

การออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ศรัณยู เหลาพา^{1*} วิราวรรณ พุทธมาตย์²

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ^{1*}

สาขาวิชาการศึกษา คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ²

อีเมล : saranyu.la@cpru.ac.th^{1*}

วันที่รับบทความ 26 สิงหาคม 2568

วันแก้ไขบทความ 3 ตุลาคม 2568

วันตอบรับบทความ 20 ตุลาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC (Programmable Logic Controller) สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล นอกจากนี้ยังมุ่งหาคุณภาพของชุดฝึกและประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ชุดฝึกนี้ประกอบด้วยโครงสร้างตู้อบแห้งที่ทำจากแผ่นอะคริลิกและอลูมิเนียม และระบบควบคุมหลักที่ใช้ PLC (FX3U) ในการประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

ผลการทดลองอบแห้งพริกแสดงให้เห็นว่า ชุดฝึกสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการอบ 6 ชั่วโมงเลียนแบบการอบตามธรรมชาติและได้พริกคุณภาพสูง การลดระยะเวลาอบเหลือ 4 ชั่วโมงโดยใช้การควบคุมอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ให้ผลผลิตที่มีความแห้งใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม การอบที่อุณหภูมิสูงเกินไปในระยะเวลาสั้น (2 ชั่วโมง) ส่งผลให้คุณภาพของพริกลดลง ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนจากนักศึกษาวิศวกรรมเครื่องกล 9 คน พบว่าชุดฝึกมีคุณภาพในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวม 4.74 จาก 5 ผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกนี้ช่วยให้เข้าใจองค์ประกอบต่างๆ ได้ง่าย และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้าน PLC ได้จริง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดฝึกนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเรียนการสอนวิชา PLC

คำสำคัญ : การอบแห้ง ชุดฝึก ตัวควบคุมตรรกะโปรแกรม

Design and Development of an Automated Temperature Control Trainer for a Solar Dryer for PLC Education in Mechanical Engineering

Saranyu Laopa^{1*}, Wirawan Puttamat²

Industrial and Logistics Engineering Program, Faculty of Arts and Science, Chaiyaphum
Rajabhat University^{1*}

Education Program, Faculty of Education and Human Development,
Chaiyaphum Rajabhat University²

E – mail : saranyu.la@cpru.ac.th^{1*}

Received 26 August 2025

Revised 3 October 2025

Accepted 20 October 2025

Abstract

This research aims to design and develop an automated temperature control trainer for a solar dryer for PLC (Programmable Logic Controller) education in mechanical engineering. It also seeks to evaluate the quality of the trainer and assess student satisfaction. The trainer consists of a dryer structure made from acrylic and aluminum sheets, with a core control system utilizing a PLC (FX3U) to process data from temperature and humidity sensors.

The results of a chili drying experiment demonstrate the trainer's effective temperature control. A 6-hour drying period, mimicking natural solar drying, produced high-quality chilies. Reducing the drying time to 4 hours by increasing the temperature through PLC control also resulted in a similar level of dryness. However, a short, high-temperature drying period (2 hours) led to a decrease in chili quality. The satisfaction evaluation from 9 mechanical engineering students showed that the trainer was of the highest quality, with an average score of 4.74 out of 5. Students found the trainer's components to be clear and easy to understand, and believed it effectively helped them apply their PLC knowledge in a real-world context. This confirms that the trainer is an effective instructional tool for PLC education.

