

ระบบจ่ายน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลักดันความเค็มในดินสำหรับการปลูกผัก A SOLAR ENERGY WATER SUPPLY SYSTEM FOR DRIVING SOIL SALINITY FOR GROWING VEGETABLES

ประสิทธิ์ ภูสมมา^{1*} สถาพร เจริญศุภโชคกุล¹ ชัยยุทธ แม้นสมุทร¹ และ วัฒนา สมานจิตร์¹

Prasit Phoosomma^{1*}, Sathaphon Charernsophachokkul¹, Chaiyut Mansamut¹ and Wattana Samanjit¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการระบบราง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

¹ Railway System Management Engineering, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University

*Corresponding Author E-mail: prasit.p@dru.ac.th

Received October 11, 2024; Revised November 22, 2024; Accepted November 26, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมระบบจ่ายน้ำและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีดำเนินงานโดยการออกแบบเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1080 วัตต์ 96 โวลต์ เลือกเครื่องสูบน้ำเป็นแบบปั๊มบาดาลขนาด 600 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าดีซี 45 - 150 โวลต์ ควบคุมระบบสูบน้ำโดยเลือกใช้อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า (Inverter) เพื่อนำไปทดลองที่ความลึกของบ่อน้ำ 2 เมตร ผลการทดลองพบว่าขณะไม่มีโหลด ในสภาพอากาศแดดจัด ทำการทดลองสองครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 1 นาที วัดค่าความเข้มแสงได้ 947 วัตต์/ตร.ม กระแสมอเตอร์ 3.2 แอมป์ ค่าแรงดันไฟฟ้าดีซี 92.8 โวลต์ ค่ากำลังไฟฟ้า 757 วัตต์ และค่าความเร็วรอบ 3,200 รอบต่อนาที ทดลองต่อโหลด ในสภาพอากาศแดดจัดได้ค่าความเข้มแสง 764 วัตต์/ตร.ม กระแสมอเตอร์ 7 แอมป์ ค่าแรงดันไฟฟ้าดีซี 81.2 โวลต์ ค่ากำลังไฟฟ้า 640 วัตต์ และความเร็วรอบ 2,844 รอบต่อนาที อัตราการไหลของน้ำที่คิดเป็น 100 ลิตรต่อนาที ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ร้อยละ 67.75

คำสำคัญ: ระบบจ่ายน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ การผลักดันความเค็มในดิน การปลูกผัก

Abstract

This research aims to designed control the water supply system and find the efficiency of the solar water pump. The research methods is designed by using a 1080-Watt, 96-Volt solar panel. The water pump is selected as a 600-Watt deep well pump with a DC voltage of 45-150 Volts. The water pumping system is controlled by using an inverter. The experiment is conducted at a depth of 2 meters. The results show that when there is no load (the deep well pump has not been in water) in sunny weather conditions, the experiment is conducted twice. It takes 1 minute each time. The light intensity is 947 W/m², the motor current is 3.2 Amps, the DC voltage is 92.8 Volts, the power is 757 W, and the speed is 3,200 rpm. The load is tested in sunny weather conditions and the light intensity is 764 W/m², the motor current is 7 Amps, the DC voltage is 81.2 Volts, the power is 640 Watts, and the speed is 2,844 rpm. The water flow rate is 100 liters per minute. The solar water pump has an efficiency of 67.75 percent.

Keywords: Water supply system, Solar energy, Driving soil salinity, Growing vegetables

