

การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

Heat Transfer Development using Cooling Copper Tube and Microcontroller

ธานิล ม่วงพูล และ อวยชัย อินทรสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โครงสร้างของระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ระบบควบคุม และระบบถ่ายเทความร้อน ในส่วนระบบควบคุมใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิสองตำแหน่ง คือ วัดอุณหภูมิในสถานะแวดล้อมทั่วไป และสถานะแวดล้อมภายใต้ระบบถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิที่ตรวจจับได้ถูกส่งให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เก็บข้อมูลและทำการเปรียบเทียบ ส่วนระบบถ่ายเทความร้อนเป็นการหมุนเวียนน้ำเย็นไปสู่อุปกรณ์เพื่อแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับอากาศภายนอก

ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาระบบในส่วนระบบควบคุมการทำงานของระบบ เป็นการต่ออุปกรณ์ส่วนควบคุมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย (1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi (2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (3) รีเลย์ (4) แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ และ (5) อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยที่ในส่วนที่ 5 นั้น ได้จำลองการจ่ายไฟให้แก่ปลั๊กเพื่อทำการชาร์ตแบตเตอรี่ให้กับโทรศัพท์มือถือ และ 2) ระบบสามารถให้อุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างสภาพแวดล้อมทั่วไปกับอุณหภูมิที่อยู่ใต้ระบบถ่ายเทความร้อนมีค่าเฉลี่ย 4.5 องศาเซลเซียสที่ระยะต่ำกว่าระบบ 20 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ระบบระบายความร้อน, ท่อทองแดง, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, รัสเบอร์รี่พาย

ABSTRACT

The purposes of the research have two objectives. The first one is to develop heat transfer system using to cooling copper tube and microcontroller. The second one is to evaluate the system performance. This system consists of 2 parts, control system and cooling exchange. The control system read and stored the temperature from two sensors, the first sensor measures environment and the second sensor measures system temperature. The cooling exchange is the cycle of cooling water in tube which is transferring to environment.

The result shows that 1)..... and 2) the system produces average different temperatures between the environment and the system 4.5 Celsius and

