การออกแบบตู้อบความร้อนสำหรับการเรียนวิชาการควบคุมอัตโนมัติ

Designing Ovens for Automatic Control Study

ภาณุพงษ์ ครุฑใจกล้า[1] สิทธิโชค สืบแต่ตระกูล[1] และ ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์[1]*

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเรื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900
*ติดต่อ: taweedej.s@ku.th, 084-7019449

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบตู้อบสำหรับการศึกษาวิชาการควบคุมอัตโนมัติเพื่อพัฒนาให้ได้ตู้อบที่มีประสิทธิภาพสูงและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตู้อบโดยตัวตู้อบใช้วัสดุเช่น Stainless Steel SUS 304 ใช้อินฟาเรดเซรามิกฮีตเตอร์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ฉนวนกันความร้อนเป็นเซรามิกไฟเบอร์ ใช้ Thermocouple Type K ร่วมกับ MAX6675 ในการวัดอุณหภูมิของตู้อบ ใช้ Arduino Mega 2560 เป็นอุปกรณ์หลักในการควบคุมการทำงานของตู้อบความร้อน โดยใช้หน้าจอแสดงผล LCD เป็นอุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานกับการควบคุมการทำงานของตู้อบ หน้าจอแสดงผลจะแสดงอุณหภูมิที่ตั้งค่า อุณหภูมิตู้อบในขณะนั้น เวลาการอบสารและเวลาขณะที่อุณหภูมิในตู้อบเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งค่า โดยการตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาจะใช้ Encoder switch ร่วมกับการเขียนโปรแกรมในการตั้งค่า มีสัญญาณไฟแสดงสถานะเพื่อแสดงการทำงานของตัวตู้อบ โดยตัวตู้อบจะใช้การควบคุมแบบ PID ในการควบคุมฮีตเตอร์โดยโปรแกรมจะนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตู้อบกับอุณหภูมิที่ตั้งค่ามาคำนวณเพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์ ซึ่งจะทำให้การควบคุมอุณหภูมิในตู้อบมีความแม่นยำสูง โดยจากการออกแบบและทำการทดลองในตู้อบจำลองทำให้ได้ตู้อบที่มีช่วงการทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสจึงจะทำงานได้มีประสิทธิภาพ และยังได้แบบตู้อบสำหรับการผลิตตู้อบความร้อนตามที่ต้องการและได้บทสรุปว่าควรติดตั้งพัดลมเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในรวมถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมระหว่าง industrial control แบบ PID และการการเขียนโค้ด PID ลง microcontroller สำหรับการศึกษาวิชาการควบคุมอัตโนมัติ โดยผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิแบบ PID โดยใช้ microcontroller มีประสิทธิภาพดีกว่า industrial controller

คำหลัก: การควบคุมอัตโนมัติ,ควบคุมฮีทเตอร์,การควบคุมแบบ PID

Abstract

In this article is the presentation of the design for automatic control study to develop high efficacy incubator and low production costs. The researcher has designed the oven by using materials such as Stainless Steel SUS 304 using infrared ceramic heater as the source of heat insulation is a ceramic fiber using thermometer Type K together with MAX6675 to measure the temperature of the incubator. To use Arduino mega 2560 is the main device to control the operation of incubator in display screen LCD is linked between the user and the control of the incubator. The screen will show the temperature is setting at that time. An exposer time and the time while the temperature was setting, and the time will use encoder switch together with programming in various settings. The indicator light will show the operation of the incubator by using PID to control the heater, the program will take the difference between the temperature in the incubator with the setting temperature calculating to control the electricity that is supplied to the heater which allow the temperature comtrol the incubator to be highly accurate by design,testing the carbinet with a working range at 120 Degree Celcius. The system will be able to work efficiently and also have an incubator for the production of heat incubators as needed and the fan should be installed for internal air circulation and get the concept of control system in terms of industrial control PID & writing PID code to the microcontroller for automatic control study by the PID temperature control test using microcontroller Better performance than industrial controller.

