

ชุดทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้การควบคุมฟัซซีลอจิกร่วมกับ พีไอดี

The Experiment Set for Temperature Control System Using Fuzzy Logic Controller in Combination with a PID Controller

สุพรพิศ ณ พิบูลย์^{1*} ขอฟวาน เจ๊ะเมาะ¹ และ สุไรยา ยูนิ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส
96000

รับบทความ 26 สิงหาคม 2567

แก้ไขบทความ 15 ธันวาคม 2567

ตอบรับบทความ 23 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมพีไอดี แบบระบบปิด ซึ่งภายในติดตั้งฮีตเตอร์กำเนิดความร้อน ระบบจะควบคุมอุณหภูมิด้วยการส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ และพัดลมผ่านอุปกรณ์ควบคุม โดยใช้เซ็นเซอร์ TMP36 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ช่วงของอุณหภูมิที่สามารถทำงานได้อยู่ระหว่าง 25 ถึง 70°C สำหรับการควบคุมใช้โปรแกรมแมทแล็บซิมูลิงค์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน เมกา 2560 ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดทดลอง ในกระบวนการทดลองได้ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมจาก 50°C เป็น 60°C และ 70°C ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกแบบพีไอดี และฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมพีไอดี โดยผลการทดลองพบว่าการใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมพีไอดี ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้ดีที่สุด โดยมีค่าเวลาเข้าสู่ค่าเป้าหมาย 15 วินาที (60°C) และ 18 วินาที (70°C) ค่าพุงเกินสูงสุดประมาณ 2%

คำสำคัญ : การควบคุมอุณหภูมิ; ฟัซซีลอจิก; พีไอดี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail : supornpit.n@pnu.ac.th



ชุดทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้การควบคุมฟัซซี่ลอจิกร่วมกับ พีไอดี

The Experiment Set for Temperature Control System Using Fuzzy Logic Controller in Combination with a PID Controller

Supornpit Na Pibul^{1*} Sofwan Chemoh¹ and Suraiya Yunuh¹

¹Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Princess of Naradhiwas University
Amphoe Mueang, Narathiwat Province 96000

Received 26 August 2024

Revised 15 December 2024

Accepted 23 December 2024

Abstract

This paper presents to introduce the experiment set for temperature control in the chamber using fuzzy logic controller with PID controller. The process is composed of a heater installed in the chamber. The temperature is controlled by supplying voltage via voltage controller to heater and the cooling fan. The temperature sensor is an IC TMP36 which is installed in the chamber to detect the internal temperature. The working temperature range is within 25 – 70 degree Celsius. The control system is using MATLAB/Simulink program. The interface between controller and process is operated by Arduino Mega 2560 microcontroller. The experiment process, the temperature to be controlled is changed from 50 degree Celsius to 60 and 70 degree Celsius respectively, to compare the performance of fuzzy logic, PID and fuzzy logic with PID controllers. The results showed that the use of the fuzzy logic controller in combination with the PID controller provided the best temperature control efficiency, with a rise time of 15 seconds (60 degree Celsius) and 18 seconds (70 degree Celsius). The highest overshoot values about 2 percent.