Keywords : Drying Training, Package, Programmable logic controller

1. บทนำ

ในปัจจุบัน PLC มีความสำคัญเป็นอย่างมากในงานโรงงานอุตสาหกรรม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร เครื่องมือกล และเครื่องท่นแรง PLC มีระบบการใช้งานที่ง่ายสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Input และ Output ได้โดยตรง โดยที่เราสามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งเข้า PLC ก็สามารถใช้งานได้ทันทีตามที่ต้องการ หรือหากต้องการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานของเครื่องจักรใหม่ ก็สามารถทำได้ง่ายเพียงแค่เปลี่ยนแปลงโปรแกรมคำสั่งใหม่เท่านั้นเอง ดังนั้นการเรียนการสอนในปัจจุบันจึงต้องพัฒนาตามการเปลี่ยนแปลงซึ่งล้วนแล้วแต่ต้องใช้ครุภัณฑ์ประกอบการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถลงมือปฏิบัติงานได้จริง โดยมีการใช้สื่อการสอนหลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้สื่อการสอนชุดฝึกทักษะในการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเริ่มจากให้ผู้เรียนได้ดูการสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติ ซึ่งนำเสนออย่างมีสีสันและดึงดูดความสนใจในรูปแบบตัวอักษรที่ชัดเจนและการใช้อุปกรณ์ชุดต่อสายวงจรไฟฟ้าที่มีความสะดวกในการใช้งานสามารถมองเห็นภาพรวมของวงจรได้ รวมทั้งการบรรยายประกอบเป็นการถ่ายทอดความรู้ ทศนคติ ทักษะและประสบการณ์ไปสู่ผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรงจากการนำเสนอสื่อที่ได้จัดเรียงไว้เป็นลำดับขั้นตอนให้แก่ผู้เรียนได้เรียนรู้และทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ตัวอย่างวงจร ใบงาน ที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ตอบกับผู้สอน ซึ่งจะประหยัดเวลาในการทำความเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ ชุดฝึกปฏิบัติถือเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้เรียน ให้มีความเข้าใจในเรื่องที่ต้องการจะศึกษา การสร้างชุดฝึกเป็นกระบวนการแก้ปัญหาในการถ่ายทอด สามารถทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย สามารถทำเรื่องที่ยากซับซ้อนให้สามารถเข้าใจได้ง่าย (ลัดดา ศุขปรีดี, 2522 และ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542)

อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนรายวิชา PLC มักประสบปัญหาในการเชื่อมโยงองค์ความรู้หลายแขนงเข้าด้วยกัน เช่น ระบบกลศาสตร์ อิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุม หากขาดสื่อหรือชุดฝึกที่เหมาะสม ผู้เรียนจะเข้าใจได้ยากและไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จริงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการศึกษาวิชาการ PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีความรู้หลายแขนง ทั้งการออกแบบระบบทางกล การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการออกแบบระบบควบคุม

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้าง ชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติด้วย PLC เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานของระบบควบคุมอย่างเป็นรูปธรรม เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริงได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างและออกแบบชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

2.2 เพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

3. วิธีการวิจัย

3.1 ออกแบบชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล การออกแบบวงจรในการสร้างชุดฝึกและโครงร่างของชุดฝึกโดยใช้โปรแกรม Solid Work โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 การออกแบบทางกล

- ศึกษาตู้อบที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดเพื่อให้ทราบถึงขนาดของตู้อบที่จะนำมาออกแบบ
- ศึกษาฉนวนกันความร้อนเพื่อใช้ในตู้อบ เพื่อให้มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม
- ศึกษาประเภทและหลักการทำงานของตัวฮีตเตอร์เพื่อใช้ในตู้อบได้อย่างเหมาะสม
- ศึกษาการไหลเวียนของอากาศว่ามีผล ต่อการทำงานของตู้อบอย่างไร
- ออกแบบตู้อบโดยโปรแกรม Solid Work

3.1.2 การออกแบบส่วนควบคุมการทำงาน

การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน ของตู้อบ เริ่มจากการออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบ โดยการใช้ Universal Temperature Controller และ Arduino เพื่อเปรียบเทียบการทำงาน

3.1.3 การออกแบบทางไฟฟ้า

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

3.2 ออกแบบคู่มือและใบงานปฏิบัติ

โดยมีการศึกษาเนื้อหาการสร้างใบงานจากเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งใบงานการปฏิบัติจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก ๆ ดังนี้ 1) ชื่อเรื่อง 2) วัตถุประสงค์ 3) ทฤษฎีหรือเนื้อหาเบื้องต้น 4) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 5) ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน 6) ตารางบันทึกค่าหรือผลการปฏิบัติงาน

3.3 การสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล ตามที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 2

3.4 การประเมินคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

เมื่อทำการสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล พร้อมคู่มือการใช้งานและใบงานเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำไปประเมินหาคุณภาพของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินว่าชุดฝึกมีคุณภาพเหมาะสมและสามารถนำไปทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอนได้หรือไม่ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) แล้ววิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยนำไปเทียบกับเกณฑ์

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

3.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนใช้สอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาหลังจบการทดลอง

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้ (1) ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎีรูปแบบ วิธีการสร้างแบบสอบถาม ความพึงพอใจจากหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสร้าง แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เรียนที่ เรียนโดยใช้ชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล และตอนที่ 2 ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ มีลักษณะแบบมาตราส่วนค่า 5 ระดับ คือ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด 2 หมายถึง พึงพอใจ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 4 หมายถึง พึงพอใจมาก และ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์การแปลระดับความคิดเห็น ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 สร้างและออกแบบและหาคุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ผลการวิจัยครอบคลุม 3 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1.1 การสร้างและออกแบบชุดฝึก (Design and Fabrication)