Keywords: Automatic control , control the heater , PID ccontroller

1. บทนำ

เนื่องจากระบบควบคุมอัตโนมัติมีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมไทยในปัจจุบัน การศึกษาวิชาการควบคุมอัตโนมัติจึงมีความจำเป็นอย่างมาก การศึกษาวิชาการควบคุมอัตโนมัติจำเป็นต้องมีความรู้หลายแขนง ทั้งการออกแบบระบบทางกล การออกแบบวงจรอิเลคทรอนิกส์และการออกแบบระบบควบคุม ทางผู้จัดทำโครงการได้ทำการศึกษาและออกแบบตู้อบเพื่อศึกษาการควบคุมระบบอัตโนมัติขึ้นโดยมีหลักการในการออกแบบดังนี้ การวัดอุณหภูมิและแสดงผลอุณหภูมิอย่างแม่นยำ ฮีทเตอร์สามารถทำงานได้หลายช่วงและทนต่อการทำงานในระยะเวลานาน การไหลเวียนของอากาศต้องทั่วถึง ต้องมีระบบระบายอากาศเพื่อระบายความร้อนส่วนเกินทิ้ง มีระบบรักษาความปลอดภัยและสัญญาณเตือนหากมีการมีการทำงานที่ผิดพลาดเกิดขึ้น มีระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง มีฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพ วัสดุที่ใช้ทำตู้อบต้องมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและน้ำหนักเบา ตู้อบต้องมีฟังก์ชั่นที่ง่ายต่อการใช้และการออกแบบตู้อบต้องคำนึกถึงความกะทัดรัด ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย รวมถึงถูกต้องตามหลักกลศาสตร์ ทางผู้จัดทำจึงนำปัจจัยดังกล่าวมาเป็นปัจจัยในการออกแบบตู้อบเพื่อใช้ในการศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในตัวตู้อบและยังมีการใช้ตัวควบคุม 2 แบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างตัวควบคุมแบบ Industrial Temp Control และการควบคุมโดยการเขียน PID ลง Microcontroller เพื่อสั่งงานระบบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน

คือการถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดเกินขึ้น โดยการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นมี3วิธีได้แก่ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

การนำความร้อน (Conduction) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในตัวกลางเดียวกัน หรือเป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างตัวกลางที่ติดกัน แต่มีอุณหภูมิต่างกัน ในการนำความร้อนความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของสาร โดยที่โมเลกุลของสารไม่เคลื่อนที่การนำความร้อนจะเกิดได้ดีมากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง

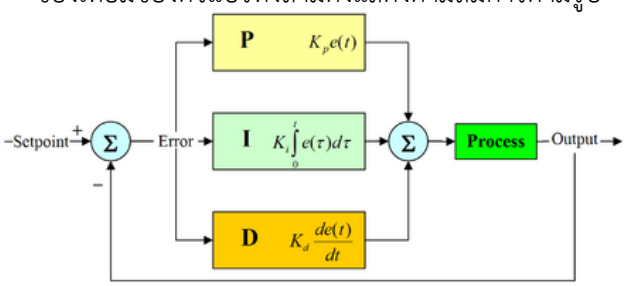
การพาความร้อน (Convection) คือวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและ ของไหล ของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนมาให้หรือพาความร้อนออกจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาได้นั้นเกิดจากผลรวมของการนำความร้อน การสะสมพลังงาน และการเคลื่อนที่ของการไหล

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ดังเช่นในการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีในสุญญากาศ[7]

2.2 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID controller)

เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) หรือ ระบบควบคุมวงปิด (Closed-loop Control System) ซึ่งนำค่าความผิดพลาดที่เป็นค่าแตกต่างระหว่างค่าที่ต้องการกับค่าที่เกิดขึ้นจริงมาคำนวณ โดยตัวควบคุมจะพยายามลดค่าความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของระบบ วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไปและค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามดังแสดงตามสมการตามรูป[4]