keyword : Temperature process control, Fuzzy logic, PID

* Corresponding author E-mail : supornpit.n@pnu.ac.th

1. บทนำ

ในการศึกษาวิชาการระบบควบคุมเวลาต่อเนื่อง โดยลักษณะเนื้อหาวิชาที่มีทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่มีความยาก ผู้เรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้หลายด้านเพื่อการออกแบบและทดสอบระบบควบคุมให้ไปสู่ค่าเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น ต้องให้ผู้เรียนได้ทดลองนำความรู้จากทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติจริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำวิธีการควบคุมแบบต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการควบคุม การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับงานด้านการควบคุมจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะหลายๆด้าน เช่น ทักษะการเขียนโปรแกรม ทักษะการเชื่อมต่อ(Interface)เข้ากับระบบ รวมถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อการควบคุมระบบให้มีผลตอบสนองที่ดีขึ้นสอดคล้องกับทฤษฎี จากข้อดีดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบชุดทดลองกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ แบบระบบปิดตามเวลาจริง ซึ่งในปัจจุบันระบบควบคุมอุณหภูมิมีความจำเป็นทั้งในด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์ หรือแม้แต่การใช้ชีวิตประจำวัน ยกตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการ โรงเรือนปลูกพืช เต้าหู้ลอม เครื่องครัวแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการควบคุมส่วนใหญ่จะใช้การควบคุมแบบพีโอที หรือการควบคุมแบบฟัซซีลอจิก [1-3] ยกตัวอย่าง กระบวนการควบคุมอุณหภูมิแบบการพา ด้วยการใช้อยู่ตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมอินทิกรัล [4] ทำให้การควบคุมมีประสิทธิภาพ ลดค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิได้ไม่เกินค่าขอบเขต $\pm 2\%$ การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิด้วยฟัซซีลอจิกสำหรับเครื่องครัวแม่เหล็กไฟฟ้า [5] ซึ่งการควบคุมสามารถสั่งการให้ระบบทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีข้อผิดพลาดน้อย 0.25% การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิด้วยฟัซซีลอจิกร่วมกับพีโอทีในตู้ฟัก [6] ระบบที่ได้มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการเรียนและนำทฤษฎีระบบควบคุมไปใช้ได้จริงจากการได้ลงมือปฏิบัติโดยการสร้างชุดทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบพีโอที ฟัซซีลอจิกและฟัซซีลอจิกร่วมกับพีโอที โดยเนื้อหาในงานวิจัยจะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยในหัวข้อที่ 2 ส่วนหัวข้อที่ 3 และ 4 จะกล่าวถึงผลการทดลองอภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง ตามลำดับ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประกอบด้วยการศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง การออกแบบสร้างชุดทดลอง การออกแบบกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ วิธีการออกแบบตัวควบคุม

2.1 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

โครงสร้างของตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกประกอบด้วยสี่ ส่วน [5] คือ ส่วนแรกการทำฟัซซี (Fuzzification) เป็นการจัดลำดับความเป็นสมาชิกของอินพุต ส่วนที่สองการสร้างกฎ (Rule Base) การใช้ฐานกฎในฟัซซีลอจิกทำให้ระบบที่ได้มีความใกล้เคียงกับการทำงานจริงของมนุษย์ ส่วนที่สามการวินิจฉัย (Inference) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ และ ส่วนที่สี่การทำดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) เป็นขั้นตอนในการแปลงค่าจากผลการรวม กฎให้อยู่ในรูปของค่าที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงเป็นสัญญาณควบคุมที่ส่งไปยังระบบ

2.1.2 ตัวควบคุมแบบพีโอที

เทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ นำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID [2] กำหนดให้ $u(t)$ เป็นสัญญาณขาออก ดังสมการที่ (1)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} u(t) &= \text{สัญญาณขาออก} \\ K_p &= \text{อัตราขยายสัดส่วน} \\ K_i &= \text{อัตราขยายปริพันธ์} \\ K_d &= \text{อัตราขยายอนุพันธ์} \\ e(t) &= \text{ค่าความผิดพลาด} \end{aligned}$$

2.2 การออกแบบสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย ห้องปิดที่สร้างจากแผ่นอะคริลิกโปร่งใส รูปทรงสี่เหลี่ยม ภายในติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 500 วัตต์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน และใช้เซนเซอร์ TMP36 ตรวจวัดอุณหภูมิ และใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ทำหน้าที่ระบาย