ชุดฝึกที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ โครงสร้างตู้อบ วงจรขยายสัญญาณ และระบบควบคุม PLC

4.1.2 การออกแบบโครงสร้างและวงจร

- โครงสร้างตู้อบแห้ง สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้วัสดุหลักคือ แผ่นอะคริลิกใส และ แผ่น/ฉากอลูมิเนียมเป็นโครง มีการติดตั้งตะแกรกอลูมิเนียมภายใน

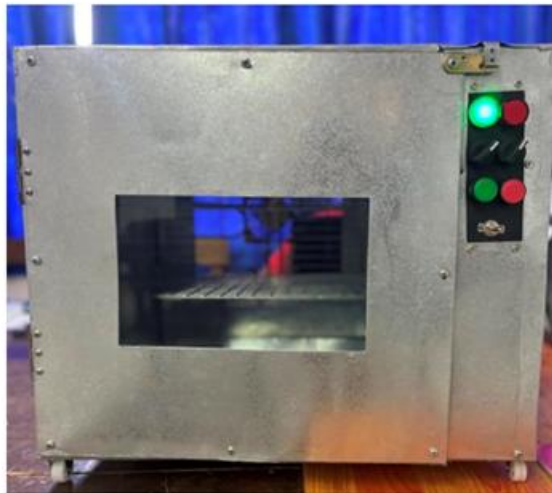
- บล็อกไดอะแกรม ระบบควบคุมมี PLC (FX3U) เป็นหัวใจหลักในการประมวลผล โดยรับค่าจาก Temperature Sensor และ Humidity Sensor

- วงจรขยายแรงดัน (Non-Inverting Amplifier) ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อขยายแรงดันค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ ก่อนส่งสัญญาณเข้า PLC

- อุปกรณ์ขับโหลด PLC ควบคุมการทำงานของขดลวดทำความร้อน (2000W), พัดลม AC เป่าลมร้อน และพัดลม AC ดูดอากาศผ่านทาง SSR (Solid State Relay 40 DA) และ Relay 220VAC ตามลำดับ

4.1.3 ฟังก์ชันการควบคุม (Control Function)

ระบบถูกออกแบบให้ควบคุมการทำงานเป็นช่วงเวลา โดยใช้ Switch 2 position 2 ตัว ตัวแรกเลือกชนิดของวัตถุ และตัวที่สองควบคุมปริมาณแรงดันที่ส่งออกมาตามชนิดของวัตถุในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

4.2 คุณภาพของชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองใน 3 รูปแบบเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (PLC) ในการอบแห้งพริก

การทดลองที่	ระยะเวลา (นาที/ ชั่วโมง)	อุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ (Tmax) (°C)	อุณหภูมิเป้าหมายที่ปรับใช้ (°C)	ประสิทธิภาพและคุณภาพผลผลิตที่ปรับปรุง
1	360 นาที (6 ชั่วโมง)	52	45 - 55	อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วม: อุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยรักษาสีและคุณภาพของพริกได้ดีที่สุด (คุณภาพสูง)
2	240 นาที (4 ชั่วโมง)	65	55 - 65	ลดเวลาการอบ: ระบบ PLC สามารถควบคุมและเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยได้สำเร็จ ทำให้พริกแห้งเทียบเท่าการอบ 6 ชั่วโมง (ความเร็วปานกลาง, คุณภาพสูง)
3	120 นาที (2 ชั่วโมง)	72	65 - 70	การอบด่วน/ทดสอบขีดจำกัด: อุณหภูมิสูงเกินไป (72°C) ทำให้พริกแห้งเร็ว แต่ คุณภาพลดลง (สีคล้ำ, สูญเสียความเผ็ดร้อน) (ความเร็วสูง, คุณภาพต่ำ)

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดลองระยะ 6 ชั่วโมง (360 นาที) แสดงให้เห็นว่าระบบ PLC สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบได้จริง โดยเลียนแบบการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ ซึ่งผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพสูงเนื่องจากใช้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการรักษาสีและคุณภาพของพริก

การควบคุมโดย PLC โดยปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการอบลงเหลือ 4 ชั่วโมง (240 นาที) ได้ โดยยังคงให้ระดับความแห้งของพริกที่ใกล้เคียงกับการอบ 6 ชั่วโมง แสดงถึงประสิทธิภาพของชุดฝึกในการย่นระยะเวลาการผลิต

