การวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

สนธยา เกาะสมบัติ[1] อัสนี อำนวย[2*] ศักดิ์ทนงค์ วงศ์เจริญ[3]
สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า เทคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี[1 2]
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี[3]
อีเมล: assanee.a@ubru.ac.th[2*]

วันที่รับบทความ 9 มีนาคม 2566
วันแก้ไขบทความ 29 พฤษภาคม 2566
วันตอบรับบทความ 31 พฤษภาคม 2566

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร และประเมินความคุ้มค่า ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มน้ำซับเมิสที่ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,100W มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 10.82kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 37.85 m^3/h ต่อวัน ความคุ้มค่าในการใช้งานของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าขนาด 1,125W ตลอดระยะเวลา 25 ปี จะมีค่าใช้จ่ายรวมของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มซับเมิส 124,000 บาท ในขณะระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่าย 416,400 บาท ระยะเวลาคืนทุน 4.5 ปี ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งที่ขนาดกำลังไฟฟ้า 350W มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 4.05kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 64.75 m^3/h ต่อวัน ตลอดระยะเวลา 25 ปี มีค่าใช้จ่ายที่ 48,400 บาท ในขณะระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายที่ 121,900 บาท ระยะเวลาคืนทุนที่ 4 ปี และระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มซักที่ขนาดกำลังไฟฟ้า 250W มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 3.47kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 22.58 m^3/h ต่อวัน ตลอดระยะเวลา 25 ปี มีค่าใช้จ่ายที่ 49,200 บาท ในขณะที่ระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายที่ 115,900 บาท มีระยะเวลาคืนทุนที่ 5 ปี ดังนั้น การวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรช่วยให้เกษตรกรได้ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรอย่างได้เหมาะสม

คำสำคัญ : ความคุ้มค่าในการลงทุน เซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

The Analysis of Solar Pumping System Models for Agriculture

Sonthaya Gawsombat[1], Assanee Amnuay[2*], Saktanong Wongcharoen[3]
Electrical Technology Faculty of Industrial Technology,
Ubon Ratchathani Rajabhat University[1,2*]
Electronics Technology Faculty of Industrial Technology,
Ubon Ratchathani Rajabhat University[3]
E-mail : assanee.a@ubru.ac.th[2*]

Received 9 March 2023
Revised 29 May 2023
Accepted 31 May 2023

Abstract

The analysis of solar pumping system models for agriculture aimed to design and develop a solar pumping system for agriculture, analyze the system's efficiency, and assess its worthiness. The results of the means test, which was conducted for nine hours from 08.00-17.00 Hrs., were analyzed. The design included a solar pumping system that was submersible, centrifugal, and reciprocating. The operating efficiency was tested, along with an assessment of its worthiness compared to an electric pumping system. It was found that the efficiency of a 1,100W submersible pump had total generated electric power of 10.82kWh/day and total pumping rate of 37.85 m^3/h/day. For the usage worthiness of the solar pumping system compared to a 1,125W electric pump for a period of 25 years, the total expenses of a submersible pump cost 124,000 Thai Baht whereas those of an electric pumping system cost 416,400 Thai Baht with a payback period of 4.5 years. The 350W centrifugal pump for the ground pumping system had total generated electric power of 4.05kWh/day and total pumping rate of 64.75 m^3/h/day. Throughout the period of 25 years, its total expenses cost 48,400 Thai Baht, whereas those of an electric pumping system cost 121,900 Thai Baht with a payback period of four years. The 250W reciprocating pump for the ground pumping system had total generated electric power of 3.47kWh/day and total pumping rate of 22.58 m^3/h /day. Throughout the period of 25 years, its total expenses cost 49,200 Thai Baht, whereas those of an electric pumping system cost 115,900 Thai Baht with a payback period of five years. Thus, the analysis of solar pumping system models for agriculture helped agriculturists to obtain data for their decision-making on selecting a suitable solar pumping system.

Keywords: Investment Value, Solar Cells, Solar Pumping System Efficiency, Solar Pumping System

1. บทนำ

จากนโยบายไทยแลนด์ 4.0 (สำนักโฆษก สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี. 2560) ที่มุ่งยกระดับคุณภาพของประชาชน สังคม และเศรษฐกิจ ไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ได้มีการสร้าง 3 กลไกหลักขับเคลื่อนประเทศให้เข้าไปสู่ยุค 4.0 ประกอบด้วย 1) การขับเคลื่อนประเทศผ่านนวัตกรรม ปัญญา เทคโนโลยี และความคิดสร้างสรรค์ 2) การขับเคลื่อนประชาชนไปสู่การกระจายรายได้ โอกาส และความมั่งคั่ง และ 3) ขับเคลื่อนไปสู่ความสมดุลในการพัฒนาระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานทดแทน บทความนี้ได้นำเสนอผลการวิจัยที่สอดคล้องกับกลไกขับเคลื่อนประเทศกลไกที่ 3 การมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานทดแทน คือ การวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรที่ยังขาดองค์ความรู้ และข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร ด้วยการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการเกษตร โดยสามารถประเมินความคุ้มค่าของระบบสูบน้ำจากแหล่งน้ำระดับพื้นดินและระบบน้ำบาดาลให้เหมาะสมกับพื้นที่การเกษตร