Keywords: heat transfer, Copper Tube, temperature sensor, raspberry pi

บทนำ

เกษตรกรรมถือเป็นอาชีพหลักของประชากรในประเทศไทย การเลี้ยงสัตว์ปีกเป็นอาชีพหนึ่งที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศชาติเป็นอย่างมาก แต่การเลี้ยงสัตว์ปีกส่วนใหญ่ยังเป็นแบบวิถีชาวบ้าน การดำเนินการแบบครัวเรือนขาดการบริหารจัดการที่ดี ขาดการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการลดค่าใช้จ่าย หรือมาเพิ่มผลผลิต ทั้งนี้เนื่องจากยังมีช่องว่างระหว่างนักวิชาการและเกษตรกร [1] สัตว์ปีกที่ให้ผลผลิตเป็นไข่ที่มีการเลี้ยงเป็นอาชีพสำหรับเกษตรกรไทยส่วนใหญ่จะเป็นไก่ไข่ และเป็ดไข่ การเลี้ยงไก่ไข่นิยมทำเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มีการควบคุมเป็นอย่างดีหรือเรียกว่าการเลี้ยงในระบบปิด ส่วนการเลี้ยงเป็ดไข่นิยมทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนและเป็นการเลี้ยงแบบฟาร์มเปิดซึ่งยากต่อการควบคุม โดยที่ไข่ไก่นิยมนำมาใช้ในการบริโภคโดยตรงในขณะที่ไข่เป็ดนิยมนำมาทำการแปรรูป เช่น ทำไข่เค็ม ทำเป็นส่วนประกอบของขนมไทย เป็นต้น [2] การเลี้ยงเป็ดไข่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในจังหวัดแถบชายทะเลหรือจังหวัดที่มีลุ่มน้ำในแถบภาคกลาง ซึ่งจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรีถือว่าจังหวัดที่มีการเลี้ยงเป็ดไข่จำนวนมาก ปัจจุบันการเลี้ยงเป็ดไข่นิยมทำกันแบบครอบครัวเนื่องจากลงทุนต่ำ เลี้ยงง่าย อาหารสามารถผสมเองจากธรรมชาติ เช่น หอย แหน ผัก เป็นต้น การทำโรงเรือนของฟาร์มเป็ดไข่ สามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประกอบทำให้ลดต้นทุนได้ นอกจากนี้แล้วผลผลิตที่ได้ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเป็นหลัก เนื่องจากไม่มีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการควบคุม [3, 4] การเลี้ยงจึงเป็นแบบวิถีชาวบ้านขึ้นอยู่กับสภาพดิน ฟ้า อากาศ ผลผลิตจึงไม่แน่นอน ส่วนพันธุ์เป็ดที่ได้รับความนิยมและให้ผลผลิตไข่สูงคือพันธุ์กากีแคมป์เบลล์ แม่เป็ดแต่ละตัวให้ไข่เฉลี่ยอยู่ที่ 240 – 260 ฟอง และถูกปลดระวางเมื่ออายุประมาณ 1 ปี [5] การเก็บข้อมูลเบื้องต้นจากคุณเบญญาภา ธัญธรรณากิตต์ เจ้าของฟาร์มเป็ดไข่พบว่าในฤดูหนาวเป็ดจะให้ผลผลิตที่มากกว่าในช่วงฤดูอื่น ๆ ซึ่งผลผลิตที่ดีขึ้นนี้มีทั้งปริมาณไข่ที่มากขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น สำหรับฤดูร้อนถือว่าเป็นปัญหาหลักของเกษตรกรผู้เลี้ยงเป็ด เพราะเป็ดให้ผลผลิตที่ต่ำลงอันเนื่องมาจากอากาศที่ร้อนจัด ดังนั้นหากสามารถลดอุณหภูมิของฟาร์มในฤดูร้อนได้ย่อมมีผลต่อผลผลิตที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังขาดความรู้และการเข้าถึงเทคโนโลยีที่ดี จึงเป็นเหตุให้ผลผลิตที่ได้ยังไม่เต็มประสิทธิภาพ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก อุปกรณ์ต่างๆ มีขนาดเล็กลงแต่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ มีความสามารถมากและยังมีราคาที่ถูกลง ทำให้สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างสะดวก โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับหรืออาจเรียกว่าเซนเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมที่กำลังได้รับความนิยมได้แก่ raspberry pi ซึ่งถือได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพสูงราคาถูก สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการได้

จากเหตุผลข้างต้นยังคงมีเส้นแบ่งระหว่างเกษตรกรและเทคโนโลยีทั้งในแง่วิชาการและราคา งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาาระบบให้มีความเย็นแก่สภาวะแวดล้อมแบบประหยัด โดยอาศัยอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไปและราคาไม่แพง โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความเย็นกับอากาศที่อยู่รอบข้างเพื่อสร้างความเย็นให้แก่พื้นที่บริเวณโดยรอบ การทำงานได้กำหนดกรอบแนวคิดเป็น 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ขั้นตอนที่สองเป็นการนำระบบที่ได้พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งานจริงที่ฟาร์มเป็ดไข่เพื่อเก็บข้อมูลผลผลิตไข่เป็ด พร้อมกับนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์สรุปผลต่อไป สำหรับบทความวิจัยนี้อยู่ในขั้นตอนแรก คือ การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการอุณหภูมิของฟาร์ม ด้วยต้นทุนอุปกรณ์ที่ต่ำและให้ผลที่แม่นยำ โครงสร้างของระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ระบบควบคุม และระบบถ่ายเทความเย็น โดยระบบควบคุมจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และบอร์ด Raspberry pi ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิจะส่งข้อมูลให้บอร์ด Raspberry pi เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิดังกล่าวสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้หรือไม่ หากสูงกว่าจะทำการสั่งให้ระบบถ่ายเทความเย็นซึ่งเป็นส่วนที่สองทำงานเพื่อช่วยระบายความร้อนให้เปิดต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.2 เพื่อทดสอบการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิระหว่างสภาวะแวดล้อมทั่วไปและสภาวะแวดล้อมภายใต้ระบบความเย็น

2. วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คุณาพร เต็มปิยพล และคณะ [6] ทำการสำรวจการเลี้ยงเป็ดใน 3 จังหวัดได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี และพระนครศรีอยุธยา เพื่อทำการเปรียบเทียบการให้ผลผลิตระหว่างการเลี้ยงเป็ดไข่ในรูปแบบโรงเรือนเปิดกับการเลี้ยงเป็ดไข่แบบไล่ทุ่ง จากทะเบียนเป็ดไล่ทุ่งและฟาร์มเป็ดไข่ ของสำนักควบคุมและบำบัดโรคสัตว์ กรมปศุสัตว์ ผลการสำรวจพบว่าการเลี้ยงเป็ดไข่แบบไล่ทุ่งจะให้ผลตอบแทนสูงกว่าการเลี้ยงแบบโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สนอง ศรีเจริญ [7] ได้แนะนำวิธีการดูแลเป็ดไข่ โดยดูแลสภาพภายในโรงเรือนให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยใช้ฟางข้าว นอกจากนี้ ยังต้องควบคุมการให้อาหารให้เหมาะสม เพื่อกระตุ้นการกินอาหาร สามารถเพิ่มวิตามินละลายน้ำให้เป็ดไข่ได้ตามสมควร

ตั้งเฮง ยนต์สถิตย์กุล และคณะ [8] ได้ออกแบบสร้างอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยท่อทองแดงรูปทรงกลมร่วมกับอุปกรณ์ทำความเย็นด้วยแผ่นเพลเทียร์ติดตั้งกับแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ในการประจุไฟฟ้าเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์มาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าการติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยท่อทองแดงรูปทรงกลมมีกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพการทํางานของแผงโซลาร์เซลล์สูงกว่าแผงโซลาร์เซลล์แบบมาตรฐาน

นิติรงค์ พงษ์พานิช และคณะ [9] ได้ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบ evaporative cooling ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานกับโรงเรือนขนาด $2 \times 6 \times 2.5$ (W x L x H) m³ ระบบควบคุมประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หลายตำแหน่งและวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในโรงเรือนเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดได้

2.2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหน่วยประมวลผลขนาดเล็กที่มีขีดความสามารถสูง ปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูง มีขนาดเล็ก ราคาถูกและมีให้เลือกใช้งานได้อย่างหลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น Arduino, Raspberry Pi เป็นต้น ในการทดลองนี้ใช้บอร์ด Raspberry Pi เป็นอุปกรณ์ในการควบคุม เนื่องจากเป็นบอร์ดที่สามารถลงระบบปฏิบัติการได้ สามารถเขียนโปรแกรมได้หลายภาษา มีผลทำให้อุปกรณ์มีความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่าเมื่อเทียบกับ Arduino [10]

เทคโนโลยี Raspberry Pi เป็นบอร์ด Microprocessor ขนาดเล็กหรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอภาพ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรม หรือใช้เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสำนักงานขนาดเล็กได้ Raspberry Pi รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ เช่น Raspbian (Debian), Pidora (Fedora) หรือล่าสุด Windows 10 [11]

เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของงาน ในปัจจุบันมีอุปกรณ์เหล่านี้จำนวนมาก และยังมีราคาถูก ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดอุณหภูมิ จึงมีการเลือกใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิโดยเลือกใช้ DTH-22 Digital Temp & Humidity sensor

การถ่ายเทความร้อน เป็นการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกับสิ่งแวดล้อมซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี

1) การนำความร้อน (heat conduction) รูปแบบการถ่ายเทพลังงานความร้อนแบบนี้ คือ การที่วัตถุเป็นตัวนำความร้อนไปในทิศทาง $+x$ ซึ่งความร้อนจะลดลงตามระยะทางและเวลาที่แผ่ออกไป โดยที่ตัวนำจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวนำเหล่านั้นสามารถหาได้จากตาราง การคำนวณหาปริมาณความร้อน (Q) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) สามารถหาได้จากสมการ (1) [12]

$$Q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (W)
 A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่มีการถ่ายเทความร้อน
 T คือ อุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ ($^{\circ}\text{C}$)
 k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัตถุ

2) การพาความร้อน (heat convection) การถ่ายเทความร้อนในรูปแบบนี้ วัตถุเป็นตัวเคลื่อนที่ซึ่งมีผลทำให้ความร้อนเคลื่อนที่และถ่ายเทไปด้วย ดังนั้นปริมาณการถ่ายเทความร้อนแบบนี้จึงต้องหาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต้นทางกับปลายทางเป็นหลัก ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2) [12]

$$Q = hA_s(T_s - T_a) \quad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (W)
 A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่มีการถ่ายเทความร้อน
 T_s คือ อุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ ($^{\circ}\text{C}$)
 T_a คือ อุณหภูมิของไหล ($^{\circ}\text{C}$)

3) การแผ่รังสี (radiation) วัตถุแต่ละชนิดมีการแผ่ความร้อนออกจากตัวเองโดยที่อัตราการแผ่รังสีความร้อนออกจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสมบูรณ์ สามารถหาได้จากสมการที่ (3) [12]

$$Q_{emit} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_s^4 \quad (3)$$

เมื่อ Q_{emit} คือ อัตราการแผ่รังสีความร้อนออกจากพื้นผิว (W)
 ε คือ ค่า emissivity ของพื้นผิว ($0 \leq \varepsilon < 1$)
 σ คือ ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

ในบทความนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบในห้องปฏิบัติการ เครื่องมือสำหรับการวิจัย ดังนี้

- 1.1 ระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.2 แบบบันทึกค่าอุณหภูมิระหว่างสภาวะแวดล้อมทั่วไปกับสภาวะแวดล้อมภายใต้ระบบความเย็น

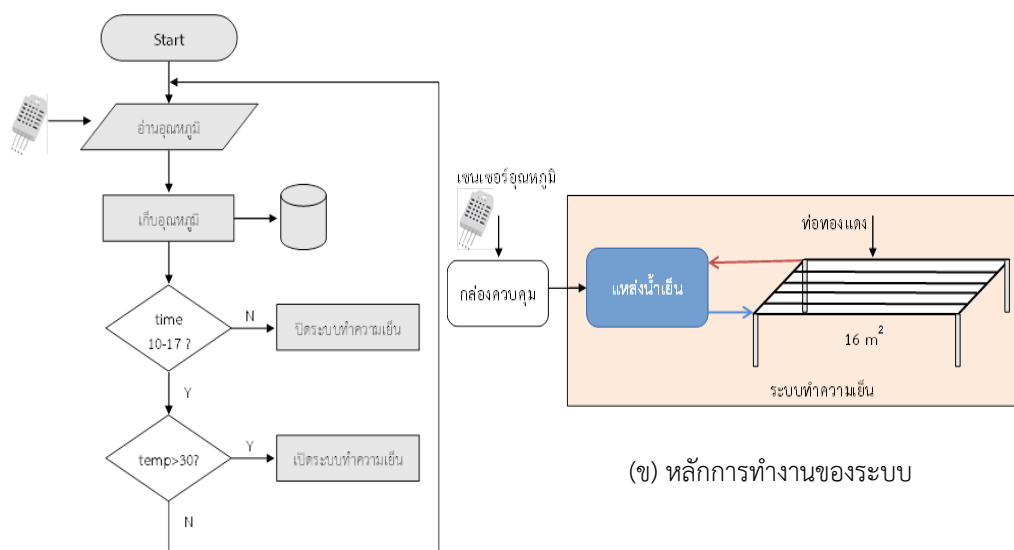
2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบ ซึ่งเป็นการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น ตำรา เอกสาร การค้นหาจากอินเทอร์เน็ต และบทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

2.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ เนื่องจากฟาร์มเปิดเป็นฟาร์มแบบเปิด ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับฟาร์มเปิดจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลายส่วน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การออกแบบระบบ เนื่องจากการเลี้ยงเปิดเป็นระบบเปิดทำให้การควบคุมตัวแปรต่างๆ ทำได้ยาก ดังนั้นการปรับอุณหภูมิของฟาร์มเปิดสำหรับการวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมของเปิดว่าอุณหภูมิมีผลกับให้ผลผลิตไข่เปิดหรือไม่ ดังนั้นจึงได้เลือกพื้นที่พักนอนของเปิดเป็นบริเวณที่มีการปรับอุณหภูมิให้เย็นลงกว่าบริเวณรอบข้างเพราะพื้นที่ส่วนอื่นยากที่จะควบคุม จากการเก็บข้อมูลพบว่าอุณหภูมิบริเวณฟาร์มเลี้ยงเปิดจะมีค่าสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสในเวลากลางวันโดยเฉพาะในฤดูร้อนจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้สามารถออกแบบระบบโดยรวม แสดงดังภาพที่ 1



