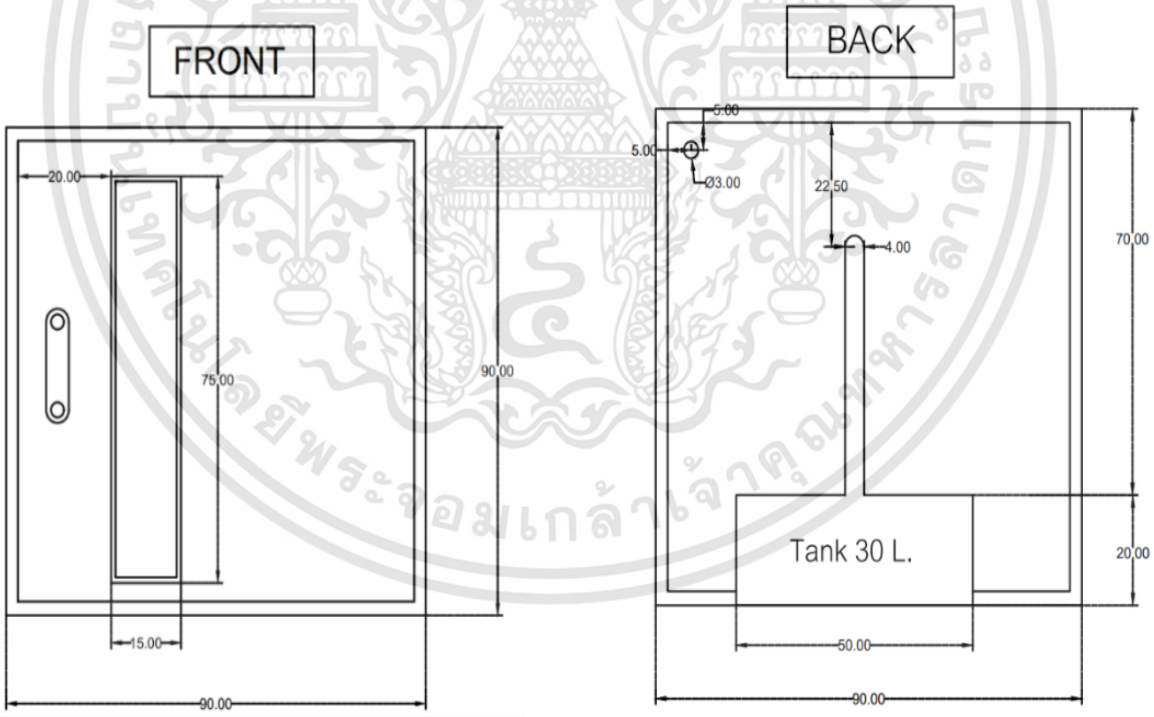
3.1.1 ออกแบบตู้ฟักไข่และเครื่องพลิกไข่อัตโนมัติ

ในการออกแบบตู้ฟักไข่ ได้ออกแบบให้เป็นไปตามขนาดที่ต้องการและเหมาะสมกับการนำไปใช้ โดยคำนวณตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมมีจุดยึดอุปกรณ์ การเจาะรูเพื่อเดินสายไฟและติดฉนวนกันความร้อนภายในตู้ฟักไข่ กระบวนการออกแบบและจัดทำ มีดังนี้

1) ศึกษาแบบตู้ฟักที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยศึกษาการจัดองค์ประกอบส่วนประกอบและจัดขนาดของตู้ตามมาตรฐานและนำมาปรับใช้ให้เป็นไปตามที่ต้องการ และเหมาะสม
2) ทำการออกแบบตู้โดยใช้โปรแกรม AutoCad และเลือกวัสดุสำหรับการจัดทำแบบตู้ฟักไข่

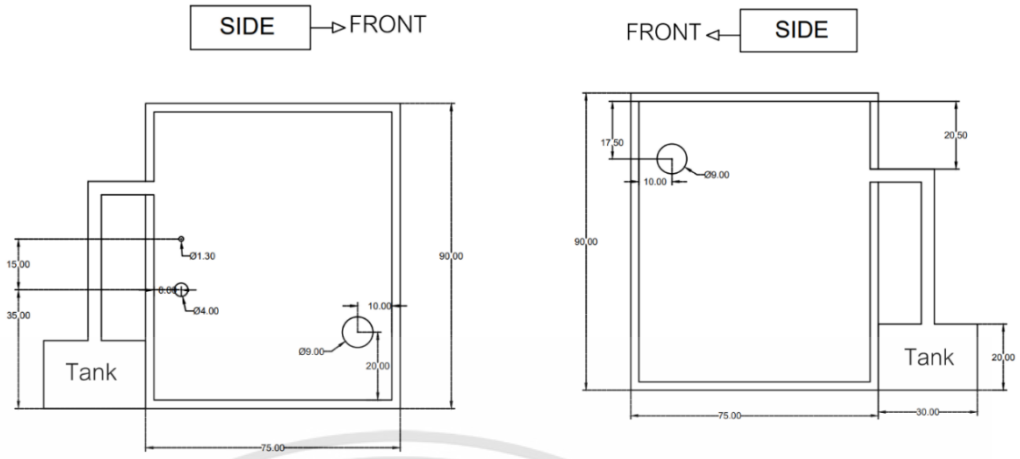
3.1.1.1 ลักษณะภายนอกตู้

ออกแบบด้านหน้าตู้และด้านหลัง ดังรูปที่ 3.2 (ก) และรูปที่ 3.2 (ข) ออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ด้านข้างของตู้ ดังรูปที่ 3.2 (ค) และรูปที่ 3.2 (ง)



(ก) (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

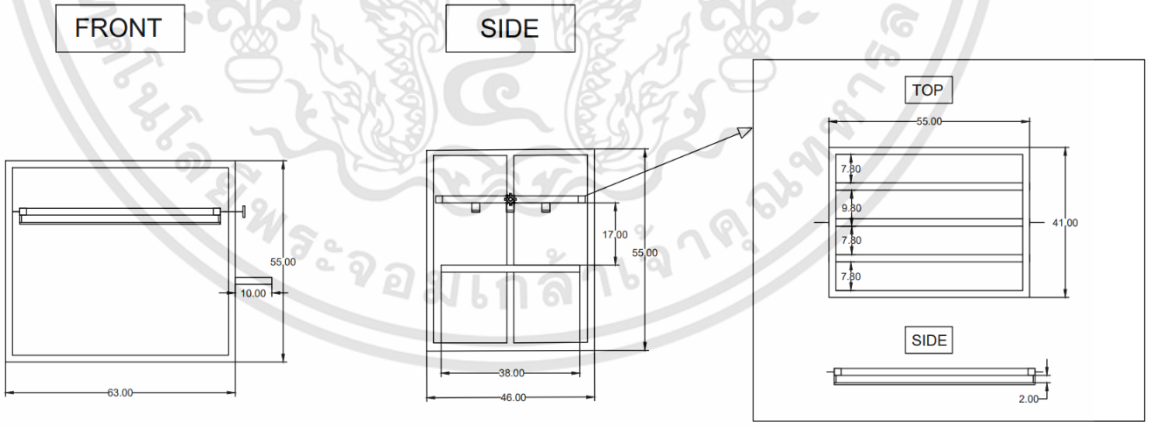


(ค) (ง)

รูปที่ 3.2 (ก) ตู้ฟักไข่ด้านหน้า
(ข) ตู้ฟักไข่ด้านหลัง
(ค) ตู้ฟักไข่ด้านซ้าย
(ง) ตู้ฟักไข่ด้านขวา

3.1.1.2 ออกแบบระบบพลิกไข่ภายในตู้

ออกแบบระบบพลิกให้ตำแหน่งวางถาดไข่ วางมอเตอร์พลิกไข่ แสดงดังรูปที่ 3.3 (ก) และรูปที่ 3.3 (ข) ในตำแหน่งวางถาดไข่ออกแบบให้มีขอบกั้นเพื่อป้องกันถาดไข่ตกหล่น แสดงดังรูปที่ 3.3 (ค)



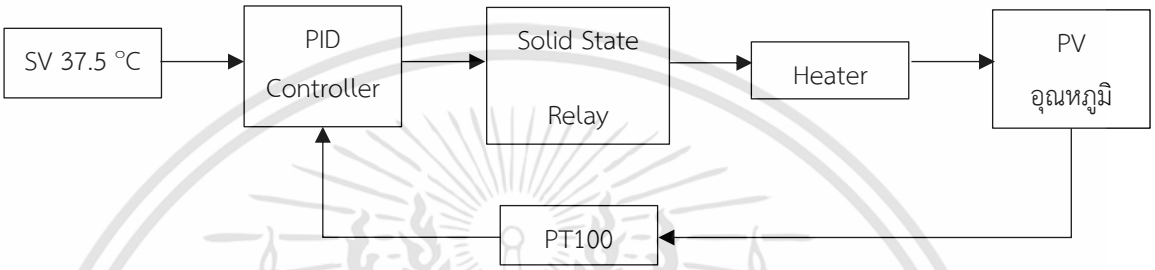
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.3 (ก) ด้านหน้าระบบพลิกไข่
(ข) ด้านข้างระบบพลิกไข่
(ค) ด้านบนระบบพลิกไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิ

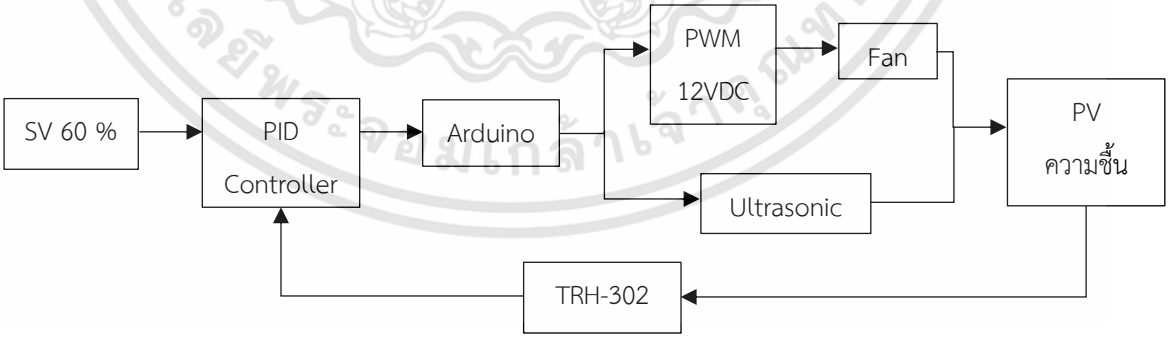
การควบคุมอุณหภูมิ ต้องการรักษาที่ 37.5 °C ในวันที่ 1 ถึงวันที่ 18 ของการฟัก และ 37.2 °C ใน 3 วันสุดท้ายของการฟัก ดังนั้นกระบวนการจึงมีการการวัดค่าอุณหภูมิ จากนั้นส่งไปยัง PID Controller และส่งค่า Output ไปควบคุมฮีตเตอร์ที่สร้างความร้อนผ่านโซลิดสเตตรีเลย์ ถ้าอุณหภูมิเกินกว่า 39.5 °C จะสั่งพัดลมระบายอากาศออก เพื่อลดอุณหภูมิภายใน อุปกรณ์ในการทดลองมีดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ไดอะแกรมระบบควบคุมอุณหภูมิ