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา และคิดค้นรูปแบบวิธีการแก้ไขปัญหาให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรสำหรับเกษตรกร โดยพื้นที่การวิจัยนี้ได้ใช้พื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี เป็นหนึ่งในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ซึ่งผู้วิจัยนี้ได้มีการออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร และวิเคราะห์การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นข้อมูลที่สำคัญในการพิจารณาถึงความคุ้มค่าและระยะเวลาการคืนทุนสำหรับ การตัดสินใจที่จะเลือกใช้งานระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรของเกษตรกร

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

2.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

2.3 ประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

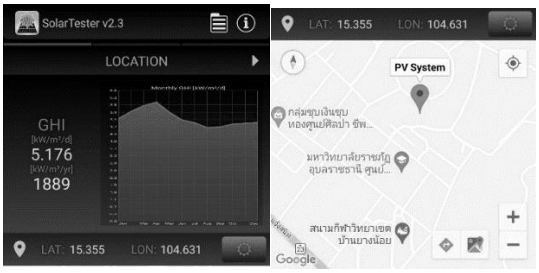
3. วิธีการวิจัย

ได้ดำเนินการแบ่งออกได้ 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559) เช่น หนังสือ ตำรา วารสาร องค์ความรู้ต่าง ๆ บทความทางวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 ออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

3.1 ข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี มีค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่เฉลี่ยต่อปี (Ir) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1,889 $kW/m^2/y$ หรือคิดเป็นค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะสำหรับพื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จะมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์โดยประเมินผลข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จาก Application Solar Tester v2.3 ประมาณเท่ากับ 5.176 $kW/m^2/day$



รูปที่ 1 ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์พื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

3.2 การเลือกขนาดของปั๊มสูบน้ำ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้เป็นรุ่น Poly crystalline ยี่ห้อ Jinko Solar กำลังไฟฟ้าขนาด 270W แรงดันไฟฟ้า 31.6V กระแสไฟฟ้า 8.54A แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ LARLAND กำลังไฟฟ้า 280W แรงดันไฟฟ้า 36V กระแสไฟฟ้า 8.41A และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Poly crystalline ยี่ห้อ JETION ขนาด 37V 8.92A ขนาดกำลังไฟฟ้า 300W การคำนวณระบบจะคำนวณตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานสูงสุด

3.2.1 ในการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซับเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 การหาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบซับเมิสทั้งปี ได้จากค่าของขนาดกำลังไฟฟ้า 1,100W คูณค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน คูณด้วย 365 วัน ดังนั้นความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบซับเมิสใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 2,007.5 กิโลวัตต์ต่อปี

3.2.2 ในการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 กำลังไฟฟ้าขนาด 350W การหาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบปั๊มหอยโข่งทั้งปี ได้จากค่าของขนาดกำลังไฟฟ้า 350W คูณค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน คูณด้วย 365 วัน ดังนั้นความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบปั๊มหอยโข่งใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 638.75 กิโลวัตต์ต่อปี

3.2.3 ในการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก รุ่น MY1025 กำลังไฟฟ้าขนาด 250W การหาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบปั๊มชักทั้งปี ได้จากค่าของขนาดกำลังไฟฟ้า 250W คูณค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน คูณด้วย 365 วัน ดังนั้นความต้องการกำลังไฟฟ้าของปั๊มน้ำแบบปั๊มชักใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 456.25 กิโลวัตต์ต่อปี

3.3 การคำนวณขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (นครินทร์ รินพล. 2559)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้เป็นรุ่น Poly crystalline ยี่ห้อ Jinko Solar กำลังไฟฟ้าขนาด 270W แรงดันไฟฟ้า 31.6V กระแสไฟฟ้า 8.54A แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ LARLAND กำลังไฟฟ้า 280W แรงดันไฟฟ้า 36V กระแสไฟฟ้า 8.41A และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ Poly crystalline ยี่ห้อ JETION ขนาด 37V 8.92A ขนาดกำลังไฟฟ้า 300W

3.3.1 การคำนวณหากำลังวัตต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในการคำนวณหากำลังวัตต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากสมการที่ 1

$$P_{PV} = \frac{(E_a \times SF)}{E_{PV} \times n_{system}} \quad (1)$$

P_{PV} คือ กำลังวัตต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด หน่วยเป็น วัตต์ (W)

E_a คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี

SF คือ สัดส่วนการใช้พลังงานของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบรวม โดยมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเดียว

n_{system} คือ ประสิทธิภาพของระบบ โดยมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