การอบด้วยอุณหภูมิสูงมากในระยะเวลาสั้นเพียง 2 ชั่วโมง (120 นาที) แม้จะทำให้พริกแห้ง แต่ส่งผลให้คุณภาพของวัตถุดิบลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป (72°C) เน้นย้ำว่าชุดควบคุมจำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิต

4.3. ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 9 คน

ลำดับที่	หัวข้อการประเมิน (ด้านคุณภาพชุดฝึก)	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับคุณภาพ
1	ความชัดเจนขององค์ประกอบชุดฝึก (โครงสร้าง/วงจร)	4.89	0.33	มากที่สุด
2	ความสามารถในการทำงานของระบบควบคุม PLC	4.78	0.44	มากที่สุด
3	ความเหมาะสมของระบบควบคุมอุณหภูมิในการทดลองจริง	4.67	0.5	มากที่สุด
รวม	ด้านคุณภาพของชุดฝึก	4.78	0.42	มากที่สุด
4	ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ PLC/วิศวกรรม	4.67	0.5	มากที่สุด
5	ความน่าสนใจในการเรียนรู้และการส่งเสริมทักษะ	4.89	0.33	มากที่สุด
6	ความสะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา	4.56	0.53	มากที่สุด
รวม	ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.71	0.45	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยทั้งหมด	คุณภาพและความพึงพอใจโดยรวม	4.74	0.44	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.74 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านคุณภาพชุดฝึก ชุดฝึกได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงมาก ($\bar{X} = 4.78$) โดยเฉพาะหัวข้อความชัดเจนขององค์ประกอบ ($\bar{X} = 4.89$) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกมีการออกแบบที่ชัดเจนและส่วนประกอบต่าง ๆ (เช่น วงจร, PLC, ตัวขับโหลด) สามารถทำความเข้าใจและนำไปศึกษาได้ง่าย

2. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ผู้เรียนมีความพึงพอใจสูงต่อการประยุกต์ใช้ความรู้ ($\bar{X} = 4.67$) และความน่าสนใจในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.89$) ซึ่งยืนยันว่าชุดฝึกนี้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับวิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เพราะช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทฤษฎีการควบคุมอัตโนมัติเข้ากับการประยุกต์ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้จริง

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การสร้างและออกแบบชุดฝึก ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งได้จริง โดยมี PLC (Programmable Logic Controller) เป็นหัวใจหลัก ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์และควบคุมอุปกรณ์ทำความร้อน/พัดลมเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิที่ต้องการ การออกแบบวงจรขยายแรงดันยังเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้สัญญาณจากเซ็นเซอร์สามารถประมวลผลโดย PLC ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมยังทำให้ชุดฝึกมีความทนทานและปลอดภัยสำหรับการเรียนรู้ การใช้ PLC ในการควบคุมตู้อบแห้งนี้สอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยสมัยใหม่ที่เน้นการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้ง งานวิจัยของ ศรายุทธ เมหาณี (2564) ก็ได้พัฒนาตู้อบแห้งพริกที่ใช้ระบบอัตโนมัติควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wattanasri, S., et al. (2021) ที่ใช้ PLC ในการควบคุมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เช่นกัน ซึ่งยืนยันว่า PLC เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมในลักษณะนี้

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกในการอบพริก ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของชุดฝึกในการอบแห้งพริกภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน การอบแบบ 6 ชั่วโมง ระบบสามารถเลียนแบบการอบแห้งตามธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง การอบแบบ 4 ชั่วโมง ระบบ PLC สามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้เมื่อลดระยะเวลาการอบ ซึ่งช่วย ลดเวลาการผลิต ลงได้อย่างมีนัยสำคัญ การอบแบบ 2 ชั่วโมง การทดลองนี้ชี้ให้เห็น ข้อจำกัด ของการอบด้วยอุณหภูมิที่สูงเกินไป (72°C) เนื่องจากทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง (พริกสีคล้ำ) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Santoso, P. P. A., Sanubary, I., & Mahmuda, D. (2023) ซึ่งพบว่าตู้อบแห้งที่มีระบบควบคุมสามารถลดเวลาในการอบพริกได้กว่าการตากแดดธรรมชาติ นอกจากนี้ ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิสูงเกินไปส่งผลเสียต่อคุณภาพพริก ยังสอดคล้องกับงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์อาหารของ Chaji, H., e al. (2024) ที่ระบุว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการรักษาสีและคุณภาพของพริกแห้ง

การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนพบว่าชุดฝึกมีคุณภาพและเหมาะสมกับการเรียนการสอนในระดับมากที่สุด โดยผู้เรียนเห็นว่าชุดฝึกช่วยให้สามารถนำความรู้ด้าน PLC มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความน่าสนใจในการเรียนรู้ การใช้ชุดฝึกเพื่อการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (hands-on) เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับงานวิจัยด้านการศึกษาจำนวนมากที่กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนรู้เชิงปฏิบัติเพื่อพัฒนาทักษะทางวิศวกรรม Abdulaziz A. Alsati, e al. (2022) ชุดฝึกของคุณยังช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงหลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติในบริบทของพลังงานทางเลือก ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสีเขียวและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรพิจารณาเพิ่มแหล่งพลังงานความร้อนอื่น ๆ นอกเหนือจากขดลวดทำความร้อน เช่น การใช้พลังงานความร้อนจากแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับ Heat Pump หรือการใช้ระบบสะสมความร้อน (Thermal Storage) เช่น หินบะซอลต์ หรือวัสดุที่เปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material - PCM) เพื่อกักเก็บความร้อนไว้ใช้ในเวลากลางคืนหรือวันที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

6.2 งานวิจัยในครั้งนี้นับเป็นการควบคุมอุณหภูมิเป็นหลัก ควรมีการพัฒนาให้ระบบสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ภายในตู้อบได้ด้วย เนื่องจากความชื้นมีผลโดยตรงต่ออัตราการคายน้ำของวัตถุดิบ การควบคุมความชื้นจะช่วยให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกสภาพอากาศ

6.3 ควรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือระบบเพื่อ บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นแบบเรียลไทม์ และแสดงผลเป็นกราฟบนหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือ HMI (Human Machine Interface) ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้อย่างละเอียดและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ลัดดา ศุขปรีดี. (2522). เทคโนโลยีทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์พิมพ์เนมศ.
- ศรายุทธ เมหาพี. (2564). ตู้อบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยรังสีอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- Abdulaziz A. Alsati, e al. (2022). Design and Development of a Low-Cost PLC Trainer Using Siemens Logo for Educational Purposes. *International Journal of Software & Hardware Research in Engineering (IJSHRE)*, 10(6), 90 – 95.
- Chaji, H., e al. (2024). Drying Kinetics and Quality Attributes of Solar-Dried RedPeppers: A Comparative Study with Traditional andIndustrial Methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, Volume 2024, 1-11.
- Santoso, P. P. A., Sanubary, I., & Mahmuda, D. (2023). Performance Test of Chili Dryer with Greenhouse Effect System based On Solar Panel. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023. Indonesian Society of Applied Science*, 1127 – 1137.
- Wattanasri, S., et al. (2021). Development of an Automatic Control System for Solar Drying Cabinet. *Suan Sunandha Science and Technology Journal*, 9(1), 1-4.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยเรื่อง การสร้างชุดฝึกควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ สำหรับการเรียนรู้วิชา PLC สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล มีคุณค่าทางวิชาการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณค่าด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม

งานวิจัยนี้ได้สร้างชุดฝึกต้นแบบที่เป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการบูรณาการองค์ความรู้จากหลายสาขาวิชา ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมควบคุม การผสมผสานองค์ความรู้เหล่านี้ทำให้เกิดสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมและใช้งานได้จริง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาด้านวิศวกรรม

2. คุณค่าด้านการประยุกต์ใช้ความรู้

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการนำความรู้เชิงทฤษฎีในวิชา PLC มาประยุกต์ใช้กับโจทย์จริงในงานวิศวกรรม นั่นคือการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบแห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่พบได้บ่อยในอุตสาหกรรม การทดลองที่ครอบคลุมในหลายช่วงเวลา (2, 4, และ 6 ชั่วโมง) ยังสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำคัญ (อุณหภูมิ, เวลา) และผลลัพธ์ที่ได้ (คุณภาพของผลผลิต) ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจในหลักการควบคุมกระบวนการ (Process Control) ให้กับผู้เรียน

3. คุณค่าด้านการศึกษาและการเรียนรู้

ชุดฝึกที่สร้างขึ้นถือเป็น เครื่องมือการเรียนการสอน (Instructional Tool) ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีคุณสมบัติที่สำคัญได้แก่ การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on Learning) การเชื่อมโยงทฤษฎีสู่ปฏิบัติ และการฝึกทักษะการแก้ปัญหา