

ระบบสาธิตผลิตระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน

ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล^{1*} กฤษณะ จันทสิทธิ์²

Received : August 4, 2020

Revised : April 23, 2021

Accepted : April 27, 2021

บทคัดย่อ

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาระบบสาธิตผลิตระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน และบูรณาการงานวิจัยกับการเรียนการสอนของโรงเรียน งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดสาธิตระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ติดตั้งอุปกรณ์ลงบนแผ่นไวท์บอร์ดขนาดความกว้าง 82 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร และหนา 22 เซนติเมตร โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ ผ่านอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุขนาด 20 แอมแปร์ ลงในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 80 แอมแปร์ แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยอินเวอร์เตอร์ขนาด 1,000 วัตต์ ติดตั้งวงจรป้องกันการใช้กระแสไฟฟ้าเกิน รุ่น XH-M609 ทำงานร่วมกับโซลิตัสเตจรีเลย์ ขนาด 40 แอมแปร์ ทดสอบเก็บกระแสไฟฟ้าที่ระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้า 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) ร้อยละ 60 (11.90 โวลต์) และร้อยละ 80 (11.50 โวลต์) ผลการศึกษา พบว่า ความเหมาะสมต่อการเก็บประจุไฟฟ้าให้เต็มภายใน 1 วัน อยู่ที่ระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้าร้อยละ 40 โดยสามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าให้เต็มแบตเตอรี่ภายในระยะเวลา 6, 8 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ สามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานขึ้นรอบการชาร์จสูงขึ้น หลังบูรณาการการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนวัดมงคลภูวนาส ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณาจารย์ และผู้ที่สนใจทั่วไปจำนวนรวม 217 คน ทำแบบประเมินความพึงพอใจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ 1) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.40 คิดเป็นร้อยละ 88.00 2) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถของวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้มากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.60 คิดเป็นร้อยละ 92.00 และ 3) ด้านการนำความรู้ไปใช้ คือ สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ด้านการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.54 คิดเป็นร้อยละ 90.80

คำสำคัญ: ชุมชนฐานราก พลังงานแสงอาทิตย์ ระดับครัวเรือน

¹ อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อีเมล: sarayut134@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อีเมล: ksn_13@hotmail.co.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sarayut134@gmail.com

SOLAR POWER GENERATION DEMONSTRATION SYSTEM FOR COMMUNITY FOUNDATIONS AT A HOUSEHOLD LEVEL

Sarayut Chitphutthanakul^{1*} Kritsana Chantasit²

Abstract

The aim of this research were 1) to study the development of solar power generation demonstration system for community foundations at a household level and 2) to integrate the research' results with teaching and learning in the primary school. In this research, a demonstration set of solar power systems which laying onto a whiteboard size of 82 cm width, 110 cm length, and thickness of 22 cm was developed. The demonstration set was able to generate electricity by the 120-watt solar panel through the control device which charged the battery of 20 amperes to the battery of 12 volts, 80 amperes. The DC current was converted to AC power with a 1,000-watt inverter. The circuit board was installed to prevent the power generation exceeding XH-M609 which was compatible with the solid state relay 40 amperes. The electricity storage capacity was tested at 3 levels of discharge depth 40 % (12.20 volts), 60 % (11.90 volts) and 80 % (11.50 volts). The result showed that the appropriate duration to keep the full charge was within one day at a discharge depth of 40 %. Here, the battery can be recharged to full power within a period of 6, 8 and 11 hours, respectively, which can prolong the lifetime of battery life and the higher charge. After the integration of teaching and learning about the electric generator with the students in Primary school (Prathom 1-6) of Watmongkolwuttawas School, the 5-point rating scale assessment method was used to measure the satisfaction level of undergraduate students of Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, the lecturer and other related participants, in total of 217 representative samples. The main results were summarized as follows: 1) the level of satisfaction with knowledge, the understanding of the representative samples with the topic in the theory of electrical energy had the highest value with the score of 4.40 (88.00 %), 2) the satisfaction of the expertise's knowledge had the highest value with the score of 4.60 (92.00 %) and 3) the application of knowledge, the representative samples could use the knowledge to modify by effectively reduction in energy consumption with the score of 4.54 (90.80 %) which had the highest score.