E_{PV} คือ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะแต่ละพื้นที่ โดยพื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,889 kW/m^2/y

3.3.2 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ได้จากสมการที่ 2

$$Hdts = \eta t \times \eta d \times \eta s \times Ir \quad (2)$$

$Hdts$ คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ที่ซึ่งเกิดจากการลดทอนของทิศทางติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์และมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยต่อปี หน่วยเป็น kW/m²/y

ηt คือ ประสิทธิภาพจากมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ηd คือ ประสิทธิภาพจากการทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ηs คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ได้รับแสงต่อพื้นที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

Ir คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่เฉลี่ยต่อปี หน่วยเป็น kW/m²/y

$$Hdts = 0.92 \times 0.97 \times 1 \times 1,889 = 1,685 kWm^2 / y$$

ดังนั้นค่าพลังงานแสงอาทิตย์จำเพาะแต่ละพื้นที่ในพื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,685 kW/m^2/y

3.3.3 การคำนวณหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การคำนวณหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากสมการที่ 3

$$N_{PV} = \frac{P_{PV}}{PV_{WP}} \quad (3)$$

N_{PV} คือ จำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ หน่วยเป็น แผ่น (โมดูล)

P_{PV} คือ กำลังวัตต์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด หน่วยเป็น วัตต์ (W)

PV_{wp} คือ กำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ หน่วยเป็น วัตต์ (Wp)

3.3.4 การคำนวณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิส

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 กำลังไฟฟ้าขนาด 1,100W หรือ 1.47Hp ท่อน้ำออก 1.2 นิ้ว มีอัตราการสูบน้ำ 6 m^3/h สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$P_{PV} = \frac{(2,007 \times 1)}{(1,685 \times 0.7)}$$

$P_{PV} = 1.531$ กิโลวัตต์ หรือประมาณ 1,600W

หากใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับปั๊มสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิส ซึ่งที่เลือกใช้เป็นรุ่น Poly crystalline ยี่ห้อ Jinko Solar กำลังไฟฟ้าขนาด 270W แรงดันไฟฟ้า 31.6V กระแสไฟฟ้า 8.54A สามารถคำนวณจำนวนแผง แรงดันไฟฟ้ารวม และกำลังไฟฟ้ารวม สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (3)

$$N_{PV} = \frac{1,600}{270} = 5.92 \text{ แผ่น หรือประมาณ 6 แผ่น}$$

แรงดันไฟฟ้ารวม(อนุกรม) $= 31.6 \times 6$ แผ่น $= 189.6V$

กำลังไฟฟ้ารวม $= 270 \times 6$ แผ่น $= 1,620W$

3.3.5 การคำนวณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบสูบน้ำพื้นดิน

1) การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 กำลังไฟฟ้าขนาด 350W ท่อส่งน้ำออก 1.2 นิ้ว อัตราการสูบน้ำ 9 m^3/h ผู้วิจัยได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยี่ห้อ LARLAND กำลังไฟฟ้า 280W แรงดันไฟฟ้า 36V กระแสไฟฟ้า 8.41A และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ JETION ขนาด 37V 8.92A กำลังไฟฟ้า 300W จำนวน 2 แผง นำมาต่อขนานกันมีกำลังวัตต์รวมขนาด 580W

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$P_{PV} = \frac{(638.75 \times 1)}{(1,685 \times 0.7)}$$

$$P_{PV} = 0.487 \text{ กิโลวัตต์ หรือประมาณ 500W}$$

การหาจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (3)

$$N_{PV} = \frac{500}{280} = 1.78 \text{ แผ่น หรือประมาณ 2 แผ่น}$$

กระแสไฟฟ้ารวม (ขนาน) $= 8.41A + 8.92A = 17.33A$

2) การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก รุ่น MY1025 พร้อมมอเตอร์ DC 24V 250W อัตราการสูบน้ำ 1.5–3 m^3/h ท่อส่งน้ำออก 1 นิ้ว ผู้วิจัยได้เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ LARLAND กำลังไฟฟ้า 280W แรงดันไฟฟ้า 36V กระแสไฟฟ้า 8.41A และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ JETION ขนาด 37V 8.92A กำลังไฟฟ้า 300W จำนวน 2 แผง นำมาต่อขนานกันมีกำลังวัตต์รวมขนาด 580W

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$P_{PV} = \frac{(456.25 \times 1)}{(1,685 \times 0.7)}$$

$$P_{PV} = 0.348 \text{ กิโลวัตต์ หรือประมาณ 400W}$$

การหาจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการที่ (3)

$$N_{PV} = \frac{400}{280} = 1.42 \text{ แผ่น หรือประมาณ 2 แผ่น}$$

กระแสไฟฟ้ารวม (ขนาน) $= 8.41A + 8.92A = 17.33A$

ดังนั้น การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มชัก สามารถใช้แผงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อแบบขนานในลักษณะเดียวกันได้