3.1.3 ออกแบบระบบควบคุมความชื้น

การควบคุมความชื้น ต้องรักษาความชื้นไว้ที่ 60% ในวันที่ 1 ถึงวันที่ 18 ของการฟัก และ 65% ใน 3 วันสุดท้ายของการฟักตามช่วงเวลาของการฟักไข่ ดังนั้นกระบวนการจึงมีการวัดค่าความชื้น จากนั้นส่งไปยัง PID Controller และส่งค่า Output ไปควบคุมพัดลมและเครื่องสร้างหมอกโดยข้อมูลสั่งการทำงานผ่าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากความชื้นภายในเกินกว่า 80% พัดลมระบายอากาศออกเพื่อลดความชื้นภายใน โดยมีอุปกรณ์ในการทดลองดังรูปที่ 3.5



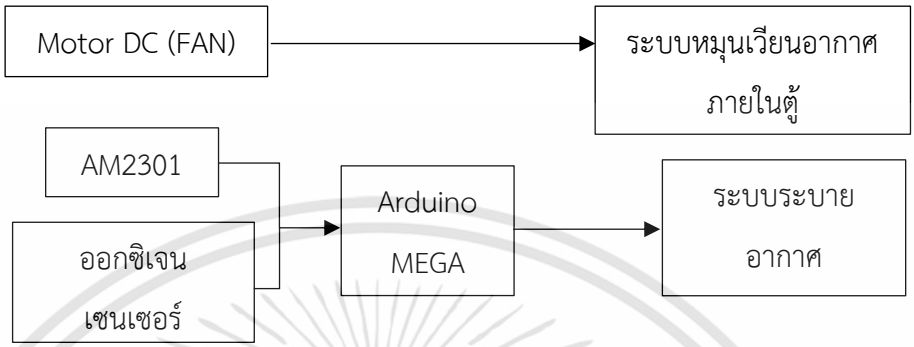
รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมระบบความชื้น

3.1.4 ออกแบบระบบไหลเวียนอากาศ

ก๊าซออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นกับสิ่งมีชีวิต ซึ่งในกระบวนการฟักไข่หากค่าออกซิเจนต่ำว่า 17% จะส่งผลเสียให้อัตราการออกไข่ลดลง จึงมีการออกแบบให้ตรวจจับค่าออกซิเจนและหากต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

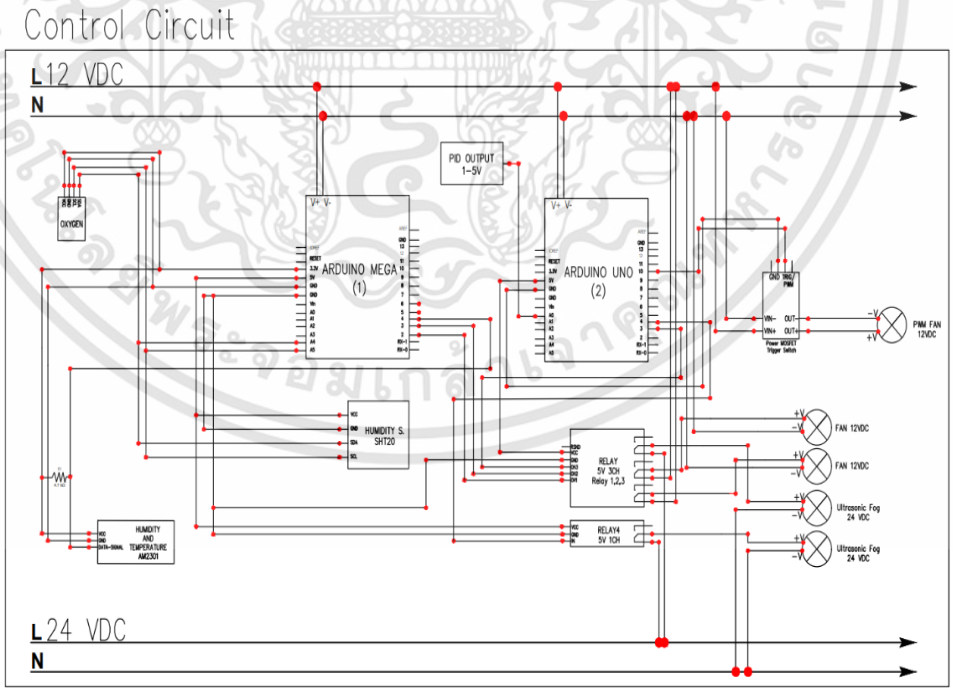
กว่าค่าที่กำหนด 20 % จะใช้ระบบไหลเวียนอากาศเข้ามาช่วย ซึ่งออกแบบให้สามารถไหลเวียนอากาศ อุณหภูมิและความชื้นให้หมุนเวียนสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ และป้องกันค่าต่าง ๆ เกินหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนด จะทำการไหลเวียนอากาศกับภายนอก มีอุปกรณ์ในการทดลอง ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมระบบไหลเวียนอากาศ

3.2 วิธีการดำเนินงาน

จัดทำระบบควบคุมทั้งหมดตามการออกแบบการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น, ระบบไหลเวียนอากาศ, ดังรูปที่ 3.7 และจัดทำตู้ฟักไข่ เครื่องพลิกไข่อัตโนมัติ พร้อมออกแบบการควบคุม PID และการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์



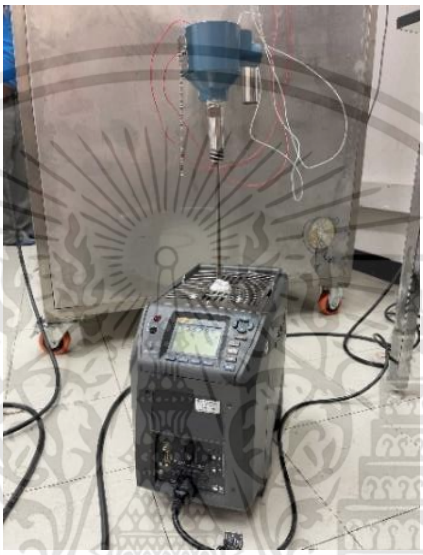
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมทั้งหมดของตู้ฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

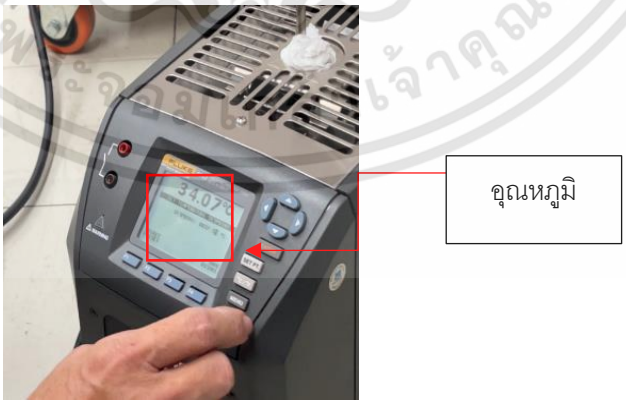
ขั้นตอนการดำเนินการประกอบไปด้วย การสอบเทียบ, การติดตั้ง, การเลือกฮีตเตอร์, การติดตั้งระบบหมุนเวียนอากาศภายในตู้ และการปรับค่า PID Controller

1) สอบเทียบอุปกรณ์ PT100 และ ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ Rosemount 248 ตามช่วงอุณหภูมิที่ต้องการโดยใช้ Fluke Calibration 9143 Field Metrology Well เป็นมาตรฐาน ดังแสดงตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 นำอุปกรณ์ PT 100 กับ ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ Rosemount 248 มาสอบเทียบ

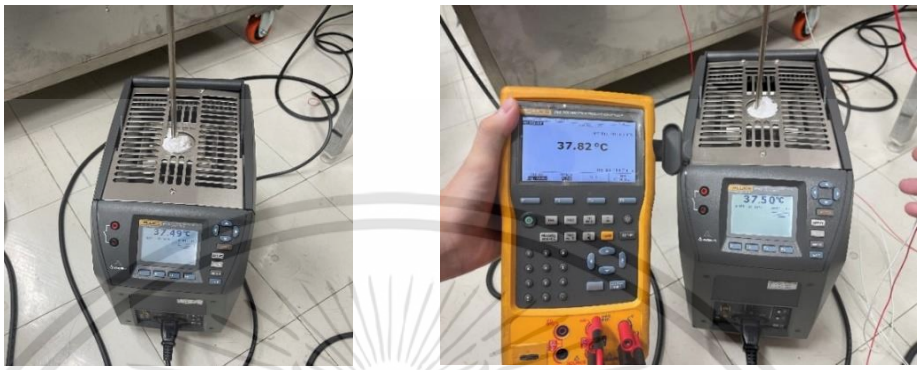
2) ทำการตั้งค่า อุณหภูมิที่ต้องการสอบเทียบ ซึ่งในโครงการนี้คือ 37.5°C แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตั้งค่าอุณหภูมิจุดสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) รอให้อุณหภูมิของเครื่อง Fluke Calibration 9143 Field Metrology Well เข้าสู่ค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 3.10 (ก) และใช้ Fluke 754 Documenting Process Calibrator – HART ในการอ่านค่าอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.10 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 3.10 (ก) วัดอุณหภูมิ PT100
(ข) ตั้งค่า Fluke Calibration 9143 Field Metrology Well

4) ทำการสอบเทียบ ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ Rosemount 248 ด้วย Fluke 754 Documenting Process Calibrator – HART โดยจำลองสัญญาณ RTD ให้กับทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อวัดค่า Input Output ที่ อุปกรณ์อ่านค่าและส่งค่าสัญญาณ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการใช้งาน โดยแสดงว่าสอบเทียบอุปกรณ์ที่สัญญาณ 4, 12 และ 20 mA ดังรูปที่ 3.11

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.11 (ก) ทำการสอบเทียบที่ 4mA
(ข) ทำการสอบเทียบที่ 12mA
(ค) ทำการสอบเทียบที่ 20mA

5) ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ PT100 ณ ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต่อสายไฟเข้าอุปกรณ์กับทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิเพื่อรับค่าจาก PT100 โดยทำการเชื่อมต่อกับ PID Controller Ys 170 Yokogawa ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