(ก) ผังการทำงานของระบบ

(ข) หลักการทำงานของระบบ

ภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 1 (ก) แสดงผังการทำงานของระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อตรวจสอบว่าอุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียสหรือไม่ หากเกินจะสั่งให้ระบบทำความเย็นทำงาน และระบบนี้ถูกออกแบบให้ทำงานเฉพาะช่วงกลางวันระหว่างเวลา 10.00 -17.00 น. เนื่องจากถือว่าเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนที่สุด ในส่วนของระบบความเย็นมีการออกแบบดังภาพที่ 1 (ข) โดยอาศัยน้ำเย็นจากแหล่งกำเนิดไหลผ่านท่อทองแดงเพื่อถ่ายเทความเย็นสู่อากาศบริเวณรอบข้าง โดยหลักแล้วอากาศที่มีความเย็นจะมีน้ำหนักมากกว่าอากาศร้อน ดังนั้นอากาศเย็นจะถูกกดลงด้านล่างมีผลให้เกิดการระบายความเย็นไปสู่บริเวณด้านล่างโดยธรรมชาติ จากนั้นน้ำที่เย็นที่ปล่อยออกไปจะไหลย้อนกลับเข้าสู่แหล่งกำเนิดความเย็นทำงานวนเป็นวัฏจักรเช่นนี้ต่อไป ในการออกแบบสำหรับการทดลองนี้ได้ใช้ท่อทองแดงจำนวนสองชุดเพื่อให้เกิดความเย็นอย่างครอบคลุมพื้นที่ อุปกรณ์มีพื้นที่ประมาณ 16 (4 x 4) ตารางเมตร และเปิดสามารถที่จะเข้าไปอยู่ได้ประมาณ 20 ตัวต่อตารางเมตร

2) การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน ในส่วนของการออกแบบระบบควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ส่วนของฮาร์ดแวร์ การทำงานของฮาร์ดแวร์ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสี่ส่วน คือ ส่วนตรวจจับอุณหภูมิ ส่วนควบคุม ส่วนตัด-ต่อกระแสไฟฟ้า และส่วนระบบทำความเย็น แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์

จากภาพที่ 2 แสดงการต่ออุปกรณ์ส่วนควบคุมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย (1) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (2) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi (3) รีเลย์ (4) ระบบทำความเย็น ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ ในส่วนของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะส่งค่าอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ส่งค่าให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท Raspberry Pi เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ในงานวิจัยนี้กำหนดค่าเปรียบเทียบไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส ถ้าเกินค่าที่กำหนดไว้จะส่งค่าให้กับรีเลย์ตัดต่อไฟฟ้าเพื่อให้ระบบทำความเย็นทำงานต่อไป

2.2) ส่วนของซอฟต์แวร์ เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ให้ทำงานร่วมกันได้ เริ่มตั้งแต่การอ่านอุณหภูมิจากเซนเซอร์ เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้กับค่าที่กำหนด จากนั้นส่งสัญญาณเพื่อไปเปิดหรือปิดระบบทำความเย็น เพื่อให้ได้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม การพัฒนาโปรแกรมใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมด รายละเอียดในการพัฒนาได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

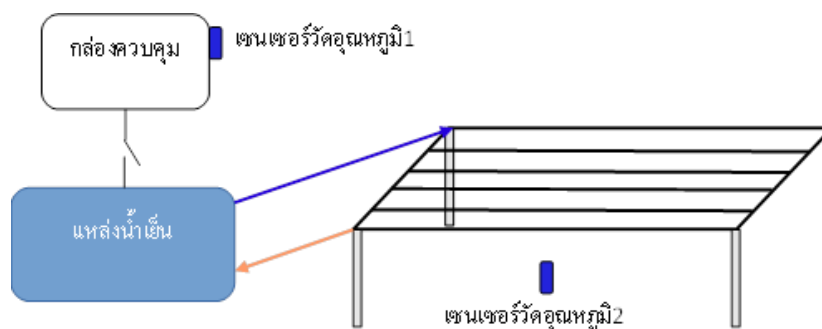
3) การออกแบบซอฟต์แวร์ ระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เน้นความสวยงาม แต่เน้นที่ประสิทธิภาพการทำงาน ดังนั้นระบบนี้ออกแบบมาเพื่อเน้นในส่วนการประมวลผลที่แน่นอนและรวดเร็ว การทำงานส่วนควบคุมเป็นการทำงานแบบตลอดเวลาไม่มีหยุด เพราะระบบต้องตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในกรณีนี้อุปกรณ์ทั้งหมดจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมง การออกแบบแสดงดังภาพที่ 3

