



การพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ เพื่อแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม

Development of the Solar Oven with Automatic Hybrid System for Processing Agricultural Products

กฤษณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี, ปรัชกรณ์ เศรษฐเสถียร
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติเพื่อแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม เพื่อขจัดปัญหาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบธรรมดาที่อบแห้งผลผลิตได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวันให้สามารถอบแห้งได้ในทุกเวลาและทุกฤดูกาล จากผลการศึกษาพบว่า ทิศทางที่เหมาะสมในการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ทิศเหนือเนื่องจากสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน ส่วนการทำงานในระบบไฟฟ้าสวิทช์แสงจะสั่งให้ชุดฮีตเตอร์อินฟราเรดและพัดลมระบายอากาศทำงานโดยอัตโนมัติที่เวลาประมาณ 18.00 น. เพื่อสร้างความร้อนให้กับเตาอบในช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงที่มีแสงอาทิตย์น้อย (ฤดูฝน) ซึ่งจะแบ่งการทดสอบการทำงานในระบบไฟฟ้าออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การทดสอบตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส, 50 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการตั้งค่าอุณหภูมิดังกล่าว พบว่า ในเวลา 1 ชั่วโมงของแต่ละอุณหภูมิ ระบบไฟฟ้าจะถูกต่อใช้งาน 20 นาที, 35 นาที และ 50 นาทีตามลำดับ และมีค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้งานเท่ากับ 1.15 แอมแปร์

คำสำคัญ : เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์, ฮีตเตอร์อินฟราเรด, ระบบไฮบริด

Abstract

The research studied on the development of the solar oven with automatic hybrid system for agricultural product processing. The oven was aimed to reduce problems by using regular in the normal solar oven which works only in daytime in order to use it anytime.

The result found that the suitable direction for installing the solar oven was facing the north for the sunlight all day. The photo switch could command infrared heater set and ventilators to start working automatically at 6 p.m. This operation could be used in of the night and in rainy season The temperature for testing the electric system was set at 40°C, 50°C, and 60°C The results found that in an hour of the testing, the electric system operated at 20,35 and 50 minutes, respectively while the electric current was 1.15 Amp.

Keywords : Solar Oven infrared, heater, Hybrid system



บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่อยู่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่จึงนิยมประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลักและได้รับการขนานนามว่าเป็นเมืองแห่งผลไม้ ซึ่งถือว่าเป็นจังหวัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรและมีผลผลิตภาคเกษตรกรรมสูงจากการเข้าศึกษาข้อมูลในจังหวัดจันทบุรี พบว่ามีพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกในจังหวัดจันทบุรีอยู่ 11 ชนิด อันได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด สละ ลองกอง ลำไย พริกไทย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ยางพารา และการทำนาข้าว นอกเหนือจากนี้ก็จะเป็นการปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และการทำประมงจากการสำรวจข้อมูลการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมในปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมอยู่ประมาณ 2,125,094 ไร่ โดยมีการปลูกพืชชนิดต่างๆ คิดได้เป็นร้อยละ 90% ของพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรมทั้งหมด และมีพื้นที่ปล่อยให้รกร้างกับการทำประมงคิดเป็นร้อยละ 10% (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี,ออนไลน์, 2558) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีพื้นที่การทำเกษตรกรรมอยู่เป็นจำนวนมาก แล้วทำไมกลุ่มเกษตรกรภายในจังหวัดจันทบุรีจึงยังไม่ประสบความสำเร็จในอาชีพเกษตรกรรมเท่าที่ควร จากการลงสำรวจกลุ่มชุมชนเป้าหมายพบประเด็นที่สำคัญเกี่ยวกับการแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม เนื่องจากยังขาดความรู้และเทคโนโลยีในการแปรรูปผลผลิต เมื่อผลผลิตมีจำนวนมากก็ต้องรีบจำหน่ายผลผลิตนั้นและมักถูกกดราคาจากพ่อค้าคนกลางอยู่เสมอสาเหตุก็เพราะการแปรรูปผลผลิตในลักษณะดั้งเดิม (การตากแห้งแบบธรรมชาติ) กระทำได้ค่อนข้างลำบาก คือต้องเสี่ยงกับมด แผลงวัน และสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น ฝนตก ทำให้ผลผลิตเสียหายเป็นจำนวนมากการแปรรูปผลผลิตจึงกระทำได้ไม่ดี กลุ่มชุมชนจึงขาดโอกาสในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตของตนเอง

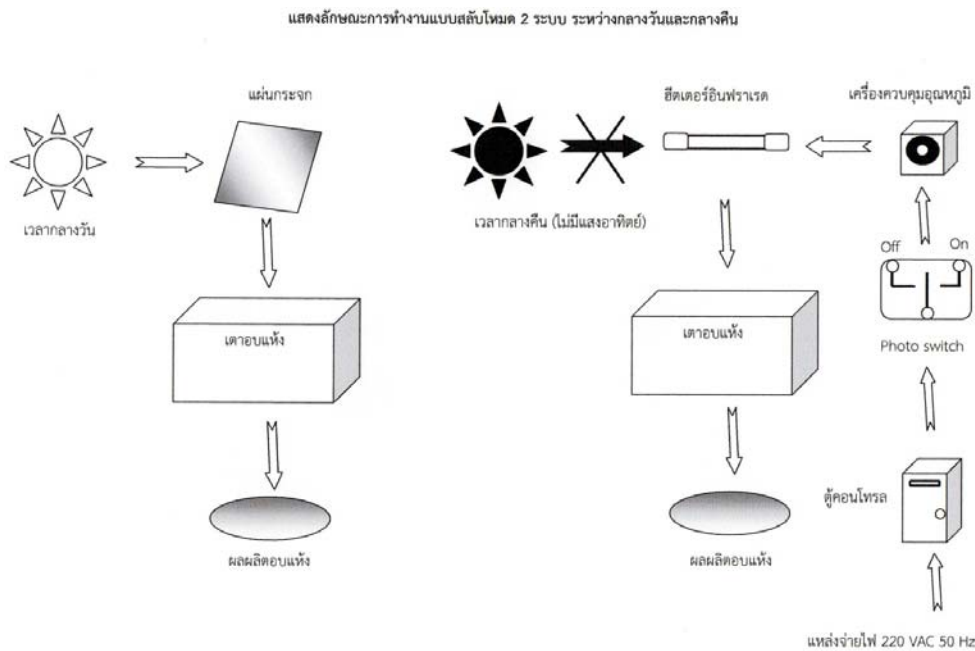
คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ในเรื่องการแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตภาคการเกษตรให้กับกลุ่มชุมชน โดยจะนำหลักการทางวิศวกรรมเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาให้มีประสิทธิภาพ คือ การพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติเพื่อแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม เพื่อช่วยยืดอายุผลผลิตที่จะนำมาแปรรูปให้ยาวนานยิ่งขึ้นและปราศจากแมลงรบกวน โดยจะมีการพัฒนาเป็นระบบไฮบริดคือให้การอบผลผลิตสามารถกระทำได้แบบไร้ขีดจำกัด ซึ่งจะใช้การสร้างความร้อนจากแสงอาทิตย์และจากพลังงานไฟฟ้าผ่านชุด ฮีตเตอร์อินฟราเรด ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนลักษณะของการอบได้อย่างอัตโนมัติ สร้างความมั่นคงยั่งยืนตามวิธีแห่งความพอเพียงและการพึ่งพาตนเองของชุมชน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติจำนวน 1 เครื่อง
2. เพื่อทดสอบการทำงานเฉพาะตัวเครื่องของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติเท่านั้นและนำผลงานวิจัยที่ได้ไปถ่ายทอดเทคโนโลยีลงสู่กลุ่มชุมชนเป้าหมาย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและอุปกรณ์ในการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ เพื่อแปรรูปผลผลิตภาคเกษตรกรรม เช่น รูปแบบของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,ออนไลน์,2558) ขาดเตาอบชนิดมีล้อเลื่อน ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาได้
2. สำรวจพื้นที่การทำเกษตรกรรมของกลุ่มเป้าหมายเพื่อจัดหาพื้นที่ในการติดตั้งและวางระบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เพื่อให้เกิดความสะดวกในการบริหารจัดการในอนาคต
3. ศึกษาและพัฒนาชุดระบบการทำงานของชุดห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เช่นวิเคราะห์วัสดุและโครงสร้างของห้องอบแห้งเพื่อนำมาพัฒนา วิเคราะห์ขนาดของเตาอบให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน
4. ศึกษาและออกแบบชุดระบบไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของชุดฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) ให้เหมาะสมกับเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถทำงานได้แบบอัตโนมัติ ในช่วงเวลาที่ปริมาณแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ เช่น ช่วงเวลาฝนตกหรือช่วงเวลากลางคืน เป็นต้น
5. ดำเนินการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามรูปแบบที่กำหนด ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบถ้วน ถ่ายภาพลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานและการจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญ โดยมีลักษณะการทำงานดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการทำงานแบบสลับโหมด 2 ระบบระหว่างกลางวันและกลางคืน

6. หลังจากดำเนินการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะต้องมีการทดสอบการใช้งานการรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยจะดำเนินการทดสอบเฉพาะระบบการทำงานของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดเท่านั้น ส่วนการทดสอบการอบแห้งเพื่อหาค่าอัตราการทำแห้งของผลผลิตนั้นๆ จะดำเนินการทดสอบหาค่าอัตราการทำแห้งในงานวิจัยคราวต่อไป

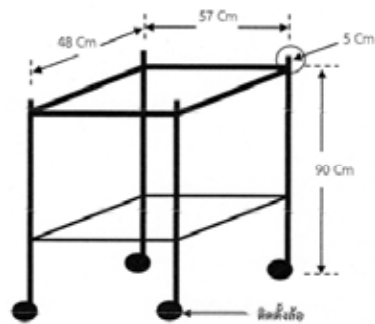
7. นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวนำมาถ่ายทอดลงสู่กลุ่มชุมชนเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งให้เกิดขึ้นแก่ชุมชน