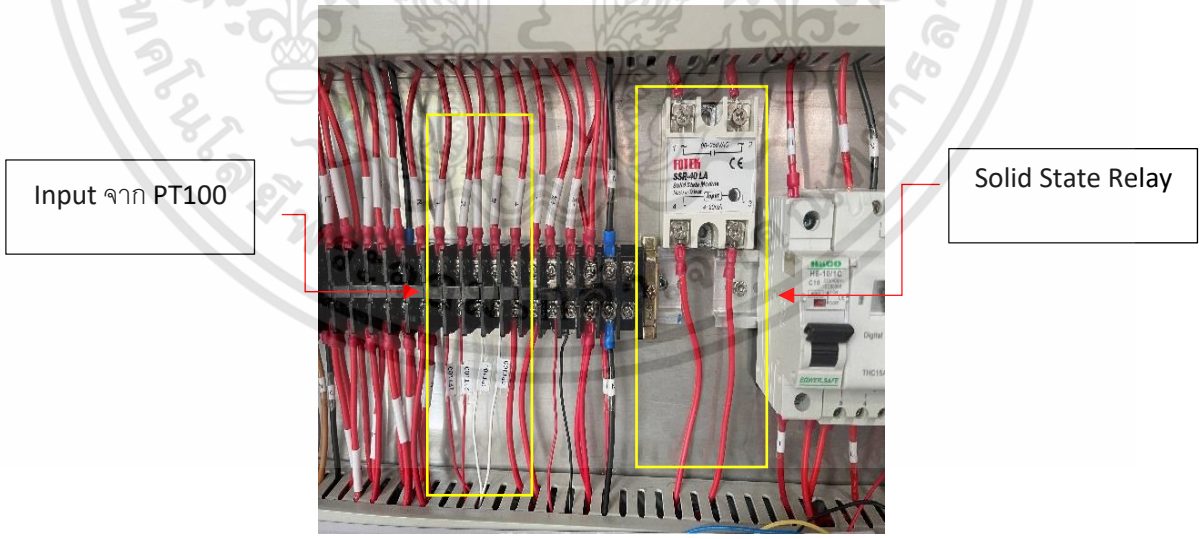
รูปที่ 3.12 ทำการติดตั้ง PT 100

6) คำนวณการเลือกใช้กำลังไฟของ ฮีตเตอร์กลมทำความร้อนให้เหมาะสมกับการใช้งาน จากสมการที่ 2.6 แทนค่าตามสมการที่ 2.6 ได้เท่ากัน 0.19617 kw จึงเลือกใช้ฮีตเตอร์ที่มีขนาด 200 *W*

$$\text{Kw} = \frac{(0.9 \times 0.9 \times 0.75) \times (99.5 - 77)}{3000 \times 0.5}$$

$$= 0.19617 \approx 0.2\text{kW} = 200\text{W}$$

7) จาก PID Controller YS170 Yokogawa รับค่า Input จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ จะส่งค่า Output เพื่อควบคุมอุณหภูมิ โดยส่งเป็นสัญญาณมาตรฐาน 4 – 20 mA ไปให้ โดยควบคุมกระแสไฟผ่านโซลิดสเตตรีเลย์ให้ฮีตเตอร์กลมทำความร้อน แสดงการต่อวงจรดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แปลงสัญญาณเป็น 4 - 20mA เพื่อควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน เพื่อทำให้อากาศภายในตู้หมุนเวียนได้ดี แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 ติดตั้งพัดลมระบาย

9) ทำการปรับค่า PID ให้สั่งควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ และยอมรับได้ โดยการป้อนค่า PID ที่ได้จากการศึกษาทดลอง และได้ค่าที่ยอมรับได้มาแล้วให้กับ PID Controller ดังรูปที่ 3.15 ใช้การบันทึกสถิติการปรับบค่า PID เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด แต่เนื่องจากฮีตเตอร์เป็นรุ่นแบบกลมที่ใช้เป็นขดลวดทำให้เกิดความร้อนสะสม ถึงแม้ว่า PID Controller จะทำการตัดการจ่ายกระแสแล้ว แต่อุณหภูมิเกินค่าที่ตั้งไว้ จึงกำหนดการปรับค่า PID ดังตารางในภาคผนวก จ

(ก) (ข)

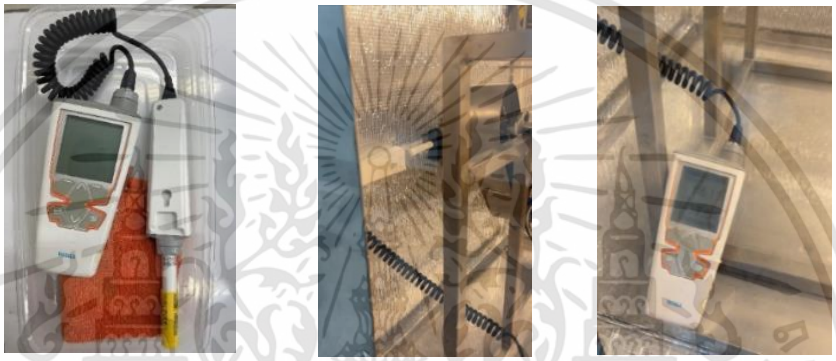
รูปที่ 3.15 (ก) ตั้งค่า PID 1
(ข) ตั้งค่า PID กำหนดค่า P, I, D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ระบบควบคุมความชื้น

ขั้นตอนการดำเนินการประกอบด้วย การสอบเทียบอุปกรณ์, การติดตั้งเซนเซอร์, การเชื่อมต่อเซนเซอร์กับคอนโทรลเลอร์ และการปรับค่า PID Controller

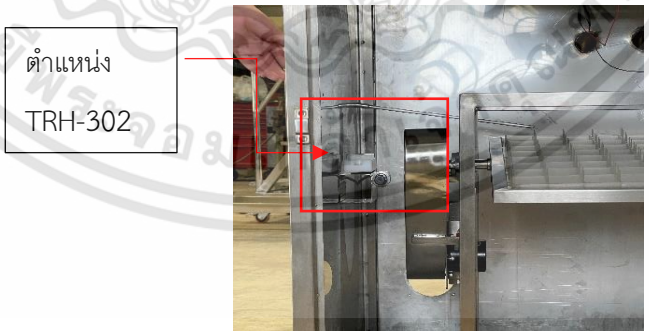
1) สอบเทียบอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302 ทำการเทียบอุปกรณ์กับเครื่องมือสอบเทียบ แสดงดังรูปที่ 3.16 (ก) วัดค่าความชื้นโดยเปรียบเทียบค่าที่ TRH-302 วัดค่าได้ กับ Hand - Held Humidity and Temperature Meter HM40 แสดงผลได้ใกล้เคียงกัน อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังรูปที่ 3.16 (ข) และรูปที่ 3.16 (ค)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.16 (ก) อุปกรณ์สอบเทียบทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302
(ข) ทำการสอบเทียบ
(ค) สอบเทียบความชื้นที่ 60%

2) ติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302 ณ จุดวัด ดังรูปที่ 3.17



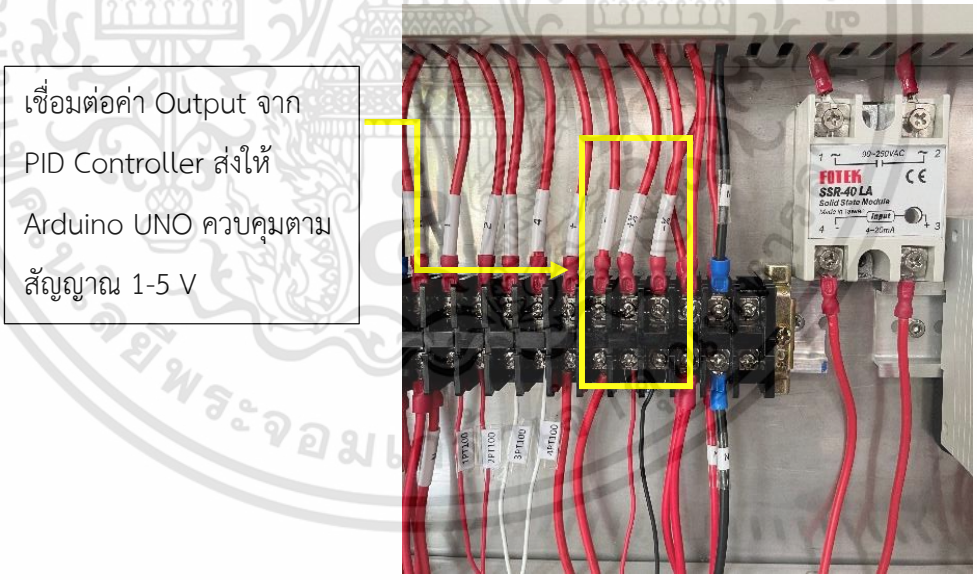
รูปที่ 3.17 ติดตั้งทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302

3) เชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์ความชื้นสัมพัทธ์ TRH-302 กับ PID Controller YS170 Yokogawa ดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 เชื่อมต่อ TRH-302 กับ PID Controller

4) จาก PID Controller Ys170 Yokogawa รับค่า Input ได้แล้ว จะส่งค่าไปที่ Output เพื่อควบคุมความชื้นโดยมีการแปลงสัญญาณเป็น 1 – 5V ไปให้ PWM 5 - 36VDC โดย ควบคุมผ่าน Arduino uno R3 เพื่อสั่งให้พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 3 สาย และเครื่องสร้างหมอกในการสร้างหมอกความชื้นและพัดลมจะทำการเป่าความชื้นที่ได้ โดยทำงานตามสัญญาณที่คอนโทรลเลอร์ส่งมา แสดงวงจรการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 สายแปลงสัญญาณเพื่อไปยัง PWM

5) เขียนโปรแกรมสั่งการ Arduino uno R3 โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ดังนั้น รูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 การแปลงค่าเพื่อควบคุมความเร็วพัดลม

6) ทำการปรับค่า PID ให้สั่งควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการ และยอมรับได้โดยการป้อนค่า PID ที่ผ่านการเลือก และได้ค่าที่ยอมรับได้มาแล้วให้กับ PID Controller แสดงดังรูปที่ 3.21 ใช้การบันทึกสถิติเพื่อหาจุดที่พอเหมาะที่สุดสำหรับ SV 60 จึงกำหนดการปรับค่า PID ดังตารางในภาคผนวก ง

(ก) (ข)

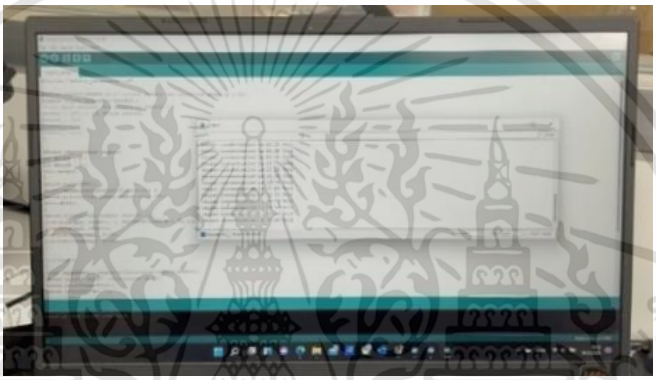
รูปที่ 3.21 (ก) ตั้งค่า PID 1
(ข) ตั้งค่า PID กำหนดค่า P, I, D

3.2.3 ระบบไหลเวียนอากาศและวัดค่าออกซิเจน

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการทำระบบหมุนเวียนอากาศ โดยการรับค่าจากเซนเซอร์ที่ใช้ภายในตู้แล้วควบคุมให้อยู่ในกระบวนการ โดยติดตั้งพัดลมเพื่อหมุนเวียนอากาศภายในและระบายอากาศภายนอก