1	Function ReadSensor
2	Input: temperature from DHT22
3	Output: signal to control relay
4	WHILE true
5	READ data from sensor
6	STORE temperature, date, time to file
7	IF time > 10 AND time < 17
8	IF temperature > 30
9	turn on cooling system
10	ENDIF
11	ELSE
12	turn off cooling system
13	ENDIF
14	delay 30 minutes
15	ENDWHILE

ภาพที่ 3 โปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงาน

จากภาพที่ 3 แสดงชุดคำสั่งโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งใช้ขั้นตอนการทำงานจากภาพที่ 1 เริ่มจากบรรทัดที่ 4 ทำการเปิดลูบิรันดร์ไว้ จากนั้นจะทำการอ่านข้อมูลอุณหภูมิจากตัวเซนเซอร์ (บรรทัดที่ 5) ที่ได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิ DHT22 (บรรทัดที่ 2) ระบบจะทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ วัน และเวลาลงในไฟล์ข้อมูล (บรรทัดที่ 6) จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากไฟล์ข้อมูลมาตรวจสอบช่วงเวลา (บรรทัดที่ 7) หากเวลาถูกต้องให้ตรวจสอบอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิ DHT22 (บรรทัดที่ 2) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (บรรทัดที่ 8) สำหรับการควบคุมการเปิด-ปิดระบบทำความเย็น (บรรทัดที่ 9 และ 12) ระบบจะทำการตรวจสอบในลักษณะนี้ทุกๆ 30 นาที (บรรทัดที่ 14)

2.3 การทดลองและเก็บข้อมูล การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบระบบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจากหลักทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนจากระบบนี้จะมีอยู่สองส่วน คือ การนำความร้อนจากน้ำไปสู่ท่อผิวของทองแดง และการพาความร้อนจากผิวด้านทองแดงไปสู่อากาศที่อยู่รอบข้าง การทดลองนี้ใช้ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร แห้งก้านัดความเย็นใช้น้ำแข็งผสมน้ำใส่กล่องโฟมเพื่อเก็บความเย็น การไหลเวียนใช้ปั๊มน้ำไหลด้วยอัตรา 1.45 ลิตรต่อวินาที ภาพที่ 4 เป็นแผนภาพการทำงานของระบบ โดยที่กล่องควบคุมติดตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมทั่วไปพร้อมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิตัวแรก ส่วนแหล่งความเย็นที่ใช้ในระบบเป็นการนำน้ำแข็งผสมน้ำบรรจุในกล่องโฟมสำหรับเก็บความเย็น และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิตัวที่สองถูกติดตั้งต่ำกว่าท่อทองแดงที่ระยะ 20 เซนติเมตร



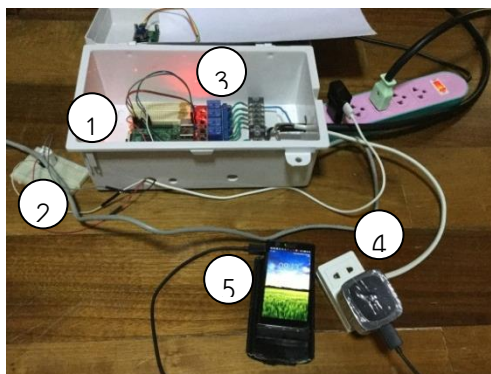
ภาพที่ 4 ภาพจำลองการทำงานของระบบเพื่อทดสอบระบบ

