ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

กฤษณะ จันทสิทธิ์[1*], คมสัน มุ่ยสี[2], ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล[3]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี
[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี
[*]Corresponding author email: kritsana.c@rbru.ac.th

ได้รับบทความ: 18 เมษายน 2567
ได้รับบทความแก้ไข: 3 กรกฎาคม 2567
ยอมรับตีพิมพ์: 15 กรกฎาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งจะมีขนาด 90x160x130 เซนติเมตร แผงโซล่าเซลล์ทำมุมลาดเอียงที่ 15 องศา โดยจะต่อขนานกันจำนวน 4 แผง มีแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ 24-36 โวลท์ และมีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 800 วัตต์ ทำงานร่วมกับปั๊มน้ำแบบจุ่มชนิด 24 โวลท์ กำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ ผลการวิจัยพบว่าระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 รูปแบบ แบบแรกคือการสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์โดยตรง และแบบที่สองคือการสูบน้ำจากแบตเตอรี่ชนิด 24 โวลท์ ทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 07.00 น.-17.00 น. โดยช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือเวลา 11.00 น. ผลิตน้ำได้สูงสุด 27,000 ลิตรต่อชั่วโมง และผลิตกำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 781.15 วัตต์ ซึ่งช่วงเวลา 07.00 น. กับ 17.00 น. ประสิทธิภาพจะลดลงเหลือเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากค่าความเข้มแสงลดลง และค่าอุณหภูมิที่สะสมอยู่ในแผงตลอดทั้งวัน จะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ ในส่วนของระบบแบตเตอรี่จะผลิตน้ำได้สูงสุด 27,000 ลิตรต่อชั่วโมงเช่นกัน ซึ่งแผงโซล่าเซลล์จะชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มระบบได้เท่ากับ 2.25 ชั่วโมง และระบบแบตเตอรี่

จะใช้งานกับโหลดได้ครั้งละไม่เกิน 2.40 ชั่วโมง อีกทั้งมีค่าระดับของคะแนนความพึงพอใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเท่ากับ 4.56 คะแนน

คำสำคัญ: ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์/ โซล่าเซลล์/ พลังงานทางเลือก

Solar Cell Water Pump System for Thapsai Community PongNamRon District Chanthaburi Province

Kritsana Chantasit*[1], Komsan Muisee[2], Sarayut Chitphutthanakul[3]

[1] Logistics Engineering, Faculty of industrial Technology,
Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi
[2] Mechanical Engineering, Faculty of industrial Technology,
Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi
[3]Industrial Technology, Faculty of industrial Technology,
Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi
*Corresponding author email: kritsana.c@rbru.ac.th

Received: 18 April 2024
Revised: 3 July 2024
Accepted: 15 July 2024

Abstract

The objective of the study was to construct a solar cell water pump system for Thapsai subdistrict community, Pong Nam Ron district, Chanthaburi province. The sizes of the solar cell water pump were measured at 90x160x130 centimeters. The solar panels were equipped with a sloped angle of 15 degrees and were connected to 4 panels in parallel. The voltage production was 24 – 36 volts with the maximum power at 800 watts. It was working with a 24 volts submersible pump with a power capacity of 750 watts. The findings revealed that there were two working types of the solar cell water pump system. The first type was the direct system usage from the solar panels. The second type was to connect the system with the 24-volt batteries. It was tested from 7:00 hours to 17:00 hours, and the most effective time was at 11:00 hours which provided the highest amount of water at 27,000 liters per

hour. It produced electrical power at 781.15 watts. During 7:00 hours and 17:00 hours, the working efficiency would decrease and remain at 30 percent. This was due to the decreasing of light intensity and growing degree in the panels which directly affected the efficiency of the solar panels. Following the batteries connecting system, it also provided an amount of water at 27,000 liters per hour. The solar panels took 2.25 hours to fully charge, and the battery system could be used with load not rather than 2.40 hours. In addition, the level of satisfaction for technology transfer was at 4.56 scores.