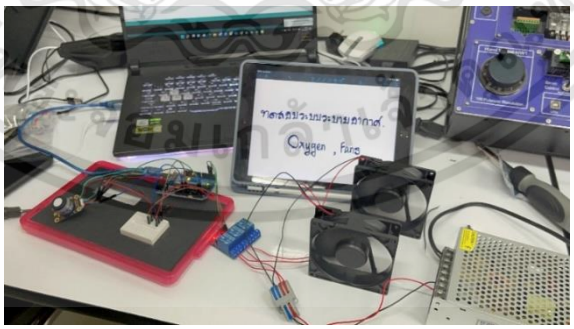
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ใช้พัดลมทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือ พัดลมที่ดูดอากาศจากภายนอกเข้า, พัดลมที่เป่าอากาศจากภายในออก และพัดลมที่หมุนเวียนอากาศภายในตู้
2) ใช้ The Gravity: I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์ กับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น DHT21/AM2301 เป็นตัววัดค่า
3) เชื่อมต่อเซนเซอร์เข้ากับ Arduino Mega 2560 เพื่อรับค่า Input และ ประมวลผลตามโปรแกรมที่ทำไว้ และส่ง Output ออกไปควบคุม
4) เขียนโปรแกรมสั่งการ Arduino Mega 2560 โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 เขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่า และควบคุมออกซิเจน

5) เชื่อมต่อกับพัดลมขนาด 3.5 นิ้ว แบบ 2 สาย จำนวน 2 ตัว เพื่อที่จะดูดอากาศเข้าและเป่าอากาศออก โดยผ่านโมดูลรีเลย์ 3.3 - 5V เพื่อแปลงแรงดันไฟให้พัดลม ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ทดสอบระบบระบายอากาศ

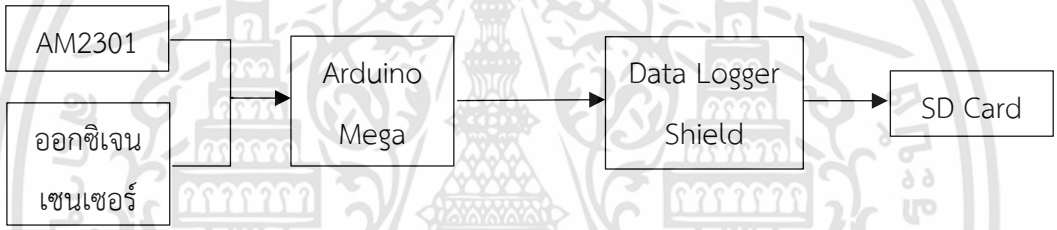
6) โดยติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในตู้ ทำการควบคุมความเร็วพัดลมคงที่เพื่อการหมุนเวียนอากาศที่สม่ำเสมอ ผ่าน Motor DC (FAN) Control 12 - 40VDC แสดงตำแหน่งการติดตั้งดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 ติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศ

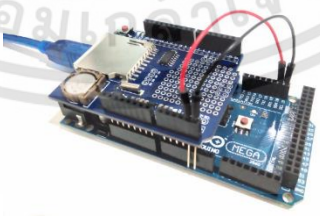
3.2.4 การบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์

ในระบบมีการเพิ่มการบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ผล วิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อกระบวนหรือนำไปต่อยอดประยุกต์ใช้ ให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยจะทำการบันทึกค่าสำคัญที่มีผลกับกระบวนการนั้น คือ อุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณก๊าซออกซิเจน รวมถึงมีวันและเวลาบอก ณ ช่วงที่เก็บบันทึกผล อุปกรณ์ในการทดลอง ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ไดอะแกรมการบันทึกข้อมูล

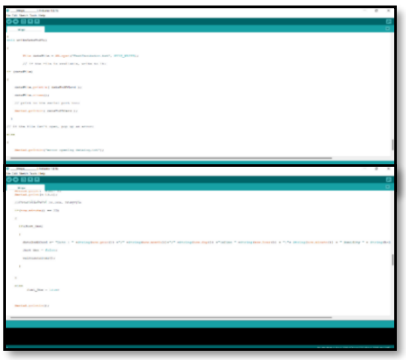
1) นำ Data Logger Shield มาเชื่อมต่อกับ Arduino Mega 2560 เนื่องจาก ใช้บอร์ด Arduino MEGA 2560 Port การเชื่อมต่อสัญญาณ I^2C ของ SDL SDA ไม่ตรงกัน ดังนั้นต้องเชื่อมระหว่าง Port A4 A5 ของ Data Logger Shield เข้ากับ Port 20 21 ของ Arduino Mega 2560 ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 Data Logger Shield เชื่อมต่อกับ Arduino Mega

2) เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ที่ต้องการบันทึกค่า โดยที่มี เซนเซอร์ AM2301 และ The Gravity: I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์
3) เขียนโปรแกรมสั่งการ โดยใช้โปรแกรม ดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 โปรแกรมสั่งเก็บข้อมูลลง SD card

3.2.5 การสร้างตู้ฟักไข่ เครื่องพลิกไข่อัตโนมัติ และการติดตั้งอุปกรณ์

ในการสร้างตู้ฟักไข่หลังส่งแบบตู้ฟักไข่ และเครื่องพลิกไข่อัตโนมัติให้ทางโรงกลึงจัดทำและประกอบชิ้นส่วนขึ้นมาตามการออกแบบและการเลือกวัสดุ จากนั้นนำตู้ที่ได้มาติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมีส่วน ประกอบ คือ ระบบพลิกไข่ และการติดตั้งอุปกรณ์

3.2.5.1 ระบบการพลิกไข่อัตโนมัติ

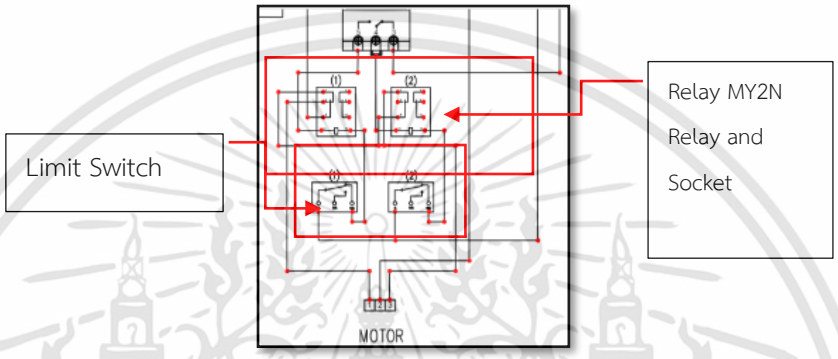
1) การตั้งเวลาพลิกไข่ ในขั้นตอนของการออกแบบเครื่องพลิกไข่อัตโนมัติจะเป็นการกำหนดเวลาให้มอเตอร์ทำการหมุนทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยกำหนดเวลาด้วยไทม์เมอร์ จากรูปที่ 3.28 (ก) ตั้งเป็น 0:00, รูปที่ 3.28 (ข) ตั้งเป็น 0:01, รูปที่ 3.28 (ค) ตั้งเป็น 2:00 และ รูปที่ 3.28 (ง) ตั้งเป็น 2:01 ตั้งลูปแบบเดียวกันจนกระทั่งครบวัน

(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3.28 (ก) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 1 on
(ข) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 1 off
(ค) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 2 on
(ง) ตั้งค่าไทม์เมอร์ 2 off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระบบมอเตอร์พลิกไข่นำแบบมาส่งให้ทางโรงกลึงประกอบตู้ขึ้นมา และทำการติดฉนวนกันความร้อน ในการเชื่อมต่อได้เพิ่มระบบป้องกันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ โดยใช้ รีเลย์ MY2N MT2N-GS 24V/AC ในการแปลงไฟ 220 V เป็น 24 V สั่งการทำงานแบบปกติปิด ที่จ่ายไฟมาจากไทม์เมอร์ ให้กับมอเตอร์ในการหมุนซ้าย – ขวา และหยุดการทำงานด้วยลิมิตสวิตช์ แสดงวงจรการต่อสายไฟ ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 วงจรของระบบมอเตอร์กลับไข่

3.2.5.2 ติดตั้งอุปกรณ์และสายไฟ

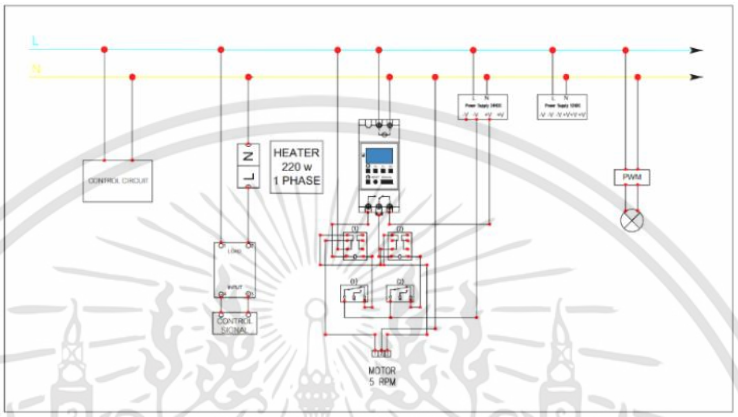
การประกอบตู้ขึ้นเลือกวัสดุที่ใช้ทำ โดยเลือกใช้เหล็กในการทำทั้งโครงสร้างทำประตู้บานพับเปิด - ปิด และติดล้อเพื่อการเคลื่อนย้าย นอกจากนั้นได้ทำการติดแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันอุณหภูมิจากภายนอกไม่ให้กระทบกระบวนการภายในตู้ ดังรูปที่ 3.30

(ก) (ข) (ค)

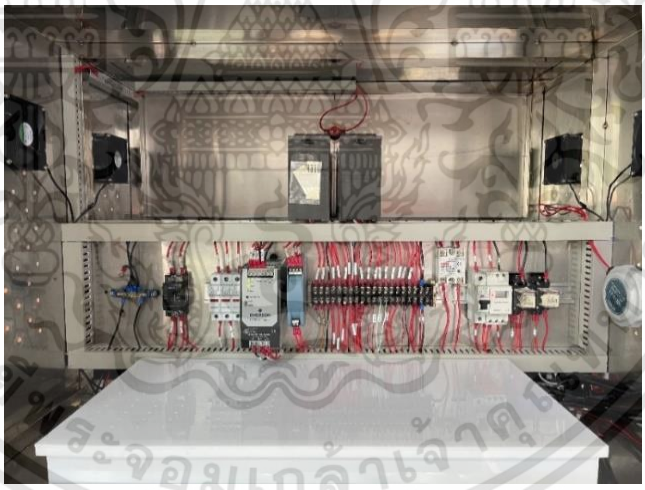
รูปที่ 3.30 (ก) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 1
(ข) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 2
(ค) ติดตั้งฉนวนกันความร้อน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไป และเดินสายไฟรวมถึงจัดระเบียบส่วนต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ระบบต่างประกอบเข้าด้วยกัน ตามตำแหน่งที่กำหนดเอาไว้แล้ว ทำการเดินสายไฟของแต่ละระบบระหว่างอุปกรณ์มารวมไว้ที่ตู้ควบคุมไฟเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ ดังรูปที่ 3.31 กับ รูปที่ 3.32



รูปที่ 3.31 วงจรสายไฟของตู้



รูปที่ 3.32 วงจรสายไฟจริงของตู้

3.2.6 การทดสอบระบบ

ในการทดสอบ มีการแยกทดสอบแต่ละระบบประกอบด้วย ระบบพลิกไข่, ระบบควบคุมอุณหภูมิ, ระบบควบคุมความชื้น และระบบไหลเวียนอากาศ จากนั้นทำการทดสอบทุกระบบพร้อมกันและทดสอบทั้งระบบภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของตู้ฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ทดสอบการทำงานของระบบพลิกไข่อัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.33