3.4 การสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

3.4.1 ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิสขนาด 1,100W

ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิสขนาด 1,100W จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม Poly crystalline ยี่ห้อ Jinko Solar กำลังไฟฟ้าขนาด 270W จำนวน 6 แผง แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม Poly crystalline ยี่ห้อ Jinko Solar กำลังไฟฟ้าขนาด 270W

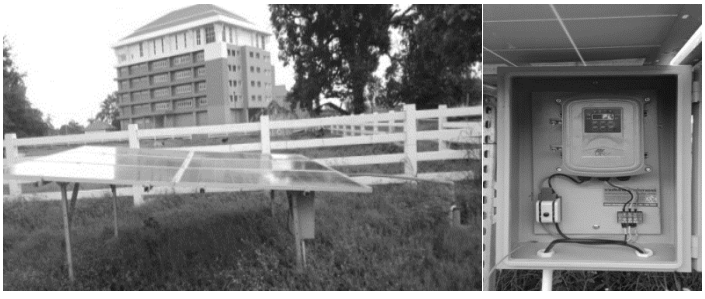
3.4.2 ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มชัก

ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มชัก จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ JETION ขนาดกำลังไฟฟ้า 300W และยี่ห้อ LARLAND ขนาดกำลังไฟฟ้า 280W แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ JETION ขนาดกำลังไฟฟ้า 300W และยี่ห้อ LARLAND ขนาดกำลังไฟฟ้า 280W

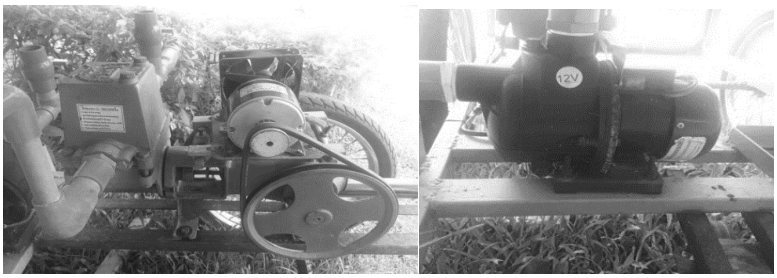
ส่วนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น (ศักดิ์ทนงค์ วงศ์เจริญ และคณะ. 2561)

1) การทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิสขนาด 1,100W แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์แผงและระบบควบคุมของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

2) การทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มซัก แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มซัก

ส่วนที่ 4 การประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

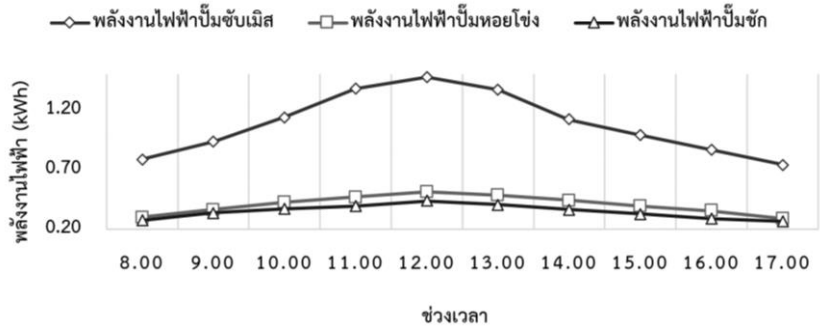
ในการประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร จะคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) ของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับปั๊มสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า โดยการคิดค่าใช้จ่ายในเชิงค่าพลังงานไฟฟ้า (Wh) เช่น ปั๊มน้ำขนาด 750 วัตต์ (W) มีค่าเท่ากับปั๊มน้ำขนาด 1แรงม้า (Hp) หากปั๊มน้ำมีกำลังไฟฟ้าขนาด 1,000W ในเวลา 1 ชั่วโมง จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่าเท่ากับ 1 ยูนิต หรือ 1 หน่วย โดยการคิดค่าไฟฟ้าที่ 4.5 บาทต่อหน่วย การหาระยะเวลาคืนทุนจะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายสุทธิในแต่ละปีของระบบสูบน้ำตลอดระยะเวลาการดำเนินงานกับต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ (พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์ และธนิท เรืองรุ่งชัยกุล. 2558) ดังสมการที่ (4)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายสุทธิเทียบเท่าปัจจุบัน}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้เทียบเท่าปัจจุบันต่อปี}} \quad (4)$$

4. ผลการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุทยานการเรียนรู้เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี โดยทำการเก็บข้อมูลช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ทำการบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) และปริมาณอัตราการสูบน้ำ (m^3/h) ที่ได้เฉลี่ยทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตลอดเวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน

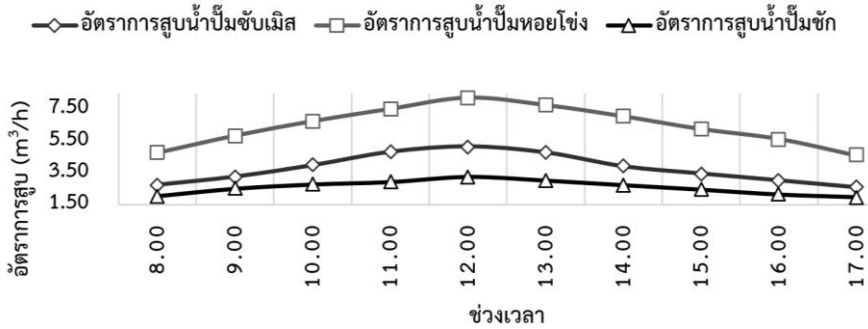
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในช่วงเวลาการใช้งาน ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในช่วงเวลาการใช้งาน

จากรูปที่ 6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในช่วงเวลาการใช้งานทั้ง 3 รูปแบบ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับปั๊มน้ำ ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบซับเมิสที่ใช้ปั๊มน้ำซับเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,100W พบว่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสได้พลังงานไฟฟ้ารวม 10.82kWh ต่อวัน ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 กำลังไฟฟ้าขนาด 350W มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์รวม 4.05kWh ต่อวัน และประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก รุ่น MY1025 250W มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์รวม 3.47kWh ต่อวัน

5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ปริมาณอัตราการสูบน้ำในช่วงเวลาการใช้งาน ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัตราการสูบน้ำของปั๊มน้ำในช่วงเวลาการใช้งาน

จากรูปที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำของปั๊มน้ำในช่วงเวลาการใช้งานทั้ง 3 รูปแบบ ในการสูบน้ำตามช่วงระยะเวลาการใช้งาน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบซับเมิสที่ใช้ปั๊มน้ำซับเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,100W อัตราการสูบน้ำ 6 m^3/h พบว่าประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสมีปริมาณอัตราการสูบน้ำรวม 37.85 m^3/h ต่อวัน ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 กำลังไฟฟ้าขนาด 350W อัตราการสูบน้ำ 9 m^3/h ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งมีปริมาณอัตราการสูบน้ำรวม 64.75 m^3/h ต่อวัน และประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก รุ่น MY1025 250W อัตราการสูบน้ำ 1.5-3 m^3/h พบว่า ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชักได้พลังงานไฟฟ้ารวม 3.47kWh ต่อวัน และมีปริมาณอัตราการสูบน้ำรวม 22.58 m^3/h ต่อวัน

4.3 การประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับปั๊มสูบน้ำไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรแบบต่าง ๆ กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในเชิงค่าพลังงานไฟฟ้าในการใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูล	ระบบสูบน้ำบาดาล		ระบบสูบน้ำพื้นดิน			
	ปั๊มซับเมิส	ปั๊มไฟฟ้า	ปั๊มหอยโข่ง	ปั๊มไฟฟ้า	ปั๊มชัก	ปั๊มไฟฟ้า
ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์	35,640	-	13,200	-	13,200	-
ค่าเครื่องสูบน้ำ	33,500	25,000	4,500	4,500	5,500	4,500
ค่าอุปกรณ์โครงสร้าง	10,000	-	3,000	-	3,000	-
ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง	9,860	5,000	1,000	2,000	1,000	1,000
ค่าติดตั้ง	10,000	5,000	1,500	1,000	1,500	1,500
ค่าไฟฟ้า (ต่อปี)	-	14,256	-	4,536		4,316
ค่าซ่อมบำรุง (ต่อปี)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งปี	**100,000**	**50,256**	**24,200**	**13,036**	**25,200**	**12,316**
รวมค่าใช้จ่าย 25 ปี	**124,000**	**416,400**	**48,400**	**121,900**	**49,200**	**115,900**

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ตลอดระยะเวลา 25 ปี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าเครื่องสูบน้ำ ค่าอุปกรณ์โครงสร้าง ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง ค่าติดตั้ง ค่าไฟฟ้า (ต่อปี) และค่าซ่อมบำรุง (ต่อปี) เป็นต้น สำหรับวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในเชิงค่าพลังงานไฟฟ้าในการใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้า 1 เฟส 230V ขนาด 750W ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิส ขนาด 1,100W และค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง ขนาด 350W ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก ขนาด 250W มีรายละเอียด ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายในเชิงค่าพลังงานไฟฟ้าในการใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้า 1 เฟส 230V ขนาด 750W (1 แรงม้า = 750 วัตต์ 1 ยูนิต = 1,000 วัตต์ ค่าไฟที่จ่าย 4.50 บาท) คิดการกินกระแสไฟฟ้าของปั๊มน้ำไฟฟ้า 1.5 แรงม้า = 1,125 วัตต์/ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า 5.06 บาท/ชั่วโมง หากมีการใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้า 40.5 บาท หากมีการใช้งานระยะเวลา 1 เดือน จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเดือนละ 1,214.4 บาท และหากมีการใช้งานระยะเวลา 1 ปี จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 14,752.8 บาท