รูปที่ 1 Block-diagram ของระบบที่มี PID controller

3.ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การออกแบบทางกล

- ศึกษาตู้อบที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด เพื่อให้ทราบถึงขนาดของตู้อบที่จะนำมาออกแบบ
- ศึกษาฉนวนกันความร้อนเพื่อใช้ในตู้อบเพื่อให้มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม
- ศึกษาประเภทและหลักการทำงานของตัวฮีตเตอร์เพื่อใช้ในตัวตู้อบได้อย่างเหมาะสม
- ศึกษาการไหลเวียนของอากาศว่ามีผลต่อการทำงานของตู้อบอย่างไร
- ออกแบบตู้อบโดยโปรแกรม SOLIDWORKS

3.2 การออกแบบส่วนควบคุมการทำงาน

การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของตู้อบ เริ่มจากการออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบโดยการใช้ Universal Temperature Controller และ Arduino เพื่อเปรียบเทียบการทำงาน

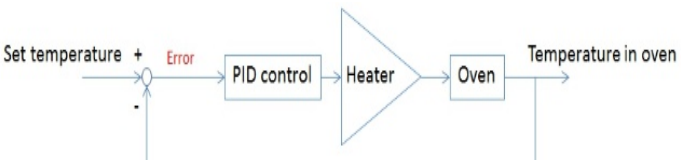
3.3 การออกแบบทางไฟฟ้า

เมื่อทำการออกแบบ Flow Chart ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบไฟฟ้าและการเขียนวงจรโดยใช้โปรแกรม Proteus ในที่นี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ เทอร์โมคัปเปิล แบบ K ร่วมกับ MAX 6675 ในการวัดอุณหภูมิของตู้อบ ใช้ Arduino Mega ร่วมกับจอ LCD และ Encoder Switch ในการรับข้อมูลค่าอุณหภูมิและสั่งงานฮีตแบบ PID และมีการใช้ Universal Temperature Controller เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของทั้งสองประเภท และทำการเขียนโค้ด PID ลงใน microcontroller

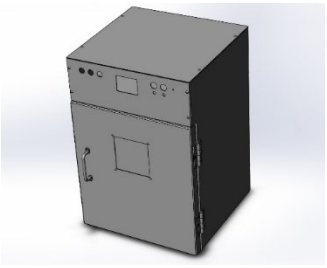
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการออกแบบตู้อบทางกล

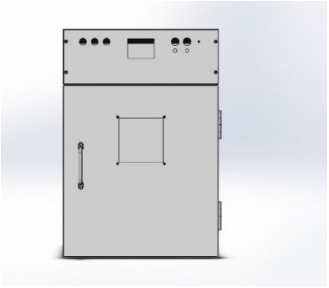
ขนาดทำงานของตู้อบกว้าง×สูง×ลึก = 45×55×40 cm