จากภาพที่ 4 แสดงภาพจำลองสำหรับการทดลองหลังจากสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบประกอบด้วย ส่วนควบคุม และส่วนระบายความเย็น ในส่วนควบคุมทำหน้าที่เปิด-ปิด ให้น้ำเย็นไหลผ่านท่อทองแดง โดยจะเปิดระบบเมื่ออยู่ภายใต้ข้อกำหนด คือ อุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียสและอยู่ในช่วงเวลา 10.00 – 17.00 น. การวัดอุณหภูมิจะวัดสองจุด คือ วัดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม (เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 1) และการวัดอุณหภูมิที่อยู่ด้านล่างของท่อทองแดง (เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 2) เป็นระยะ 20 เซนติเมตร การทดลองทำในพื้นที่ปิด ไม่มีปัจจัยภายนอกรบกวน

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครื่องมือในการทดสอบระบบ ผลการพัฒนาแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการพัฒนาอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์

จากภาพที่ 5 แสดงผลการพัฒนาระบบในส่วนระบบควบคุมการทำงานของระบบ เป็นการต่ออุปกรณ์ส่วนควบคุมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย (1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi (2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (3) รีเลย์ (4) แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ และ (5) อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยที่ในส่วนที่ 5 นั้น ได้จำลองการจ่ายไฟให้แก่ปลั๊กเพื่อทำการชาร์ตแบตเตอรี่ให้กับโทรศัพท์มือถือ

2. ผลการทดลองระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งในเฟสนี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างในสภาวะแวดล้อมทั่วไปกับสภาวะแวดล้อมภายใต้ระบบความเย็น การทดลองโดยเปิดระบบไว้โดยให้ระบบเก็บข้อมูลทุก 30 นาที เป็นเวลา 7 ชั่วโมง (10:00 – 17:00 น.) เป็นเวลา 7 วัน ตารางที่ 3.1 เป็นตัวอย่างการเก็บผลการทดลองของระบบ ผลการทดลองปรากฏว่า ระบบสามารถทำงานได้ โดยให้อุณหภูมิที่แตกต่างกันเฉลี่ย 4.5 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ผลการทดลองระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เวลา	10.00	10.30	11.00	.....	.....	.....	16.00	16.30	17.00
อุณหภูมิ 1	27.89	28.80	30	.....	.....	.....	31.5	30.2	29.8
อุณหภูมิ 2	23.5	24.05	24.43	.....	.....	.....	27.54	27.0	26.45
ค่าความต่าง	4.39	4.75	5.57	.....	.....	.....	3.96	3.2	3.35

จากตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างผลการเก็บตลอดระยะเวลา 7 วัน โดยแถวแรกเป็นข้อมูลจากเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมทั่วไป แถวที่สองเป็นข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่อยู่ใต้ระบบถ่ายเทความร้อน และแถวที่สามเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองตำแหน่ง เมื่อทำการเก็บรวบรวมจนครบจึงนำความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยรวมเพื่อหาความแตกต่างเฉลี่ยทั้งหมดของการทดลองเป็นครั้งสุดท้าย จากผลการทดลองแล้วพบว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจากสภาวะแวดล้อมกับอุณหภูมิใต้ระบบถ่ายเทความร้อนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 องศาเซลเซียส

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักสองส่วน คือ 1) ส่วนควบคุม และ 2) ส่วนถ่ายเทความร้อน ในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาระบบทำความเย็นในพื้นที่เปิดเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับระบบฟาร์มเปิดที่ต้องการความเย็นแบบประหยัด จากการทดลองพบว่าระบบท่อทองแดงเย็นสามารถปรับอุณหภูมิให้ลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 องศาเซลเซียส โดยการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ ตั้งเฮง ยนต์สฤตกุล และคณะ [8] ซึ่งได้ใช้ท่อทองแดงเย็นทำการระบายความร้อน