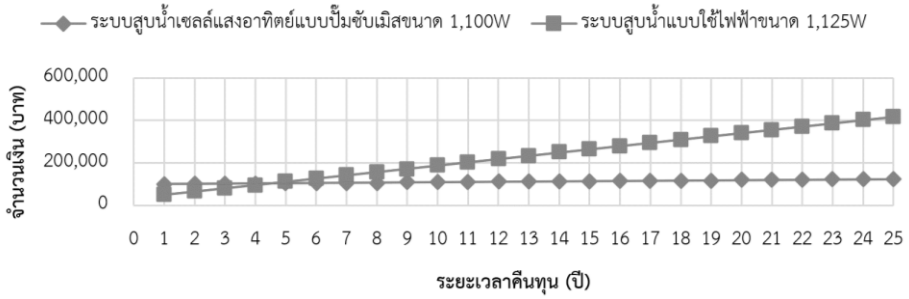
2) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิส ขนาด 1,100W จากการลงทุนประมาณ 100,000 บาท โดยแสดงการเปรียบเทียบในด้านเชิงค่าไฟฟ้า พบว่า หากมีการใช้ระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิส วันละ 9 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในเชิงค่าไฟฟ้า 1,100W (1,100 วัตต์ = 1.466 แรงม้า = 1.1 ยูนิต ค่าไฟที่จ่ายยูนิตละ 4.50 บาท) คิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ 1.466 แรงม้า = 1,100 วัตต์/ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า 4.95 บาท/ชั่วโมง หากมีการใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้า 39.6 บาท หากมีการใช้งานระยะเวลา 1 เดือน จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าเดือนละ 1,188 บาท และหากมีการใช้งานระยะเวลา 1 ปี จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 14,256 บาท

3) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง ขนาด 350W จากการลงทุนประมาณ 24,200 บาท โดยแสดงการเปรียบเทียบในด้านเชิงค่าไฟฟ้า พบว่า หากมีการใช้ระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง วันละ 9 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในเชิงค่าไฟฟ้า 350W (350 วัตต์ = 0.466 แรงม้า = 0.35 ยูนิต ค่าไฟที่จ่ายยูนิตละ 4.50 บาท) คิดจากการกินไฟของเครื่องสูบน้ำ 0.466 แรงม้า = 350 วัตต์/ชั่วโมง ซึ่ง

จะทำให้ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า 1.575 บาท/ชั่วโมง หากมีการใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้า 12.6 บาท เสียค่าพลังงานไฟฟ้าเดือนละ 378 บาท และเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 4,536 บาท

4) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก ขนาด 250W จากการลงทุนประมาณ 25,200 บาท โดยแสดงการเปรียบเทียบในด้านเชิงค่าไฟฟ้า พบว่า หากมีการใช้ระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก วันละ 9 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในเชิงค่าไฟฟ้า 250W (250 วัตต์ = 0.333 แรงม้า = 0.333 ยูนิต ค่าไฟที่จ่ายยูนิตละ 4.50 บาท) คิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ 0.333 แรงม้า = 250 วัตต์/ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้า 1.4985 บาท/ชั่วโมง หากมีการใช้งานวันละ 9 ชั่วโมง จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้า 11.988 บาท เสียค่าพลังงานไฟฟ้าเดือนละ 359.6 บาท และเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 4,316 บาท

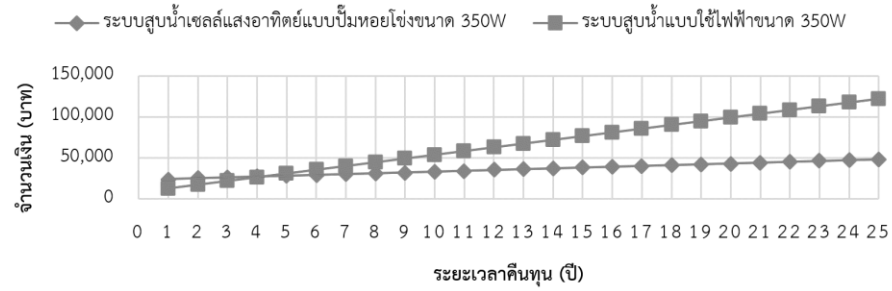
การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสกับปั๊มสูบน้ำใช้ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสกับปั๊มสูบน้ำใช้ไฟฟ้า

จากรูปที่ 8 การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าทั้งหมดตลอดระยะเวลา 25 ปี ซึ่งพบจุดที่เส้นกราฟตัดกันนั้น แสดงถึงระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสที่สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 4.5 ปี และระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มสูงขึ้น