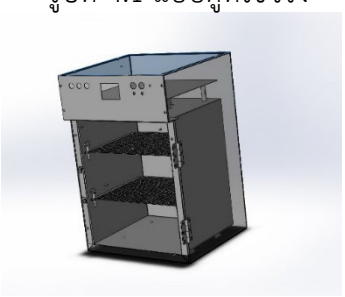
4.2 ผลการทดสอบการติดตั้งพัดลม



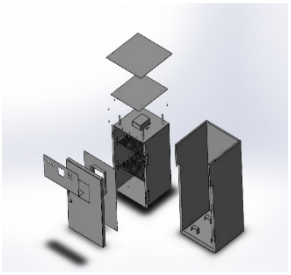
รูปที่ 4.1 แบบตู้ที่ใช้จริง



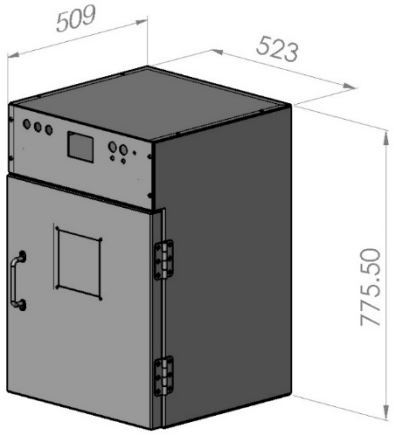
รูปที่ 4.2 แบบตู้ด้านหน้าที่ใช้จริง



รูปที่ 4.3 แบบตู้ที่แสดงภายในการทำงาน



รูปที่ 4.4 explode view แบบตู้ที่ใช้จริง



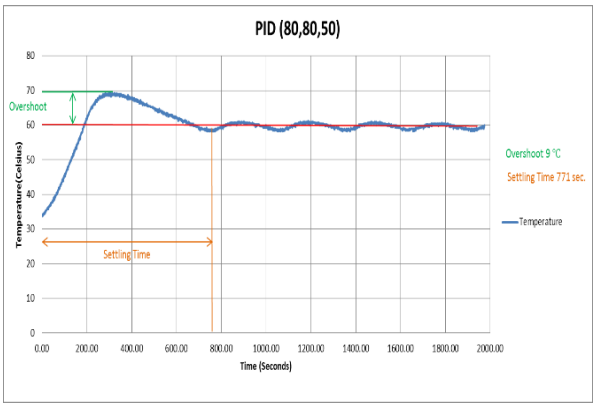
รูปที่ 4.5 ขนาดตู้อบภายนอก

จากการศึกษาการไหลเวียนของอากาศจากตู้อบจำลองโดยติดตั้งพัดลมขนาด 5 VDC มี FAN Speed อยู่ที่ 600-100 rpm, Air Flow อยู่ที่ 20-40 CFM, Fan Dimension ขนาด 140×140×15 mm, Power Input 1.5 W และไม่ติดตั้งพัดลม ได้ผลคือหากในตู้มีการไหลเวียนของอากาศจะทำให้ตู้อบมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าไม่มีการไหลเวียนของอากาศ

4.3 การจำลองทดสอบ Controller

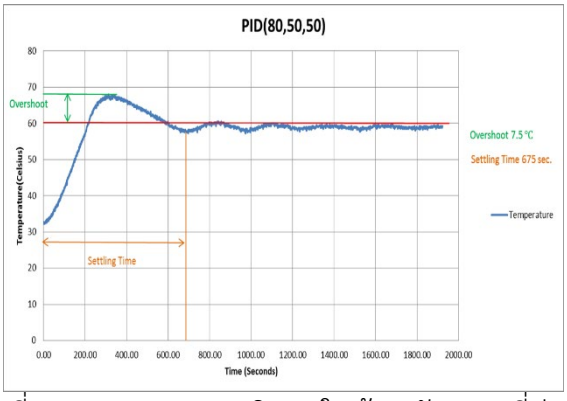
รูปที่ 3.6 Block diagram *การควบคุมอุณหภูมิ*

การทำงานข้างต้นคือรับค่าอุณหภูมิจากตู้อบขณะนั้นมาเปรียบเทียบการอุณหภูมิที่ต้องการจะได้ค่าความผิดพลาด นำค่าความผิดพลาดนั้นมาคำนวณเพิ่มหาค่า PID ซึ่งค่า PID นั้นจะถูกกำหนดขอบเขตให้อยู่ระหว่าง 0-255 เพื่อจะเป็นขอบเขตที่ใช้ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ Arduino Mega 2560 โดยใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) เพื่อไปควบคุมฮีตเตอร์ แรงดันที่ให้โดย Arduino Mega 2560 จะถูกแปลงเป็นกระแสโดยอุปกรณ์ Voltage to current convertor เพื่อไปควบคุมกระแสที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์ผ่านอุปกรณ์โซลิดสเตตรีเลย์



รูปที่ 4.6 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ค่า kp,ki,kd เท่ากับ 80,80,50 ตามลำดับ