8. จัดทำรูปเล่มสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงานทางวิชาการและการตีพิมพ์ในวารสารระดับต่างๆ

ผลการวิจัย

1. ลำดับขั้นตอนในการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ

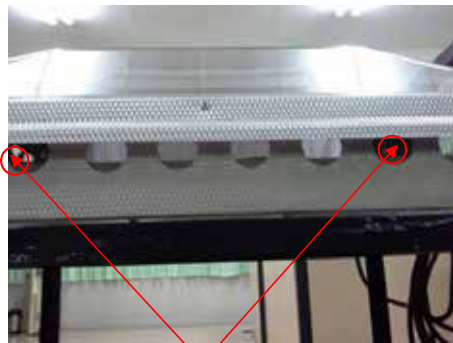
1.1 พัฒนาชุดโครงสร้างของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์
เริ่มตั้งแต่ในส่วนของตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เนื่องจากจะใช้เป็นห้องอบสำหรับสร้างความร้อนให้กับผลผลิต คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตจากวัสดุอลูมิเนียมและสเตนเลสสามารถป้องกันสัตว์พาหะนำโรคชนิดต่างๆ เหตุผลก็เพื่อความสะอาดและถูกสุขอนามัยของผู้บริโภค ซึ่งจะมีขนาด 46 x 56 เซนติเมตรเมื่อได้ตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แล้วก็มาถึงการออกแบบขาตั้งของตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะทำการออกแบบให้มีล้อที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยง่าย เพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยเลือกพัฒนาขาตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำด้วยเหล็กฉากเพราะราคาถูกและนำมาออกแบบได้ง่ายแล้วนำมาพัฒนาตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะมีขนาด 48 x 57 เซนติเมตร และมีความสูงจากพื้นถึงฐานรองรับเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 90 เซนติเมตร เนื่องจากมีความเหมาะสมในการใช้งานด้านการเกษตร (เซฟเทคโนโลยีแลนด์.ออนไลน์.2559) ซึ่งรูปแบบขาตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบและการจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์จะแสดงดังในภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 และ 3 การออกแบบขาตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และการจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

1.2 ออกแบบและพัฒนาชุดระบบไฟฟ้าของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในส่วนของการพัฒนาชุดระบบไฟฟ้าของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์นั้น จะประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญ คือ ติดตั้งพัดลมขนาดเล็กสำหรับควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในเตาอบ โดยจะทำการติดตั้งพัดลมทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ขั้นตอนถัดมาดำเนินการติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรด (สุพรีมไลน์ส,ออนไลน์,2558) จำนวน 2 ชุดภายในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เช่นกัน เพื่อใช้สำหรับสร้างความร้อนให้กับเตาอบในขณะที่ไม่มีแสงแดดหรือช่วงเวลากลางคืนที่ต้องการเร่งการอบผลผลิตให้ทันต่อความต้องการเพื่อบริโภคหรือจำหน่ายและลดอัตราการเกิดเชื้อราในผลผลิตเมื่อใช้งานในฤดูฝน ซึ่งฮีตเตอร์อินฟราเรดนี้จะถูกต่อแบบอนุกรมกันเพื่อให้ติดตั้งได้ง่ายและสวยงาม ลักษณะการติดตั้งพัดลมขนาดเล็กและการติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดจะแสดงในภาพที่ 4 และ 5



พัดลมขนาดเล็ก



ฮีตเตอร์อินฟราเรด

ภาพที่ 4 และ 5 แสดงการติดตั้งพัดลมขนาดเล็กและการติดตั้งชุดฮีตเตอร์อินฟราเรด

หลังจากติดตั้งชุดฮีตเตอร์อินฟราเรดแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนดำเนินการออกแบบและติดตั้งชุดระบบไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของชุดฮีตเตอร์อินฟราเรดและพัดลมขนาดเล็ก คือ เริ่มจากการติดตั้งกล่องคอนโทรลกันฝนจำนวนสองกล่อง บริเวณด้านหลังของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เหตุผลก็เพื่อความเรียบร้อยสวยงามและเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ภายในกล่องคอนโทรลชุดแรกจะทำการติดตั้งชุดเบรกเกอร์เพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 VAC 50 Hz แล้วส่งผ่านไปยังชุดสวิทช์แสงแดด (Photo Switch) เพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีแสงแดดหรือช่วงเวลากลางคืนที่ต้องการเร่งการอบผลผลิต พร้อมกับติดตั้ง Adapter ขนาด 12 VDC เพื่อจ่าย Photo Switch Wire 4 m. Adapter 12 VDC Breaker Pilot Lamp Thermostat แรงดันไฟฟ้าให้กับพัดลมขนาดเล็กจำนวน 4 ชุด และติดตั้งสายไฟขนาดความยาว 4 เมตร เพื่อใช้สำหรับนำพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ชุดระบบไฟฟ้า ลักษณะการติดตั้งชุดระบบไฟฟ้าในกล่องคอนโทรลชุดแรกจะแสดงในภาพที่ 6