Keywords: Solar Cell Water Pump System/ Solar Cell/ Alternative Energy

บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่บริเวณทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งมีภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรม ประชาชนในพื้นที่ จึงนิยมประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ และจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของจังหวัดจันทบุรี จากสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดจันทบุรี [1] พบว่ามีพืชเศรษฐกิจที่นิยมเพาะปลูกอยู่หลากหลายชนิด เช่น การปลูกผลไม้ การทำนาข้าว การปลูกพืชไร่ การปลูกพืชผัก การปลูกไม้ดอกไม้ประดับ การเลี้ยงสัตว์และทำประมง โดยมีพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมภายในจังหวัดจันทบุรีอยู่ที่ประมาณ 2,132,000 ไร่ แบ่งเป็นการปลูกพืชชนิดต่างๆ คิดเป็นร้อยละ 90 % ของพื้นที่การทำเกษตรกรรมทั้งหมด และมีพื้นที่รกร้างกับการเลี้ยงสัตว์และทำประมงคิดเป็นร้อยละ10 % ของการทำเกษตรกรรมทั้งหมดเช่นกัน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้ทราบได้ว่าการทำเกษตรกรรมของจังหวัดจันทบุรี จะมีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างยิ่ง และยังมีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจในระดับปะเทศด้วย ซึ่งในเขตของพื้นที่ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ก็เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการปลูกพืชที่มีชื่อว่า กระวาน ซึ่งเป็นพืชในตระกูลข่า มีสรรพคุณทางยาสมุนไพร ประชาชนจึงนิยมนำมาประกอบอาหารประเภทแกงป่า และอาหารประเภทต้ม มีกลิ่นหอมช่วยเจริญอาหารได้เป็นอย่างดี อีกทั้งพืชกระวานนี้จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าสูงอีกชนิดหนึ่งด้วย จากการศึกษาข้อมูลของหฤทัย แก่นลา [2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่6 โดยอธิบายว่าพืชกระวานจะเจริญเติบโตได้ดี ในสภาพพื้นที่และสภาพภูมิประเทศเป็นลักษณะป่าเขา เทือกเขาสูง และพื้นที่ลาดชันบริเวณเชิงเขาที่ระบายน้ำได้ดี ซึ่งพื้นที่ปลูกกระวานที่เหมาะสม จะอยู่ในเขตตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อนของจังหวัดจันทบุรี แต่ในบางพื้นที่มีปัญหาในเรื่องของระบบสายส่งไฟฟ้า ที่อยู่ห่างไกลจากแปลงเกษตรกรรม และมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง หากต้องการลงทุนในเรื่องของระบบสายส่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวนั้นยังมีแหล่งน้ำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้ และแหล่งน้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำเกษตรกรรม จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้เกษตรกรขาดโอกาสในการเพิ่มผลผลิตกระวานได้อย่างเต็มที่ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางที่จะนำน้ำที่มีอยู่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า คือจะจัดสร้างเป็นระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยของศักดิ์ทนงศ์ วงศ์เจริญและคณะ [3] ที่ได้ทำการ

จัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ ซึ่งจะใช้เวลาในการทดสอบ 10 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 08.00-17.00 น. และใช้ปั๊มน้ำขนาด 750 วัตต์ เป็นเครื่องสูบน้ำ โดยมีกำลังไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ 1,000 วัตต์ ซึ่งสามารถสูบน้ำได้เฉลี่ย 27,665 ลิตรต่อชั่วโมง โดยงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษานั้น เป็นแนวทางที่มีความใกล้เคียงกับความต้องการของกลุ่มชุมชนเป้าหมาย คือมีความต้องการปริมาณน้ำที่ไม่ต่ำกว่า 20,000 ลิตรต่อชั่วโมง อีกทั้งได้ทำการศึกษางานวิจัยของ กิตติยาพร พงค์พีระและคณะ [4] เกี่ยวกับการหาขนาดและการทดสอบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยนั่นเอง

โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ให้กับกลุ่มชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งจะออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ มีระบบการทำงานที่สามารถเลือกโหมดได้ 2 รูปแบบ เพื่อให้มีความครอบคลุมต่อความต้องการของกลุ่มชุมชน ใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาในข้างต้น มีอัตราการผลิตน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 20,000 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถทำงานได้ทั้งในขณะที่มีแสงอาทิตย์ และไม่มีแสงอาทิตย์ อันจะเป็นการเพิ่มผลผลิตพืชกระวานให้กับชุมชนได้เป็นอย่างดี

วัสดุและวิธีการ

1. ขั้นตอนของการจัดสร้างในระบบโครงสร้าง และอุปกรณ์จับยึดแผงโซล่าเซลล์ โดยเริ่มจากการจัดหารถเข็น เพื่อนำมาประยุกต์จัดสร้างเป็นชุดรถเข็นสำหรับอุปกรณ์จับยึดแผงโซล่าเซลล์ เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายไปยังแหล่งน้ำต่างๆได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งจะเริ่มด้วยการติดตั้งเสาเหล็กจำนวน 2 เสา โดยเสาด้านหน้ามีความสูงเท่ากับ 100 เซนติเมตร และเสาด้านหลังมีความสูงเท่ากับ 120 เซนติเมตร เพื่อให้ชุดแผงโซล่าเซลล์มีความลาดเอียงอยู่ที่ 15 องศา โดยจะจัดสร้างชุดสลักสำหรับปรับระดับความลาดเอียงของแผงโซล่าเซลล์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการพับเก็บ และการเคลื่อนย้ายแผงโซล่าเซลล์ ทำการจัดสร้างชุดคานรับน้ำหนักด้วยเหล็กกลมขนาด 4 หุน และเหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว และทำการจัดสร้างอุปกรณ์สำหรับจับยึดแผงโซล่าเซลล์ ดังจะแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการจัดสร้างอุปกรณ์จับยึดแผงโซล่าเซลล์

ลำดับถัดมาจะเป็นการจัดสร้างเสาด้านข้างรถเข็นจำนวน 2 เสา เพื่อใช้เป็นเสาทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของแผงโซล่าเซลล์ทั้งสองข้าง และยังสามารถพับเก็บได้ เมื่อไม่ได้ใช้งานแผงโซล่าเซลล์ ทำให้เกิดความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ต่อมาดำเนินการพ่นสีกันสนิมในระบบโครงสร้างให้เรียบร้อยสวยงาม และเป็นการช่วยยืดอายุการใช้งานของรถเข็นแผงโซล่าเซลล์ ดังจะแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การจัดสร้างชุดเสารับน้ำหนักแบบพับเก็บได้ และการพ่นสีกันสนิม