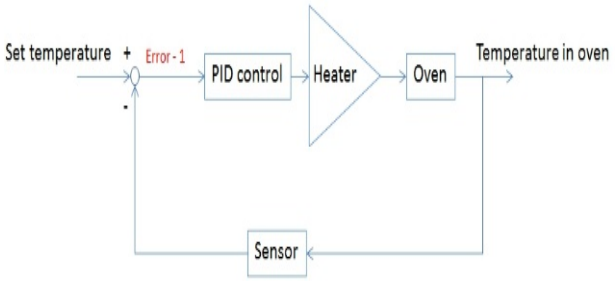
ขณะที่อุณหภูมิภายในตู้ใกล้ถึง 60 องศาเซลเซียส กระแสที่จ่ายไปในฮีตเตอร์จะน้อยมากเพราะความผิดพลาดระหว่างอุณหภูมิในตู้อบกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้นั้นมีค่าน้อย แต่อุณหภูมิภายในตู้อบนั้นกลับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเกินอุณหภูมิที่ต้องการเรียกว่าการเกิด Overshoot ซึ่งเกิดจากฮีตเตอร์มีการอมความร้อนทำให้อุณหภูมิของฮีตเตอร์ตอบสนองได้ช้ากับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป จากกราฟเราจะเห็นได้ว่าช่วงแรกมีการเกิด Overshoot ที่สูงและช่วงหลังยังมีการเกวี่ยงของอุณหภูมิภายในห้อง ต่อจากนี้เราจะทำการปรับปรุงระบบให้มีเสถียรภาพมากขึ้น ซึ่งการเกวี่ยงนั้นเกิดจากค่า ki ที่มากไป



รูปที่ 4.7 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ค่า kp,ki,kd เท่ากับ 80,50,50 ตามลำดับ

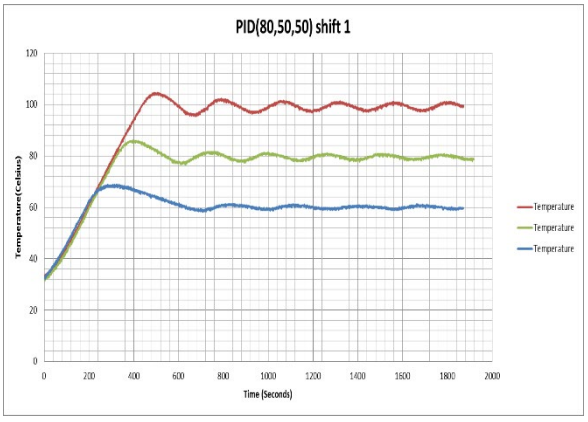
เมื่อปรับลดค่า ki ลงจะเห็นได้ว่าที่ช่วงหลังมีการแกว่งของอุณหภูมิที่น้อยลงแต่อุณหภูมิจะแกว่งในช่วงที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เราต้องการ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะจ่ายน้อยเมื่ออุณหภูมิในตู้อบมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิที่ตั้งไว้และฮีตเตอร์มีการอมความร้อน เมื่ออุณหภูมิในตู้อบมีค่าถึงค่าๆหนึ่งที่กระแสไฟฟ้ามีผลทำให้ฮีตเตอร์ร้อนขึ้นกว่าเดิมจึงจะส่งผลให้อุณหภูมิของตู้อบเพิ่มขึ้น การแกว่งของอุณหภูมิจึงมีการแกว่งอยู่ใต้เส้นอุณหภูมิที่ตั้งไว้

จากการศึกษาพฤติกรรมของฮีตเตอร์ที่มีผลกับอุณหภูมิในตู้อบเราจึงใช้เทคนิคการหน่วงค่าความผิดพลาด กล่าวคือทำให้ค่าความผิดพลาดมีค่ามากกว่าความเป็นจริง