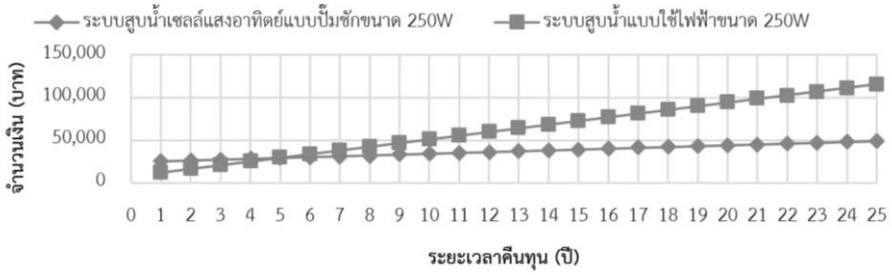
การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งกับปั๊มสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งกับปั๊มสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า

จากรูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าทั้งหมดตลอดระยะเวลา 25 ปี ซึ่งพบจุดที่เส้นกราฟตัดกันนั้น แสดงถึงระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งที่สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 4 ปี และระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มสูงขึ้น

การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบพื้นดินแบบปั๊มชักกับปั๊มสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบพื้นดินแบบปั๊มซักกับปั๊มสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า

จากรูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มซักกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าทั้งหมดตลอดระยะเวลา 25 ปี ซึ่งพบจุดที่เส้นกราฟตัดกันนั้น แสดงถึงระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มซักที่สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 5 ปี และระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มสูงขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ประกอบด้วยระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบซัมเมิสขนาด 1,100W และระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มซัก เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งานของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ มีผลดังต่อไปนี้

5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบซับเมิสที่ใช้ปั๊มน้ำซับเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 ขนาดกำลังไฟฟ้า 1,100W ติดตั้งร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 270W 6 แผง ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิส แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 10.82kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 37.85 m^3/h ต่อวัน

2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 กำลังไฟฟ้าขนาด 350W อัตราการสูบน้ำ 9 m^3/h แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 4.05 kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 64.75 m^3/h ต่อวัน

3) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มซัก รุ่น MY1025 กำลังไฟฟ้าขนาด 250W อัตราการสูบน้ำ 1.5–3 m^3/h แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มซักมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 3.47 kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 22.58 m^3/h ต่อวัน

5.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งานของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์

1) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งานของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มซับเมิสขนาด 1,100W กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าขนาด 1,125W ตลอดระยะเวลา 25 ปี จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มซับเมิส มีค่าใช้จ่าย 124,000 บาท ในขณะที่ระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ 416,400 บาท ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสที่สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 4.5 ปี

2) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มหอยโข่งขนาด 350W กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า 350W ตลอดระยะเวลา 25 ปี จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊ม

หอยโข่ง มีค่าใช้จ่าย 48,400 บาท ในขณะที่ระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ 121,900 บาท ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งที่สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 4 ปี

3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งานของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มชักขนาด 250W กับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าขนาด 250W ตลอดระยะเวลา 25 ปี จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มชัก มีค่าใช้จ่าย 49,200 บาท ในขณะที่ระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ 115,900 บาท ระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชักที่สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 5 ปี

6. อภิปรายผล

จากโครงการการวิจัยการวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร ในพื้นที่อุทยานการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่อปีมีค่าเท่ากับ 1,889 kW/m^2/y เมื่อทำคำนวณค่าความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ที่เกิดจากการลดทอนของทิศทางติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และมุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,685 kW/m^2/y เพื่อใช้ในการออกแบบ สามารถสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การออกแบบและสร้างระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

ผลการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซับเมิส รุ่น CUSC6-84-72-1,100 กำลังไฟฟ้าขนาด 1,100W มีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานขนาด 1.531 กิโลวัตต์ หรือมีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานเท่ากับ 2,007.5 กิโลวัตต์ต่อปี ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังไฟฟ้ารวม 1.62 กิโลวัตต์ ในการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง รุ่น XF 350 มีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานขนาด 0.487 กิโลวัตต์ หรือมีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานเท่ากับ 638.75 กิโลวัตต์ต่อปี ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังไฟฟ้ารวม 0.58 กิโลวัตต์ ในการเลือกขนาดของระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก รุ่น MY1025 กำลังไฟฟ้าขนาด 250W มีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานขนาด 0.348 กิโลวัตต์ หรือมีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งานเท่ากับ 456.25 กิโลวัตต์ต่อปี ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังไฟฟ้ารวม 0.58 กิโลวัตต์