Keywords: Community Foundations, Solar Energy, Household Level

¹ Lecturer of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, RambhaiBarniRajabhat University, e-mail: sarayut134@gmail.com

² Assistant Professor of Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, RambhaiBarniRajabhat University, e-mail: ksn_13@hotmail.co.th

* Corresponding author, e-mail: sarayut134@gmail.com

บทนำ

ความสำคัญของการศึกษาพลังงานทดแทนหรือการอนุรักษ์พลังงานนับวันยิ่งจะได้รับความสนใจเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากทุกหลังคาเรือนต้องการนำพลังงานมาใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นจากการนำทรัพยากรทางธรรมชาติ นำมาผ่านกระบวนการแปรสภาพเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในอนาคตพลังงานเหล่านี้น่าจะมีแต่จะหมดลงไป ซึ่งหากเป็นพลังงานธรรมชาติและเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่มีวันหมดสิ้นได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานคลื่นนั้น พลังงานเหล่านี้จะยังคงอยู่ตลอดไป หากได้มีการศึกษาค้นคว้าเก็บพลังงาน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ก็จะเป็นการช่วยลดภาระค่าครองชีพในชีวิตประจำวันลงได้ โดยปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้พัฒนาไปเป็นอย่างมาก โดยในขณะเดียวกันราคาอุปกรณ์ก็ลดลงทำให้สามารถมีระยะเวลาในการคืนทุนสำหรับการลงทุนติดตั้งเร็วขึ้นอีกด้วย

โรงเรียนวัดมงคลวัฒนา อำเภอกงหรา จังหวัดระยอง ได้จัดทำโครงการเรียนรู้พลังงานจากเชื้อเพลิงพลังงานสะอาด และพลังงานทดแทน โดยมีความต้องการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ไว้ใช้ประโยชน์ทั้งภายในโรงเรียน และเป็นต้นแบบของบ้านพักอาศัยในระดับครัวเรือน ที่ต้องการเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านพลังงานทดแทนของคนในชุมชน และบุคคลทั่วไปมาศึกษาเพื่อนำกลับไปปรับใช้กับครัวเรือนได้ ในขณะนั้นทางโรงเรียนฯ ยังขาดบุคลากรที่มีองค์ความรู้ความเชี่ยวชาญในการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จึงได้ขอความอนุเคราะห์มายังอาจารย์ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล สังกัดหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ต่อเนื่อง) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อมาเป็นที่ปรึกษาโครงการดังกล่าว ซึ่งจากความต้องการของทางโรงเรียนนั้น ผู้วิจัยมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งต่อการสนับสนุนโรงเรียน หรือสถานศึกษา และกลุ่มบุคคลที่สนใจต้องการเรียนรู้ด้านพลังงานทดแทน โดยการส่งเสริมให้ภาคครัวเรือนสามารถสร้างกระแสไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง ควบคู่กับการอนุรักษ์พลังงาน และการรักษาสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาที่จะศึกษางานวิจัยระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ แผงโซลาร์เซลล์ เครื่องควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่ และเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) จัดสร้างเป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand alone system) หรือระบบออฟกริด (Off grid) ซึ่งภายในงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์การเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่ แบ่งการคายประจุไฟฟ้า (Depth of discharge : DOD) ภายในแบตเตอรี่ให้มีค่าความลึกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) 60 (11.90 โวลต์) และ 80 (11.50 โวลต์) โดยจัดสร้างเป็นชุดสาธิตสำหรับเป็นสื่อการสอน นำหลักวิชาการไปพัฒนาให้คนในชุมชนนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ศึกษาการกำเนิดกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานทดแทน (วิชิต มาลาเวช, 2556) โดยนำผลงานวิจัยไปถ่ายทอดยังโรงเรียนวัดมงคลวัฒนา โดยการบูรณาการเรียนรู้อบรมทักษะด้านวิทยาศาสตร์ ร่วมกับโครงการการอนุรักษ์ และเรียนรู้พลังงานทดแทน ส่งเสริมเรียนรู้การเก็บพลังงานที่มาจากแหล่งธรรมชาติ เพื่อจะสามารถพึ่งพาตนเอง ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าในระดับครัวเรือน และคงรักษาปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน
2. เพื่อบูรณาการงานวิจัยกับการเรียนการสอนของโรงเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน โดยจัดสร้างชุดสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย และการเก็บข้อมูล แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ในการจัดสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cell) เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Solar charge controller) เครื่องอินเวอร์เตอร์ (Inverter) แบตเตอรี่แบบ Deep cycle วงจรควบคุมการใช้กระแสไฟเกิน และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ โดยลักษณะการเชื่อมต่อวงจรเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand alone system) หรือระบบออฟกริด (Off grid) ซึ่งจะแตกต่างจากระบบออนกริด (On grid) คือ เป็นระบบที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่การไฟฟ้าเข้าไม่ถึง หรืออยู่ในช่วงปลายของระบบการไฟฟ้า ซึ่งมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาชุดระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cell)

แผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาใช้เป็นแบบผลึกรวม (Poly crystalline) ยี่ห้อ Syosuo yang รุ่น SY-120WT มีขนาดความกว้าง 76 เซนติเมตร ยาว 125 เซนติเมตร ขนาดกำลังวัตต์สูงสุดที่ผลิตได้ 120 วัตต์ จำนวน 1 แผง (ขนาดที่เหมาะสมกับระดับแรงดันขนาด 12 โวลต์ ของแบตเตอรี่) โดยติดตั้งด้านบนของโครงสร้างรับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นหลักในการวางศูนย์รวมอุปกรณ์ โดยลักษณะการเชื่อมต่อวงจรเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ คือ ระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์โดยไม่ต้องเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (นครินทร์ รินผล, 2559) การต่อใช้งาน โดยการเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุ (Control change) เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้มีความสม่ำเสมอ ก่อนนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ หรือจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังโหลด ก่อนทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เราควรศึกษาข้อมูลของแผงโซลาร์เซลล์จากแผ่น Name plate ที่อยู่ทางด้านหลังของแผงฯ ซึ่งจะเป็นรายละเอียดที่จำเป็นเกี่ยวกับแผงโซลาร์เซลล์ในรุ่นนั้นๆ ด้วย

1.2 การศึกษาเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Solar charge controller)

เครื่องควบคุมการชาร์จประจุที่ใช้มีขนาด 20 แอมแปร์ ชนิด PWM (Pulse width modulation) ยี่ห้อ Suoer รุ่น ST-C 1220 (กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ มีปริมาณไม่เกิน 10 แอมแปร์) หลักการทำงาน คือ ควบคุมความถี่ของคลื่นไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ให้คงที่ด้วยระบบดิจิทัล (Digital) เพื่อให้ประหยัดพลังงานและสามารถควบคุมการประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี (โซลาร์เซลล์ ไทยแลนด์ 96, 2556) ทำให้แบตเตอรี่ไม่เสื่อมสภาพเร็ว มีฟังก์ชันไฟแสดงสถานะการทำงานที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ระดับการเก็บประจุของแบตเตอรี่ การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่กำลังเชื่อมต่อวงจร ระบบการตัดไฟอัตโนมัติ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over charge/Over discharge protection) อีกทั้งยังป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ที่มีแรงดันสูงเกินพิกัด (Over Load)

1.3 การศึกษาเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter)

เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) เป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) มีค่าแรงดันที่ระดับ 220 โวลต์ กำลังวัตต์ที่ผลิตได้ 1,000 วัตต์ ชนิด Pure Sine Wave ยี่ห้อ Suoer รุ่น FPC-1000A (ค่าเผื่อกำลังไฟฟ้า 5 เท่าของกำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการ) หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ คือ การรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำเข้าสู่เครื่องอินเวอร์เตอร์ที่มาจากแบตเตอรี่แล้วส่งผ่านวงจรไฟฟ้าภายในเครื่องอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงแรงดันให้สลับกันไปมาระหว่างความถี่ที่ต่างกัน และลบจนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟกระแสสลับโดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 50-60 ครั้งต่อวินาที ทำให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกชนิด รวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นส่วนประกอบ เช่น มอเตอร์ปั้มน้ำ ตู้เย็น เป็นต้น (นครินทร์ รินผล, 2559)

1.4 การศึกษาแบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 80 แอมแปร์ 12 โวลต์เป็นแบตเตอรี่ชนิด Hybrid deep cycle gel ยี่ห้อ Transpower รุ่น TGEL 12-80 (ปริมาณแอมป์ 120 วัตต์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มภายใน 1 วัน ที่ระดับ DOD ร้อยละ 30-40) ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานในรอบที่มีการชาร์จและดิสชาร์จบ่อยครั้งด้วยการพัฒนาของอิเล็กโทรไลต์แบบ Nano gel และวัสดุทำปฏิกิริยาเข้มข้นยิ่งทำให้แบตเตอรี่รุ่นนี้มีประสิทธิภาพในการชาร์จสูงและใช้งานกระแสชาร์จที่น้อยลงด้วยคุณสมบัติของ Nano gel ทำให้การแยกชั้นของน้ำกรดลดลงโดยเป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการปล่อยค่าประจุไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 60-80 ของประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด ในขณะที่แบตเตอรี่รถยนต์จะมีความสามารถในการปล่อยค่าประจุไฟฟ้าเพียงร้อยละ 10-20 ของประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด จึงทำให้แบตเตอรี่แบบ Deep cycle มีความเหมาะสมและนิยมนำมาใช้งานร่วมกับระบบโซลาร์เซลล์ เนื่องจากสามารถเก็บประจุไว้ได้มากและสามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่อง (นครินทร์ รินผล, 2559)

1.5 การศึกษาบอร์ตวอร์จต์

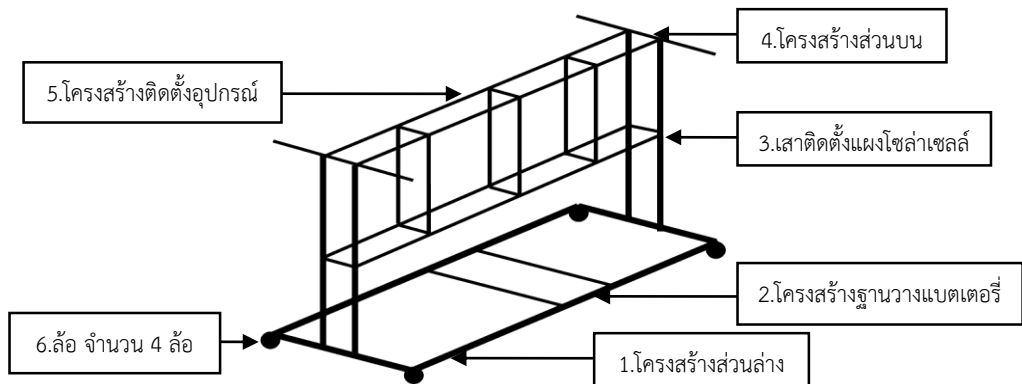
การป้องกันความเสียหายจากการใช้กระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ จนทำให้มีระดับค่า DOD (Dept of discharge) ลึกจนเกินไป จะสามารถยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ได้ โดยสามารถนำวงจรตัดตัด (XH-M609) มาประยุกต์ใช้งาน ลักษณะวงจรสำเร็จรูปสามารถตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 12 โวลต์ ถึง 36 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้พิกัดสูงสุดที่ 10 แอมแปร์ ซึ่งหากต้องการให้สามารถเพิ่มพิกัดทางกระแสไฟฟ้ามากขึ้น โดยนำโซลิตสเตจรีเลย์มาต่อร่วมทางฝั่งเอาต์พุตของวงจรตัดตัด โดยลักษณะของโซลิตสเตจรีเลย์เป็นแบบอินพุตเข้าไฟฟ้ากระแสตรง และเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ไม่ให้ดึงกระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ออกไปใช้มากเกินไป

ส่วนที่ 2 ศึกษาออกแบบโครงสร้าง และระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1. การศึกษาออกแบบโครงสร้างระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชุดโครงสร้างดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย (1) ส่วนล่างทำหน้าที่เป็นคานรองรับน้ำหนัก ทำด้วยโลหะกล่องชุบซิงก์มาทำเป็นฐานยึดส่วนล่าง มีความสูงจากพื้น 10 เซนติเมตร (2) โครงสร้างฐานวางแบตเตอรี่ขนาดน้ำหนัก 30 กิโลกรัม วางในตำแหน่งกึ่งกลางด้านล่างสุด (3) เสาสำหรับติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ทำด้วยโลหะกล่องขนาด 1 ½ นิ้ว มีขนาดความสูง 170 เซนติเมตร รวม 4 ต้น (4) โครงสร้างส่วนบนสำหรับรองรับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1 นิ้ว ติดตั้งเอียงทำมุม 15-17 องศา ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง วสท. 022013-59 เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