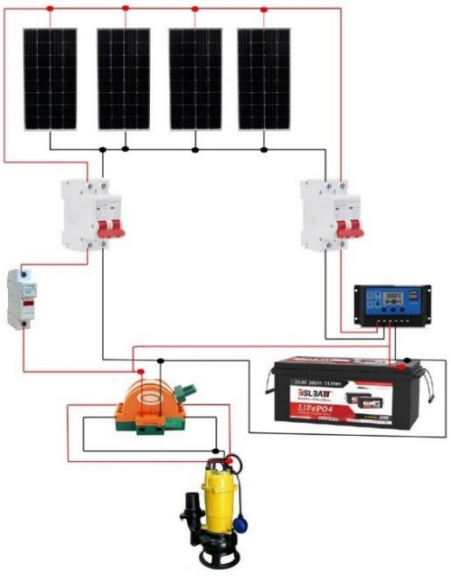
2. ขั้นตอนการจัดสร้างในระบบไฟฟ้า

โดยจะเป็นการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ ให้เกิดความเชื่อมโยง ในการทำงานร่วมกัน คือเริ่มจากทำการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ขนาดกำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ ชนิด 24 โวลท์ จำนวน 4 แผง และทำการต่อวงจรไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์เป็น

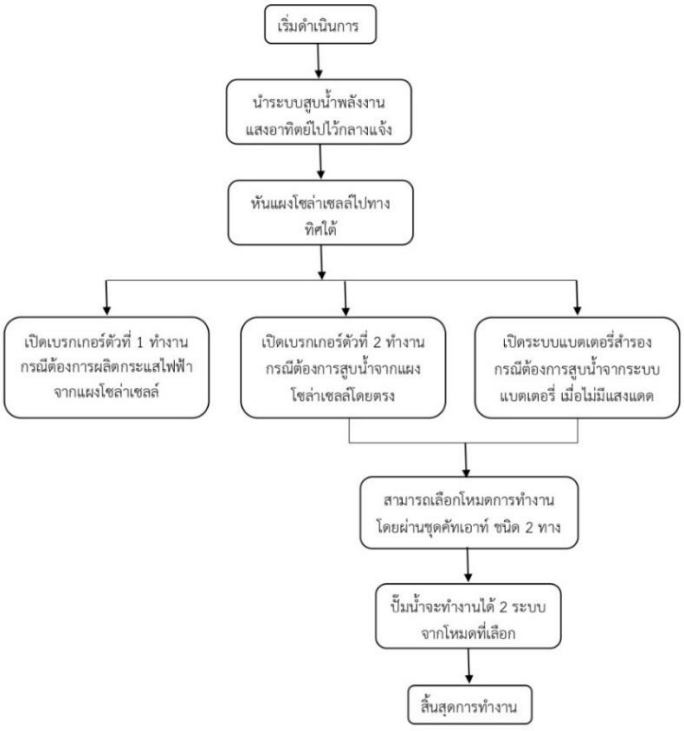
แบบขนาน (Parallel Circuit) ซึ่งจะทำงานร่วมกับชุดกล่องควบคุม เพื่อใช้ควบคุมการทำงานโดยรวมของระบบไฟฟ้าทั้งหมด โดยจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ เช่น การติดตั้งชุดเบรกเกอร์ ขนาด 50 แอมแปร์จำนวน 2 ตัว การติดตั้งชุดฟิวส์ตัดตอนอัตโนมัติขนาด 35 แอมแปร์ จำนวน 1 ตัว การติดตั้งแบตเตอรี่พร้อมชุดชาร์จประจุจำนวน 1 ชุด และการติดตั้งคัทเอาท์ชนิดสองทาง สำหรับเลือกโหมดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำแบบจุ่ม เพื่อให้ใช้งานได้ทั้ง 2 รูปแบบ คือแบบแรกในช่วงที่มีแสงอาทิตย์จะใช้ระบบสูบน้ำจากแผงโซล่าเซลล์ และแบบที่สองในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ จะใช้ระบบสูบน้ำจากชุดแบตเตอรี่สำรอง ซึ่งปั๊มน้ำแบบจุ่มจะทำงานที่แรงดันไฟฟ้าระหว่าง 24-40 โวลท์ และภายในปั๊มน้ำจะมีวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า พร้อมลูกลอยควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ และใช้ท่อส่งน้ำขนาด 3 นิ้วเพื่อนำน้ำออกไปใช้งาน ดังจะแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่สำคัญเข้ากับชุดรถเข็นแผงโซล่าเซลล์

ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการตรวจสอบความเรียบร้อยของการจัดสร้าง และการตรวจสอบการต่อวงจรในระบบไฟฟ้าโดยรวมอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงนำไปทดสอบการใช้งานเพื่อทำการจัดเก็บผลและวิเคราะห์ผลของข้อมูล ซึ่งไดอะแกรมการต่อวงจรไฟฟ้าของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะแสดงดังในภาพที่ 4 และ Flow Chart เพื่อใช้อธิบายหลักการทำงานของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะแสดงดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 แสดงไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์