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร สอดคล้องกับ ศักดิ์ทนงค์ วงศ์เจริญ และคณะ (2561) ผลการวิจัยพบว่า ในการเลือกชุดปั๊มซัมเมอร์สดีซีที่มีกำลังไฟฟ้า 750 วัตต์ มีความต้องการกำลังไฟฟ้าใช้งาน 1,232 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังไฟฟ้า 1,050 วัตต์ และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเช้าและเย็นประมาณ 336-424.2 วัตต์ แต่ช่วงระยะเวลา 12.00-13.00 น. จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงประมาณ 1,016-1,036.8 วัตต์ ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำเฉลี่ย 7,280.4 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน อัตราการสูบน้ำเฉลี่ย 27,665.52 ลิตรชั่วโมงต่อวัน ผลการวิจัยพบว่า จากการเก็บข้อมูลช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ทำการบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) และปริมาณอัตราการสูบน้ำ (m^3/h) ที่ได้เฉลี่ยทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตลอดเวลา 9 ชั่วโมงต่อวัน ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิสมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 10.82kWh ต่อวัน มีอัตราการสูบน้ำรวม 37.85 m^3/h ต่อวัน การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง มีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 4.05kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 64.75 m^3/h ต่อวัน การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชักมีพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวม 3.47kWh ต่อวัน อัตราการสูบน้ำรวม 22.58 m^3/h ต่อวัน

ส่วนที่ 3 การประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร

ผลการประเมินความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรสำหรับระบบสูบน้ำบาดาลแบบปั๊มซัมเมิส ขนาด 1,100W สอดคล้องกับพินิจนันท์ สามาอาพัฒน์ และธนิท เรืองรุ่งชัยกุล (2558) ผลการวิจัยพบว่าการใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย

น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันเครื่อง และค่าซ่อมบำรุงของระบบสูบน้ำเดิมลงได้ (ระยะเวลาคืนทุน 2.86-6.22 ปี) และในกรณีที่ลงทุนติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่โดยไม่มีระบบสูบน้ำเดิมอยู่จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากยิ่งขึ้น โดยมีระยะเวลาคืนทุน 2.68-5.15 ปี ผลการวิจัยพบว่า จากการลงทุนประมาณ 100,000 บาทหากมีการใช้งานระยะเวลา 1 ปี จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 14,256 บาท สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 4.5 ปี ความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง ขนาด 350W จากการลงทุนประมาณ 24,200 บาท หากมีการใช้งานระยะเวลา 1 ปี จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 4,536 บาท สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 4 ปี และความคุ้มค่าระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มชัก ขนาด 250W จากการลงทุนประมาณ 25,200 บาท หากมีการใช้งานระยะเวลา 1 ปี จะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าปีละ 4,316 บาท สามารถคืนทุนได้ในระระเวลา 5 ปี

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การลงทุนในการติดตั้งระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร มีการลงทุนในระยะแรกค่อนข้างสูง ควรศึกษาข้อมูลให้ครบถ้วน และเลือกอุปกรณ์ที่มีคุณภาพเพราะจะต้องการใช้งานถึง 25 ปี

7.2 ควรมีการดูแลรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ทำความสะอาดฝุ่นที่เกาะบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น เพราะว่าฝุ่นจะเป็นเงาบดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่ให้ได้รับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงน้อยลง ก็จะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้น้อยลง

7.3 ควรเพิ่มชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่ง และแบบปั๊มชัก ซึ่งจะช่วยให้การทำงานของมอเตอร์มีความเสถียรภาพมากขึ้น โดยเฉพาะช่วงเวลาที่มีแสงน้อย

8.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรและหน่วยงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). **“คู่มือฝึกอบรมภาคปฏิบัติด้านพลังงานทดแทนพลังงานแสงอาทิตย์”**. พิมพ์ครั้งที่ 2.

นครินทร์ รินพล. (2559). **“คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น”**. พิมพ์ครั้งที่ 14. ม.ป.ท.: 69-90.

พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์ และธนิท เรืองรุ่งชัยกุล. (2558). การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร. **วารสาร Thai Journal of Science and Technology (TJST).** 4 (3). กันยายน-ธันวาคม : 217–226.

ศักดิ์ทนงค์ วงศ์เจริญ และคณะ. (2561). “การพัฒนาระบบสูบน้ำเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและลดต้นทุนสวนแก้วมังกร วิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตแก้วมังกร ตำบลก่อเอ้ อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี”. **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**. 8(1) : 165-176.

สำนักโฆษก สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี. (2560). **“นโยบายประเทศไทย 4.0 ขับเคลื่อนอนาคตสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน”**. ไทยคู่ฟ้า. เล่มที่ 33. มกราคม - มีนาคม 2560.

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์รูปแบบระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร ตั้งแต่การออกแบบและสร้าง วิเคราะห์ประสิทธิภาพ และประเมินความคุ้มค่าของระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร โดยการทดสอบประสิทธิภาพระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลา 25 ปี ได้แก่ ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มซับเมิสเปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพื้นดินแบบปั๊มหอยโข่งเปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า และระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์แบบปั๊มชักเปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการเลือกใช้ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรอย่างได้เหมาะสมของเกษตรกรต่อไป