รูปที่ 3.33 ทดสอบระบบพลิกไข่

2) ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งต้องการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37.5°C เมื่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า PID Controller จะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน ดังรูปที่ 3.34 (ก) และรูปที่ 3.34 (ข) และเมื่ออุณหภูมิวัดได้ที่ 37.5°C จะสั่งฮีตเตอร์หยุดทำงาน ดังรูปที่ 3.34 (ค)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.34 (ก) ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิขณะฮีตเตอร์ทำงาน
(ข) โซลิดสเตตรีเลย์ขณะทำงาน
(ค) ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิขณะฮีตเตอร์หยุดทำงาน

3) ทดสอบระบบควบคุมความชื้น ต้องการควบคุมความชื้นไว้ที่ 60% เมื่อเซนเซอร์วัดความชื้นได้ต่ำกว่า PID Controller แสดงดังรูปที่ 3.35 (ข) ส่งค่าให้เครื่องสร้างหมอกทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.35 (ง) และพัดลมจะทำการเป่าความชื้นเข้าสู่ภายในตู้ แสดงดังรูปที่ 3.35 (ค) โดยความเร็วขึ้นอยู่กับสัญญาณที่รับได้ และเมื่อได้ความชื้น60% จะสั่งหยุดการทำงานการสร้างความชื้น ดังรูปที่ 3.35 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3.35 (ก) ทดสอบระบบความชื้นขณะพัดลมทำงาน
(ข) ทดสอบระบบความชื้นขณะพัดลมหยุดทำงาน
(ค) พัดลมขณะทำงาน
(ง) เครื่องสร้างหมอก ขณะทำงาน

4) ระบบไหลเวียนอากาศและวัดค่าออกซิเจน ตำแหน่งของเซนเซอร์ดังรูปที่ 3.36 (ก) และตำแหน่งของพัดลมดังรูปที่ 3.36 (ข)

(ก) (ข)

รูปที่ 3.36 (ก) เซนเซอร์ออกซิเจนขณะทำงาน
(ข) พัดลมไหลเวียนอากาศขณะทำงาน

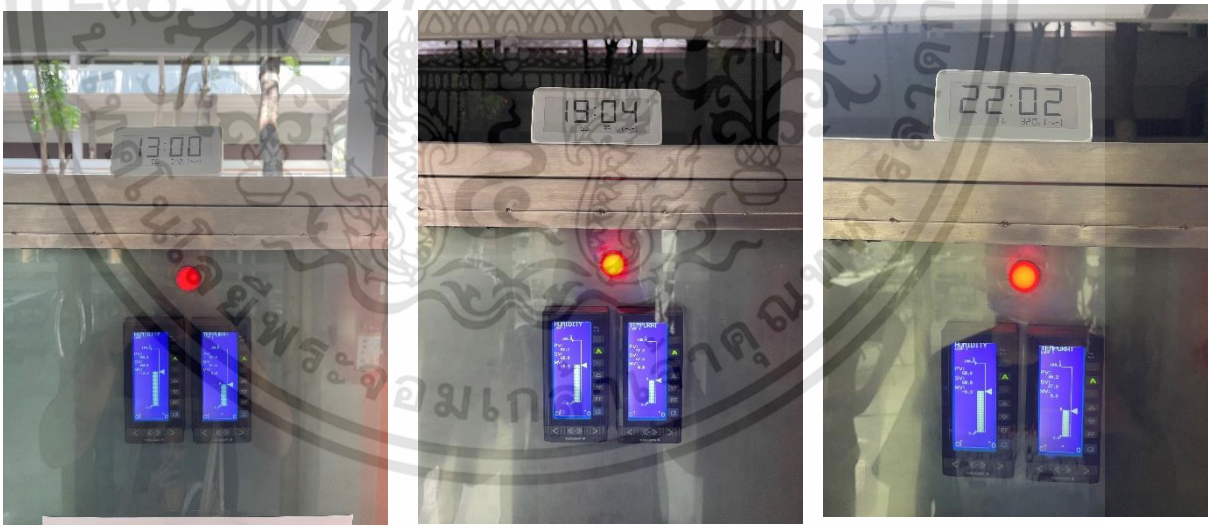
5) ทดสอบทั้งระบบ โดยทำการทดสอบในสภาวะอากาศที่แตกต่างกัน เปิดระบบรวมทั้งหมดพร้อมทั้งสังเกตค่าอุณหภูมิ, ความชื้น และการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.37 (ก) ด้านหน้าตู้ขณะทำงาน
(ข) ด้านหลังตู้ขณะทำงาน

6) ทำการทดสอบทั้งระบบภายใต้สภาพแวดล้อมกลางวันและกลางคืนที่มีอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างกันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ โดยกลางวัน แสดงดังรูปที่ 3.38 (ก) ส่วนในเวลากลางคืนแสดงดังรูปที่ 3.38 (ข) และรูปที่ 3.38 (ข)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.38 (ก) ระบบทำงานขณะ 13.00 น.
(ข) ระบบทำงานขณะ 19.04 น.
(ค) ระบบทำงานขณะ 22.02 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การฟักไข่

การฟักไข่จะมีขั้นตอนการดำเนินการแบ่งออกเป็น การเตรียมไข่ไก่, เตรียมเครื่องฟักไข่, เริ่มฟักไข่, ตรวจสอบการบันทึกค่า, การส่องไข่มีเชื้อ, หยุดพลิกไข่เพื่อเตรียมฟัก และทำกรงอนุบาลลูกเจี๊ยบ

1) โดยขั้นตอนการเตรียมไข่ไก่สด เพื่อเตรียมไข่ไก่เข้าตู้ฟักไข่ไก่จากฟาร์มผ่านการขนส่งประมาณ 2 – 3 วัน และทำการเตรียมไข่ไก่สดก่อนเข้าตู้ฟัก 1 วัน แสดงดังรูปที่ 3.39

รูปที่ 3.39 ไข่ไก่มีเชื้อ

2) พิจารณาคัดเลือกไข่ไก่ที่มีลักษณะสมบูรณ์ โดยมีน้ำหนักอยู่ที่ 52 – 65 กรัม ไข่ที่ไม่มีรอยแตกร้าว, ไม่มีรูปทรงบิดเบี้ยว, เปลือกไข่ไม่ขรุขระ และไม่มีสิ่งสกปรกเกาะติดที่เปลือกไข่ จัดเรียงไข่ดังรูปที่ 3.40

รูปที่ 3.40 แยกไข่ไก่ที่มีเชื้อที่ไม่มีรอยเปื้อน

3) ก่อนฟักไข่จะต้องเตรียมความพร้อมเครื่องฟักไข่ โดยตั้งค่าอุณหภูมิที่ 37.5°C, ความชื้น 60% และนำไข่ไก่เข้าฟักในตู้ฟัก แสดงดังรูปที่ 3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

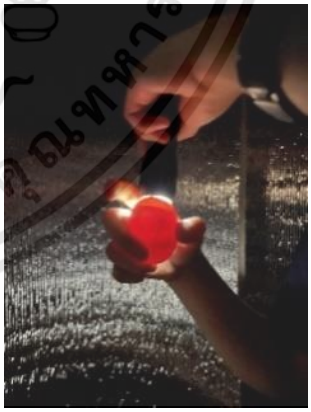
(ข)

รูปที่ 3.41 (ก) นำไข่ไก่มีเชื้อเข้าตู้
(ข) ระบบเริ่มทำงาน

4) ตรวจสอบการทำงานโดยกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกการผลการทดลอง โดยจัดทำตารางบันทึกผลการทำงาน ซึ่งมีข้อมูลที่ได้จาก SD Card ที่บันทึกค่าทุก ๆ ชั่วโมง

5) เมื่อครบ 7 วัน ทำการส่องไข่มีเชื้อ และคัดแยกไข่ที่ไม่มีเชื้อออกจากแผงไข่ออกมากจากตู้ ในการส่องหาเชื้อไข่ต้องทำในที่มืดสนิท เพื่อมองเห็นเชื้อไข่ได้ชัดเจน ทำด้วยความระมัดระวัง ห้ามหมุนไข่มากเกินไป และใช้เวลาให้น้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.42 และมีลักษณะไข่ ดังรูปที่ 3.43

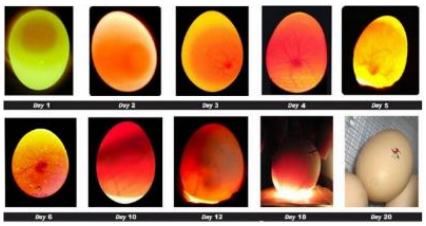
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.42 (ก) ไข่มีเชื้อ
(ข) ไข่เชื้อตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.43 (ก) ภาพประกอบลักษณะของการส่องไข่
(ข) ลักษณะของไข่ไก่ที่มีเชื้อตามจำนวนวันที่เริ่มทำการฟัก

6) คัดแยกไข่ที่มีเชื้อกลับเข้าตู้ฟักและแยกไข่ที่ไม่มีเชื้อหรือเชื้อตายออก ดังรูปที่ 3.44

รูปที่ 3.44 ไข่ที่มีเชื้อหลังการคัดแยกแล้ว

7) เมื่อครบ 18 วัน หยุดพลิกไข่และนำไข่ออกจากเครื่องพลิกไข่ จากนั้นปรับความชื้นไว้ที่ 65% และลดอุณหภูมิลงเหลือ 37.2°C เพื่อรอไข่ทำการฟัก ในขั้นตอนนี้จะส่องไข่อีกครั้งเพื่อแยกไข่เชื้อตายออก แสดงดังรูปที่ 3.45 (ก) จัดเรียงไข่ในแนวนอนไว้บนถาดเตรียมฟัก แสดงดังรูปที่ 3.46 (ข)

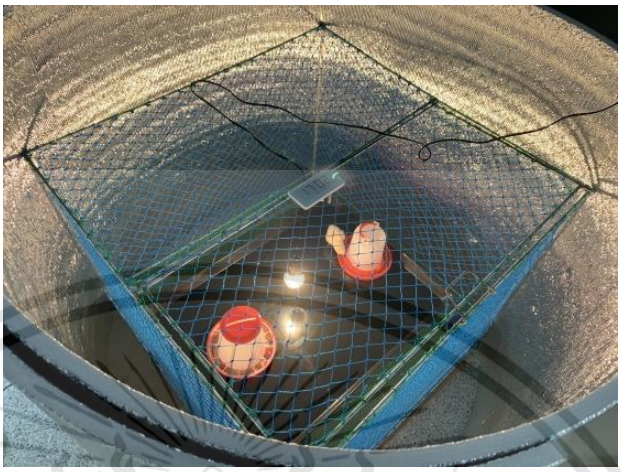
(ก)

(ข)

รูปที่ 3.45 (ก) ส่องไข่เพื่อตรวจดูเชื้อ
(ข) วางไข่เตรียมรอฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ทำกรงอนุบาลลูกเจี๊ยบ เพื่อรองรับลูกเจี๊ยบที่กำลังจะฟักออกมา และเป็นการจำลองการกกลูกไก่ของแม่ไก่ ดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 ทำกรงอนุบาลลูกเจี๊ยบ

9) ช่วงวันที่ 19 – 21 ลูกเจี๊ยบจะเริ่มฟักออกมา จากนั้นรอให้ขนของลูกเจี๊ยบแห้ง ใช้เวลาไม่เกิน 3 วันนำออกจากตู้ฟักแล้วจึงนำลูกเจี๊ยบเข้ากรงอนุบาลลูกเจี๊ยบ