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและยังเป็นปัจจัยพื้นฐานทางด้านการผลิตต่างๆทั้งในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนส่งผลให้พลังงาน ถ่านหิน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ หรือเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ใกล้เคียงหมดไปจากโลกนี้ จึงทำให้ทั่วโลกเริ่มหันมาใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น ซึ่งก็คือ พลังงานที่ได้จากไม้ แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ ลม แสงอาทิตย์ และพลังงานจากคลื่นมหาสมุทร เป็นต้น โดยพลังงานทดแทนที่ดีจะต้องเป็นพลังงานสะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ มีจำนวนไม่จำกัดในช่วงชีวิตของโลกสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่องสามารถใช้งานได้หลากหลายวัตถุประสงค์ และควรมีต้นทุนที่ไม่สูงจากต้นทุนเดิมอีกด้วย โดยพลังงานทดแทนที่กำลังเป็นที่สนใจในช่วงนี้ก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Energy) [1,2] ซึ่งนับว่าเป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ และมีศักยภาพสูง อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้โดยไม่มีการสิ้นเปลือง การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) PV หรือโฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Effect) ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าโซลาร์เซลล์ (Solar cell) เป็นเครื่องมือในการแปลงแสงอาทิตย์ให้เป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยมีหลักการทำงานจากที่แสงแดดประกอบด้วยโฟตอนหรืออนุภาคของพลังงานแสงอาทิตย์ [3] โฟตอนเหล่านี้มีปริมาณพลังงานที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับความยาวคลื่นที่แตกต่างกันของสเปกตรัมของแสง

การนำพลังงานจากแสงอาทิตย์ มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าอาจจำแนกได้ 2 ประเภทหลักๆได้แก่ การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) และการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับประเทศไทย [4,5] เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นพลังงานที่มีศักยภาพค่อนข้างสูง นอกจากนี้เซลล์แสงอาทิตย์ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่น เครื่องคิดเลข ระบบไฟสัญญาณจราจร ไปจนถึงการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำได้อีกด้วย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงทำให้เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ชนบทที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึงเป็นอย่างมาก เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่ในทุกที่ที่ทำการเกษตรจึงทำให้เป็นการประหยัดพลังงานที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำอีกด้วย

การเลือกใช้เครื่องสูบน้ำในการทำงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำซัมเมอร์ส [6,7] เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแบบซัมเมอร์สมีขายตามท้องตลาด มีราคาค่อนข้างต่ำและเป็นชนิดที่มีกำลังในการสูบน้ำสูงเหมาะสำหรับการสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงหรือบ่อน้ำที่มีความลึกมากซึ่งก็ขึ้นอยู่กับขนาดของมอเตอร์ และต้องมีตัวควบคุมเพื่อให้เกิดการสมดุลระหว่างปริมาณกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
- 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

3. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำและหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการผลักดันความเค็มของดินสำหรับการปลูกผักของเกษตรกรในชุมชนศูนย์การเรียนรู้ หมู่ 18 ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยการเลือกอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีดังนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำงานแสงอาทิตย์รุ่น Lebento Model: 4BT8.0/55-60/600W โดยพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้าที่ชัขนาด 600 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 45-150 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 10 แอมป์ ความเร็วรอบ 500 - 4000 รอบต่อนาที เลือกแบบกันน้ำ IP 68

2. การเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

แผงโซลาร์เซลล์ขนาดพิกัด 540 วัตต์ 48 โวลต์ จำนวน 2 แผง โดยนำมาต่ออนุกรมกันได้ขนาดพิกัดรวม 1080 วัตต์ ที่แรงดันไฟฟ้า 96 โวลต์

3. เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

การเลือกเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับหรือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ใช้สำหรับปั้มน้ำเป็นปัจจัย สำคัญที่ควรพิจารณาอย่างรอบคอบ เนื่องจากการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปั้มน้ำและลดการสูญเสียพลังงานได้ ต่อไปนี้คือข้อพิจารณาหลักๆ ในการเลือกอินเวอร์เตอร์สำหรับปั้มน้ำ โดยเลือก อินเวอร์เตอร์ รุ่น Lebento Model: 4BT8.0/55-60/600W ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้า 45 – 150 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 15 แอมป์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยดังนี้

1. เครื่องวิเคราะห์คุณภาพพลังงานไฟฟ้า (Power quality analyzer)

เครื่องวิเคราะห์คุณภาพพลังงานไฟฟ้า (Power quality analyzer) ใช้สำหรับวัดและวิเคราะห์คุณภาพปริมาณการใช้ ไฟฟ้า เช่น กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า โดยเลือกใช้รุ่น HT Solar-V400 1000V/15A I-V Curve Tracer compatible

2. เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar meter) ยี่ห้อ HT รุ่น SOLAR-02 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณพลังงาน แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในหน่วยวัดพลังงานแสง (วัตต์ต่อตารางเมตร, W/m²)

3. เครื่องมือวัดความเข้มแสงและพลังงานที่ได้จากรังสีแสงอาทิตย์

เครื่องมือวัดความเข้มแสงและพลังงานที่ได้จากรังสีแสงอาทิตย์ Solar meter รุ่น HT 304k เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับ การวัดความเข้มแสงและพลังงานที่ได้จากรังสีแสงอาทิตย์ที่มีความแม่นยำสูง โดยมีความสามารถในการวัดอัตราการไหล ของพลังงานที่ได้จากรังสีแสงอาทิตย์ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) รวมถึงค่าอินดิเคเตอร์ (Indicator) และวัตต์ต่อ ตารางเมตร (W/m²) ในช่วงความถี่ที่กว้างของแสงแดดที่มีอยู่ในช่วงการมองเห็นของมนุษย์

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองโดยติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในภาพที่ 1 ประกอบด้วย

1. แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 540 วัตต์ 48 โวลต์ จำนวน 2 แผงต่อแบบอนุกรมได้ขนาด 1080 วัตต์ 96 โวลต์

2. เครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แรงดันสูงสุด 45 – 150 โวลต์ ความเร็วรอบ 500-4000 รอบต่อนาที 1 เครื่อง

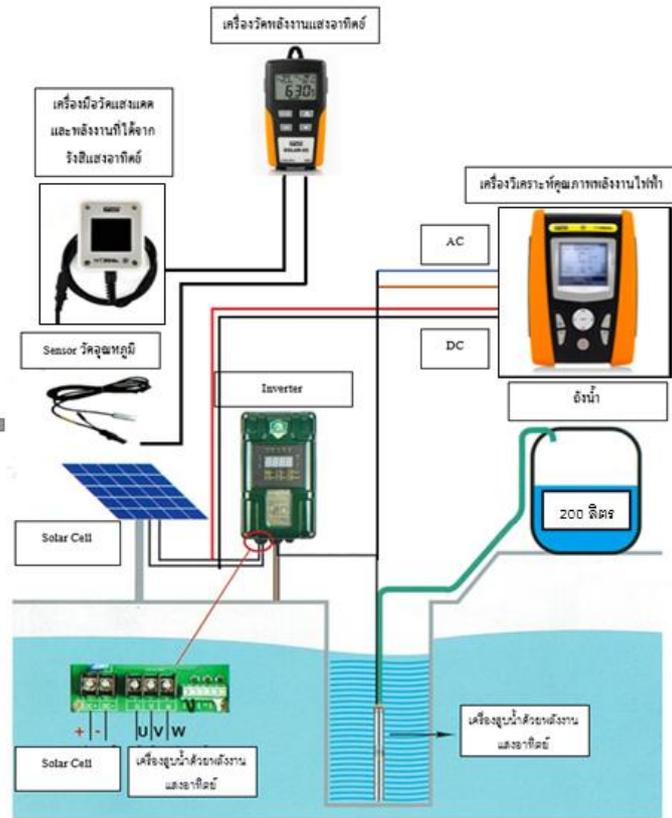
3. อินเวอร์เตอร์ ที่มีค่าของแรงดัน 45-150 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ ติดตั้งกับเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์ 1 เครื่อง

4. เครื่องวิเคราะห์คุณภาพพลังงานไฟฟ้า HT Solar-V400 1000V/15A I-V Curve 1 เครื่อง

5. เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar meter) ยี่ห้อ HT รุ่น SOLAR-02 1 เครื่อง

6. เครื่องมือวัดแสงแดดและพลังงานที่ได้จากรังสีแสงอาทิตย์ รุ่น HT 304k 1 เครื่อง

7. เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) 1 เส้น



ภาพที่ 1 การทดลองเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ หาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ (PV) ต่อกำลังแสงอาทิตย์ตกกระทบ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$\eta_{PV} = \frac{P_{dc}}{GA} \times 100\% \quad (1)$$