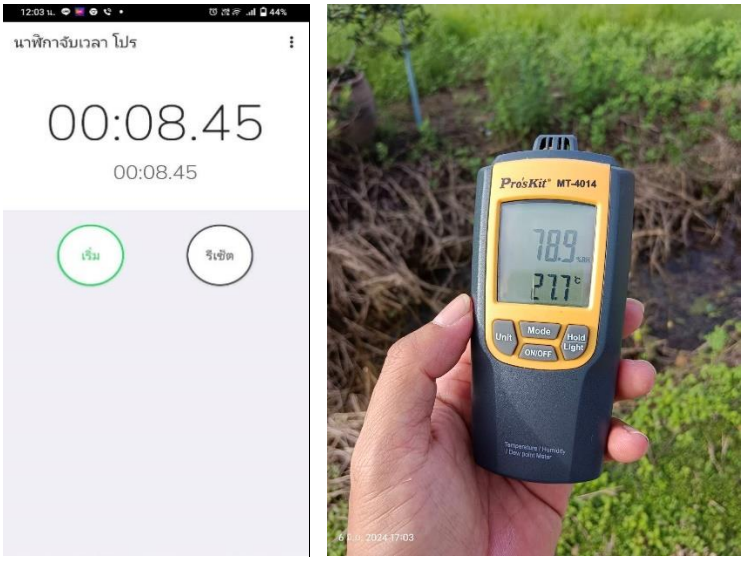
ภาพที่ 5 Flow Chart อธิบายหลักการทำงานของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการศึกษา

เมื่อได้ทำการจัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรีเป็นที่เรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบผลการทำงานของระบบตามช่วงเวลา 07.00น.-17.00น. โดยจะทำการวัดค่าความเข้มแสงของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงโซล่าเซลล์ ตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ด้วยเครื่องวัดค่าความเข้มแสงหรือลักซ์มิเตอร์ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT383 ซึ่งช่วงเวลาที่มีค่าความเข้มแสงมากสุดคือเวลา 11.00 น. และ 12.00 น. โดยมีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 139,200 ลักซ์ และ 141,400 ลักซ์ ตามลำดับ แต่จากข้อมูลของตารางที่ 1 และ 2 จะสังเกตเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 11.00 น. ระบบฯสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าและผลิตปริมาณน้ำได้มากกว่าช่วงเวลา 12.00 น. คือมีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 781.15 วัตต์ และ 742.08 วัตต์ ผลิตปริมาณน้ำได้เท่ากับ 27,000 ลิตรต่อชั่วโมงและ 24,600 ลิตรต่อชั่วโมง โดยมีเหตุผลอันเนื่องมาจากช่วงเวลา 12.00 น. มีอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส คือมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลา 11.00 น. ค่อนข้างมาก ทำการวัดผลด้วยเครื่องมือวัดค่าของอุณหภูมิยี่ห้อ Prokit รุ่น MT-4014 ในช่วงเดือนมีนาคม 2567 ซึ่งเป็นช่วงของฤดูร้อน ด้วยอุณหภูมิที่สูงนี้ จึงส่งผลทำให้ประสิทธิในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ลดลง อีกทั้งในช่วงเวลา 07.00 น และ 17.00 น. ประสิทธิภาพของระบบฯจะลดลงเหลือเพียงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่มีค่าความเข้มแสงค่อนข้างน้อย และระดับของอุณหภูมิที่สูงยังสะสมอยู่ในแผงโซล่าเซลล์ตลอดทั้งวัน จึงทำให้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีประสิทธภาพต่ำที่สุด ซึ่งในงานวิจัยของทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญ [5] ก็ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิบนแผงโซล่าเซลล์ที่มีต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าในระบบรวมแสง ซึ่งพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบนแผงโซล่าเซลล์ จะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดลงของแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ในการคำนวณหาอัตราการผลิตปริมาณน้ำนั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการสูบน้ำด้วยระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นำไปใส่ยังถังเก็บน้ำ เพื่อทำการจับเวลาขณะใส่น้ำให้เต็มถัง แล้วจึงนำข้อมูลของเวลาที่วัดได้นั้น นำมาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำที่ผลิตได้ โดยปริมาณน้ำที่ระบบฯสามารถผลิตได้สูงสุดคือ 27,000 ลิตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 11.00 น. และปริมาณน้ำที่ระบบฯสามารถผลิตได้ต่ำสุดคือ 8,100 ลิตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 17.00 น. ใช้คลิปแอมป์มิเตอร์ยี่ห้อ Kyoritsu รุ่น kew snap 200 ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของการ

ทดสอบ พบว่าช่วงเวลาที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดคือช่วงเวลา 11.00 น. เช่นกัน คือมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 35.80 โวลท์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 21.82 แอมแปร์ ซึ่งแผงโซล่าเซลล์นี้จะหันไปทางทิศใต้และมีความลาดเอียงเท่ากับ 15 องศา เนื่องจากได้ทำการศึกษาระดับความลาดเอียงที่เหมาะสมของแผงโซล่าเซลล์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [6] มีการให้ความรู้ในการประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและศักยภาพในการใช้แสงอาทิตย์ และให้ข้อมูลเกี่ยวกับความลาดเอียงที่เหมาะสมของแผงโซล่าเซลล์ ว่าควรมีความลาดเอียงเท่ากับ 15 องศา คือเป็นระดับความลาดเอียงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ซึ่งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ จะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ระหว่าง 24-36 โวลท์ มีค่ากำลังไฟฟ้าโดยรวมทั้ง 4 แผง โดยต่อแบบขนานเท่ากับ 800 วัตต์ ในส่วนข้อจำกัดของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีข้อจำกัดในเรื่องของแสงอาทิตย์ ที่เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกอยู่ตลอดเวลา และแผงโซล่าเซลล์ยังหมุนหาตามแสงไม่ได้ ซึ่งวิธีการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวนี้ในอนาคต โดยอาจออกแบบชุดติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้มีการหมุนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งอาจใช้แนวทางในการพัฒนาจากงานวิจัยของอิทธิพล เหลาพรม และวิษณุ บัวเทศ [7] ที่ได้ทำการออกแบบและจัดสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเคลื่อนที่หมุนตามดวงอาทิตย์ โดยใช้เทคโนโลยี Arduino Uno ที่ใช้เป็นตัวรับสัญญาณจากเซนเซอร์วัดปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ แล้วสั่งงานให้ชุดควบคุมขับเคลื่อนแผงโซล่าเซลล์ได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งลักษณะตัวอย่างของการวัดผลขณะทำการทดสอบจะแสดงดังในภาพที่ 6 และ 7 อีกทั้งข้อมูลของปริมาณน้ำที่ผลิตได้จะแสดงในตารางที่ 1 และข้อมูลของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะแสดงในตารางที่ 2

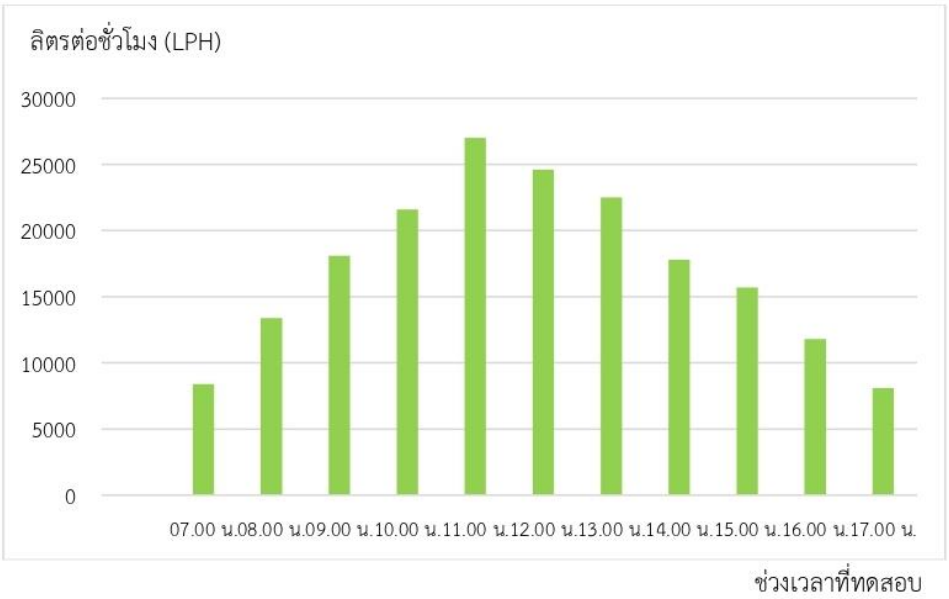
ภาพที่ 6 แสดงการวัดผลค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความเข้มแสง



ภาพที่ 7 แสดงการจับเวลาในการสูบน้ำและการวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำที่ผลิตได้ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

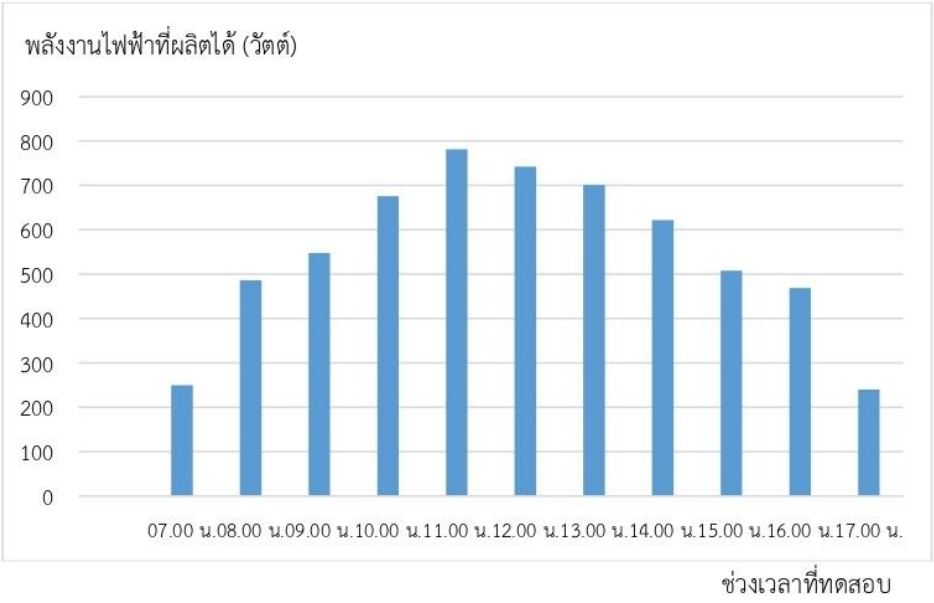
ช่วงเวลาที่ทดสอบ	ความเข้มแสง (LUX)	อุณหภูมิ (°C)	ลิตรต่อชั่วโมง (LPH)
07.00 น.	24,240	26	8,400
08.00 น.	67,850	28	13,400
09.00 น.	97,800	29	18,100
10.00 น.	138,800	30	21,600
11.00 น.	139,200	30	27,000
12.00 น.	141,400	35	24,600
13.00 น.	13,2500	35	22,500
14.00 น.	135,600	33	17,800
15.00 น.	99,800	33	15,700
16.00 น.	61,850	31	11,800
17.00 น.	23,530	28	8,100



ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลของปริมาณน้ำที่ผลิตได้

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์

ช่วงเวลาที่ทดสอบ	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (วัตต์)
07.00 น.	24.48	10.35	253.36
08.00 น.	30.85	15.80	487.43
09.00 น.	32.15	17.06	548.47
10.00 น.	34.50	19.58	675.51
11.00 น.	35.80	21.82	781.15
12.00 น.	35.22	21.07	742.08
13.00 น.	34.80	20.14	700.87
14.00 น.	34.08	18.26	622.30
15.00 น.	31.76	16.02	508.79
16.00 น.	31.04	15.12	469.32
17.00 น.	24.29	10.11	245.57



ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ จะถูกจัดสร้างให้มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการใช้งาน และยังสามารถเลือกโหมดของการทำงานได้ถึง 2 รูปแบบ คือแบบแรกน้ำจะถูกสูบขึ้นมาใช้งานด้วยการใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำโดยตรง และในแบบที่สองน้ำจะถูกสูบขึ้นมาใช้งานด้วยการใช้ชุดแบตเตอรี่สำรอง เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือในช่วงเวลากลางคืน ที่ต้องการสูบน้ำไปจัดเก็บยังถังเก็บน้ำต่างๆ โดยจะเลือกโหมดการทำงานผ่านชุดคัทเอาท์ชนิดสองทาง ซึ่งจะทำหน้าที่สลับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดหรือปั๊มน้ำ โดยข้อมูลคุณสมบัติของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลคุณสมบัติของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

คุณสมบัติระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	ผลทดสอบที่ได้
ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขณะพับเก็บ	90x160x130 เซนติเมตร
ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขณะกางออก	230x160x130 เซนติเมตร
จำนวนแผงโซล่าเซลล์	4 แผงๆละ 200 วัตต์
น้ำหนักของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์	85 กิโลกรัม
ค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์	24-36 โวลท์
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์	800 วัตต์
ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซล่าเซลล์	40.84 แอมแปร์
ขนาดกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบจุ่ม	750 วัตต์
ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ปั๊มน้ำแบบจุ่มทำงานได้	24-40 โวลท์
แบตเตอรี่ที่ใช้งาน	24 โวลท์ 75 แอมป์-ชั่วโมง
ระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มระบบ	2.25 ชั่วโมง
ระยะเวลาที่แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับโหลด	2.40 ชั่วโมง

โดยเฉพาะการทำงานในโหมดที่สองด้วยชุดระบบแบตเตอรี่สำรองนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบ Deep Cycle ชนิด 24 โวลท์ ขนาด 75 แอมป์-ชั่วโมง นำมาใช้เป็นอุปกรณ์จัดเก็บพลังงาน ที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 200 วัตต์ จำนวน 4 แผง ที่ทำการต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้ารวมของระบบเท่ากับ 800 วัตต์ โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 24-36โวลท์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าของแผงเท่ากับ

40.84 แอมป์แปร์ ซึ่งจะนำข้อมูลในข้างต้นมาคำนวณทางไฟฟ้าจากหนังสือของประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ [8] เพื่อหาระยะเวลาของการชาร์จประจุให้แบตเตอรี่ชาร์จได้เต็มระบบ และการคำนวณหาระยะเวลาใช้งานของแบตเตอรี่ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดหรือปั๊มน้ำแบบจุ่มขนาด 750 วัตต์ ก็จะสามารถอธิบายวิธีการคำนวณได้ดังนี้

แผงโซล่าเซลล์จำนวน 4 แผงๆละ 200 วัตต์ = 200 วัตต์ x 4 แผง
กำลังไฟฟ้ารวมของแผงโซล่าเซลล์ = 800 วัตต์
ใช้แบตเตอรี่ชนิด 24 โวลท์ 75 แอมป์-ชั่วโมง = 75 แอมป์-ชั่วโมง
= 24 โวลท์ x75 แอมป์-ชั่วโมง
= 1,800 วัตต์-ชั่วโมง

ชาร์จด้วยแผงโซล่าเซลล์ 4 แผง 800 วัตต์ $= \frac{\text{1,800 วัตต์-ชั่วโมง}}{\text{800 วัตต์}}$
ดังนั้นจะใช้เวลาในชาร์จประจุแบตเตอรี่ให้เต็มระบบ = 2.25 ชั่วโมง
ในกรณีที่ใช้แบตเตอรี่กับโหลดหรือปั๊มน้ำขนาด 750 วัตต์ = 750 วัตต์
ซึ่งแบตเตอรี่มีขนาด 1,800 วัตต์-ชั่วโมง $= \frac{\text{1,800 วัตต์-ชั่วโมง}}{\text{750 วัตต์}}$
ดังนั้นแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้กับโหลดหรือปั๊มน้ำ = 2.4 ชั่วโมง

เมื่อได้ทำการจัดสร้างระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เสร็จสมบูรณ์เป็นที่เรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการบริการวิชาการ และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี โดยมีผู้เข้ารับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีและผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 40 คน ซึ่งจะสามารถสรุปความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมได้ดังนี้

1. ด้านความพึงพอใจต่อวิทยากร ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจในด้านนี้โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 จากระดับคะแนนเต็ม 5

2. ด้านความพึงพอใจต่อสถานที่และการบริการ ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจในด้านนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 จากระดับคะแนนเต็ม 5

3. ด้านความพึงพอใจต่อความรู้ความเข้าใจ ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจในด้านนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 จากระดับคะแนนเต็ม 5

4. ด้านความพึงพอใจต่อการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจในด้านนี้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 จากระดับคะแนนเต็ม 5

โดยสรุปในภาพรวมของความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมหรือกลุ่มชุมชนเป้าหมาย คือจะอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ด้าน เท่ากับ 4.56 คะแนน ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการส่งมอบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ให้กับกลุ่มชุมชนเป้าหมาย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยตัวอย่างภาพการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีจะแสดงในภาพที่ 10 และผลของการประเมินความพึงพอใจจะแสดงดังในตารางที่ 4

ภาพที่ 10 แสดงภาพบรรยากาศการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี

ตารางที่ 4 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มชุมชนเป้าหมาย

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ						
	1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย
ด้านวิทยากรอบรม			4	15	21	40	4.42
ด้านสถานที่/การบริการ				10	30	40	4.75
ด้านความรู้ความเข้าใจ			2	18	20	40	4.45
ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์				14	26	40	4.65
ค่าเฉลี่ยรวม 4 ด้าน							**4.56**

วิจารณ์

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับชุมชนตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างให้เป็นระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ด้วยการติดตั้งชุดแผงโซล่าเข้ากับรถเข็นชนิด 3 ล้อ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกของการใช้งานไปยังแหล่งน้ำต่างๆ ซึ่งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในสภาพแวดล้อมโล่งแจ้งที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอในรอบวัน คือในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 น.-16.00 น. ซึ่งได้ทำการทดสอบวัดผลการทำงานในช่วงเดือนมีนาคม 2567 ในเขตพื้นที่ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี และเป็นช่วงฤดูร้อนที่สุดของประเทศไทย โดยช่วงเวลาที่มีค่าความเข้มแสงมากสุดคือช่วงเวลา 11.00 น. และ 12.00 น. คือมีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 139,200 และ 141,400 ลักซ์ ตามลำดับ และมีค่าของอุณหภูมิที่วัดได้คือ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าช่วงเวลา 12.00 น. จะมีค่าความเข้มแสงที่สูงกว่าช่วงเวลา 11.00 น.อย่างชัดเจน แต่ทำไมในช่วงเวลาดังกล่าวจึงผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อยกว่าในช่วงเวลา 11.00 น. ตามข้อมูลในตารางที่ 2 เหตุผลก็อันเนื่องมาจากในช่วงเวลา 12.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพันธกานต์ เกิดแสงสุริยงค์ [9] ซึ่งได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับรางรวมแสงพาราโบลา ผลงานวิจัยพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงดันวงจรเปิด

และกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงด้วย จากเหตุผลในข้างต้นจึงได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงกับค่าระดับของอุณหภูมิ ย่อมส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งในช่วงเวลา 07.00 น. และ 17.00 น. ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในช่วงเวลา 07.00 น. จะมีค่าความเข้มแสงที่ค่อนข้างน้อย และในช่วงเวลา 17.00 น. ก็จะมีค่าความเข้มแสงที่ค่อนข้างน้อยเช่นกัน และก็ยังมีค่าของอุณหภูมิที่สะสมอยู่ในแผงโซล่าเซลล์ตลอดทั้งวันด้วย

ในส่วนของการเลือกโหมดการทำงาน คือจะสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 รูปแบบ ซึ่งแบบแรกจะเป็นการสูบน้ำด้วยแผงโซล่าเซลล์โดยตรง และจะสามารถทำงานได้เท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน และแบบที่สองจะเป็นการสูบน้ำด้วยระบบแบตเตอรี่สำรอง และจะสามารถทำงานได้ครั้งละไม่เกิน 2.40 ชั่วโมง ต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มระบบ และจะใช้เวลาในชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มระบบเท่ากับ 2.25 ชั่วโมง ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสมศักดิ์ ชาดี [10] ซึ่งได้ทำการออกแบบและพัฒนาชุดสาธิตระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่เช่นกัน และยังสามารถทำงานได้ 2 รูปแบบด้วยแผงโซล่าเซลล์และระบบแบตเตอรี่สำรองเช่นกัน ซึ่งในการใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของแผงโซล่าเซลล์ที่ยังหันตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ไม่ได้ ซึ่งในอนาคตอาจพัฒนาการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ให้สามารถหันตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้โดยอัตโนมัติ ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนของการเพิ่มระยะเวลาการใช้งานของระบบแบตเตอรี่ ก็สามารถกระทำได้ด้วยการเพิ่มขนาดความจุของแบตเตอรี่ให้สูงขึ้น แต่ก็จำเป็นต้องแลกกับน้ำหนักที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยกลุ่มชุมชนเป้าหมาย มีค่าความพึงพอใจในภาพรวมของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 4.56 คะแนน

สรุป

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลของการวิจัยได้ดังนี้

1. สรุปผลการสูบน้ำด้วยแผงโซล่าเซลล์โดยตรง คือจะสามารถผลิตปริมาณน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 27,000 ลิตรต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา 11.00 น. ซึ่งจะมีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 139,200 ลักซ์ ระดับของอุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 35.80

โวลท์ และมีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 21.82 แอมแปร์ ซึ่งหากพัฒนาแผงโซล่าเซลล์ให้สามารถหันตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้อย่างอัตโนมัติ ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

2. สรุปผลการสูบน้ำด้วยระบบแบตเตอรี่สำรองชนิด 24 โวลท์ ขนาดกระแสไฟฟ้า 75 แอมป์-ชั่วโมง จะสามารถผลิตปริมาณน้ำได้สูงสุด27,000 ลิตรต่อชั่วโมงเช่นกัน ซึ่งจะเปิดการทำงานในระบบแบตเตอรี่ได้ครั้งละไม่เกิน 2.40 ชั่วโมง โดยสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล่าเซลล์ และใช้เวลาในการชาร์จได้เร็วสุดเท่ากับ 2.25 ชั่วโมง ในช่วงเวลา11.00 น. -14.00 น. ที่ค่าความจุแบตเตอรี่เท่ากับ 75 แอมป์-ชั่วโมง

3. ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ไปยังสถานที่หรือแหล่งน้ำต่างๆได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และเมื่อนำไปใช้งานยังสถานที่จริงจึงช่วยให้กลุ่มชุมชนเป้าหมาย ได้รับองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการสูบน้ำขึ้นมาใช้งานด้วยพลังงานที่สะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดข้อจำกัดในเรื่องของความห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเป็นการตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้อย่างครบถ้วน โดยมีระดับความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุดคือเท่ากับ 4.56 คะแนน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ประสบความสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ก็ด้วยความช่วยเหลือและการเป็นที่ปรึกษาจากท่านรองศาสตราจารย์พอพันธ์ สุทธิวัฒนะ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดจันทบุรี [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 2 ธันวาคม 2566]. เข้าถึงได้จาก : http://r02.ldd.go.th/cti/soil_dabase.html
2. หฤทัย แก่นลา. ศึกษาและสำรวจข้อมูลการผลิตกระวานและเร่วในพื้นที่ภาคตะวันออก. รายงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 2554 1-8.
3. ศักดิ์ทนงศ์ วงศ์เจริญและคณะ. การพัฒนาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและลดต้นทุนสวนแก้วมังกรของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตแก้วมังกรตำบลก่อเอ้ อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี 2561;8(1):165-176.

4. กิตติยาพร พงค์พีระและคณะ. การหาขนาดและการทดสอบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์อย่างง่าย. การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 16 2565. น. 324-334.
5. ทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญและคณะ. ผลของอุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าในระบบรวมแสง. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว 2560; 33(2): 107-122.
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [อินเทอร์เน็ต]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 9 มกราคม 2567]. เข้าถึงได้จาก https://2e-bulding .dede.go.th/content/ การประเมินพื้นที่ในการติดตั้งและศักยภาพในการใช้แสดงอาทิตย์
7. อิทธิพล เหลาพรม,วิษณุ บัวเทศ. การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเคลื่อนที่หมุนตามดวงอาทิตย์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 2559. น. 293-299.
8. ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ. วิศวกรรมไฟฟ้าภาคทฤษฎี. พิมพ์ครั้งที่ 1.ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์; 2549
9. พันธกานต์ เกิดแสงสุริยงค์ และคณะ. การเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับรางรวมแสงรูปประกอบพาราโบลา. การประชุมวิชาการ แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 2556. น. 292-299.
10. สมศักดิ์ ชาดีและคณะ. ชุดสาธิตระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ [ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต]. บุรีรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์; 2558.