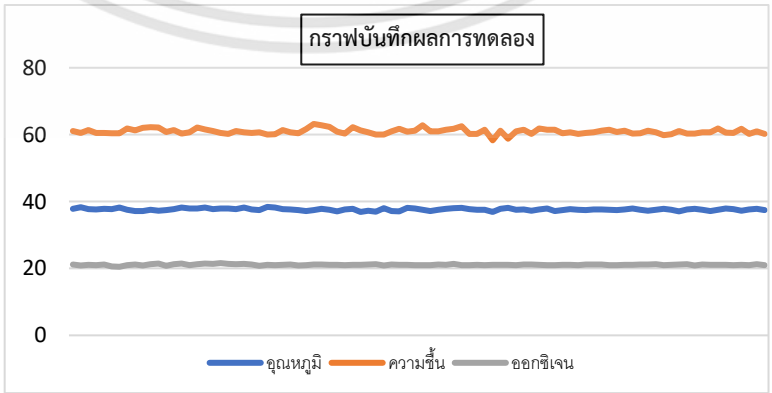
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการดำเนินการของการทดลองหาประสิทธิภาพการออกแบบระบบการจัดทำเครื่องฟักไข่ระบบกลับไข่อัตโนมัติและการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นของเครื่องฟักไข่โดยติดตามผล จำนวน 18 วัน การออกแบบเครื่องฟักไข่ ระบบกลับไข่อัตโนมัติ และตู้ควบคุมไฟฟ้า คือ วัสดุ เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร เหล็กกล่องขนาด 25×25 มิลลิเมตร นำมาตัดและขึ้นโครงสร้างได้ขนาดเครื่องฟักไข่ 75x90x90 เซนติเมตร และตู้ควบคุมไฟฟ้าขนาด 75x90x60 เซนติเมตร โดยภายในเครื่องฟักไข่บุด้วยฉนวน ที่ทำจากโฟมโพพลียูรีเทนหนา 20 มิลลิเมตร ติดผนังทั้ง 4 ด้าน

4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น และออกซิเจน

การฟักไข่โดยต้องการควบคุมปัจจัยสำคัญคือ อุณหภูมิ, ความชื้น และออกซิเจน ทำการวัดอุณหภูมิ, ความชื้น และออกซิเจนภายในเครื่องฟักไข่ใน 1–2 วันแรกของการฟักทำการวัดทุก ๆ ชั่วโมง เพื่อสังเกตการณ์ทำงานตลอดเวลา และลดเวลาลงมาจนเหลือทุก ๆ 6 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 5 ของการฟักไข่ ซึ่งค่าที่วัดได้ในแต่ละช่วงแสดงดังตาราง ส่วนการกลับไข่ จะกลับไข่ทุก ๆ ชั่วโมง ตั้งแต่วันแรกไปจนถึงวันที่ 18 ของการฟักแล้วจึงหยุดกลับไข่ จากกราฟรูปที่ 4.1 อ้างอิงจากตารางบันทึกผลในภาคผนวก ค ประสิทธิภาพของการควบคุมอุณหภูมิ, ความชื้น และออกซิเจนในเครื่องฟักไข่ ซึ่งพบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยได้อยู่ที่ 37.62°C, สามารถควบคุมความชื้นเฉลี่ยได้อยู่ที่ 60.57% และสามารถควบคุมออกซิเจนเฉลี่ยได้อยู่ที่ 21.12% ซึ่งการวัดค่าจะแตกต่างกันตามสภาพอากาศจะมีผลกับอุณหภูมิและความชื้น ในช่วงเวลากลางวัน สภาพอากาศภายนอกอุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำ ในช่วงเวลา 12.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37.87°C ความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 60.63% ส่วนในช่วงเวลากลางคืนสภาพอากาศภายนอกอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นสูงขึ้น ในช่วงเวลา 00.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37.25°C และความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 60.86% ดังตารางเปรียบเทียบที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลอง

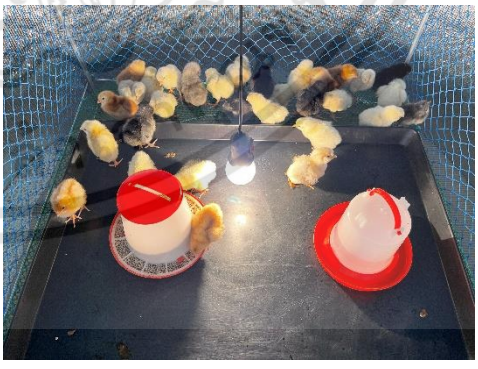
การวัด	Min	Max	Avg.	S.D.
อุณหภูมิ	36.9°C	38.4°C	37.62°C	0.34
ความชื้น	55%	63.2%	60.57%	1.19
ออกซิเจน	20.5%	21.6%	21.12%	0.17

4.2 ผลการเปรียบเทียบ

ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อไข่ไก่ตลอดเวลา 21 วัน เริ่มต้นรับไข่ไก่สดมาจำนวน 60 ฟอง ทำการคัดเลือกไข่ไก่ที่สมบูรณ์พร้อมทำการฟักได้ทั้งหมด 50 ฟอง จากนั้นในการส่องดูเชื้อ พบว่า มีไข่ไก่จำนวน 6 ที่ส่องแล้วไม่พบเชื้อ และ 2 ฟองที่พิจารณาแล้วว่าเป็นเชื้อตาย ดังนั้นเหลือไข่ไก่จำนวน 42 ฟองที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยแตก รอยร้าวหรือมีผิวขรุขระได้ทำการฟักต่อจนถึงวันที่ 14 พ.ค. 65 ซึ่งเป็นวันที่ 18 ของการฟักไข่ทำการส่องเพื่อตรวจสอบเชื้อและพบว่ามี 3 ฟองที่ไม่มีเชื้อ และเชื้อตาย 2 ฟอง จึงเหลือไข่จำนวน 37 ฟอง เมื่อครบ 21 วัน พบว่ามีลูกเจี๊ยบฟักทั้งหมด 35 ตัว และไข่ที่ไม่ฟัก 2 ตัว แต่ในภายหลังจากการฟักมีลูกเจี๊ยบที่ตาย 4 ตัว ดังนั้นมีลูกเจี๊ยบเหลืออยู่ 31 ตัว แสดงดังรูปที่ 4.2 คิดเป็นอัตราความสำเร็จในการฟักเป็น 94.59% จาก 37 ตัว ดังตารางที่ 4.2 โดยลักษณะของไก่ที่เพิ่งฟัก ดังรูปที่ 4.2 (ก) และกรงอนุบาลดังรูปที่ 4.2 (ข)

จากข้อมูลการฟักไข่ทำให้มีอัตราการรอดชีวิตของไก่มากกว่าการฟักไข่เองตามธรรมชาติ โดยการฟักไข่ตามธรรมชาติมีอัตราการตายอยู่ที่ 3 ใน 10 ของไก่ที่มีแม่ไก่ฟักไข่ เนื่องจากไข่ที่ฟักจากเครื่องฟักไข่ผ่านการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแล้ว ทำให้ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากสภาพอากาศโดยรอบได้ ทำให้เพิ่มอัตราการรอดชีวิต และเพิ่มความแข็งแรงให้กับไก่ที่ฟักออกมา

(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 (ก) ลูกเจี๊ยบขณะฟักในตู้ฟัก
(ข) นำลูกเจี๊ยบเข้ากรงอนุบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 อัตราความสำเร็จของการฟักสำหรับตู้ฟักไข่ในงานวิจัยนี้

รายการ	จำนวนทั้งหมด	ไม่สามารถฟักได้	เชื้อตาย	ไม่มีเชื้อ	ตายหลังจากฟัก	รอดหลังจากฟัก	เหลือ
รับไข่ไก่	60	-	-	-	-	-	60
คัดแยกรอบที่ 1	50	10	-	-	-	-	50
ส่องไข่ครั้งที่ 1	50	-	2	6	-	-	42
ส่องไข่ครั้งที่ 2	42	-	2	3	-	-	37
หลังฟักไข่ วันที่ 21	37	2	-	-	4	31	31
Case 1 อัตราความสำเร็จของการฟักไข่ (35 ฟอง จาก 37 ฟอง)							94.59%
Case 2 อัตราความสำเร็จที่รอดหลังจากฟัก (31 ฟอง จาก 37 ฟอง)							88.57%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอหลักการและขั้นตอนการจัดทำเครื่องฟักไข่ และระบบกลับไข่อัตโนมัติ พร้อมซอฟต์แวร์การควบคุมปัจจัยสำคัญในการฟักไข่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและอัตราการเกิดของไก่ โดยเริ่มทำการศึกษาข้อมูลเตรียมอุปกรณ์และขั้นตอนการดำเนินการ ศึกษาการใช้งานของอุปกรณ์ที่รับมาในการทำโครงการ และเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการ และหาวิธีที่ถูกต้องกับกระบวนการทำการทดลองทั้งแบบจำลองการฟักไข่เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับกระบวนการฟักตามธรรมชาติ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับกระบวนการทางอุตสาหกรรม

จากผลการทดลองซึ่งพบว่าในการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นจะสามารถควบคุมในช่วงที่ต้องการได้ แต่สภาพอากาศภายนอกมีผลต่อการทดลองถ้าอยู่ในช่วงที่มาสภาพอากาศภายนอกร้อนมากหรือมีความชื้นน้อย ระบบควบคุมความชื้นจะใช้เวลานานขึ้นเพื่อควบคุมสู่ค่าที่กำหนดส่วนในสภาพอากาศภายนอกเย็นลงและมีความชื้นมาก ระบบควบคุมความร้อนจะใช้เวลานานขึ้นเพื่อควบคุมสู่ค่าที่กำหนด เช่นกัน

5.2 ปัญหาที่พบขณะการดำเนินการ

1) เนื่องจากการทดลองเป็นการจัดทำกระบวนการทั้งหมดด้วยตนเอง จึงเกิดปัญหาเรื่องเวลาในการดำเนินการ คือ ขั้นตอนการประกอบตู้และติดตั้งระบบอุปกรณ์ ต้องใช้เวลาในการทำหลายวัน ทำให้กระทบในส่วนของแผนการดำเนินงานที่ต้องเลื่อนตามกันออกไป
2) อุปกรณ์ที่ทำมาใช้ซึ่งจะมีข้อจำกัด คือ เซนเซอร์ อุณหภูมิ PT100 ในขณะทำการทดลอง เนื่องจากวัสดุของ เซนเซอร์ มีการสะสมความร้อนและระบายความร้อนได้ช้า จึงต้องใช้เวลาในการเตรียมระบบนานขึ้น เพื่อให้ความร้อนคงที่ ส่วนของอุปกรณ์เกิดความร้อนควบคุมผ่าน PID Controller มีการทำงานที่ไม่ยืดหยุ่นเพียงพอต่อการใช้งาน เพราะ เมื่อสั่งการทำงาน PID Controller สั่งการทำงานปกติ แต่ความร้อนที่เกิดจากฮีตเตอร์เมื่อใช้เวลาในการสร้างนานเกินไป จะทำให้ความร้อนสะสมที่เกิดในฮีตเตอร์ ระบายออกได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เมื่อ PID Controller หยุดสั่งการทำงานแล้ว แต่ฮีตเตอร์ยังร้อนอยู่ ทำให้อุณหภูมิยังสูงขึ้นอีกเล็กน้อย และค่อย ๆ ลดลง
3) ในกระบวนการฟักไข่ จะต้องดำเนินการตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลาหลายวัน สิ่งที่เป็นกังวล คือ เมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าดับ จะส่งผลให้กระบวนการหยุดทำงานทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การที่ใช้เซนเซอร์ 2 ชนิดในการแยกการควบคุม และบันทึกข้อมูลซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกันระหว่างอุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความแม่นยำของเซนเซอร์ทั้งสองไม่เท่ากัน และความเร็วในการตอบสนองของเซนเซอร์ไม่เท่ากัน

