



ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง
ในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด
Solar Energy Borehole Pumps for Self-Reliance in
Anubankohkood school, Trat Province

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนานุกูล, กฤษณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี, นิกร ผงทอง

Sarayut Chitphutthanakul, Kritsana Chantasit, Komsan Muisee, Nikorn Pongthong

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จ.จันทบุรี 22000

Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University,

Chanthaburi 22000 Thailand

* Corresponding author E-mail: sarayut134@gmail.com

(Received: September 9, 2018 ; Revised :November 11, 2018 ; Accepted : December 12, 2018)

บทคัดย่อ

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ต่อการนำไปใช้งาน วิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ และบูรณาการงานวิจัยกับการเรียนการสอนของโรงเรียนอนุบาล เกาะกูด ผลการวิจัยพบว่า หลังการติดตั้งระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 10 แผง เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์) เครื่องสูบน้ำบาดาล 3 เฟส ขนาด 2 แรงม้า ควบคุม การสูบน้ำด้วยสวิตช์ใบพาย และสวิตช์ควบคุมระดับแรงดันในภาชนะเก็บน้ำ ขนาด 15 คิว (15,000 ลิตร) ทำงานร่วมกับกระแสไฟฟ้า ที่มาจากการไฟฟ้าเพื่อชดเชยช่วงเวลาที่แผง โซล่าเซลล์ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ วิเคราะห์ปริมาณความเข้มแสง ปริมาณแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. พบว่า เมื่อปริมาณความเข้มแสงเพิ่มขึ้น มีผลทำให้กระแสไฟฟ้า เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยค่าสูงสุดที่เวลา 12.00 น. เท่ากับ 50,725 ลักซ์ ค่ากระแสไฟฟ้า เท่ากับ 5.94 แอมแปร์ ได้ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ย 80 ลิตร ต่อ นาที หรือ 4,800 ลิตรต่อชั่วโมง โดยภาชนะเก็บน้ำ ขนาด 15,000 ลิตร จะสามารถเติมน้ำลงในภาชนะเก็บน้ำได้ภายในระหว่าง 2.30 ถึง 3 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณค่ากระแสไฟฟ้าของโรงเรียนได้ปริมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกัน หลังบูรณาการการเรียน การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณาจารย์ และผู้สนใจทั่วไป รวมจำนวน 127 คน ทำแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ พบว่า ความพึงพอใจด้านความรู้ความเข้าใจ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความรู้ความเข้าใจหลังการอบรม และฝึกปฏิบัติค่าเฉลี่ย (Mean) 4.88 คิดเป็น ร้อยละ 97.60 ด้านความพึงพอใจ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ วัตถุประสงค์ในการ จัดโครงการและประโยชน์ที่ได้รับ และความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร ค่าเฉลี่ย (Mean) 4.88 คิดเป็น ร้อยละ 97.60 ด้านการนำความรู้ไปใช้ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติงานด้านพลังงานไฟฟ้า ให้เกิดความเชี่ยวชาญ และสอดคล้องกับการมีส่วนร่วมลดการใช้พลังงานของประเทศ ค่าเฉลี่ย (Mean) 4.91 คิดเป็น ร้อยละ 98.20

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์, การพึ่งพาตนเอง, ระบบสูบน้ำบาดาล



Abstract

The purposes of this research were to analyze and evaluate the efficiency of solar energy borehole pumps, the amount of produced water per use, economic cost analysis and research integration with learning and teaching of Anubankohkood School. The results showed that after installing the solar energy borehole pumps which consisted of 10 solar panels with 325 watts, AC convertor with 2 horsepower (1.5 kilowatts), 3-phase borehole pumps with 2 horsepower that controlled water pumping using a paddle switch and a switch to control pressure level in a 15-cubic water tank (15,000 liters) which worked together with electric current from electricity in order to compensate when the solar panels could not produce electric current. Light intensity, electrical voltage and electric current produced by the solar panels were analyzed from 08:00 to 17:00 and found that if the light intensity increased, the electric current would increase by which the highest mean was at 12:00 with 50,725 lux gaining 5.94 ampere of electric current that could pump average water of 80 liters per minute or 4,800 liters per hour which could add water into the 15,000-liter water tank between 2.5 to 3 hours. This system could reduce 30 percent of electric expense of the school comparing with the same period. The integration with science learning and teaching of grade 1 to grade 6 in Anubankohkood School together with the graduate students of Technology Program from Faculty Industrial Technology as well as lectures and interested people, all together 127 people, using a five-level rating scale satisfaction questionnaire found that the satisfaction in terms of understanding gained the highest level of satisfaction by which the X (Mean) of understanding after training and practice was 4.88 or 97.60 percent. In terms of knowledge use found that the ability to competently practice the received knowledge on electrical power and conform with the energy reduction participation of the country gained the highest satisfaction of X (Mean) 4.91 or 98.20 percent.

Keywords : Solar Energy, Self-Reliance, Borehole Pumps



บทนำ

โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดตั้งอยู่ในพื้นที่เป็นเกาะมีทะเลล้อมรอบ ระบบไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่บนเกาะได้มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่นำสายเคเบิลลอดใต้ทะเล แจกจ่ายไปยังสายส่งสำหรับใช้บนเกาะ ซึ่งในบางวันกระแสไฟฟ้ามีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน เนื่องจากมีจำนวนโรงแรม รีสอร์ท และที่พักเป็นจำนวนมากมีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวบนเกาะกูด โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนยิ่งมีความต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติปัจจุบันทางโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดผลิตน้ำจืดสำหรับใช้ในโรงเรียนด้วยการใช้กระแสไฟฟ้า สูบน้ำจาก

บ่อบาดาลของทางโรงเรียน ฯ ด้วยการสนับสนุนจากหน่วยงานและบุคลากรที่อยู่บนเกาะกูด เมื่อปี พ.ศ.2553 ซึ่งมีขนาดความลึก 53 เมตร สูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 1.5 แรงม้า ส่งน้ำที่ได้ไปเก็บไว้บนภาชนะเก็บน้ำ ขนาด 15 คิว (15,000 ลิตร) ความสูง 15 เมตร เพื่อแจกจ่ายไปยังจุดต่าง ๆ ภายในโรงเรียน รวมถึงบ้านพักอาจารย์ ซึ่งจะพบช่วงเวลาที่ใช้ปริมาณน้ำมากสุดในช่วงเวลากลางวัน ดังภาพที่ 1 และยังพบว่า ค่าใช้จ่ายสำหรับการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาในแต่ละเดือนมีปริมาณสูง โดยเฉลี่ยปริมาณค่ากระแสไฟฟ้าของโรงเรียนเดือนละ 10,000 บาท ซึ่งมาค่ากระแสไฟฟ้าที่มาจากเครื่องสูบน้ำบาดาล ร้อยละ 30 จึงมีความสนใจที่จะสร้างระบบสูบน้ำด้วยวิธีการอื่นมาช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าว (นิกร ผงทอง, 2559, กรกฎาคม 28)



ภาพที่ 1 บ่อบาดาล และภาชนะเก็บน้ำของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด

โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบสูบน้ำบาดาลจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง โดยจะทำการสร้างกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ส่งไปยังปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำขึ้นมาจากบ่อบาดาลของทางโรงเรียน เสริมการใช้กระแสไฟฟ้าที่อยู่บนเกาะ โดยเป็นการสร้างพลังงานกระแสไฟฟ้าจากการใช้แผงโซลาร์เซลล์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน ควบคู่กับการบูรณาการเรียนการสอนเสริมทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ของทางโรงเรียน ซึ่งหากช่วงใดที่มีแสงอาทิตย์ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อสูบน้ำด้วยตนเอง และถ้าหากช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ก็สามารถใช้ระบบสูบน้ำจากระบบไฟฟ้าที่อยู่บนเกาะได้ (Hybrid Technology) จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในพัฒนาระบบสูบน้ำบาดาลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นใช้เองสำหรับโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด เป็นแนวทางศึกษาให้กับบุคคลในชุมชนบนเกาะเพิ่มประสิทธิภาพการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และยังเป็น การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของทางโรงเรียน และในภาพรวม

ของการใช้ไฟฟ้าบนเกาะ เป็นแหล่งเรียนรู้ของบุคคลที่อาศัยอยู่บนเกาะ เนื่องจากทางโรงเรียน ฯ จะเป็นสถานที่เผยแพร่ความรู้แบบอย่างได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาที่จะศึกษาการพัฒนาระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ภายในโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด อำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด ให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเกิดการพึ่งพาตนเอง ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง บูรณาการงานวิจัยกับการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด เพื่อสร้างกิจกรรมเสริมทักษะการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ เพื่อจะสามารถพึ่งพาตนเอง ด้วยกรรมวิธีหลักการทางวิศวกรรม ซึ่งจะนำพาให้ทางโรงเรียนได้ผลสัมฤทธิ์ในด้านการเรียนการสอนของอาจารย์ และคงรักษาโรงเรียนต้นแบบด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ ปริมาณน้ำที่ผลิตได้ต่อการนำไปใช้งาน
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์
3. เพื่อบูรณาการงานวิจัยกับการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโรงเรียน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาาระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด เพื่อนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ไปใช้ร่วมกับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจ่ายให้กับเครื่องสูบน้ำ ขนาด 2 แรงม้า (1,500 วัตต์) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย และเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนสิงหาคม แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การจัดสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

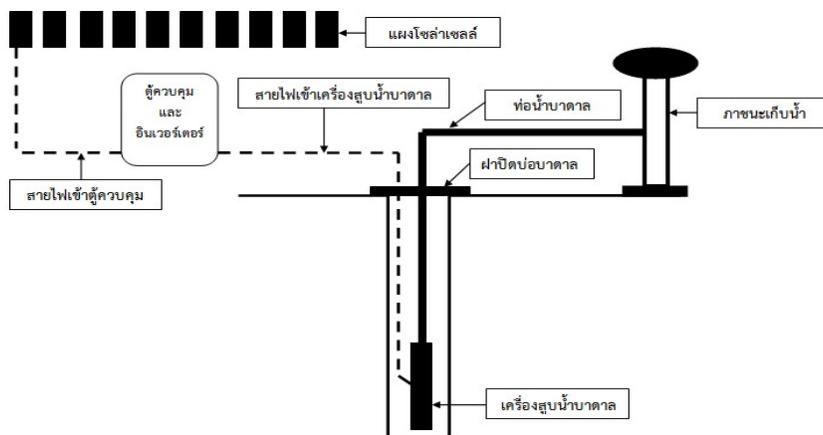
1.1 พัฒนาระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด ดังภาพที่ 2 โดยติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561)

1.2 ติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปแบบของการออกแบบจัดสร้าง เช่น แผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน

(Polycrystalline Silicon Solar Cell) ขนาด 325 วัตต์ ยี่ห้อ Suntech รุ่น STP325-24/VFW จำนวน 10 แผง เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) ยี่ห้อ Novem ขนาด 2 แรงม้า (1,500 วัตต์) และเครื่องสูบน้ำบาดาลระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 3 เฟส (220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์) ยี่ห้อแฟรงคลิน (Franklin) รุ่นเซเฟอร์ รีเจนด์ (ใบพัดสแตนเลส) โดยมีขนาดใบพัด จำนวน 14 ใบพัด น้ำหนักรวม 5 กิโลกรัม ประสิทธิภาพในการสูบน้ำได้ปริมาณน้ำ 100 ลิตรต่อนาที ที่ระดับความลึก 55 เมตร และประสิทธิภาพสูงสุดได้ปริมาณน้ำ 30 ลิตรต่อนาที ที่ระดับความลึก 82 เมตร (กรุงเทพฯวัฒนา, 2554)

1.3 ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ติดตั้งไว้ภายในกล่องขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 43 เซนติเมตร และลึก 15 เซนติเมตร ประกอบด้วย พิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ขนาด 15 แอมแปร์ สำหรับกระแสไฟฟ้าในขณะรับโหลดเกิน สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Circuit Breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าไฟฟ้ากระแสตรง (DC Surge Protection) สำหรับป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินจากภัยธรรมชาติ ส่วนอุปกรณ์สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Surge Protection) สำหรับการกระชากกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้า สวิตช์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Circuit Breaker) สำหรับตัดต่อระบบที่เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

1.4 ติดตั้งชุดควบคุมการตัดต่อระบบสูบน้ำบาดาล ประกอบด้วย สายสัญญาณสวิตซ์ใบพาย (Paddle Flow Switch) เพื่อทำหน้าที่เช็คปริมาณน้ำที่อยู่ในบ่อบาดาล และสายสัญญาณควบคุมแรงดันในภาชนะเก็บน้ำ (Pressure Tank) เพื่อทำหน้าที่เช็คความต้องการเติมน้ำเข้าสู่ภาชนะเก็บน้ำขนาด 15 คิว (15,000 ลิตร)



ภาพที่ 2 ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์



ส่วนที่ 2 การศึกษาวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งาน

หลังจากดำเนินการจัดสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว ทำการทดสอบการใช้งานของระบบฯ อธิบายขั้นตอนการใช้งาน วิเคราะห์ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบวัดปริมาณความเข้มแสง (Light Intensity Meter) ด้วยเครื่องวัดยี่ห้อ Pro's Kit รุ่น MT-4017 ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้า ด้วยมิเตอร์ยี่ห้อ Uni-T รุ่น UT204 ศึกษาผลที่มีต่อการทำงานของระบบฯ โดยเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง แล้วนำผลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบฯ โดยการทำงานร่วมกันระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับกระแสไฟฟ้าที่มาจากกริดไฟฟ้า

ส่วนที่ 3 การศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ทำการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อหาจุดคุ้มทุน (Break Even Point) จากสมการที่ (1)

$$BEP_s = FC / (SUU - VCU) \quad (1)$$

เมื่อ

$$BEP_s = \text{จุดคุ้มทุน (หน่วย)}$$

$$FC = \text{ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)}$$

$$SUU = \text{ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)}$$

$$VCU = \text{ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)}$$

ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback Period) ที่ใช้ในการลงทุนสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ จากสมการที่ (2)

$$PBP = MC / P \quad (2)$$

เมื่อ

$$PBP = \text{ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)}$$

$$MC = \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ (บาท)}$$

$$P = \text{กำไร (บาท/ปี)}$$

โดยที่เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดการประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างระบบเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนที่ 4 ถ่ายทอดองค์ความรู้งานวิจัย และบูรณาการการเรียนการสอน

นำองค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่ได้ดังกล่าว นำมาถ่ายทอด บูรณาการการเรียนการสอนกับรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์สู่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด กลุ่มชุมชน เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนให้เกิดขึ้นแก่ชุมชน ลดภาระค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้า ประเมินการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยการทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย แบ่งเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ) ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยด้านพลังงานไฟฟ้า (ทราบข่าวสารการ จัดโครงการจากแหล่งใดบ้าง รับผิดชอบต่อขั้นตอนใดจากการเข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย นำความรู้ที่ได้ไปขยายผลต่อในด้านใดบ้าง และต้องการรับบริการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านใดจากผลการวิจัย) ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้รับบริการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านความพึงพอใจ และด้านการนำความรู้ไปใช้) และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผลการวิจัย

ผลการจัดสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองภายในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด

1. ผลการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) รับพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) รับพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ตำแหน่งสำหรับวางแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมต่อการติดตั้งระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ถูกติดตั้งอยู่บนหลังคาของอาคารอนุบาล นำอุปกรณ์ติดตั้งประกอบไปด้วยรางอะลูมิเนียม ตัวยึดลอนคู่ เอ็นแคลมป์ มิตรแคลมป์ ตัวต่อราง ดังภาพที่ 3 โดยใช้พื้นที่ขนาดความกว้าง 10 เมตร ยาว 2 เมตร วางบนหลังคากระเบื้องลอนคู่เรียงกันไปตามแนวยาวของอาคารเรียน หันแผงโซลาร์เซลล์เอียง 15 ถึง 20 องศา ไปทางทิศใต้ ซึ่งจะสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน (นครินทร์ รินผล, 2559) อีกทั้งเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาด้านมุมมองระหว่าง 15 ถึง 20 องศา สำหรับติดตั้งเมื่อเทียบกับทิศใต้ (True South) ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ



ภาพที่ 3 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารอนุบาล

การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เริ่มต้นจากคำนวณพื้นที่ที่ต้องการวางแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 2x1 ตารางเมตรต่อแผง ทั้งหมดจำนวน 10 แผง (ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้) นำขายึดหลังคากระเบื้องลอนคู่ (Roof tile kit) วางบนสันนูนของกระเบื้องด้วยการเจาะลงไปให้ยึดกับคานของอาคาร โดยมีระยะห่างระหว่างจุดยึด 1.5 เมตร นำรางอะลูมิเนียม (Aluminum Rail) วางบนขายึดหลังคาเพื่อติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ไปตามแนวยาวต่อกัน นำแผงโซลาร์เซลล์วางจากด้านในสุด หลังจากนั้นนำอุปกรณ์จับยึดด้านข้างแผงโซลาร์เซลล์ (End Clamp Solar Module) ให้แน่นไม่สามารถขยับตัวได้ วางแผงโซลาร์เซลล์ด้วยอุปกรณ์จับยึดระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ (Middle Clamp Solar Module) ขึ้นนอตยึดให้แน่นติดตั้งแล้วทำการติดตั้งแผงถัดไปจนครบจำนวน 10 แผง และในกรณีที่ความยาวของรางอะลูมิเนียมไม่พอกับจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาติดตั้ง ก็สามารถใช้ชุดต่อรางอะลูมิเนียมได้ (Rail Splice Kit) เนื่องจากความยาวของรางอะลูมิเนียม มีขนาด 4.20 เมตรต่อราง

สำหรับการเชื่อมต่อวงจรของแผงโซลาร์เซลล์นั้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่แผงโซลาร์เซลล์แต่ละแผงจะมีขั้วที่แตกต่างกัน คือ มีขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ทำให้เวลาที่ต่อแผงนั้นต้องคำนึงถึงการออกแบบการใช้งาน โดยจะต่อในลักษณะวงจรรอนุกรม คือ นำขั้วบวก (+) แผงที่ 1 ไปเข้าขั้วลบ (-) ของแผงที่ 2 และนำขั้วลบ (-) ของแผงที่ 1 ไปเข้าขั้วบวกของแผงที่ 2 เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่สูง แต่กระแสไฟฟ้าจะเท่ากันตลอด

2. ผลการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า ก่อนทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ทำการนำท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบเดิมที่ทำการติดตั้งไว้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553 ออกมาก่อน หลังจากนั้นทำการล้างทำความสะอาดบ่อบาดาล และซ่อมแซมก่อนที่จะทำการติดตั้ง ดังภาพที่ 4 โดยขั้นตอนการล้างจะทำการเตรียมความพร้อมของบ่อโดยการทำความสะอาดบริเวณปากบ่อ

จากนั้นนำสายยางหย่อยลงไปภายในบ่อให้สุดความลึกของบ่อทำการเป่าลมด้วยเครื่องกำเนิดลม หลังจากนั้นน้ำที่มีสิ่งสกปรกจะขึ้นมาถึงบริเวณบ่อบาดาล รอจนกว่าน้ำที่ขึ้นมาจะมีลักษณะใสไม่มีสีขุ่น จึงทำการหยุด ตรวจสอบสภาพบ่อให้พร้อมใช้งาน และทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลลงไปตามเดิม



ภาพที่ 4 การล้างบ่อบาดาลก่อนทำการติดตั้ง

หลังทำความสะอาดบ่อบาดาล พบว่า การติดตั้งเริ่มจากการเตรียมอุปกรณ์ โดยการประกอบเครื่องสูบน้ำบาดาลเข้ากับมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส เชื่อมต่อสายไฟฟ้าเข้ากับสายไฟฟ้าแกนเดียว (VCT) ซึ่งจะมีสายไฟอยู่ภายในพันสายไฟเพื่อป้องกันการลัดวงจรด้วยเทปพันสายแบบละลาย นำลวดสลิง ขนาด 6 มิลลิเมตร มาทำการยึดเครื่องสูบน้ำบาดาลให้ลอยตามความลึกของบ่อบาดาล โดยเว้นระยะกันบ่อกับเครื่องสูบน้ำบาดาลทำการติดตั้งท่อน้ำ ขนาด 2 นิ้ว ด้วยเกลียวนอกกับเครื่องสูบน้ำบาดาล ทำการหย่อนท่อน้ำลงไปบ่อ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากเครื่องสูบน้ำบาดาลอาจตกลงไปในบ่อบาดาลได้ เชื่อมต่อระหว่างท่อด้วยกาวประสานระหว่างเกลียวในกับเกลียวนอก แล้วหมุนเกลียวให้ห่อต่อกันตามความลึกของบ่อที่ระยะ 53 เมตร โดยมีจำนวนท่อเท่ากับ 13 ท่อน ทำการปิดปากบ่อบาดาลด้วยฝาปิด ขนาด 8 นิ้ว ยึดลวดสลิงด้วยนอตยึดลวดสลิงให้ตึงพอดีกับความลึกของบ่อ แล้วทำการเชื่อมต่อท่อยังภาชนะเก็บน้ำด้วยขนาดท่อลด 2 นิ้ว - 1(1/4) นิ้ว เพื่อส่งน้ำขึ้นไปเก็บยังภาชนะเก็บน้ำ ขนาด 15 คิว (15,000 ลิตร) สำหรับการเชื่อมต่อสายไฟฟ้า โดยใช้สายไฟฟ้าแกนเดียว (VCT) ขนาด 3x2.5 มิลลิเมตร ต่อมาจากชุดควบคุมที่อยู่ในห้องของอาคารอนุบาล โดยการนำสายไฟร้อยท่อแล้วทำการฝังลงดินเพื่อป้องกันอันตรายสำหรับนักเรียน และบุคคลทั่วไป

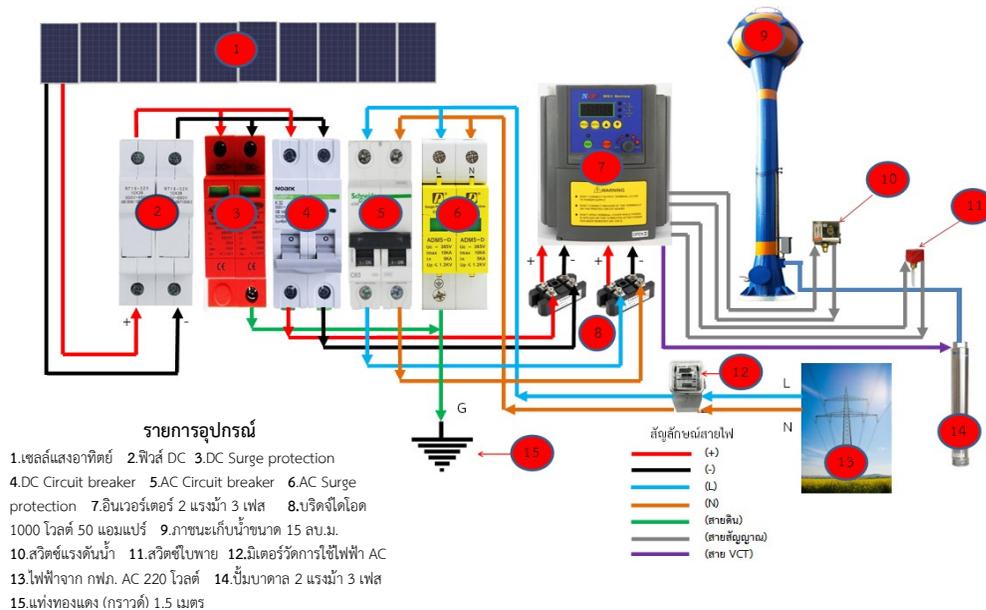
3. ผลการติดตั้งระบบควบคุมเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งระบบตัดต่อควบคุมเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า จุดสำหรับติดตั้งชุดควบคุมถูกติดตั้งอยู่ในห้องนักเรียนชั้นอนุบาล โดยนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญติดตั้ง



ลงในกล่อง เช่น อินเวอร์เตอร์ ขนาด 2 แรงม้า พิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ขนาด 15 แอมแปร์ อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าไฟฟ้า DC, AC (Surge Protection) สวิตช์ไฟฟ้าตัดต่อกระแสไฟฟ้า DC, AC (Circuit Breaker) และมีเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังภาพที่ 5 เพื่อดูการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าที่ใช้กับระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือนได้

การติดตั้งระบบเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบผสมผสาน หรือที่เรียกว่า ระบบไฮบริดจ์ (Hybrid Technology) ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ สามารถแยกการติดตั้งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ระบบไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยการนำกระแสไฟฟ้าผ่านมิเตอร์ไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยกระแสไฟฟ้าที่ระบบดึงไปใช้งาน ต่อผ่านอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าไฟฟ้า



ภาพที่ 5 ระบบเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์
ที่มา : ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และคณะ (2561)

กระแสสลับ AC (Surge Protection) ร่วมกับสวิตช์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Circuit Breaker) เพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าที่มาจากกรไฟฟ้า แล้วนำกระแสไฟฟ้าผ่านบรีดจ์ไดโอด ขนาด 1000 โวลต์ 50 แอมแปร์ เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ ส่วนที่ 2 ระบบไฟฟ้าที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 10 แผง ส่งผ่านมาเข้ากับพิวส์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ขนาด 15 แอมแปร์ หลังจากนั้น กระแสไฟฟ้าจะผ่านอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าไฟฟ้ากระแสตรง DC (Surge Protection) ก่อนส่งเข้าสวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Circuit Breaker) สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำกระแสไฟฟ้าผ่านบรีดจ์ไดโอด ขนาด 1000 โวลต์ 50 แอมแปร์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าเข้าอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงให้เป็นกระแสไฟสลับ ขนาด 220 โวลต์ ป้อนให้กับเครื่องสูบน้ำบาดาล โดยเมื่อระบบทำงานอินเวอร์เตอร์จะทำการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ก่อน หากไม่เพียงพอจึงจะดึงกระแสไฟฟ้า

มาจากการไฟฟ้า เพื่อชดเชยความต้องการกระแสไฟฟ้าของระบบ และเพื่อความปลอดภัยของระบบ จึงได้มีการติดตั้งระบบกราวด์ โดยใช้แท่งทองแดง ขนาด 1.5 เมตร ฝังลงในพื้นดินบริเวณดังกล่าวด้วย ซึ่งการติดตั้งระบบกราวด์จะช่วยให้มีเส้นทางที่สามารถนำกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไหลลงดินได้เร็วที่สุด (นครินทร์ รินผล, 2559)

4. ผลการติดตั้งระบบตัดต่อเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งระบบตัดต่อเครื่องสูบน้ำบาดาล พบว่า อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบน้ำผ่านเข้าภาชนะเก็บน้ำจะต้องมีสายสัญญาณ จำนวน 2 เส้น เพื่อบอกสถานะผ่านสายสัญญาณ VAF ให้เครื่องสูบน้ำบาดาลทำงาน ได้แก่ สายสัญญาณสวิตซ์ใบพาย (Paddle Flow Switch) ขนาด 250 โวลต์ 15 แอมแปร์ และสายสัญญาณควบคุมแรงดันในภาชนะเก็บน้ำ (Pressure Tank) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สวิตซ์ใบพาย และสวิตซ์ควบคุมแรงดันน้ำ

หน้าที่หลักของสวิตซ์ใบพายจะคอยเช็คปริมาณน้ำที่อยู่ในบ่อบาดาลซึ่งหากมีปริมาณน้ำ สวิตซ์ก็จะทำการต่อวงจรบอกอินเวอร์เตอร์ให้สูบน้ำขึ้นมาจากบ่อบาดาล และเมื่อน้ำในบ่อหมด หรือขาดการส่งน้ำขึ้นมาจากบ่อบาดาลก็จะสั่งให้เครื่องสูบน้ำบาดาลหยุดทำงาน ส่วนหน้าที่ของอุปกรณ์ควบคุมระดับแรงดันในภาชนะเก็บน้ำ จะทำหน้าที่ตัดต่อวงจรให้เครื่องสูบน้ำบาดาลทำงานเช่นกัน โดยเมื่อระดับน้ำในภาชนะเก็บลดลงถึงระดับที่ตั้งค่าเอาไว้ ก็ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอินเวอร์เตอร์ให้เครื่องสูบน้ำทำงาน และเมื่อน้ำถูกเติมจนถึงระดับค่าสูงที่ตั้งเอาไว้ ก็ส่งสัญญาณไปยังอินเวอร์เตอร์ให้เครื่องสูบน้ำบาดาลหยุดทำงาน

ผลการวิเคราะห์และประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งาน

1. ผลการศึกษาการใช้งานระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูดจังหวัดตราด

ผลการศึกษาการใช้งานระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ครบถ้วนตามที่ออกแบบไว้แล้วนั้น ทำการตรวจสอบระดับน้ำที่มีอยู่ในบ่อบาดาลจุดเชื่อมต่อของสายไฟฟ้า ท่อประปาที่ใช้ส่งน้ำขึ้นไปเก็บยังภาชนะเก็บน้ำของโรงเรียน

ทำการเปิดสวิตซ์ควบคุมการทำงานที่กล่องควบคุมระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ไปที่ตำแหน่ง “On” เพื่อเปิดระบบให้อุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมทำงาน ทั้งระบบไฟที่มาจากไฟฟ้า

และระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สังเกตมอนิเตอร์แสดงผลในส่วนแสดงค่าแรงดัน และค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความถี่ของระบบ (50 เฮิร์ตซ์) ระบบจะทำการเช็คปริมาณน้ำที่มีอยู่ในบ่อบาดาลซึ่งหากพบความผิดปกติ จะทำการแจ้งให้ทราบผ่านมอนิเตอร์ขึ้นโค้ดสัญลักษณ์ต่าง ๆ โดยหากไม่พบว่าผิดปกติใด ๆ เครื่องสูบน้ำบาดาลจะทำงานทันที โดยดึงกระแสไฟฟ้าที่มาจากพลังงานแสงอาทิตย์ก่อน ซึ่งหากปริมาณกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอ ระบบจะทำการดึงกระแสไฟฟ้าที่มาจากไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยอัตโนมัติ โดยที่ระบบจะทำงานควบคู่กับสวิตซ์ใบพาย (Paddle Flow Switch) และสวิตซ์ควบคุมระดับแรงดันในภาชนะเก็บน้ำ (Pressure Tank) โดยมีจุดสังเกตของมอนิเตอร์ของอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ คือ จะขึ้นข้อความว่า “RUN” เป็นการบอกว่าเครื่องสูบน้ำบาดาลกำลังทำงานอยู่ (คู่มือโซลาร์ปั๊มอินเวอร์เตอร์โนวม, 2560 : 8)

2. ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการทดสอบเครื่องสูบน้ำบาดาล ขนาด 2 แรงม้า (1,500 วัตต์) พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องสูบน้ำบาดาลต้องการ มีขนาด 5.9 แอมแปร์ ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณความ เข้มแสง ปริมาณโวลต์ และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ได้ผลดังตารางที่ 1

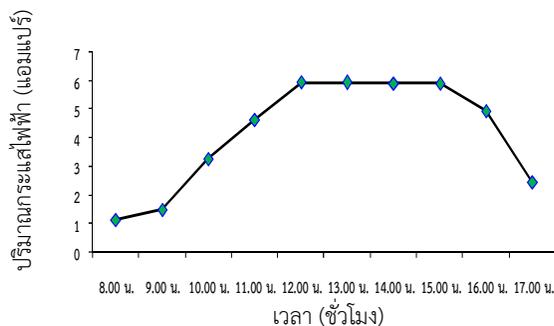
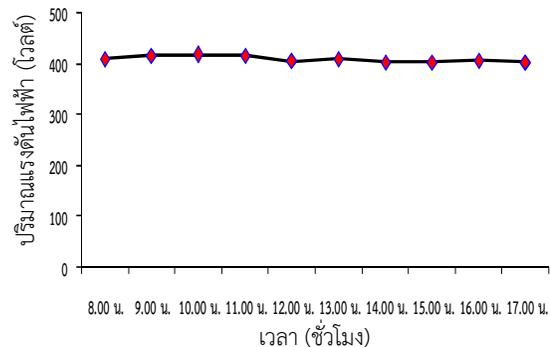
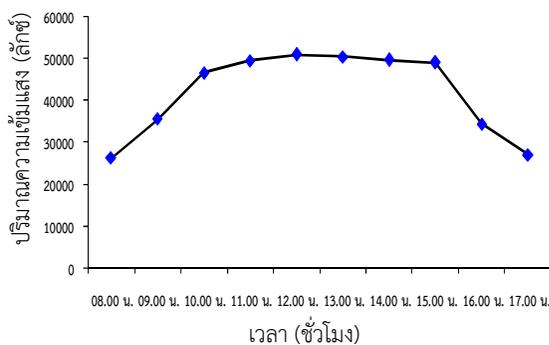


ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มแสง (ลักซ์)	ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่ากระแส (แอมแปร์)
08.00 น.	26,147	408	1.11
09.00 น.	35,423	414	1.48
10.00 น.	46,529	416	3.26
11.00 น.	49,391	415	4.64
12.00 น.	50,725	404	5.94
13.00 น.	50,355	409	5.88
14.00 น.	49,519	401	5.92
15.00 น.	48,885	401	5.90
16.00 น.	34,303	405	4.94
17.00 น.	26,914	401	2.43

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มแสง พบว่า ปริมาณความเข้มแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีค่าเพิ่มตามระยะเวลาที่ผ่านไป โดยการวัดด้วยเครื่องมือทดสอบความเข้มแสง (Light Intensity Meter) ซึ่งเมื่อระยะเวลา 08.00 น. ความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์จะยังมีปริมาณน้อย โดยเฉลี่ยเท่ากับ 26,147 ลักซ์ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์จะมีปริมาณความเข้มแสงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก โดยสามารถวัดค่าปริมาณ

ความเข้มแสงได้สูงสุดในเวลาช่วง 12.00 น. โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 50,725 ลักซ์ และจะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาหลังจาก 12.00 น. ที่ระดับความเข้มแสง 26,914 ลักซ์ ระยะเวลา 17.00 น. ความสัมพันธ์ของระยะเวลา ปริมาณความเข้มแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 7 จะสังเกตได้ว่า จะมีลักษณะเป็นรูปพลาโบลา ซึ่งค่าปริมาณความเข้มแสงจะพบมากสุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 15.00 น. โดยปริมาณความเข้มแสงมากแผงโซล่าเซลล์ ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาปริมาณมากเช่นกัน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลา กับปริมาณความเข้มแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า



ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดันไฟฟ้า พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้า จะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากการเชื่อมต่อบริเวณที่เป็นลักษณะ วงจรอนุกรม ซึ่งจะให้ได้แรงดันที่สูงสม่ำเสมอ โดยเมื่อทำการเก็บ ข้อมูลในระยะเริ่มต้นจะมีแรงดันโดยเฉลี่ย 408 โวลต์ ในช่วงเวลา 08.00 น. และระดับแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่เวลา 10.00 น. โดยเฉลี่ยเท่ากับ 416 โวลต์ และจะมีลักษณะกราฟเป็นเส้นตรง ทั้งนี้ในช่วงเวลาอาจจะมีการแกว่งขึ้นลงเข้ามาบ้างแผงโซล่าเซลล์ ส่งผลให้ปริมาณแรงดันไฟฟ้าตกลง ดังภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ ของระยะเวลา และปริมาณแรงดันไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ค่ากระแสไฟฟ้า พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้า จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสง โดยเมื่อมีปริมาณ ความเข้มแสงมากค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ก็จะมี ปริมาณมากขึ้น โดยในระยะเริ่มต้นที่ 08.00 น. สามารถวัดค่า กระแสไฟฟ้าได้ปริมาณ 1.11 แอมแปร์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป ปริมาณ ความเข้มแสงเพิ่มขึ้นค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะเพิ่มสูงตามกัน โดยสามารถวัดได้ที่ 5.94 แอมแปร์ ที่เวลา 12.00 น. ดังภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลา และปริมาณกระแสไฟฟ้า ดังนั้น ลักษณะของกราฟที่ได้จึงมีความสอดคล้องกับกราฟของปริมาณ ความเข้มแสง

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสูบน้ำบาดาลพลังงาน แสงอาทิตย์ พบว่า ในช่วงเริ่มต้นค่าปริมาณความเข้มแสงมีปริมาณ น้อยระบบสูบน้ำบาดาล จะทำการดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาคเข้ามาชดเชย ส่งผลให้ระบบต้องพึ่งพากระแสไฟฟ้า จากการไฟฟ้า และจะค่อย ๆ ลดการพึ่งพาพลังงานในช่วงเวลาที่ระบบ โซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น จนระบบ ๆ สามารถ ทำงานได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ได้ร้อยละ 100 ในช่วงเวลาที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับขนาดความต้องการไฟฟ้า ของเครื่องสูบน้ำบาดาล เช่น ในตอนเช้าเวลา 08.00 น. ระบบต้องการ กระแสไฟฟ้าที่ระดับ 5.9 แอมแปร์ ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถ ผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับ 1.11 แอมแปร์ ดังนั้นจึงต้องพึ่งพา กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอีก 4.79 แอมแปร์ เปรียบเทียบกับช่วงเวลา 12.00 น. แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิต กระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 5.94 แอมแปร์ ซึ่งเป็นเวลาที่แสงจาก ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์ทำให้ระบบ ๆ ไม่ต้องดึง กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพราะฉะนั้นยิ่งระยะเวลา ที่ระบบ ๆ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก จะส่งผลให้ลดการใช้ กระแสไฟฟ้าลงปริมาณค่าไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าของทางโรงเรียนก็จะ ลดลงด้วย และยัง พบว่า ปริมาณน้ำที่ได้จากระบบสูบน้ำบาดาล พลังงานแสงอาทิตย์ มีปริมาณน้ำที่ได้โดยเฉลี่ย 80 ลิตรต่อนาที่ หรือ 4,800 ลิตรต่อชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม แบ่งองค์ประกอบ ในการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทั้งหมด ด้านจุดคุ้มทุนของระบบเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงาน แสงอาทิตย์ ด้านระยะเวลาในการคืนทุนของระบบเครื่องสูบน้ำ บาดาลพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในสร้างระบบเครื่องสูบน้ำ บาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ (บาทต่อปี) โดยกำหนดให้ราคาเครื่อง เครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์มีเท่ากับ 340,000 บาท มูลค่าซากเมื่อสิ้นปีที่ 25 เหลือร้อยละ 20 ของราคาเครื่อง (กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน, 2561) อายุการใช้งานแผง โซล่าเซลล์โดยเฉลี่ยประมาณ 25 ปี และอัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 7.12 ต่อปี (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2561) อัตราการบำรุงรักษา ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ เฉลี่ยวันละ 5 บาทต่อวัน ตลอดเวลา 1 ปี (365 วัน) และเนื่องจากระบบไฟฟ้าที่ใช้กับ ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ต้องนำกระแสไฟฟ้าจาก การไฟฟ้าบนเกาะเข้ามาร่วมในเวลาที่ไม่มีพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะเวลากลางคืนต้องใช้จำนวนกระแสไฟฟ้าในการสูบน้ำ บาดาลโดยเฉลี่ย 1 ชั่วโมงต่อวัน จำนวนหน่วยที่ใช้ 1.5 หน่วย เป็นเงิน 7.5 บาทต่อวัน ตลอดวันทำงานไม่รวมวันหยุด จำนวน 244 วัน จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 29,060 บาทต่อปี

2. จุดคุ้มทุน (Break even point) ของระบบ สูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกำหนดให้อัตราการใช้ ปริมาณน้ำของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดเฉลี่ยต่อวันประมาณ 15 คิว (15,000 ลิตร) เครื่องสูบน้ำ ขนาด 2 แรงม้า (1,500 วัตต์) ทำงาน โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 10 แผง ผลิตกระแส ไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ ขนาด 325 วัตต์ จำนวน 10 แผง ได้ปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ 30 ลิตรต่อนาที่ จะใช้เวลารวม 8.34 ชั่วโมง ต่อวัน เท่ากับใช้กระแสไฟฟ้า 12.51 หน่วยต่อวัน คิดเป็นเงิน 62.55 บาทต่อวัน หรือ 16,512 บาทต่อปี วันทำงานไม่รวมวันหยุด เท่ากับ 244 วัน เท่ากับสามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 3,053 หน่วยต่อปี ดังนั้นจุดคุ้มทุนจะอยู่ที่ 14,434.66 บาทต่อปี หรือ 1,153.85 หน่วยต่อปี

3. ระยะเวลาในการคืนทุนของระบบสูบน้ำบาดาล พลังงานแสงอาทิตย์ โดยกระแสไฟฟ้าที่นำมาใช้กับระบบสูบน้ำ บาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ ทำให้สามารถ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้เท่ากับ 62.55 หน่วยต่อปี หรือ 16,512 บาทต่อปี (คิดราคาค่าไฟฟ้า หน่วยละ 5 บาท) ซึ่งจะทำให้โรงเรียนมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.59 ปี หรือประมาณ 1 ปี 7 เดือน 5 วัน



ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณาการการเรียน

การสอน

เมื่อดำเนินการติดตั้งระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเองเสร็จเรียบร้อย นำผลการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณาการการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 1 และ 2 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณาจารย์ และผู้สนใจทั่วไปรวมจำนวน 127 คน ณ โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด อำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด โดยเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนจากการใช้โซลาร์เซลล์ และการประยุกต์ใช้งาน

1. แบบสอบถามหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี แบ่งเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า สถานภาพของผู้ให้ข้อมูลรวม 127 คน แบ่งเป็นเพศชาย 65 คน (ร้อยละ 51.20) เพศหญิง 62 คน (ร้อยละ 48.80) อายุต่ำกว่า 15 ปี จำนวน 56 คน (ร้อยละ 44.10) ระหว่าง 16 ถึง 25 ปี จำนวน 2 คน (ร้อยละ 1.10) ระหว่าง 26 ถึง 35 ปี จำนวน 51 คน (ร้อยละ 40.20) ระหว่าง 36 ถึง 45 ปี จำนวน 8 คน (ร้อยละ 6.30) ระหว่าง 46 ถึง 55 ปี จำนวน 9 คน (ร้อยละ 7.10) และมากกว่า 55 ปี จำนวน 1 คน (ร้อยละ 0.80) ระดับการศึกษา พบว่า ผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษาสูงสุด จำนวน 60 คน (ร้อยละ 47.20) อนุปริญญา จำนวน 1 คน (ร้อยละ 0.80) ปริญญาตรี จำนวน 61 คน (ร้อยละ 48.00) ปริญญาโท จำนวน 5 คน (ร้อยละ 3.90) สถานภาพพบว่า นักเรียน/นักศึกษา จำนวน 117 คน (ร้อยละ 92.10) ข้าราชการ จำนวน 3 คน (ร้อยละ 2.40) พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 4 คน (ร้อยละ 3.10) ธุรกิจส่วนตัว จำนวน 2 (ร้อยละ 1.60) และเกษตรกร จำนวน 1 คน (ร้อยละ 0.80)

2. ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย พบว่า ท่านทราบข่าวสารการจัดโครงการจากแหล่งใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ครู/อาจารย์ คิดเป็นร้อยละ 99.20 หมวดที่ 2 ท่านได้รับประโยชน์ด้านใดจากการเข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ เพิ่มพูนความรู้/ประสบการณ์ คิดเป็นร้อยละ 74.80 หมวดที่ 3 ท่านนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลต่อในด้านใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ประยุกต์เป็นองค์ความรู้ใหม่ คิดเป็นร้อยละ 83.50 หมวดที่ 4 ท่านต้องการรับบริการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านใดจากผลการวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ด้านพลังงานทดแทน/อนุรักษ์พลังงาน คิดเป็นร้อยละ 89.80

3. ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ท่านมีความรู้ ความเข้าใจหลังการอบรม และฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.88 คิดเป็นร้อยละ 97.60 ด้านความพึงพอใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ วัตถุประสงค์ในการจัดโครงการและประโยชน์ที่ได้รับ และ ความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร ค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.88 คิดเป็นร้อยละ 97.60 ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติงานด้านพลังงานไฟฟ้า ให้เกิดความเชี่ยวชาญ และสอดคล้องกับการมีส่วนร่วมลดการใช้พลังงานของประเทศ ค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.91 คิดเป็นร้อยละ 98.20

สรุปและอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 08.00 น. ถึง 17.00 น. เฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 32-35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณความเข้มแสง ปริมาณแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ พบว่า แนวโน้มปริมาณความเข้มแสงกับกระแสไฟฟ้าจะมากค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์จะมีปริมาณความเข้มแสงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านไป เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก โดยสามารถวัดค่าปริมาณความเข้มแสงได้สูงสุดในเวลาช่วง 12.00 น. เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 50,725 ลักซ์ ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้สูงสุดเท่ากับ 5.94 แอมแปร์ โดยที่ลักษณะของกราฟกระแสไฟฟ้ามีความสอดคล้องกับกราฟของปริมาณความเข้มแสง ส่วนแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งช่วงเวลา

2. ต้นทุนการสร้างระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 340,000 บาท อายุการใช้งานแผงโซลาร์เซลล์โดยเฉลี่ยประมาณ 25 ปี เฉลี่ยวันทำงานไม่รวมวันหยุด จำนวน 244 วัน พบว่า จะมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 29,060 บาทต่อปี จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ต่อการใช้ปริมาณน้ำของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูดเฉลี่ยต่อวัน ประมาณ 15 คิว (15,000 ลิตร) คิดเป็นเงิน 62.55 บาทต่อวัน หรือ 16,512 บาทต่อปี วันทำงานไม่รวมวันหยุดเท่ากับ 244 วัน เท่ากับสามารถประหยัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 3,053 หน่วยต่อปี คิดเป็นเงิน 14,434.66 บาทต่อปี หรือ 1,153.85 หน่วยต่อปี ระยะเวลาในการคืนทุนที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้เท่ากับ 62.55 หน่วยต่อปี หรือ 16,512 บาทต่อปี (คิดราคาค่าไฟฟ้าหน่วยละ 5 บาท) ซึ่งจะทำให้โรงเรียนมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.59 ปี หรือประมาณ 1 ปี 7 เดือน 5 วัน เนื่องมาจากทางโรงเรียนสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนให้กับระบบสูบน้ำบาดาลได้เอง ลดการพึ่งพา



กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าลง ซึ่งสอดคล้องกับพินิจ สามาอาพัฒนา และธนิต เรื่องรุ่งชัยกุล (2558) ได้ทำศึกษาการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้กำลังใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ทำการเกษตรของตน โดยนำมาทดสอบระบบสูบน้ำเดิมซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 3 ราย ซึ่งเป็นระบบขนาดใหญ่มากกว่า 2,400 วัตต์ ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันเครื่อง และค่าซ่อมบำรุงของระบบสูบน้ำเดิมลงได้ (ระยะเวลาคืนทุน 2.86-6.22 ปี) และในกรณีที่ลงทุนติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ใหม่โดยไม่มีระบบสูบน้ำเดิมอยู่จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากยิ่งขึ้น โดยมีระยะเวลาคืนทุน 2.68-5.15 ปี

3. หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย และบูรณาการการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณาจารย์ผู้สนใจทั่วไป รวมจำนวน 127 คน ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด เป็นอันดับ 1 คือ ท่านมีความรู้ ความเข้าใจ หลังการอบรม และฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.88 คิดเป็นร้อยละ 97.60 ด้านความพึงพอใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด เป็นอันดับ 1 คือ วัตถุประสงค์ในการจัดโครงการและประโยชน์ที่ได้รับ และความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.88 คิดเป็นร้อยละ 97.60 ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปฏิบัติงานด้านพลังงานไฟฟ้าให้เกิดความเชี่ยวชาญ และสอดคล้องกับการมีส่วนร่วมลดการใช้พลังงานของประเทศ ค่าเฉลี่ย \bar{X} (Mean) 4.91 คิดเป็นร้อยละ 98.20

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพระบบป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเพื่อลดกำลังในช่วงเริ่มต้น
2. ควรมีการศึกษานำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ไปใช้งานในส่วนอื่น ๆ เพิ่มเติม
3. ควรมีการศึกษาลักษณะการเก็บพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ร่วมกับระบบด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มบริหารการคลังและทรัพย์สิน. (2561). การตีราคาทรัพย์สิน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.moe.go.th/webfnd/mo29.htm>. 29 มกราคม 2561.
- กรุงเทพฯ. (2554). แฟรงคลินแค็ตตาล็อก. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.franklinthailand.com/KTW_Page/1016/catalog. 21 มกราคม 2561.
- คู่มือโซลาร์ปั๊มอินเวอร์เตอร์โนแวม, (2560). คีย์แพดใช้ในการแสดงผลและตั้งค่าฟังก์ชัน. กรุงเทพฯ ฯ : โนแวม อินจิเนียริง.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2561). อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.bot.or.th/thai/statistics/_layouts/application/interest_rate/in_rate.aspx : 29 มกราคม 2561.
- นครินทร์ รินผล. (2559). คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น. การพิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ ฯ : จรัสสินทวงศ์ การพิมพ์.
- นิกร ผงทอง เป็นผู้ให้สัมภาษณ์. ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล เป็นผู้สัมภาษณ์. (28 กรกฎาคม 2559). ณ โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด เลขที่ 130 หมู่ที่ 1 ตำบลเกาะกูด อำเภอเกาะกูด จังหวัดตราด
- พินิจ สามาอาพัฒนา และธนิต เรื่องรุ่งชัยกุล. (2558, กันยายน-ธันวาคม). Thai Journal of Science and Technology, 4 (3), หน้า 217-226.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2561). มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. กรุงเทพฯ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล, ฤกษ์ฉะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี และนิกร ผงทอง. (2561). การออกแบบระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 3 และการประชุมวิชาการระดับชาติ เครือข่ายวิจัยประชาชน ครั้งที่ 4. นภัทร วันจนเทพินทร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา. พระนครศรีอยุธยา. หน้า 749-759.