2. จากทฤษฎีการนำความร้อน อากาศที่เย็นขึ้นเนื่องจากได้รับอุณหภูมิเย็นจากท่อทองแดงจะมีน้ำหนักมากกว่าอากาศร้อนที่อยู่รอบข้างจึงลอยตัวต่ำลงมีผลทำให้น้ำความเย็นลงสู่ด้านล่าง จากการทดลองดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบทำความเย็นในพื้นที่เปิดที่ไม่ต้องการความเย็นที่ต่ำมากนัก เช่น ระบบฟาร์มเปิด ระบบระบายความเย็นให้กับอุปกรณ์ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการนำผลการวิจัยไปใช้งาน ควรเตรียมแหล่งความเย็นให้เพียงพอทั้งนี้เนื่องจากในการหมุนเวียนแต่ละรอบน้ำที่กลับเข้ามาสู่ระบบจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ระบบให้อุณหภูมิที่ไม่แตกต่างกันจากนี้ควรมีพัดลมช่วยพัดจากด้านบนเพื่อเป็นการช่วยกดอากาศเย็นลงด้านล่างจะทำให้ได้ระยะที่เกิดอากาศเย็นได้ไกลมากขึ้น

การวิจัยในครั้งต่อไปจะนำชุดทดลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับฟาร์มเลี้ยงเป็ดไข่ ซึ่งเป็นฟาร์มแบบเปิด ทั้งนี้จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเปิดให้ผลผลิตดีในช่วงฤดูหนาว ส่วนในฤดูร้อนผลผลิตจะลดลง ดังนั้นหากสามารถทำให้อุณหภูมิภายในฟาร์มเปิดในช่วงฤดูร้อนลดต่ำลงได้น่าจะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของไข่เป็ดได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมปศุสัตว์. (2555). *คู่มือปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2555*. กลุ่มวิจัยและพัฒนาปศุสัตว์เชิงบูรณาการ สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี.
- [2] โสภณ บุญล้ำ, จุฑามาศ กระจ่างศรี, พีรวัจน์ ชูเพ็ง, และกมลพรรณ เจือกโวัน. (2555). *ไข่แดงเมืองไชยา ภูมิปัญญาไข่เค็ม*. เอกสารเผยแพร่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- [3] กรมปศุสัตว์. (2554). *คู่มือการเลี้ยงเป็ด*. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- [4] กระจ่าง วิสุทธธรมณ์. (ป.ป.ม.). *เอกสารประกอบการสอนการเลี้ยงดูเป็ด*. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] ไสว นามคุณ, ศิริพันธ์ โมราถบ และสวัสดิ์ ธรรมบุตร. (2542). *อาหารและความต้องการกรดอะมิโนของเป็ดไข่พันธุ์กากีแคมเบลล์ ปากน้ำ และลูกผสม*. รายงานผลงานวิจัยการปศุสัตว์ สาขาการปรับปรุงพันธุ์และการจัดการฟาร์ม. ประจำปี 2542.
- [6] คุณาพร เต็มปิยพล, สุวิชา เกษมสุวรรณ และวราพร พิมพ์ประไพ. (ป.ป.ม.). *รูปแบบการเลี้ยงและการผลิตเป็ดไข่ในจังหวัดสุพรรณบุรี อยุธยา และนครปฐม*. สืบค้นจาก <http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC5003001.pdf>
- [7] สอนง ศรีเจริญ. (ป.ป.ม.). *เทคนิคการเลี้ยงเป็ดไข่ในฤดูหนาว*. สืบค้นจาก <http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=4500&s=tblanimal>
- [8] ตั้งเฮง ยนต์สฤตกุล, อภิวัฒน์ เพชรวงค์ และบัญชา โมรานอก. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์โดยระบบทำความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับแผ่นเพลทีเยอร์. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1*, มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด.

- [9] นิติรงค์ พงษ์พานิช, วชรพล ชยประเสริฐ, ภัทรพร สัญชาติเจตน์, อธิเดช มูลมั่งมี และกฤษฎา แสงเพชรส่อง. (2558). การพัฒนาและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนแบบ Evaporative cooling. *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร*.
- [10] คุณากร สีหนู, ัญญวรราช บุชบา, ธาณิล ม่วงพูล และอวยชัย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถจักรยานยนต์ระยะไกลโดยใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่. *การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 3. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*
- [11] วรปภา อารีราษฎร์, อภิชาติ เหล็กดี และธนศ ยืนสุข. (2558). ผลการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซี โดยใช้เรสพ์เบอร์รี่ไฟ. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 2(2), 64-71*.
- [12] กษมา ศิริสมบูรณ์. (2551). *การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)*. พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม.