

Received: July 8, 2020; Revised: July 9, 2020; Accepted: August 26, 2020

ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่เหมาะสมกับปั้มน้ำ

The suitable off-grid solar energy generator system with water pump

ปรีชญา มุขดา^{1*} กฤษณ์ ไชยวงศ์¹ ทัดทอง พรหมณี² และขวัญชัย หนาแน่น¹Prachya Mukda^{1*}, Krit Chaiwong¹ Tadtong Prammanee² and Kwanchai Nanan¹¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี²คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

*Corresponding Author E-mail Address : mukdaen@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการหาความเหมาะสมระหว่างส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด กับปั้มน้ำ ซึ่งประกอบด้วย แบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 6 แผง 8 แผง และ 10 แผง นำมาทดสอบกับปั้มน้ำขนาด 2.2 กิโลวัตต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน และเวลาเปิดปั้มน้ำที่ต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น. เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่ แบตเตอรี่ จากผลแสดงให้เห็นว่า ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่เหมาะสม คือ แบตเตอรี่ขนาด 100 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 8 ลูก และโซลาร์เซลล์ ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 8 แผง เปิดเครื่องในเวลาไม่เกิน 08.00 น. (ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง) เงื่อนไขนี้ การชาร์จพลังงานไฟฟ้าจะเพียงพอกับพลังงานที่ปั้มน้ำต้องการใช้ในรอบวัน

คำสำคัญ: ระบบกำเนิดไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ ออฟกริด

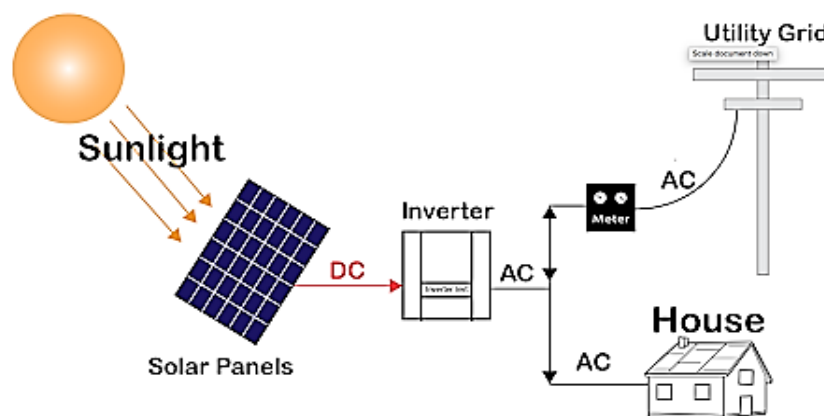
Abstract

This research work is finding of the suitable between the off-grid solar energy generator components with water pump. The components are the 8 battery 100 Ah and the solar cell 330 W of 6, 8 and 10 panel. This off-grid generator tests the water pump 2.2 kW for 2 hour per day. Starting of running pump with various times are 08.00 a.m., 10.00 a.m., 12.00 p.m., 14.00 p.m. and 16.00 p.m. to compare electric charging into batteries. The result shows that, the suitable off-grid solar energy generator components are the 8 battery 100 Ah, the solar cell 330 W of 8 panel and running pump time is 08.00 a.m. (the sky is clearing up). This condition, the charging is enough for output energy of water pump.

Keywords: Generator system, Solar energy, Off-grid

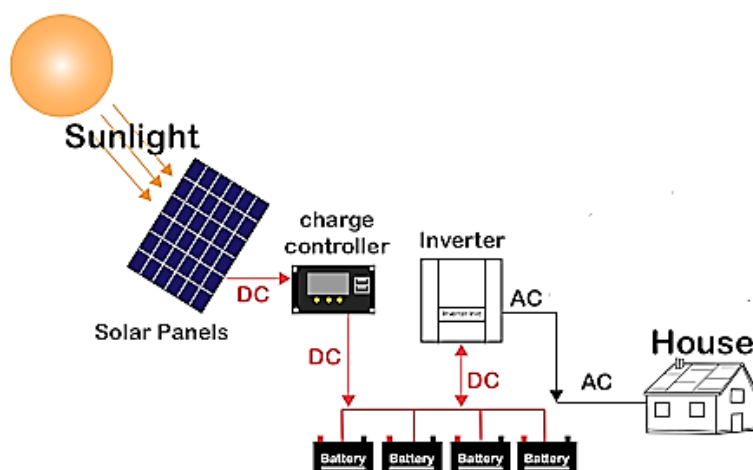
บทนำ

ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ 1) ระบบออนกริด (On-grid system) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (Solar panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า จะใช้อุปกรณ์เพียง แผงโซลาร์เซลล์ และอินเวอร์เตอร์ออนกริด (On-grid inverter) โดยหลักการแปลงไฟกระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้าเพื่อทำการขายไฟฟ้าคืนหรือลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้ (นครินทร์, 2558) ซึ่งระบบแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าแบบออนกริด (On-grid system)

2) ระบบออฟกริด (Off-grid system) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ไม่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้ารายใหญ่ ระบบออฟกริดนี้จะแยกเดี่ยวออกมาโดยผู้ติดตั้งโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เอง โดยไม่ต้องพึ่งพาการไฟฟ้าซึ่งสามารถแยกหมวดย่อยลงไปได้อีกตามลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้งานว่าเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต้องเลือกโหลด (เครื่องใช้ไฟฟ้า) ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งมีวิธีการต่อระบบที่หลากหลาย ทั้งต่อโหลดกระแสตรงกับแผงโซลาร์เซลล์ (ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง) โดยตรง หรือนำไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงไปชาร์จไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย Charge Controller แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ด้วย Inverter สำหรับไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนซึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับอยู่แล้ว (นภัทร, 2554) ซึ่งระบบในแสดงในรูปที่ 2 โดยระบบโซลาร์เซลล์นี้จะมีข้อดีคือสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้คงที่และเหมาะสม มากกว่านั้นก็สามารถเก็บสำรองไฟฟ้าไปใช้ได้ในตอนกลางคืน



รูปที่ 2 ระบบไฟฟ้าแบบออฟกริด (Off-grid system)

ระบบไฟฟ้าแบบออฟกริดนี้ จึงสามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการพลังงาน โดยเฉพาะพื้นที่ทำการเกษตรที่กว้างขวางและห่างไกลจากระบบสายส่งของการไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี (วัฒนพงษ์ และคณะ, 2536) แต่อย่างไรก็ตาม ระบบกำเนิดไฟฟ้านี้เกษตรกรหรือประชาชนเข้าถึงได้ค่อนข้างลำบาก เพราะราคาการติดตั้งระบบและระยะคุ้มทุนที่สูง ซึ่งเหตุผลหนึ่งของการที่ทำให้ราคาการติดตั้งสูง เนื่องจากความไม่เหมาะสมระหว่างความต้องการของกำลังไฟฟ้า (Output) กับกำลังการผลิตไฟฟ้า (Input) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปั๊มน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานที่จำเป็นในงานเกษตรทั่วไป ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ราคาการติดตั้งที่สูงอย่างหนึ่งเกิดจากการใช้ปริมาณของชุดอุปกรณ์ที่เกินความจำเป็น อาทิ จำนวนหรือขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ที่มากหรือน้อยเกินไปกับปริมาณพลังงานของปั๊มน้ำที่ต้องการใช้ (เจษฎา, 2558; สมชาย, 2537) ดังนั้น โครงการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด หาคความเหมาะสมระหว่างจำนวนแบตเตอรี่ จำนวนแผงเซลล์ให้น้อย และเวลาในการใช้งานของปั๊ม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความคุ้มค่ามากที่สุด

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบอิสระ กำลังผลิตไฟฟ้าประมาณ 4 kW ($330 \text{ W} \times 12 \text{ แผง} = 3,960 \text{ W}$) ที่ติดตั้งในพื้นที่ของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี เพื่อใช้ในการทดสอบ ดังแสดงใน รูปที่ 3 (ก)
2. ใช้แผงโซลาร์เซลล์ ชนิด Polycrystalline ขนาดกำลังการผลิต 330 W ต่อแบบอนุกรม 2 แผง แล้วนำมาต่อแบบขนาน 3, 4 และ 5 คู่ (หรือ 6, 8 และ 10 แผง) เพื่อเปรียบเทียบการชาร์จ (อิทธิม, 2559) ดังแสดงใน รูปที่ 3 (ข)
3. ใช้แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah ต่ออนุกรม 4 ลูก (48 V) แล้วกันมาต่อแบบขนานกัน 2 ชุด (หรือ 8 ลูก) ดังแสดงใน รูปที่ 3 (ค) ซึ่งพลังงานในแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคำนวณได้จาก $(100 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \times 8 = 9,600 \text{ Wh} / 2 = 4.8 \text{ kWh})$ (ปรัชญา และขวัญ, 2562)
4. โหลดที่ใช้ได้แก่ ปั๊มน้ำ AC 220 V Single Phase ขนาด 2.2 kW (3 Hp) ทำงาน 2 ชั่วโมง พลังงานที่ปั๊มใช้คำนวณได้จาก $(2,200 \text{ W} \times 2 \text{ h} = 4.4 \text{ kWh})$ (อิทธิม และคณะ, 2560)

5. หาคความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการใช้น้ำขนาด 2.2 kW กับการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ โดยปั้มทำงาน 2 ชั่วโมง เวลาเริ่มต้นที่ปั้มเริ่มทำงาน คือ 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.

6. ทดสอบเฉพาะวันที่ท้องฟ้าโปร่ง อากาศแจ่มใส ของช่วงเดือน มีนาคม ถึง เมษายน 2563



(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด



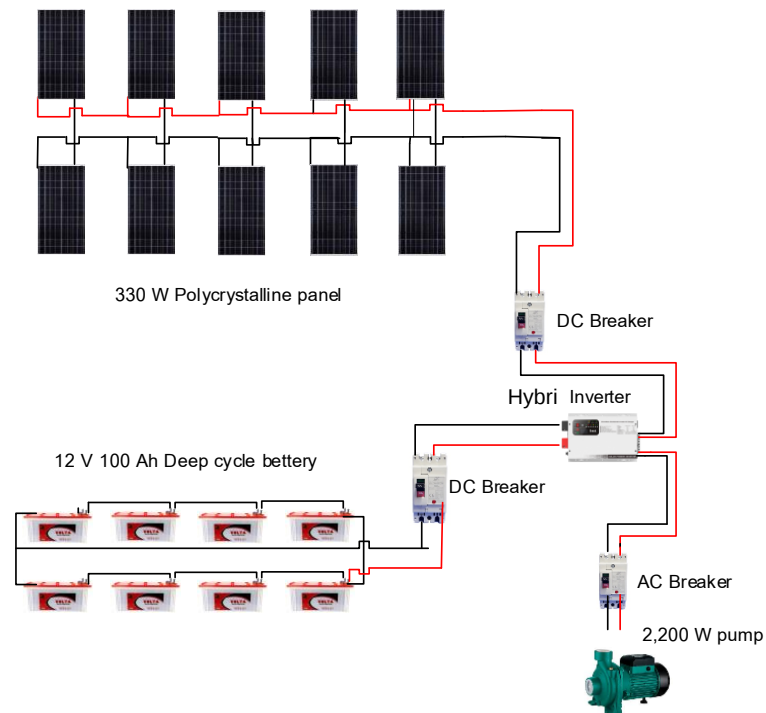
(ข) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Polycrystalline



(ค) แบตเตอรี่แบบ Deep cycle และ Inverter ขนาด 6 kW

รูปที่ 3 ลักษณะทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบออฟกริดได้ถูกออกแบบและสร้าง โดยกำหนดแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 330 W ต่อแบบอนุกรมชุดละ 2 แผง ที่ต่อขนานกันทั้งหมด 6 ชุด รวมเป็น 12 แผง ที่มีแรงดันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ประมาณ 80 V เข้าสู่ Charger controller (ซึ่งจะรวมอยู่ในตัวของ Hybrid inverter) มีหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้าสู่แบตเตอรี่ด้วยแรงดันประมาณ 48 V หลังจากนั้น Inverter ที่ต่อพ่วงกับโหลด (ปั้มน้ำ) มีหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ 220 V (ไฟฟ้าบ้าน) ดังแสดงในรูปที่ 4 ทดสอบกับการทำงานของปั้มน้ำขนาด 2.2 kW เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบการชาร์จตามลำดับ



รูปที่ 4 ไดอะแกรมส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

การทดสอบ ใช้จำนวนแผงด้วยการต่อแบบอนุกรมชุดละ 2 แผง แล้วนำมาต่อแบบขนานกัน 3 ชุด 4 ชุด และ 5 ชุด (6 แผง 8 แผง และ 10 แผง ตามลำดับ) โดยขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบความเข้มแสงอาทิตย์ด้วยโดยใช้เครื่องมือวัด Solar power meter ในการวัดจะวางอุปกรณ์ให้ตั้งฉากกับแผงโซลาร์เซลล์ค่าจะปรากฏบนหน้าจอแสดงผล เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์มีหน่วยเป็น W/m^2 และ Btu ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการตรวจวัดแสงตั้งแต่เวลา 06.00 น.–18.00 น. ทุกหนึ่งชั่วโมง



รูปที่ 5 การวัดความเข้มแสง

2. การตรวจสอบไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ด้วยแคลมป์มิเตอร์ ใช้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า ด้วยวิธีลัดวงจรหรือที่เรียกว่า “short circuit” ที่แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การวัดกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์

3. การตรวจสอบการชาร์จไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ โดยการใช้แคลมป์มิเตอร์ แคลมป์ที่เส้นขั้วบวกระหว่างสายแบตเตอรี่ กับอินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งหากอ่านค่าจากแคลมป์มิเตอร์กระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีการชาร์จไฟฟ้า เข้าสู่แบตเตอรี่ และหากอ่านค่าเป็นลบแสดงว่าไม่มีการชาร์จไฟหรือกำลังการใช้โหลดมากกว่ากำลังการชาร์จไฟฟ้าจาก แผงโซลาร์เซลล์



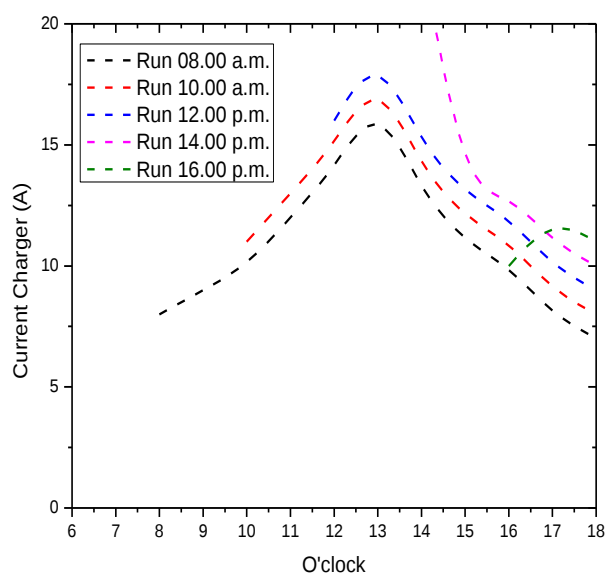
รูปที่ 7 การวัดการชาร์จกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่

ดังนั้นการตรวจสอบความเหมาะสมระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดกับปั้มน้ำ สามารถตรวจสอบเพื่อเปรียบได้จากค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์และค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้าหรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อนำไปสู่การได้จำนวนและขนาดที่พอดีกับปริมาณโหลดที่ใช้ อาทิ จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ และจำนวนแบตเตอรี่ เป็นต้น

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

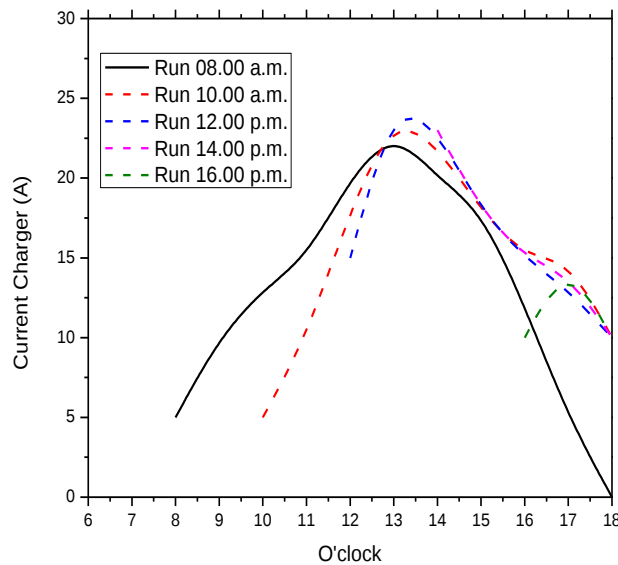
จากรูปที่ 8-10 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่มีจำนวนแผงที่แตกต่างกันคือ 6, 8 และ 10 แผงตามลำดับ โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีแดง) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) ซึ่งเส้นประ หมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบวัน และ เส้นทึบ หมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่พอดีหรือมากกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวัน

รูปที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่ใช้จำนวน 6 แผง โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีแดง) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) โดยทุกเส้นจะเป็นเส้นประทั้งหมด ซึ่งหมายถึงการชาร์จที่น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าในรอบวัน



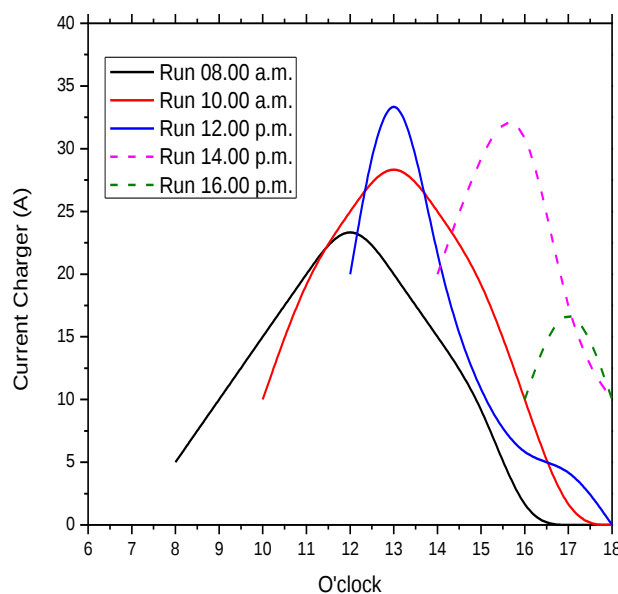
รูปที่ 8 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 6 แผง

รูปที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่ใช้จำนวน 8 แผง โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลาแตกต่างกันของแต่ละวันคือ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีแดง) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) โดยทุกเส้นจะเป็นเส้นประ ยกเว้นเส้นสีดำ (Run 08.00 น.) ซึ่งหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวัน โดยสังเกตได้จากค่าการชาร์จกระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์พอดีที่เวลา 18.00 น. เกิดจากการที่ไม่มีการชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่เพิ่ม (แบตเตอรี่เต็ม)



รูปที่ 9 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 8 แผง

รูปที่ 10 เป็นการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่ใช้จำนวน 10 แผง โดยเวลาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่ 08.00 น.(สีดำ) 10.00 น.(สีแดง) 12.00 น.(สีน้ำเงิน) เป็นเส้นทึบ ซึ่งหมายถึงการชาร์จพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของปั๊มในรอบวัน โดยสังเกตได้จากค่าการชาร์จกระแสไฟฟ้าเป็นลดลงเป็นศูนย์ ซึ่งเกิดจากการที่ไม่มีการชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่เพิ่ม (แบตเตอรี่เต็ม) ต่อมาเริ่มต้นของการเปิดปั๊ม (Run) ที่เวลา 14.00 น.(สีชมพู) และ 16.00 น.(สีเขียว) ซึ่งหมายถึงเป็นช่วงเวลาที่ไม่สามารถชาร์จได้ทันเวลาของรอบวัน



รูปที่ 10 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ จากแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 10 แผง

บทสรุป

จากการทดสอบการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ ที่มีจำนวนแผงที่แตกต่างกันคือ 6, 8 และ 10 แผงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาในการเปิดปั๊มน้ำทำงานและจำนวนแผงที่ใช้ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการชาร์จพลังงานไฟฟ้า โดยการใช้โซลาร์เซลล์จำนวน 6 แผงนั้น ไม่สามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของปั๊ม 2.2 kW ทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวันได้ ไม่ว่าจะเปิดเครื่องในเวลาใดก็ตาม ต่อมา การใช้โซลาร์เซลล์จำนวน 8 แผง หากมีการเปิดปั๊มน้ำทำงาน 08.00 น. ก็จะสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้พอดีในรอบวัน และการใช้โซลาร์เซลล์ 10 แผง ปรากฏว่าหากมีการเปิดให้ปั๊มน้ำทำงานไม่เกิน 12.00 น. จะสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าได้ทันเวลาในรอบวัน แต่อาจจะสิ้นเปลืองแผงเกินความจำเป็น

ดังนั้น การทำงานของปั๊มน้ำขนาด 2.2 kW เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน จำเป็นจะต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออปติคัล แผงโซลาร์เซลล์ Polycrystalline ขนาด 330 W จำนวน 8 แผง แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 8 ลูก และควรเปิดเครื่องในเวลา 08.00 น. (ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง) จะมีความเหมาะสมพอดีกันระหว่างพลังงานขาเข้ากับพลังงานที่ต้องการใช้ในรอบวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุน โครงการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2563 และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา วรรณศรี, วัชรพันธ์ อินทมาศ และสุรจภูมิ ยะนิล (2558). เครื่องสูบน้ำแผงโซลาร์เซลล์. ใน การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นภัทร วัจนเทพินทร์ (2554). การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตัวเอง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์สกายบุ๊ก: ปทุมธานี.
- นครินทร์ รินพล (2558). คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 14. สำนักพิมพ์ไอเคแพลนเน็ต: กรุงเทพฯ.
- ปรีชญา มุขดา และขวัญ หนาแน่น (2562). เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33. จังหวัดอุดรธานี.
- วัฒนพงษ์ รัชชีวีเชียร, สมชาย สุรารัทธิวรรณ, สักวาฬ เพ็งพัด, สุขฤดี นาถกรรณกุล และนิพนธ์ ประทุมศิริ (2536). พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จากสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านเด่นไม้ซุง จังหวัดตาก. รายงานการวิจัย. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- สมชาย สุรารัทธิวรรณ (2537). การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคและเศรษฐกิจของระบบสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเพื่อการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- อริคม อนุจิตรอนันต์ (2559). การจัดทำกลยุทธ์เพื่อการขยายฐานของธุรกิจรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในจังหวัดระยอง กรณีศึกษาบริษัท ยูนิตรอน กรุป จำกัด. งานนิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชา บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัศธร อิเชียว, กล้าณรงค์ วงศ์สุวรรณ และธนาต รัชศิลป์ (2560). การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรบนพื้นที่สูงด้วยระบบ สูบน้ำพลังงานทดแทนของโครงการ สวมหมวกใส่รองเท้าให้ภูเขาหัวโล้น จังหวัดน่าน. รายงานการวิจัย. วิทยาลัย ชุมชนน่าน น่าน.