รูปที่ 4.8 *Block diagram* การควบคุมอุณหภูมิแบบหน่วงค่าความผิดพลาด

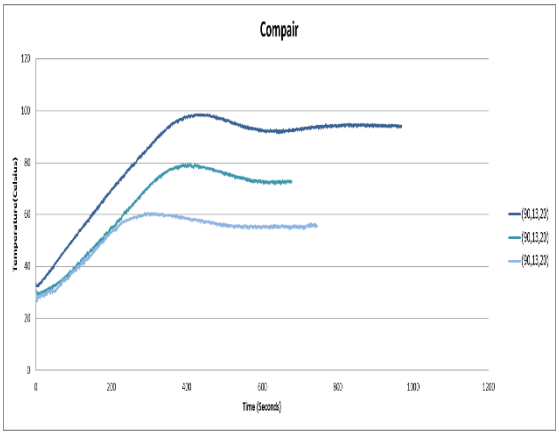
จากเดิมค่าความผิดพลาดนั้นเท่ากับผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการลบด้วยอุณหภูมิภายในตู้ขณะนั้น แต่การเพิ่มค่าความผิดพลาดนั้นคือการลดค่าอุณหภูมิภายในตู้ขณะนั้นเพิ่มให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการลบด้วยอุณหภูมิภายในตู้ขณะนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเราได้เพิ่มค่าความผิดพลาด 1 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการหน่วงค่าความผิดพลาด ตัวอย่างเช่น ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในตู้ขณะนั้นคือ 60 องศาเซลเซียส เช่นกัน แต่ค่าความผิดพลาดจะมีค่าเท่ากับ 1 องศาเซลเซียส ถึงแม้จะมีความผิดพลาดเมื่ออุณหภูมิของตู้อบเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการ แต่กระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์นั้นจะมีผลต่อการสร้างความร้อนให้เพิ่มขึ้นไม่มากนักเนื่องจากฮีตเตอร์มีการอมความร้อนซึ่งเกิดจากช่วงก่อนหน้านี้แล้ว



รูปที่ 4.9 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ค่า kp,ki,kd เท่ากับ 80,50,50 ตามลำดับที่เพิ่มค่าความผิดพลาด 1 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100องศาเซลเซียส

จากกราฟเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเกิด Overshoot ลดลงเนื่องจากประสิทธิภาพและกำลังการทำความร้อนของฮีตเตอร์ที่มีขีดจำกัด เมื่ออุณหภูมิที่สูงกระแสไฟฟ้าที่แปรผันตรงกับค่าความผิดพลาดค่าๆหนึ่งไม่มีผลทำให้ฮีตเตอร์ร้อนขึ้นจากเดิม Overshoot จึงลดลง แต่การแกว่งของอุณหภูมิช่วงหลังนั้นจะเกิดการแกว่งที่มากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงความร้อนสะสมที่ฮีตเตอร์ก็สูงเช่นกันทำให้เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงค่าๆหนึ่งกระแสไฟฟ้าจึงจะมีผลทำให้ฮีตเตอร์ร้อนขึ้น

เสถียรภาพในช่วงไม่คงตัว



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ค่าkp,ki,kd เท่ากับ 90,13,20 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100องศาเซลเซียส

เพื่อปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิและเพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากเกินไปซึ่งอาจจะทำให้การอบสารเกิดความเสียหาย เราจึงลองหาค่า kp, ki และ kd ที่ทำให้เกิด Overshoot น้อยที่สุดโดยเริ่มจากการสุ่มค่า kp, ki และ kd ที่ค่าน้อยๆเพิ่มไม่ให้เกิด Overshoot

เมื่อเพิ่มค่า kp ทำให้ฮีตเตอร์สามารถทำความร้อนให้อุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการได้เพราะค่า kp ที่เพิ่มขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังฮีตเตอร์กับค่าความผิดพลาดมีอัตราส่วนที่มากพอ

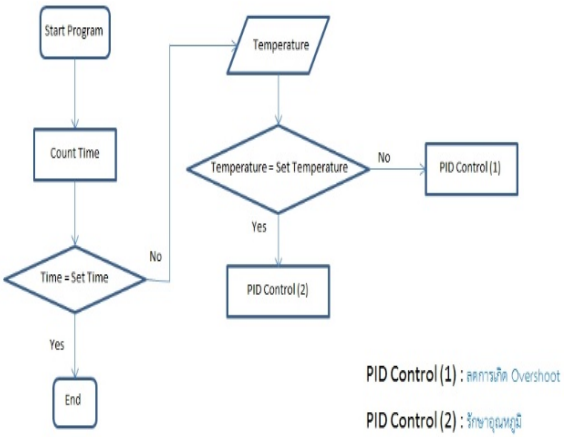
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ตู้อบมีอุณหภูมิไม่ถึงตามที่เราต้องการเนื่องจากค่า kp, ki, และ kd เป็นค่าที่ได้จากการตั้งอุณหภูมิที่ต้องการไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมต่ำลงเนื่องจากค่า kp, ki, และ kd ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

การผสมผสานเพื่อประสิทธิภาพ

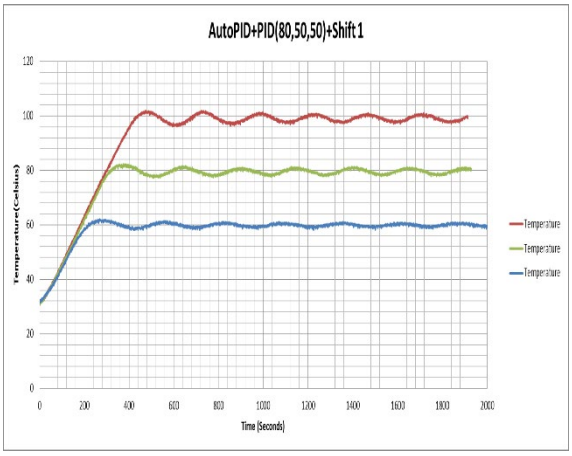
จากการศึกษาและปรับค่า kp, ki และ kd ข้างต้นเราจึงนำข้อดีของแต่ละลักษณะมาปรับแต่งเข้าด้วยกัน โดยช่วงแรกช่วงทำความร้อนให้ถึงจุดที่ต้องการจะใช้ค่า kp, ki และ kd จากหัวข้อที่กล่าวมาและช่วงหลังช่วงรักษาอุณหภูมิจะใช้ค่า kp, ki และ kd จากหัวข้อที่กล่าวมา

รูปที่ 4.11 โค้ดที่รวมค่า kp, ki *และ* kd *ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน*

จากโค้ดการทำงานช่วงแรกค่า kp, ki และ kd จะได้จากสมการ ค่าเหล่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าอุณหภูมิในตู้อบจะเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการ หลังจากนั้นค่า kp, ki และ kd จะเปลี่ยนเป็น 80,50,50



รูปที่4.*12* แผนภาพการทำงานของโค้ดที่รวมค่า *kp, ki* และ *kd* ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน

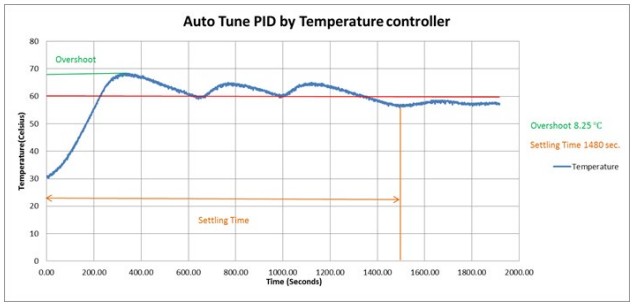


รูปที่ 13 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่รวมค่า kp, ki และ kd ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน

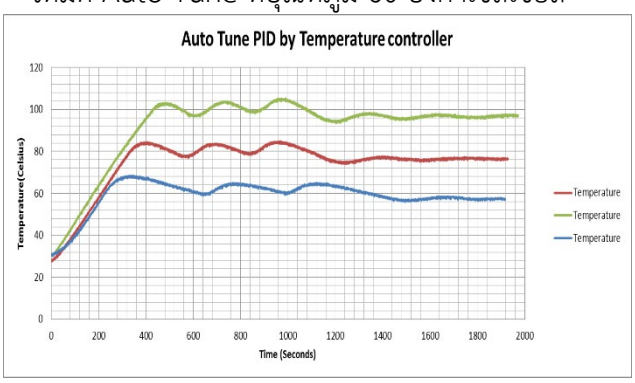
เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟที่กล่าวมาแล้ว เราสามารถปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้ดียิ่งขึ้น

การควบคุมอุณหภูมิของ
Universal Temperature Controller

เราจะตั้งค่าให้กล่องควบคุมใช้การควบคุมแบบ PID ซึ่งค่า kp, ki และ kd นั้นจะใช้โหมดปรับหาค่าอัตโนมัติ (Auto Tune) ศึกษาการหาค่าอัตโนมัติ (Auto Tune)