Research article

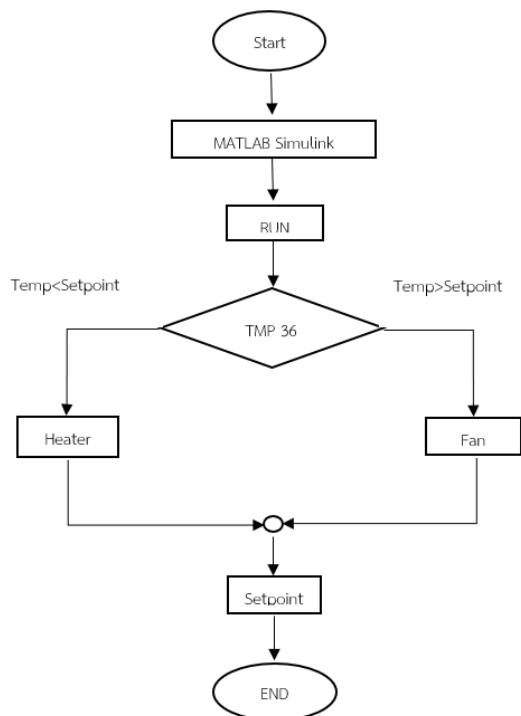
ความร้อน สำหรับส่วนสุดท้ายเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่าง คอมพิวเตอร์กับชุดทดลองกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ จะ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน เมกา 2560 ภาพประกอบ ชุดทดลอง แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชุดทดลองกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ

2.3 การออกแบบกระบวนการควบคุมอุณหภูมิ

กระบวนการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย ฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอดี แสดงดังภาพที่ 2

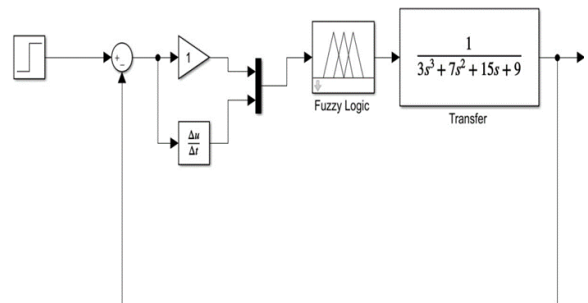


ภาพที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

2.4 วิธีการออกแบบตัวควบคุม

2.4.1 การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

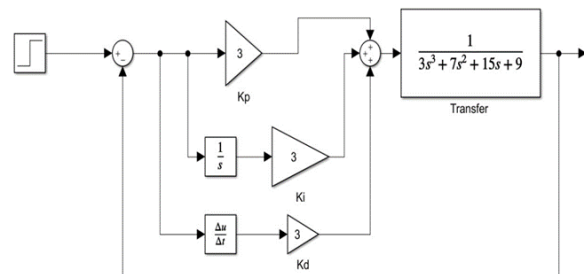
การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก โดยตัว ควบคุมมีอินพุต 2 ค่า คือ ค่าความผิดพลาด (error) และค่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด (change of error) ส่วนค่าเอาต์พุตเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ควบคุม โดยการจำลองการควบคุมใช้โปรแกรมแมทแลบ ซิมูลิงค์ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

2.4.2 การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี

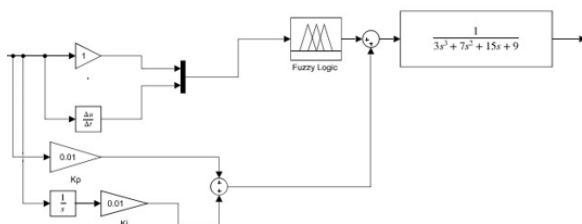
การจำลองการควบคุมแบบพีไอดีใช้โปรแกรมแม ทแลบซิมูลิงค์ และทำการทดลองปรับค่า Kp, Ki และ Kd ให้ได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ แสดง แบบจำลองดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบพีไอดี

2.4.3 การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซีร่วมกับพีไอดี

การจำลองการควบคุมแบบฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอดี ใช้โปรแกรมแมทแลบซิมูลิงค์ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ร่วมกับพีไอดี