ในส่วนของการติดตั้งชุดระบบไฟฟ้าในกล่องคอนโทรลกันฝนชุดที่สอง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ หรือที่เรียกว่าเทอร์โมสตัท (Thermostat) (คลังความรู้ช่างเทคนิค, ออนไลน์, 2558) เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เหมาะสมกับการอบผลผลิตไม่ให้ร้อนสูงหรือร้อนน้อยเกินไป และติดตั้งหลอดไฟแสดงผลการทำงานจำนวน 1 หลอด (Pilot Lamp) ลักษณะการติดตั้งชุดระบบไฟฟ้าในกล่องคอนโทรลชุดที่สองจะแสดงดังในภาพที่ 7

ในการวางระบบวงจรไฟฟ้ามีความจำเป็นต้องเจาะรูเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อติดตั้งสายไฟไปยังชุดระบบไฟฟ้าภายในกล่องคอนโทรล ซึ่งอาจทำให้สายไฟที่ติดตั้งถูกบาดเป็นแผลได้ง่าย และอาจทำให้กระแสไฟฟ้าไหลลง โครงของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ จึงจำเป็นต้องสวมปลอกฉนวนเพิ่มในบริเวณดังกล่าว เพื่อป้องกันการลงโครงของกระแสไฟฟ้า (ไฟรั่ว) และต้องมีการทดสอบโดยใช้มัลติมิเตอร์ (พีป้อลเทคโน. ออนไลน์, 2558) ตั้งย่านวัดในย่านวัดค่าความต้านทาน (โอห์ม) โดยจะวัดระหว่างสายไฟกับโครงของเตาอบเพื่อให้แน่ใจว่ามีความปลอดภัยสูงสุด ลักษณะการป้องกันอันตรายดังกล่าวจะแสดงในภาพที่ 8 และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เสร็จสมบูรณ์จะแสดงในภาพที่ 9

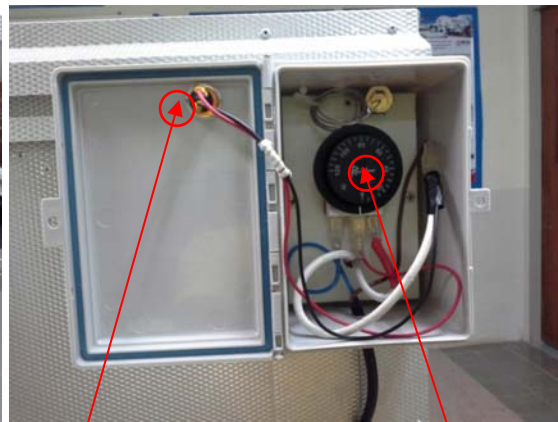
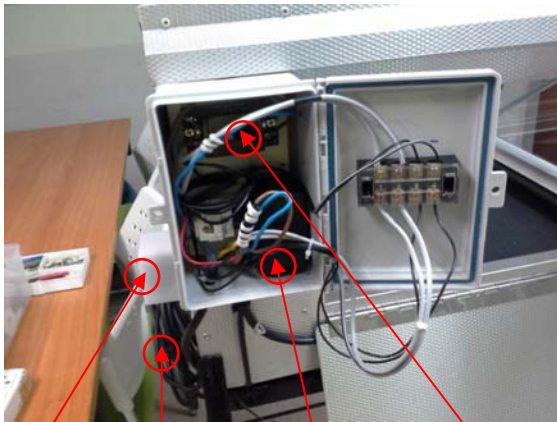


Photo Switch Wire 4 m. Adapter 12 VDC Breaker

Pilot Lamp

Thermostat

ภาพที่ 6 และ 7 การติดตั้งชุดระบบไฟฟ้าในกล่องคอนโทรลกันฝนทั้งสองชุด



ภาพที่ 8 และ 9 การตรวจสอบการลงโครงในระบบไฟฟ้าและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดที่เสร็จสมบูรณ์



2. หลักการทำงานของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ

เมื่อติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่กลางแจ้งเตาอบจะทำการอบผลผลิตในเวลากลางวันด้วยพลังงาน จากแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาที่แผ่นกระจกรับแสง เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกพื้นอลูมิเนียมสีดำซึ่งอยู่ในเตาอบก็จะทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนสะสมไว้ ทำให้อุณหภูมิภายในเตาอบสูงขึ้นโดยมีอุณหภูมิประมาณ 40 - 60°C อากาศร้อนในเตาอบจะถ่ายเทความร้อนที่มีอยู่ในอาหารให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านหลังของเตาอบอากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้ามาทางช่องลมที่อยู่ส่วนล่างทางด้านหน้าของเตาอบเข้ามาแทนที่อากาศร้อน ซึ่งจะเป็นการถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารแบบธรรมชาติ (เกษตรพอเพียง คลับ,ออนไลน์,2558) ตลอดเวลาในช่วงเวลากลางวันและเมื่อแสงอาทิตย์เริ่มหมดลงหรือเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืน ชุดสวิทช์แสงแดด (Photo Switch) ก็จะทำการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังชุดระบบไฟฟ้าสั่งให้ฮีตเตอร์อินฟราเรดจำนวน