รูปที่ 14 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ควบคุมโดย Universal Temperature Controller โหมด Auto Tune ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 15 กราฟอุณหภูมิภายในตู้อบกับเวลาที่ควบคุมโดย Universal Temperature Controller โหมด Auto Tune

เห็นได้ว่าการควบคุมอุณหภูมิในช่วงแรกมีประสิทธิภาพที่ต่ำจากการแกว่งของอุณหภูมิ ทำให้การใช้งานจำเป็นต้องคำนึงการแกว่งของอุณหภูมิในช่วงนี้ซึ่งไม่มีความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ ในช่วงหลังนั้นมีการควบคุมอุณหภูมิที่มีแนวโน้มคงที่และเกิดการแกว่งของอุณหภูมิที่น้อยแต่อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าค่าที่เราต้องการ

5. สรุปผลการดำเนินงาน

1. ออกแบบตู้อบเพื่อการศึกษาในวิชาการควบคุมอัตโนมัติ ได้แบบตู้อบที่มีปริมาตรที่ใช้ในการทำงาน 100 ลิตร โดยวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปตู้คือ SUS 304 ใช้เซรามิคฮีตเตอร์เป็นตัวให้ความร้อน ใช้ฉนวนเซรามิคไฟเบอร์แบบ BLANKET
2. ออกแบบวงจรควบคุมเพื่อการศึกษาและเปรียบเทียบระหว่าง Universal temperature controller กับ Arduino Mega 2560
3. Ceramic infrared heater มีการตอบสนองต่อกระแสไฟฟ้าที่ช้าเนื่องจากการอมความร้อนของตัวเซรามิคซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการควบคุมอุณหภูมิ
4. ผลจากการศึกษาการควบคุมแบบ PID จากตู้จำลอง โดยการเขียนโค้ดผ่าน Arduino Mega 2560 มีอิสระต่อการออกแบบการควบคุมสามารถออกแบบโปรแกรมให้เข้ากับพฤติกรรมของระบบและปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ การหาค่า kp, ki และ kd ที่เหมาะสมของระบบต่างๆนั้นสามารถมีได้หลายค่าและสามารถใช้ข้อดีของค่า kp, ki และ kdแต่ละชุดมารวมกันได้โดยการรวมโค้ดซึ่งเขียนลงไปในโปรแกรมได้
5. อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกับการควบคุมอุณหภูมิ
6. บอร์ดสามารถรับข้อมูลและส่งข้อมูลผ่านพอร์ตที่มีจำนวนมากจึงทำให้สามารถเพิ่มหรือลดกระบวนการต่างๆภายในตู้อบได้หลากหลาย

7. ผลจากการศึกษาการควบคุมแบบ Auto tune PID ผ่าน Universal temperature control การทำงานของโปรแกรมนั้นจะเป็นการให้ระบบเกิดการสั่นมากที่สุดในช่วงแรกและทำการคำนวนค่า kp, ki และ kd เข้าไปในโปรแกรมจึงใช้เวลานานและผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเพราะมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิซึ่งเป็นสิ่งที่ตัวโปรแกรมไม่สามารถศึกษาได้

6.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยวิศวกรรมเครื่องกลเรื่อง การออกแบบตู้อบความร้อนสำหรับการเรียนวิชาควบคุมอัตโนมัติสำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก บริษัทออลไซ ที่ให้การสนับสนุนโครงงานวิจัยนี้ขึ้นตลอดจนห้องวิจัย PID ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกตษตรศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องตลอดโครงงานจนเสร็จเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ตลอดการทำงาน

7.เอกสารอ้างอิง

[1.] www.hi-den.co.th/ฮีตเตอร์อินฟราเรด/ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิค.html
[2.] www.isolite.co.jp/en/products/rcf/isowool-blanket/
[3.] www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-thermocouple
[4.] www.th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี
[5.] BBC. Heat transfer and efficiency. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2561
[6.] the Physics Classroom. Methods of Heat Transfer. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2561
[7.] TheMadsenscience. Heat Transfer: Conduction, Convection, Radiation. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2561