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

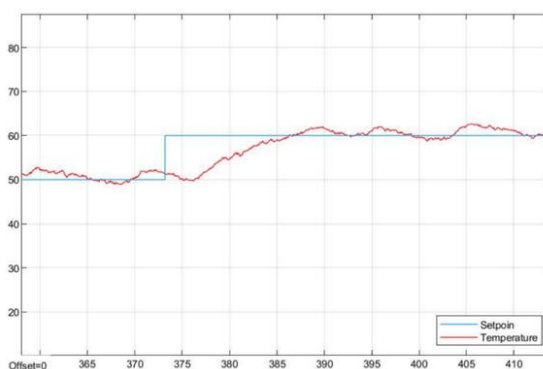
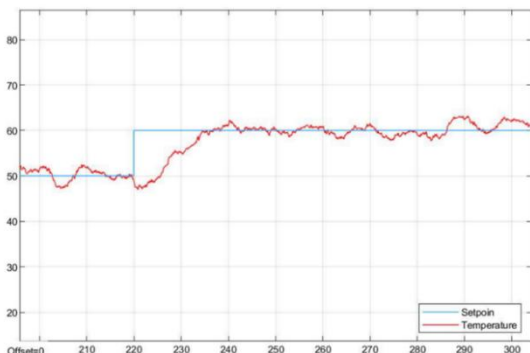
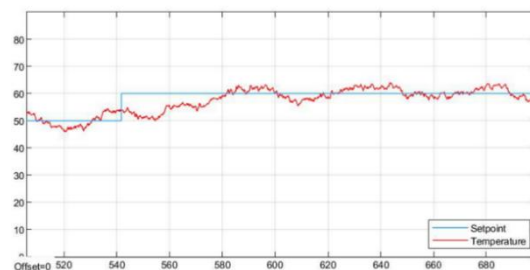
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบ พีไอดี ฟัซซีลอจิกและฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอดี เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายจาก 50°C เป็น 60°C และ 60°C เป็น 70°C เพื่อหาผลตอบสนองค่าเวลาขึ้น และค่าพุ่งเกินสูงสุดของระบบควบคุม ได้ผลการทดลองแสดงดังแสดง ตารางที่ 1 และ 2 ภาพที่ 6 และภาพที่ 7

ตารางที่ 1 ผลตอบสนองของตัวควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจาก 50°C เป็น 60°C

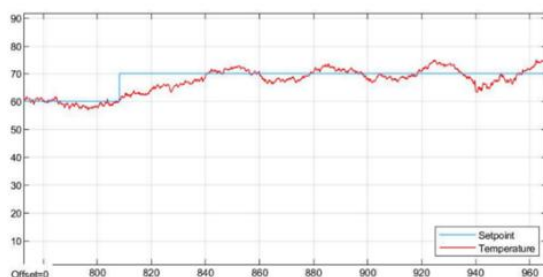
วิธีการควบคุม	ค่าเวลาขึ้น(s)	ค่าพุ่งเกิน(%)
PID	35	3
Fuzzy logic	15	3
Fuzzy logic + PID	15	2

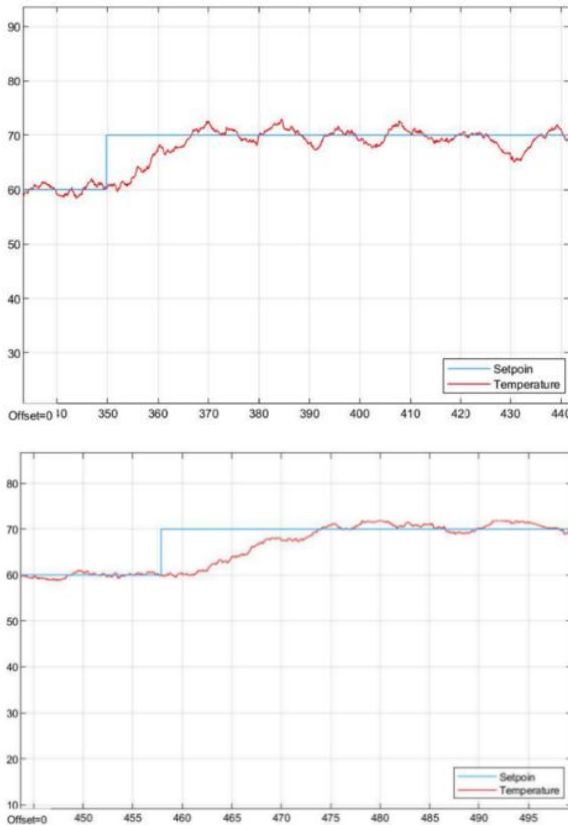
ตารางที่ 2 ผลตอบสนองของตัวควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจาก 60°C เป็น 70°C

วิธีการควบคุม	ค่าเวลาขึ้น(s)	ค่าพุ่งเกิน(%)
PID	38	3
Fuzzy logic	18	3
Fuzzy logic + PID	18	2



ภาพที่ 6 ผลตอบสนองการควบคุมอุณหภูมิจาก 50°C เป็น 60°C ด้วยวิธีการ พีไอดี (ภาพบน) ฟัซซีลอจิก (ภาพกลาง) ฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอดี (ภาพล่าง)





ภาพที่ 7 ผลตอบสนองการควบคุมอุณหภูมิจาก 60°C เป็น 70°C ด้วยวิธีการ พีไอดี (ภาพบน) ฟัซซีลอจิก (ภาพกลาง) ฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอดี (ภาพล่าง)

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการควบคุมอุณหภูมิด้วยวิธีการพีไอดีพบว่า ผลตอบสนองในการควบคุมจะมีค่าเวลาขึ้นและเปอร์เซ็นต์ค่า ฟุ่งเกินสูงสุดมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีฟัซซีลอจิกและฟัซซี ลอจิกร่วมกับพีไอดี และเมื่อเปรียบเทียบผลตอบสนอง ระหว่างการควบคุมด้วยฟัซซีลอจิกกับฟัซซีลอจิกร่วมกับพีไอ ดี พบว่าค่าเวลาขึ้นเท่ากันแต่การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ร่วมกับพีไอดีจะมีเปอร์เซ็นต์ค่าฟุ่งเกินที่น้อยกว่า ทำให้การ ควบคุมมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยมีค่าเวลาเข้าสู่ค่า เป้าหมาย 15 วินาที (60°C) และ 18 วินาที (70°C) ค่าฟุ่ง เกินสูงสุดประมาณ 2%

จากการทำวิจัยพบว่าระบบควบคุมยังขาด เสถียรภาพในการควบคุม เนื่องจากแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของระบบที่ใช้ไม่ได้พิจารณากรณีมีสิ่งรบกวน

ระบบและการสร้างกฎของฟัซซีลอจิกยังไม่ดีพอทำให้ผลการ ควบคุมยังมีค่าผิดพลาด จึงอาจเป็นแนวทางในการพัฒนา งานวิจัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากคณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Elnour and W. I. M. Taha, (2013). "PID and fuzzy logic in temperature control system," *2013 International Conference on Computing, Electrical and Electronic Engineering*, Khartoum, Sudan, pp. 172-177, August 26-28, 2013.
- [2] V. Chesaru and M. Bodea, "PID algorithm for controller processors," *2006 International Semiconductor Conference*, Sinaia, Romania, pp. 429-432, September 27-29, 2006.
- [3] H. Li, C. Zhou, S. Zhang, and G. Deng, "Design of the temperature control system for the fluid jet-dispenser," *2012 International Conference on Electronic Packing Technology & High-Density Packing*, Guilin, China, pp. 1024-1026, August 13-16, 2012.
- [4] Y. Pattanapong and C. Pornpatkul, "Application of fuzzy logic controller with adaptive integral control action for convection temperature process control system," *Pathumwan Academic Journal*, vol. 6, no. 16, pp. 45-57, August 2023.
- [5] M. Fauziyah, S. Adhisuwigno, M. Rifai, and D. Dewatama, "Base fuzzy logic temperature control for a coffee roaster machine," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol 434, pp. 1-4, 2018.
- [6] M. Rahman, and S. Islam, "Design of a fuzzy based PID algorithm for temperature control



of an incubator,” journal of Physics:
Conference Series, vol. 1969, pp. 1-9, 2021.