5) การทำ Cascade Control และ PID ต้องทำการติดต่อบริษัท Yokogawa เพื่อให้ทางบริษัทแก้ไขโปรแกรม และเพิ่มฟังก์ชั่นในการทำงาน

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ

1) เพื่อการควบคุมอุณหภูมิให้มีความเสถียรและแม่นยำมากขึ้น ควรเปลี่ยนฮีตเตอร์เป็นแบบเป่าลมร้อนเพื่อลดปัญหาการสะสมความร้อน และสามารถระบายความร้อนได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยพัดลมระบายอากาศ
2) เพิ่มระบบไฟสำรอง เพื่อใช้ในเวลาฉุกเฉิน ให้กระบวนการดำเนินต่อไป
3) ควรเปลี่ยน PT 100 เนื่องจากกว่า PT 100 ไม่เหมาะสมแก่การควบคุมอุณหูมิที่ทำ เพราะ PT100 จะมีความไวในการตอบสนองที่ช้า
4) ควรใช้ PID Controller แบบ Cascade เพราะว่าการที่แยกควบคุมกัน ระหว่าง Single Loop 2 อัน จะส่งผลต่อระยะเวลาการเข้าสู่ช่วงเสถียรและมีผลต่อการปรับ PID
5) การเลือกใช้ เซนเซอร์ 2 ชนิด เพื่อแยกในการควบคุมอาจจะเกิดการคาดเคลื่อนจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ตำแหน่งการวาง รวมถึงชนิดของ เซนเซอร์ ที่ต่างกัน
6) เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ตู้ที่มีส่วนประกอบเป็นเหล็กจึงมีโอกาสเกิดสนิมได้ จึงแนะนำให้ทำการเคลือบกันสนิมที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] N.Musashino, “Model YS150 Single-Loop Programmable Controller, Model YS170 Single-Loop Programmable Controller”, Tokyo, pp. 10-25, 2004.

[2] ผศ.ดร.ประภาธร ธาราฉาย, “การผลิตสัตว์ปีก”, 2560. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.as2.mju.ac.th/E-Book/t_prapakorn/202560-2.pdf (1 พฤษภาคม 2565).

[3] หนุ่มชาวไร่, “วิธีการฟักไข่แบบละเอียด”, 2558. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.baan-kaset.com (1 พฤษภาคม 2565).

[4] Ang, K.H., Chong, G.C.Y., and Li, “PID control system analysis, design, and technology, IEEE Trans Control Systems Tech”, pp.559-576, 2005.

[5] “ระบบควบคุมพีไอดี”, 2565. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=142 (1 พฤษภาคม 2565).

[6] “Humidity/Temperature TRH-300 series”, 2561. [Online] Available : https://westmexico.com.mx/images/ficha/obsoletos/1033_ficha.pdf (May 1, 2022)

[7] EMERSON, “RosemountTM248 Temperature Transmitter”, February 2021. [Online] Available : https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-rosemount-248-temperature-transmitter-en-73336.pdf (May 1, 2022)

[8] EMERSON, “RosemountTM214C Temperature เซนเซอร์ร”, May 2021. [Online] Available : https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-rosemount-214c-temperature-เซนเซอร์ร-en-80136.pdf (May 1, 2022)

[9] “Arduino MEGA 2560”, 2017. [Online] Available : https://repository.unair.ac.id/55279/4/FV.OSI.42-16%20Bah%20%20r-3.pdf (May 1, 2022)

[10] “Arduino UNO R3”, 2022. [Online] Available : https://repository.unair.ac.id/55279/4/FV.OSI.42-16%20Bah%20%20r-3.pdf (May 1, 2022)

[11] ArduitronicS, “Isolation MOSFET PWM”, April 2019. [Online] Available : https://www.arduitronics.com/product/3454/-isolation-mosfet-pwm-5-36vdc-15a-2 (May 1, 2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] EMERSON, “DeltaVTMBulk Power Supplies”, March 2019. [Online] Available : https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-deltav-bulk-power-supply-deltav-en-57618.pdf (May 1, 2022)

[13] DFROBOT, “SKU : SEN0322”, [Online] Available : https://wiki.dfrobot.com/Gravity_I^{2}C_Oxygen_เซนเซอร์_SKU_SEN0322 (May 1, 2022)

[14] ArduitronicS, “DHT21/AM2301 Capacitive Digital Temperature and Humidity เซนเซอร์”, [Online] Available : https://www.arduitronics.com/product/238/dht21-am2301-capacitive- digital-temperature-and-humidity-เซนเซอร์-2 (May 1, 2022)

[15] Adafruit industries, “Adaruit Data Logger Shield”, [Online] Available : https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-data-logger-shield.pdf (May 1, 2022)

[16] OMRON, “DATASHEET MY2N Relay MT2N-GS”, USA, pp. 259-276, 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Standard Specifications

● **Analog Signal (Measurement category I) Input**

: 1to 5V DC, 4 points Multi-Function Controller
5points Programmable Controller
One point may be specified optionally to accept a direct input.
(One of the following : small voltage source (mV), thermocouple, resis tance temperature detector, slidewire resistance, input isolator, 2-wire transmitter, or frequency signal input)

Rated transient overvoltage :1500V (Note)

Direct input option (for /A12, /A13, /A16 and /A17)

Input : +/- 0.1V DC (for /A12)
: 17 to 333Ω (for /A13)
: 4 to 20mA DC (for /A16 and /A17)

Rated transient overvoltage :1500V (Note)

Note : It is the value for safety standards estimated in measurement category I based IEC/EN61010-1. It is not the value to guarantee its performance.

Input Resistance : 1MΩ or more

Output : 4 to 20mA, 1 point load resistance ; 0 to 750Ω
1 to 5V DC, 2points load resistance; 2kΩ or more

1 point of 1 to 5V DC outputs Programmable Controller can be changed to 4 to 20mA by changing the jumper connection.

● **Status Signal**

Input : 1 point Multi-Function Controller ,
6 points Programmable Controller (The terminals are shared with the status output signals)

Output : 5 points Multi-Function Controller ,
6 points Programmable Controller (The terminals are shared with the status input signals)
Transistor contact, rated output ; 30V DC / 200mA (With resistive load)

Fail Output : 1 point
Transistor contact, rated output ; 30V DC / 200mA (With resistive load)

● **Transmitter Power Supply**

: 24V DC / 30mA (Without a short-circuit protection circuit) Not insulated from the operation control circuit

● **Rated I / O Signal Conversion Accurancy**

1 - 5V Input Signal : ±0.2% of span
4 - 20mA Output Signal : ±1.0% of span
1 - 5V Output Signal : ±0.3% of span

● **Power Supply**

Rated Power Supply Voltage

: For both DC and AC
100V version ; DC drive ; 24-120V DC ⎓ (±10%), no polarity
AC drive ; 100-120V AC ~ (±10%), 50 / 60Hz (±3Hz)
200V version ; DC drive ; 135-190V DC ⎓ (±10%), no polarity
AC drive ; 220-240V AC ~ (±10%), 50 / 60Hz (±3Hz)

Under this rated voltage the instruments conform to the safety requirements in IEC/EN61010-1. On the other hand, the instruments themselves have the ability to operate under the condition as shown below which is the same as the former description of the power supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Usable Power Supply Voltage

: For both DC and AC
100V version ; DC drive ; 20-130V DC, no polarity
AC drive ; 80-138V AC, 47- 63Hz
200V version ; DC drive ; 120-340V DC, no polarity
AC drive ; 138-264V AC, 47- 63Hz

Maximum Current Flow

: 600mA (DC drive of 100V version)
100mA (DC drive of 220V version)

Maximum Power Consumption

: 26VA (AC drive of 100V version)
29VA (AC drive of 220V version)

Current flow and power consumption at recommended voltages

: 430mA Typ. at 24V DC
19VA Typ. at 100V AC
23VA Typ. at 220V AC

- **Noise Reduction Ratio**
  Common Mode Noise : 83dB (50Hz)
  Series Mode Noise : 46dB (50Hz)
- **Installation** : Direct panel-mount
  Use mounting brackets (for the top and bottom)
- **Signal Connections** : Terminal connections with M4 screws (for external signal, power supply and grounding)
- **Weight** : 2.6kg
- **Installation Conditions**
  Ambient Temperature : 0 to 50°C
  Relative Humidity : 5 to 90%RH (No dew condensation)
  Temperature gradient : Within ±10°C/h
  Installation location : Room
  Installation height : Altitude up to 2,000m
  Installation category based on IEC 61010 : II (*1)
  Pollution Degree based on IEC 61010 : 2 (*2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmitter Specifications

FUNCTIONAL SPECIFICATIONS

Inputs

User-selectable; sensor terminals rates to 42.4 Vdc. See "Transmitter Accuracy and Ambient Temperature Effects" on page 8 for sensor options.

Output

2-wire 4–20 mA, linear with temperature or input; digital output signal superimposed on 4–20 mA signal, available for a Field Communicator or control system interface.

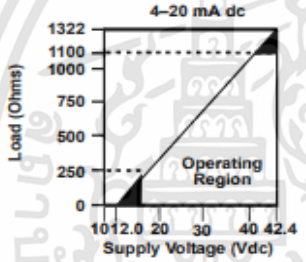
Isolation

Input/output isolation tested to 500 Vac rms (707 Vdc) at 50/60 Hz.

Power Supply

An external power supply is required for *HART* devices. The transmitter operates on 12.0 to 42.4 Vdc transmitter terminal voltage with load resistance between 250 and 1100 ohms. A minimum of 17.75 Vdc power supply is required with a load of 250 ohms. Transmitter power terminals are rated to 42.4 Vdc.

Maximum Load = 40.8 x (Supply Voltage – 12.0)



Humidity Limits

0–99% relative humidity, non-condensing

NAMUR Recommendations

The 248 meets the following NAMUR recommendations:

- NE 21 – Electromagnetic compatibility (EMC) for Process and Laboratory Apparatus
- NE 43 – Standard of the signal level breakdown information of digital transmitters
- NE 89 – Standard of temperature transmitters with digital signal processing

Transient Protection

The optional Rosemount 470 Transient Protector prevents damage from transients induced by lightning, welding, heavy electrical equipment, or switch gears. Refer to the 470 Product Data Sheet (document number 00813-0100-4191) for more information.

Temperature Limits

Operating Limit
- –40 to 85 °C (–40 to 185 °F)

Storage Limit
- –50 to 120 °C (–58 to 248 °F)

Turn-on Time

Performance within specifications in less than 5.0 seconds after power is applied to transmitter, when damping value is set to zero seconds.