- เมื่อ η_{PV} หมายถึง ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ (%)
- P_{dc} หมายถึง กำลังไฟฟ้ากระแสตรงแผงโซลาร์เซลล์ (W)
- G หมายถึง ค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบ (W/m^2)
- A หมายถึง พื้นที่รวมแผงโซลาร์เซลล์ (m^2)

วิธีการหาประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ หาได้จากกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตต่อกำลังไฟฟ้าอินพุต สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

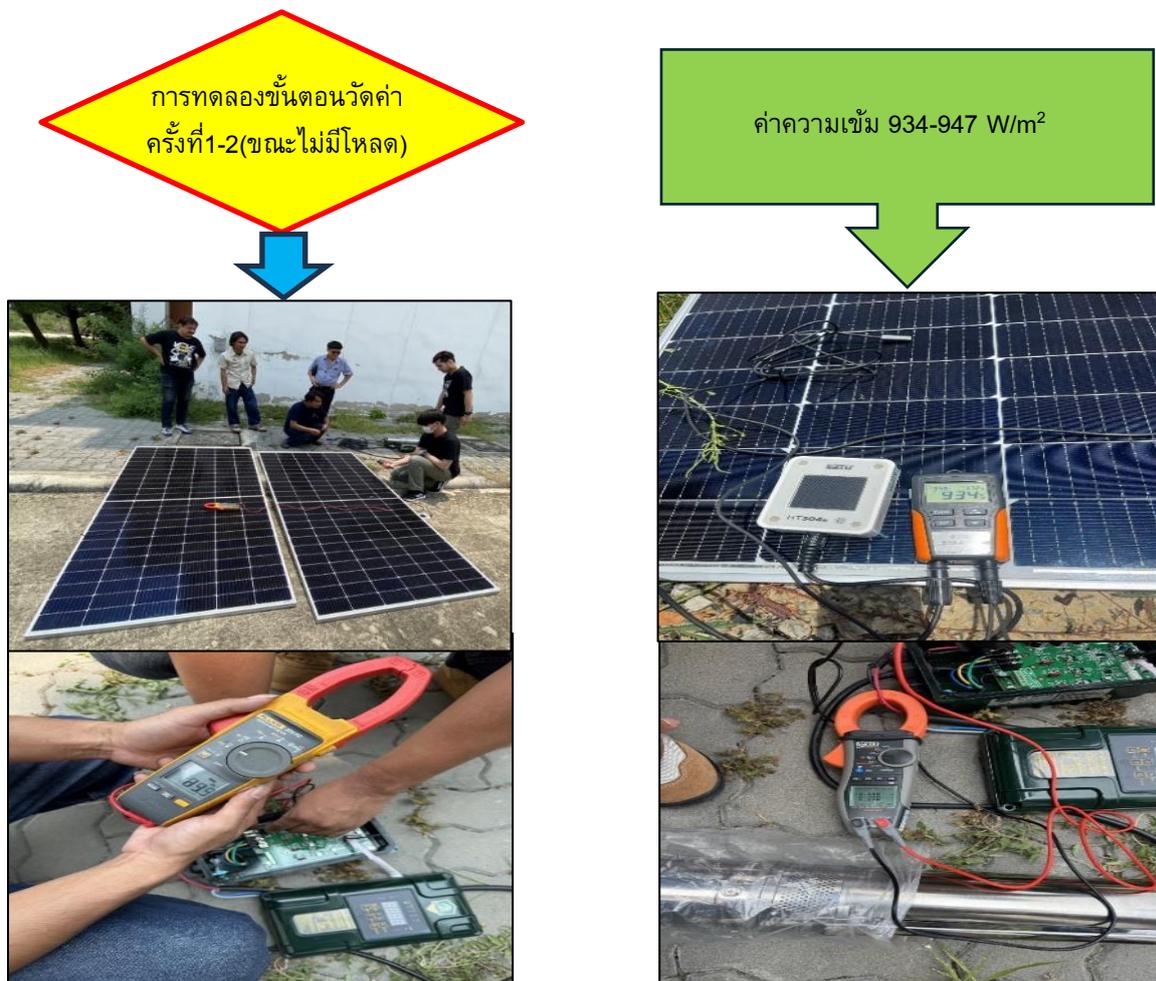
- เมื่อ η หมายถึง ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (%)
- P_{out} หมายถึง กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต (W)
- P_{in} หมายถึง กำลังไฟฟ้าอินพุต (W)