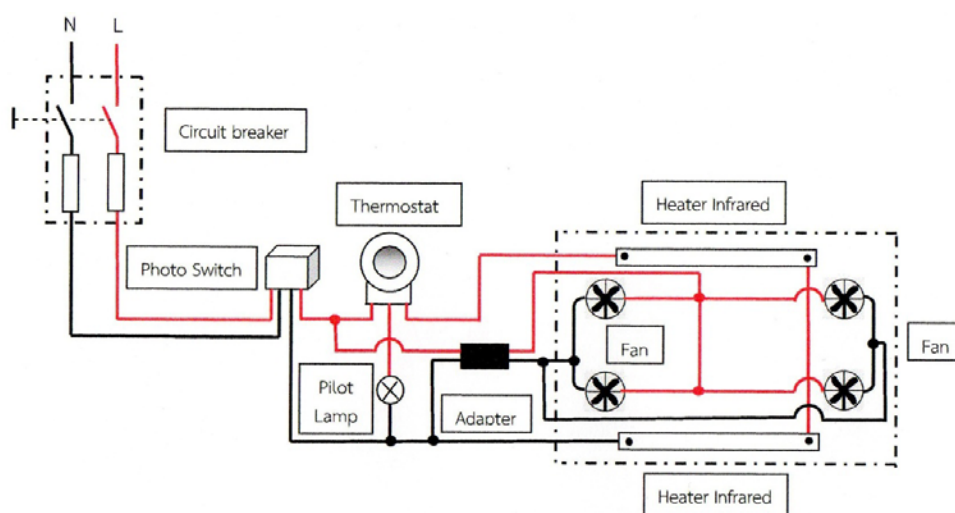
2 ชุดเริ่มทำงาน เพื่อสร้างความร้อนให้กับเตาอบและจะถูกควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมด้วยเทอร์โมสแตท พร้อมทั้งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดพัดลมขนาดเล็กจำนวน 4 ชุด ให้ทำงานควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในเตาอบให้แห้งเร็วขึ้น และเมื่อแสงอาทิตย์ของวันใหม่เริ่มขึ้นชุดสวิทช์แสงแดดก็จะตัดการจ่ายแรงดันไฟฟ้าอย่างอัตโนมัติ และจะทำงานหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดเวลาตามระบบการทำงานของวงจรไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้ ลักษณะระบบการทำงานของวงจรไฟฟ้าดังกล่าวจะแสดงในภาพที่ 10

3. ผลการศึกษาการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ

หลังจากได้ทำการออกแบบและดำเนินการจัดสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะดำเนินการหาค่าอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามทิศต่างๆ เพื่อให้ได้ทิศทางที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งใช้งาน ซึ่งจะดำเนินการจัดเก็บข้อมูลเป็น 4 ช่วงเวลาเพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลค่าอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามทิศทางต่างๆเพื่อให้เหมาะสมต่อการติดตั้งใช้งาน

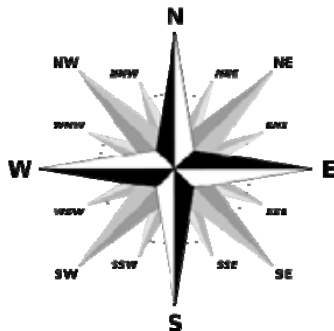
รายการ	ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล (มิถุนายน 2559 ช่วงฤดูฝน)				ลำดับที่
	เวลา 9.00 น.	เวลา 12.00 น.	เวลา 15.00 น.	เวลา 18.00 น.	
ทิศตะวันออก	4.5 °C	55.0 °C	42.0 °C	35.5 °C	3
ทิศตะวันตก	38.0 °C	55.0 °C	48.0 °C	37.5 °C	4
ทิศเหนือ	47.0 °C	55.0 °C	46.0 °C	37.0 °C	1
ทิศใต้	44.5 °C	55.0 °C	46.5 °C	36.5 °C	2



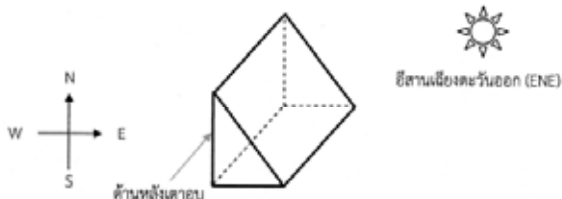
ภาพที่ 10 แสดงระบบการทำงานของวงจรไฟฟ้าในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริด



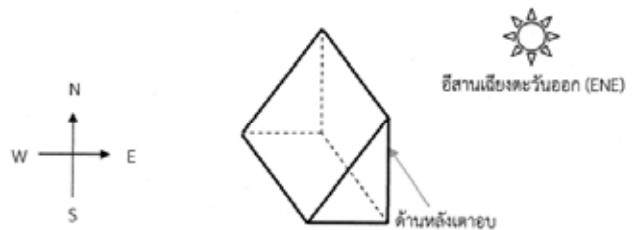
จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะเห็นว่าทิศเหนือมีความเหมาะสมในการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด เพราะสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน เหตุผลก็เนื่องมาจากพื้นที่ที่ติดตั้งใช้งานนั้นอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน 2559 ซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จากการสังเกตและวัดทิศทางการขึ้นของดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า พบว่าดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงแต่จะคล้อยไปทางทิศเหนือเล็กน้อย คือเป็นลักษณะของดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศอีสานเฉียงตะวันออก (East-northeast ENE) ไม่ได้ขึ้นทางด้านทิศตะวันออกเฉียงโดยตรง จึงทำให้ทิศเหนือนั้นได้รับแสงอาทิตย์ค่อนข้างมากและได้รับตลอดทั้งวันทำให้ทิศเหนือมีความเหมาะสมต่อการติดตั้งใช้งานมากที่สุด ลักษณะของการกำหนดทิศทางภูมิศาสตร์และการวิเคราะห์การรับแสงอาทิตย์ตามทิศต่างๆ จะแสดงดังในภาพที่ 11 - 15



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการกำหนดทิศทางภูมิศาสตร์ (Compass Points)



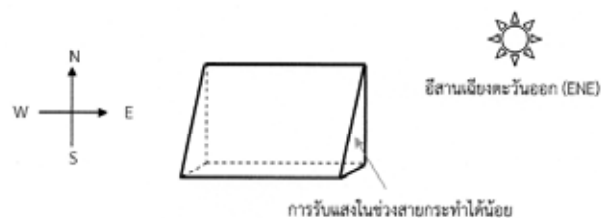
ภาพที่ 12 การจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทางทิศตะวันออกเฉียงมีข้อเสียคือจะทำให้รับแสงได้น้อยในช่วงบ่ายและช่วงเย็นเพราะด้านหลังเตาอบปิดทึบ



ภาพที่ 13 การจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทางทิศตะวันตกมีข้อเสียคือจะทำให้รับแสงได้น้อยในช่วงเวลาเช้าและสาย เพราะด้านหลังเตาอบปิดทึบ



ภาพที่ 14 การจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทางทิศเหนือมีข้อดีคือจะทำให้รับแสงได้ตลอดทั้งวัน



ภาพที่ 15 การจัดวางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทางทิศใต้มีข้อเสียคือจะทำให้รับแสงด้านหน้าและด้านข้างได้น้อยในช่วงเวลาเช้าและสาย เพราะดวงอาทิตย์ขึ้นทางด้านทิศอีสานเฉียงตะวันออก (ENE)

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และได้ดำเนินการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่กลุ่มเป้าหมายแล้วก็ได้ดำเนินการทดสอบการทำงานในระบบไฟฟ้า เป็นลำดับต่อมาโดยสวิตช์แสงหรือ Photo Switch จะเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้ชุดระบบไฟฟ้าทำงานที่เวลาประมาณ 18.00 น. เป็นต้นไป ซึ่งลักษณะของการจัดเก็บข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การจัดเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิ 40°C, 50°C และ 60°C ตามลำดับดังในตารางที่ 2 - 4 และตารางค่าพลังงานกับตารางคุณสมบัติจะแสดงในตารางที่ 5 และ 6



ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการทดสอบในระบบไฟฟ้า
โดยตั้งอุณหภูมิที่ 40°C

การทดสอบในระบบไฟฟ้า ตั้งอุณหภูมิ 40°C เริ่มทำงานเวลา 18.00 น. (มิถุนายน พ.ศ.2559)			
เวลาที่ใช้ทดสอบในระบบไฟฟ้า	รอบเวลาที่ใช้ในระบบไฟฟ้า	การทำงานของวงจรไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้าใช้งานในระบบไฟฟ้า
18.00 น. - 18.09 น. (เริ่มทำงานครั้งแรก)	9 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.09 น. - 18.25 น.	16 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.25 น. - 18.30 น.	5 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.30 น. - 18.46 น.	16 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.46 น. - 18.51 น.	5 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.51 น. - 19.07 น.	16 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
รวมเวลาที่ถูกต้องใช้งานในระบบไฟฟ้า		19 นาที หรือประมาณ 20 นาที	

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการทดสอบในระบบไฟฟ้า
โดยตั้งอุณหภูมิที่ 50°C

การทดสอบในระบบไฟฟ้า ตั้งอุณหภูมิ 50°C เริ่มทำงานเวลา 18.00 น. (มิถุนายน พ.ศ.2559)			
เวลาที่ใช้ทดสอบในระบบไฟฟ้า	รอบเวลาที่ใช้ในระบบไฟฟ้า	การทำงานของวงจรไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้าใช้งานในระบบไฟฟ้า
18.00 น. - 18.13 น. (เริ่มทำงานครั้งแรก)	13 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.13 น. - 18.20 น.	7 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.20 น. - 18.27 น.	7 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.27 น. - 18.34 น.	7 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.34 น. - 18.41 น.	7 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.41 น. - 18.48 น.	7 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.48 น. - 18.55 น.	7 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.55 น. - 19.02 น.	7 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
รวมเวลาที่ถูกต้องใช้งานในระบบไฟฟ้า		34 นาที หรือประมาณ 35 นาที	