Update Rate

Less than 0.5 seconds

Damping

32 seconds maximum. 5 seconds default

Custom Alarm and Saturation Levels

Custom factory configuration of alarm and saturation levels is available with option code C1 for valid values. These values can also be configured in the field using a Field Communicator.

Recommended Minimum Measuring Span

10 K

Software Detected Failure Mode

The values at which the transmitter drives its output in failure mode depends on whether it is configured to standard, custom, or NAMUR-compliant (NAMUR recommendation NE 43) operation. The values for standard and NAMUR-compliant operation are as follows:

Figure 1. Operation Parameters

	Standard [1]	NAMUR NE43-Compliant[1]
Linear Output:	3.9 ≤ I ≤ 20.5	3.8 ≤ I ≤ 20.5
Fail High:	21 ≤ I ≤ 23 (default)	21 ≤ I ≤ 23 (default)
Fail Low:	I ≤ 3.75	I ≤ 3.6

(1) Measured in milliamperes

Certain hardware failures, such as microprocessor failures, will always drive the output to greater than 23 mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

Model	0065C33J0175N0475E7TBW0043
0065	Pt 100 RTD (IEC 751) without thermowell

Code	
	Connection head
C	Rosemount aluminum,
	IP Rating = 66/68
	Conduit/Cable entry = M20 x 1.5
	Sensor lead wire termination
3	Spring loaded adapter (1/2-in. NPT)
	Sensor type
3	RTD, single element, 4-wire
	Temperture Range = -196 to 600 °C (-321 to 572 °F)
	Extension
J	Nipple union (M/F)
	Instrument connection = 1/2-in. NPT
	Extension length (N) in millimeters
0175	175mm
	Thermowell material
N	No thermowell
	Sensor length (L) in millimeters
0475	475mm
	OPTIONS
	Product Certifications
E7	IECEx Flameproof Approval
	Termination
TB	Terminal block for use with sensor termination code 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางอุปกรณ์ที่ใช้และตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ลำดับที่	อุปกรณ์	จำนวน
1	มอเตอร์รอบต่ำ	1 เครื่อง
2	ตัวเก็บประจุ	1 ตัว
3	ลิมิตสวิตช์	2 ตัว
4	ไทมเมอร์ รุ่น TCH 15A	1 เครื่อง
5	ทรานสมิตเตอร์ TRH-302	1 ตัว
6	ทรานสมิตเตอร์ Rosemount 248	1 ตัว
7	PT100 Rosemount	1 ตัว
8	PID Controller Ys 170 Yogohawa	2 เครื่อง
9	โซลิดสเตตรีเลย์ 4-20mA	1 ตัว
10	Arduino uno R3	1 ตัว
11	พัดลม 3.5 นิ้ว 3 สาย	1 ตัว
12	พัดลม 3.5 นิ้ว 2 สาย	6 ตัว
13	เครื่องสร้างหมอก	2 เครื่อง
14	พาวเวอร์ซัพพลาย รุ่น DeltaV Bulk Power Supply	1 อัน
15	พาวเวอร์ซัพพลาย 24V	1 อัน
16	พาวเวอร์ซัพพลาย 12V	1 อัน
17	เซฟตี้เบรกเกอร์	1 ตัว
18	เซอร์กิตเบรกเกอร์	1 ตัว
19	รีเลย์ MY2N Relay MT2N-GS	2 ตัว
20	Arduino Mega 2560	1 ตัว
21	The Gravity: I^2C ออกซิเจนเซนเซอร์	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ลำดับที่	อุปกรณ์	จำนวน
22	PWM 5-36VDC 15A	1 อัน
23	SHT20 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น	1 ตัว
24	AM2301 Capacitive Digital Temperature and Humidity เซนเซอร์	1 ตัว
25	Data Logger Shield	1 ตัว
26	รีเลย์ 3 ช่อง	1 อัน
27	รีเลย์ 1 ช่อง	1 อัน
28	พัดลมขนาด 12 นิ้ว	1 ตัว
29	ฮีตเตอร์ ขนาด 200w	1 อัน
30	โฟมโพลียูริเทน	1 ม้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ออกซิเจน (%)	หมายเหตุ
27 เม.ย. 65	16.00 น.	37.8	61.1	21.2	-
	17.00 น.	38.3	60.5	20.9	-
	18.00 น.	37.7	61.4	21.1	-
	19.00 น.	37.6	60.5	21.0	-
	20.00 น.	37.8	60.5	21.2	-
	21.00 น.	37.7	60.4	20.6	-
	22.00 น.	38.2	60.4	20.5	-
	23.00 น.	37.5	61.9	21.0	-
28 เม.ย. 65	00.00 น.	37.2	61.3	21.2	-
	01.00 น.	37.2	62.0	20.9	-
	02.00 น.	37.5	62.2	21.3	-
	04.00 น.	37.3	62.1	21.5	-
	08.00 น.	37.4	60.8	20.8	-
	09.00 น.	37.7	61.4	21.3	-
	12.00 น.	38.2	60.3	21.5	-
	13.00 น.	37.9	60.7	21.0	-
	14.00 น.	37.9	62.1	21.3	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ออกซิเจน (%)	หมายเหตุ
28 เม.ย. 65	15.00 น.	38.2	61.6	21.5	-
	16.00 น.	37.7	61.1	21.4	-
	17.00 น.	37.9	60.5	21.6	-
	18.00 น.	37.9	60.2	21.4	-
	19.00 น.	37.7	61.1	21.3	-
	20.00 น.	38.2	60.7	21.4	-
	22.00 น.	37.6	60.5	21.2	-
29 เม.ย. 65	00.00 น.	37.5	60.2	21.0	-
	06.00 น.	37.4	60.5	21.2	-
	10.00 น.	37.6	60.7	21.2	-
	14.00 น.	37.6	61.2	21.2	-
	18.00 น.	37.5	61.5	21.0	-
	22.00 น.	37.4	60.8	21.0	-
30 เม.ย. 65	00.00 น.	37.2	61.7	21.0	-
	06.00 น.	37.4	63.2	21.2	-
	12.00 น.	37.8	62.8	21.2	-
	18.00 น.	37.5	62.3	21.1	-
1 พ.ค. 65	00.00 น.	37.1	60.9	21.1	-
	06.00 น.	37.6	60.3	21.0	-
	12.00 น.	37.8	62.2	21.1	-
	18.00 น.	36.9	61.3	21.1	-
2 พ.ค. 65	00.00 น.	37.3	60.7	21.2	-
	06.00 น.	37.0	56.3	21.3	-
	12.00 น.	38.0	55.0	20.9	-
	18.00 น.	37.2	61.0	21.2	-
3 พ.ค. 65	00.00 น.	37.1	61.8	21.1	-
	06.00 น.	38.1	60.9	21.1	-
	12.00 น.	37.9	61.2	21.0	-
	18.00 น.	37.5	62.8	21.0	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ออกซิเจน (%)	หมายเหตุ
4 พ.ค. 65	00.00 น.	37.2	61.0	21.0	-
	06.00 น.	37.5	61.0	21.2	-
	12.00 น.	37.8	61.5	21.1	-
	18.00 น.	38.0	61.8	21.4	-
5 พ.ค. 65	12.00 น.	38.1	62.5	21.0	-
	18.00 น.	37.7	60.2	21.0	-
	12.00 น.	37.5	60.2	21.1	-
	18.00 น.	37.5	61.5	21.0	-
6 พ.ค. 65	00.00 น.	36.9	58.3	21.1	-
	06.00 น.	37.8	61.2	21.1	-
	12.00 น.	38.1	58.8	21.1	-
	18.00 น.	37.5	61.0	21.	-
7 พ.ค. 65	00.00 น.	37.6	61.5	21.2	-
	06.00 น.	37.3	60.2	21.2	-
	12.00 น.	37.6	61.9	21.1	-
	18.00 น.	37.9	61.5	21.0	-
8 พ.ค. 65	00.00 น.	37.2	61.5	21.0	-
	06.00 น.	37.4	60.4	21.1	-
	12.00 น.	37.7	60.7	21.1	-
	18.00 น.	37.5	60.2	21.0	-
9 พ.ค. 65	00.00 น.	37.4	60.5	21.2	-
	06.00 น.	37.6	60.7	21.2	-
	12.00 น.	37.6	61.2	21.2	-
	18.00 น.	37.5	61.5	21.0	-
10 พ.ค. 65	00.00 น.	37.4	60.8	21.0	-
	06.00 น.	37.6	61.2	21.1	-
	12.00 น.	37.9	60.3	21.1	-
	18.00 น.	37.5	60.4	21.2	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ออกซิเจน (%)	หมายเหตุ
11 พ.ค. 65	00.00 น.	37.3	61.2	21.2	-
	06.00 น.	37.5	60.7	21.3	-
	12.00 น.	37.8	59.8	21.0	-
	18.00 น.	37.5	60.1	21.1	-
12 พ.ค. 65	00.00 น.	37.1	61.1	21.2	-
	06.00 น.	37.6	60.3	21.3	-
	12.00 น.	37.8	60.3	20.9	-
	18.00 น.	37.5	60.7	21.2	-
13 พ.ค. 65	00.00 น.	37.2	60.7	21.1	-
	06.00 น.	37.5	61.9	21.1	-
	12.00 น.	37.9	60.6	21.1	-
	18.00 น.	37.7	60.5	21.0	-
14 พ.ค. 65	00.00 น.	37.3	61.8	21.1	-
	06.00 น.	37.6	60.2	21.0	-
	12.00 น.	37.8	61.0	21.3	-
	18.00 น.	37.4	60.2	21.0	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางปรับค่า PID ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง P ความชื้นกลับเข้าสู่ SV ที่ 60% โดย i=1, D=1 โดยพัดลมทำที่ MV 33

P	Overshoot	MV	Time
70	7.8%	35%	90
50	6.5%	36%	73
30	6.0%	36%	65
25	5.5%	38%	62
23	5.3%	38	60
21	5.1%	38	59
19	4.7	39	57
17	4.5	39	54
15	3.9	39	50
13	3.5	40	46
10	2.9	43	35
8	3.5	55	31
6	4.0	59	29

ตาราง I ที่ P = 10 D = 1

I	Overshoot	MV	Time
1	2.9	43	35
3	5.1	38	60
5	6.0	35	95

ตาราง D ที่ P = 10 I = 1

D	Overshoot	MV	Time
1	2.9	43	35
3	2.5	50	24
6	3.5	59	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางปรับค่า PID อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง P อุณหภูมิกลับเข้าสู่ SV ที่ 37.5 โดย I=1, D=1

P	Overshoot	เวลาที่ Overshoot ถึงค่าสูงสุด
20	3.0	120
15	3.0	116
13	3.0	110
11	3.0	103
9	2.8	100
8	2.6	95
7	2.4	91
6	2.1	84
5	1.7	82
4	1.4	76
3	0.8	74
2	0.6	71
1	1.0	68

ตาราง I ที่ P =2, D = 1

I	Overshoot	เวลาที่ Overshoot ถึงค่าสูงสุด
1	0.6	71
3	1.1	82
5	1.4	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง D ที่ P = 2, I = 1

D	Overshoot	เวลาที่ Overshoot ถึงค่าสูงสุด
1	0.6	71
2	0.5	69
3	0.9	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้