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำและหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลักดันความเค็มของดินโดยใช้น้ำจืดจากเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวัดค่าความเข้มแสง วัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์

4.1 การทดลองขณะไม่มีโหลด

จากผลการทดลองปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ขณะไม่มีโหลด ทำการทดลองจำนวนสองครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 1 นาที รวมเป็น 2 นาที ดังแสดงในภาพที่ 2 ได้ค่าความเข้มแสง 934 - 947 วัตต์ต่อตารางเมตร กระแส 3.0 - 3.2 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 89.9 - 92.6 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 709 - 757 วัตต์ และความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 3000 - 3200 รอบต่อนาที



ภาพที่ 2 การทดลองเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (ขณะไม่มีโหลด)

<http://jeet.siamtechu.net>

ผลการทดลองขณะไม่มีไหลด

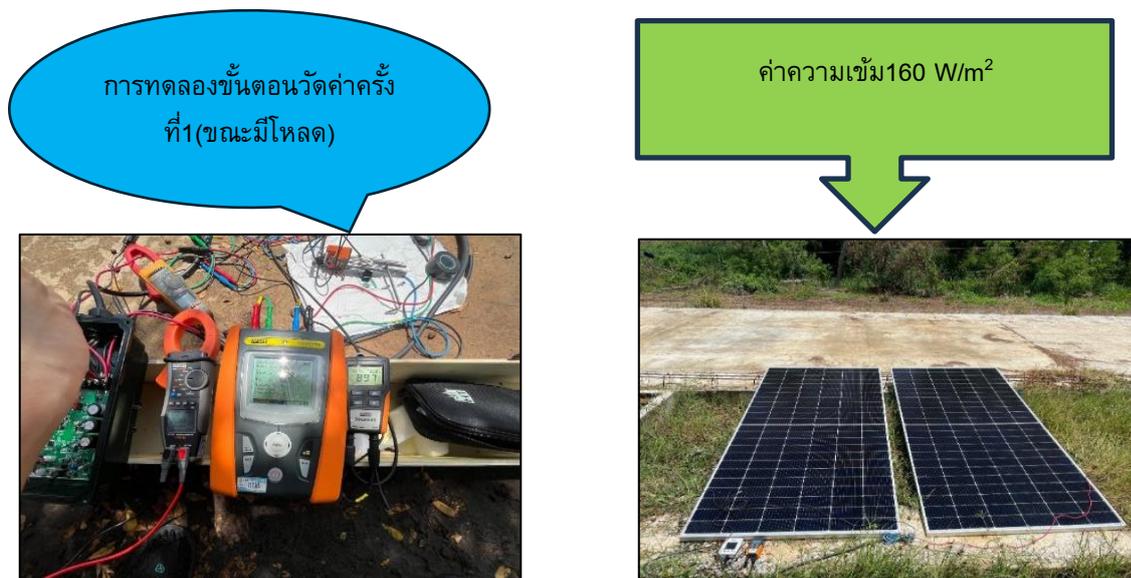
ตารางที่ 1 ผลการทดลองขณะไม่มีไหลดสภาพอากาศแดดจัด เวลา 13.30 น. วันที่ 12/5/2567

ครั้งที่	ค่าความเข้มแสง (W/m ²)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	ความเร็วรอบ (rpm.)
1	934	3.0	89.9	709	3,000
2	947	3.2	92.8	757	3,200

ผลการทดลองขณะไม่มีไหลด พบว่าสภาพอากาศแดดจัด ช่วงเวลา 13.30 น. ค่าความเข้มแสงยิ่งสูงจะทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าที่ความเข้มแสงต่ำ และค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะสูงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์

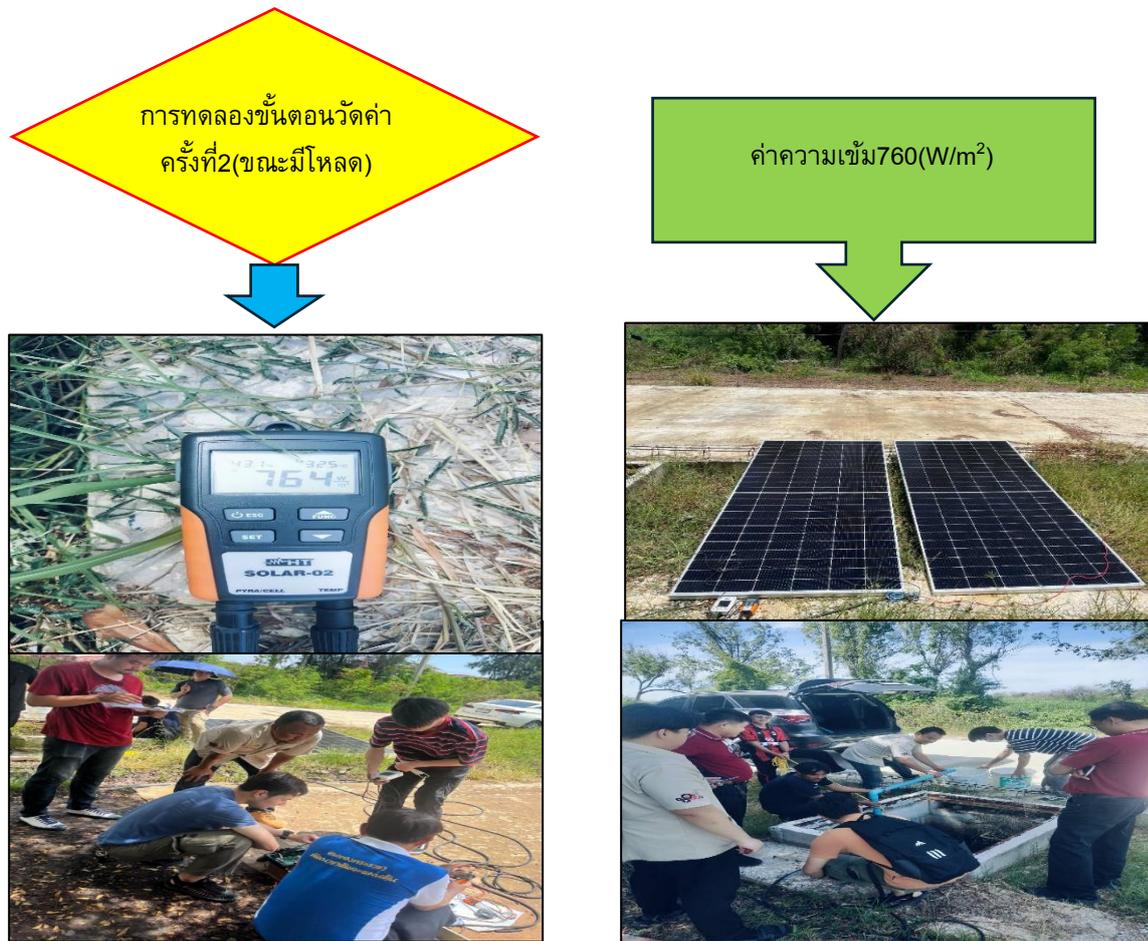
4.2 การทดลองขณะมีไหลด

จากผลการทดลองบ่มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ขณะมีไหลด ทำการทดลองจำนวนสองครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 1 นาที รวมเป็น 2 นาที ได้ค่าความเข้มแสง 160 - 764 วัตต์ต่อตารางเมตร กระแสไฟฟ้า 5.4 - 7.0 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 79.0 - 81.2 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 426.6 - 568.4 วัตต์ และความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 2,716 - 2,844 รอบต่อนาที ปริมาณน้ำที่ได้ในการทดลอง 80 - 100 ลิตร รวมทั้งสิ้น 180 ลิตร



ภาพที่ 3 การทดลองเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งที่ 1

ผลการทดลองขณะมีไหลด



ภาพที่ 5 การทดลองเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งที่ 2

ผลการทดลองขณะมีไหลด

ตารางที่ 2 ผลการทดลองขณะมีไหลดสภาพอากาศแดดจัด เวลา 10.30 น. วันที่ 16/6/2567

ครั้งที่	ค่าความเข้มแสง (W/m ²)	กระแสไฟฟ้า (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (W)	ความเร็วรอบ (rpm)	ปริมาณน้ำ Lite/minute
1	660	5.4	79.0	624	2,716	80
2	764	7.0	81.2	640	2,844	100

ผลการทดลองขณะมีไหลด พบว่าสภาพอากาศแดดจัด ช่วงเวลา 10.30 น. ค่าความเข้มแสงยิ่งสูงจะทำให้การผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก และค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะสูงตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ และทำให้ปริมาณน้ำที่ได้จากเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่า 100 ลิตรต่อนาที

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมระบบจ่ายน้ำและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีดำเนินการโดยการออกแบบเครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1080 วัตต์ 96 โวลต์ เลือกเครื่องสูบน้ำเป็นแบบปั๊มบาดาลขนาด 600 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าดีซี 45 - 150 โวลต์ ควบคุมระบบสูบน้ำโดยเลือกใช้อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า (Inverter) นำไปทดลองที่ความลึกของบ่อน้ำ 2 เมตร ทดลองต่อไหลในสภาพอากาศแดดจัดได้ค่าความเข้มแสง 764 วัตต์ต่อตารางเมตร กระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ 7 แอมป์ ค่าแรงดันไฟฟ้าดีซี 81.2 โวลต์ ค่ากำลังไฟฟ้า 640 วัตต์ และความเร็วรอบของมอเตอร์ 2,844 รอบต่อนาที อัตราการไหลของน้ำที่ได้คิดเป็น 100 ลิตรต่อ นาที ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็นร้อยละ 67.75 ซึ่งสามารถนำน้ำประปาสะอาดที่ได้จากการสูบน้ำไปผลักดันความเค็มของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Herbert Wade. Design, Selection and Installation of Solar Water Pumping Systems. World Back Group. 2019.
- [2] V.S.Korpale ,D.H.Kokate ,S.P.Deshmukh. Performance Assessment of Solar Agricultural Water Pumping System. Energy Procedia, pp. 518 – 524. 2016.
- [3] Birinchi Bora, Basudev Prasad, O.S. Sastry, Atul Kumar, Manander Bangar. ptimum sizing and performance modeling of Solar Photovoltaic (SPV) water pumps for different climatic conditions. Solar Energy, Volume 155, , pp. 1326-1338, 2017.
- [4] ประสิทธิ์ ภูสมมา กิตติ กอบัวแก้ว. นวัตกรรมพลังงานทดแทนสู่ภูมิปัญญาท้องถิ่นสำหรับอุตสาหกรรม การเลี้ยงกุ้งในชุมชนพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม. ปีที่ 8 เล่มที่ 2, หน้า 1-22. 2567.
- [5] ธวัชชัย สอนสนาม ประสิทธิ์ ภูสมมา ประยุทธ์ นิสภกุล ชาลี อินทรชัย. เครื่องเติมอากาศในน้ำชนิดกังหันพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. ปีที่ 1 ฉบับที่ 3, หน้า 57-66, 2565.
- [6] วัศพล หมายถึง อมรเทพ ยศวรงค์เจริญ. การศึกษาความเป็นไปได้ในการสูบน้ำบาดาลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ . ปรินญาณินพนธ์ . มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2558.
- [7] นฤตย์ จันทรน้อย กล้าหาญ ศรีคำผ่อง. การศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก. โครงการนวัตกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2563.