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการทดสอบในระบบไฟฟ้า
โดยตั้งอุณหภูมิที่ 60°C

การทดสอบในระบบไฟฟ้า ตั้งอุณหภูมิ 60°C เริ่มทำงานเวลา 18.00 น. (มิถุนายน พ.ศ.2559)			
เวลาที่ใช้ทดสอบในระบบไฟฟ้า	รอบเวลาที่ใช้ในระบบไฟฟ้า	การทำงานของวงจรไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้าใช้งานในระบบไฟฟ้า
18.00 น. - 18.21 น. (เริ่มทำงานครั้งแรก)	21 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.21 น. - 18.26 น.	5 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.26 น. - 18.40 น.	14 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.40 น. - 18.45 น.	5 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
18.45 น. - 18.58 น.	14 นาที	ต้องวงจรการทำงาน (ON)	1.15 แอมป์
18.58 น. - 19.03 น.	5 นาที	ตัดวงจรการทำงาน (OFF)	0 แอมป์
รวมเวลาที่ถูกต้องใช้งานในระบบไฟฟ้า		49 นาที หรือประมาณ 50 นาที	

จากสูตร $P = V.I$ (ฟิสิกส์ราชมงคล.ออนไลน์.2559)

เมื่อ P แทนกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น

วัตต์ (W)

เมื่อ V แทนแรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น

โวลต์ (V)

เมื่อ I แทนกระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น

แอมป์ (A)

เมื่อระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีแรงดันไฟฟ้า

เท่ากับ 220 V

ค่ากำลังไฟฟ้า $P = 220 \text{ V} \times 1.15 \text{ A}$

$= 253 \text{ W}$

เพราะฉะนั้นค่ากำลังไฟฟ้าของการใช้งานในชุดระบบไฟฟ้า

เท่ากับ 253 W

การคิดค่าพลังงานไฟฟ้าจะคิดตามช่วงเวลาของการใช้งานในระบบไฟฟ้าหรือระบบไฮบริดคือช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. - 06.00 น. รวม 12 ชั่วโมง แต่จะคิดเฉพาะช่วงเวลาที่ฮีตเตอร์อินฟราเรดถูกต่อใช้งานเท่านั้น ซึ่งข้อมูลของค่าพลังงานไฟฟ้าจะแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบไฮบริด

ระดับของอุณหภูมิที่ทดสอบ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (เดือน)
การทดสอบที่อุณหภูมิ 40°C	90 บาท
การทดสอบที่อุณหภูมิ 50°C	180 บาท
การทดสอบที่อุณหภูมิ 60°C	225 บาท



ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบธรรมดา กับระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ

คุณสมบัติ	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบธรรมดา	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริด
1. หลักการทำงาน	ทำงานเฉพาะเวลากลางวันเท่านั้น	ทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง
2. รាយจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า	ไม่มี	ต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้า
3. การอบแห้งช่วงฤดูฝน	ผลผลิตแห้งช้าและเกิดเชื้อรา ทำให้ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ	ผลผลิตแห้งเร็วขึ้นและไม่ทำให้เกิดเชื้อรา สะอาด ปลอดภัย
4. เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน	ลดเวลาอบแห้งได้ เมื่อแสงมีน้อย ระบบไฟฟ้าจะทำงานอัตโนมัติ
5. การควบคุมอุณหภูมิ	ควบคุมอุณหภูมิไม่ได้	ในระบบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้

4. การนำผลงานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีลงสู่กลุ่มชุมชน

หลังจากได้ดำเนินการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติและได้ดำเนินการทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลที่สำคัญแล้ว ก็ได้้นำความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากการศึกษาวิจัยดังกล่าว นำลงอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มชุมชน คือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าศาลา ตำบลลำพัน อำเภอนาทม จังหวัดจันทบุรี และได้ประสานความร่วมมือกับองค์การบริหารส่วนตำบลลำพัน ซึ่งเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่คอยดูแลและให้ความช่วยเหลือคณะวิจัยภาพบรรยากาศของการถ่ายทอดเทคโนโลยีจะแสดงในภาพที่ 16 และ 17



ภาพที่ 16 และ 17 บรรยากาศการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริด



สรุปและอภิปรายผล

สรุปลำดับขั้นตอนในการพัฒนาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ

ตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นระบบไฮบริดได้นั้น จะต้องเป็นตัวเตาอบที่ผลิตจากวัสดุปลอดสนิมเท่านั้น เนื่องจากจะต้องติดตั้งใช้งานบริเวณกลางแจ้งที่แสงอาทิตย์ส่องถึง และเกี่ยวข้องกับการอบผลผลิตซึ่งเป็นอาหารที่ใช้ในการบริโภค วัสดุที่นำมาใช้จึงควรปลอดสนิมมีความสะอาดและถูกสุขอนามัย ซึ่งตัวเตาอบของงานวิจัยนี้จะมีขนาด 46×56 เซนติเมตร มีช่องนำอากาศเย็นเข้าบริเวณด้านหน้าของเตาอบและมีช่องนำอากาศร้อนออกสู่บริเวณด้านหลังเตาอบ พร้อมติดตั้งตาข่ายกันแมลงบริเวณช่องนำอากาศทั้งสองชุด ช่องใส่ผลผลิตจะอยู่บริเวณด้านหลังของเตาอบสามารถเปิด-ปิดได้ ภายในเตาอบจะมีที่วางผลผลิตทำมาจากสแตนเลส ในส่วนของขาตั้งเตาอบจะทำจากเหล็กฉากและติดตั้งล้อสำหรับให้เคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวก โดยจะมีขนาด 48×57 เซนติเมตร และสูง 90 เซนติเมตร ในส่วนของชุดระบบไฟฟ้าเริ่มจากติดตั้งพัดลมขนาดเล็กจำนวน 4 ชุด บริเวณช่องนำอากาศเข้าและช่องนำอากาศออก เพื่อช่วยในการไหลเวียนอากาศ จากนั้นติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดจำนวน 2 ชุด ติดตั้งชุดกล่องคอนโทรลในระบบไฟฟ้าจำนวน 2 ชุด กล่องคอนโทรลชุดแรกจะทำการติดตั้งเบรกเกอร์ขนาด 20 A จำนวน 1 ชุดเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าทั้งหมดและติดตั้งชุดสวิตช์แสงแดด (Photo Switch) เพื่อควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติของฮีตเตอร์อินฟราเรด และ Adapter ขนาด 12 V ไปยังพัดลมขนาดเล็กจำนวน 4 ชุด พร้อมติดตั้งสายไฟขนาดความยาว 4 เมตร เพื่อใช้สำหรับนำพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ชุดระบบไฟฟ้า ในกล่องคอนโทรลชุดที่สองติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ (Thermostat) เพื่อใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการอบผลผลิต พร้อมติดตั้งหลอดไฟแสดงผลการทำงานจำนวน 1 หลอด (Pilot Lamp) ในด้านของความปลอดภัยมีการใส่ปลอกฉนวนเพิ่มบริเวณที่ติดตั้งสายไฟและทำการตรวจสอบการลงโครงของระบบไฟฟ้า

ทำการทดสอบการหาค่าอุณหภูมิของตัวเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตามทิศทางต่างๆ พบว่า ทิศทางที่เหมาะสมต่อการติดตั้งคือทิศเหนือ เนื่องจากสามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน ในส่วนของชุดระบบไฟฟ้าเมื่อแสงอาทิตย์น้อยลงหรือเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืน สวิตช์แสงแดดจะสั่งให้ชุดระบบไฟฟ้าทำงานเวลาประมาณ 18.00 น. โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ลักษณะ คือที่อุณหภูมิ 40°C , 50°C และ 60°C ตามลำดับ จากการตั้งค่าอุณหภูมิดังกล่าวพบว่า ในเวลา 1 ชั่วโมงของแต่ละอุณหภูมิ ระบบไฟฟ้าจะถูกต่อใช้งาน 20 นาที, 35 นาที และ 50 นาทีตามลำดับ และมีค่ากระแสไฟฟ้า

ที่ใช้งานเท่ากับ 1.15 แอมแปร์ ดำเนินการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชนวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าศาลา ตำบลลำพัน อำเภอนาทม จังหวัดจันทบุรี โดยได้ประสานความร่วมมือกับองค์การบริหารส่วนตำบลลำพัน ซึ่งเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่คอยดูแลและให้ความช่วยเหลือคณะวิจัย

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้งานในชุดระบบไฟฟ้าอาจไม่จำเป็นต้องใช้งานทุกคืน ควรใช้งานเฉพาะช่วงฤดูฝนที่มีแสงแดดน้อยหรือช่วงที่ต้องการเร่งการอบผลผลิตเท่านั้น เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า
2. อาจนำระบบโซลาร์เซลล์มาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบไฮบริดแบบอัตโนมัติ เพื่อขจัดปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าและจะมีความคุ้มค่าในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี. (2557). การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.chanthaburi.doe.go.th>. 5 พฤศจิกายน 2557.
- เซฟเทคไทยแลนด์. (2557). การยศาสตร์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.safetechthailand.net/wizContent.asp?wizConID=311>. 5 พฤศจิกายน 2557.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2558). เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www3.egat.co.th/re/egat_business/egat_dryer/egat_dryer.htm. 5 พฤศจิกายน 2557.
- สุพรีมไลน์. (2558). ฮีตเตอร์อินฟราเรด. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.supremelines.co.th>. 8 ธันวาคม 2558.
- คลังความรู้ช่างเทคนิค. (2555). เครื่องควบคุมอุณหภูมิ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://iq-technician.blogspot.com/2012/02/temperature-controller.html>. 8 ธันวาคม 2558.
- เกษตรพอเพียงคลับ. (2558). การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.kasetporpeangclub.com>. 8 ธันวาคม 2558.
- วิชาการ. (2557). การใช้หม้อต้มเตอร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varicle/56421>. 8 ธันวาคม 2558.
- ฟิสิกส์ราชมงคล. (2559). สูตรการหาค่ากำลังไฟฟ้า. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek7.htm>. 9 พฤษภาคม 2559.