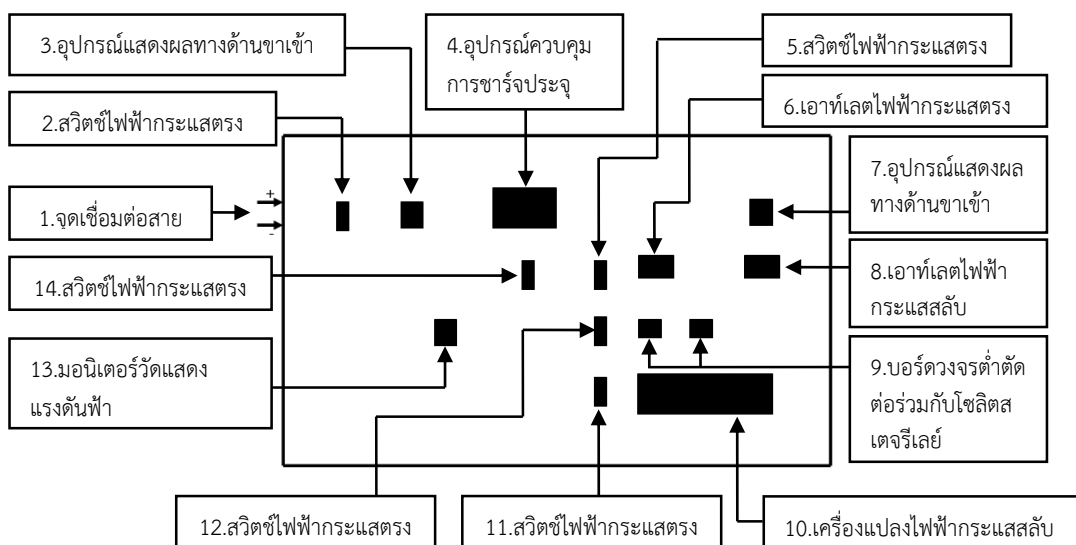
สำหรับประเทศไทย:ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561) สอดคล้องกับทรงศักดิ์ พงษ์hirัญ และธัญพร นิลกำจร (2555) ศึกษาตำแหน่งและมุมเอียงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ โดยมุมเอียงระหว่าง -8 ถึง 36 องศาจากระดับแนวนอน จะมีค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งยังสามารถยกแผงโซลาร์เซลล์ออกไปยังจุดที่มีแสงแดด โดยการเชื่อมต่อสายสัญญาณเพิ่มระยะการวางแผงโซลาร์เซลล์ได้ (5) โครงสร้างสำหรับยึดติดแผ่นรองรับการติดตั้งอุปกรณ์ ทำด้วยโลหะกล่องขนาด 1 นิ้ว เพิ่มความแข็งแรงภายในด้วยคานเหล็กกล่อง และเป็นจุดสำหรับยึดแผ่นไวท์บอร์ด และ (6) ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.2. การศึกษา และออกแบบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบ ฯ ออกแบบให้ติดตั้งอยู่บนแผ่นไวท์บอร์ดหนา 6 มิลลิเมตร น้ำหนักเบา มีความสามารถทนต่อการกัดกร่อน และสามารถนำอุปกรณ์มาติดตั้งเกิดยึดเกาะได้เป็นอย่างดี โดยให้มีขนาดที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดได้ดังภาพที่ 2 มีรายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งประกอบด้วย (1) จุดเชื่อมต่อสายสัญญาณไฟฟ้าอินพุตด้วยหัว MC4 ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) เพื่อเชื่อมต่อไปยังแผงติดตั้งอุปกรณ์ (2) สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC circuit breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าก่อนเข้าระบบ (3) อุปกรณ์แสดงผลทางด้านขาเข้า (DC watt meter) เพื่อดูค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ (4) อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุ (Controller charger) เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าเก็บยังแบตเตอรี่ (5) สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC circuit breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าก่อนจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังโหลดที่มาเชื่อม (6) เอาท์เลตไฟฟ้ากระแสตรง (DC outlet) สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้า (7) อุปกรณ์แสดงผลทางด้านขาออก (AC watt meter) เพื่อดูค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกไปโหลดที่มาเชื่อมต่อ



ภาพที่ 2 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ลงบนกระดานไวท์บอร์ด

ลำดับที่ (8) เอาต์เลตไฟฟ้ากระแสสลับ (AC outlet) สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดัน 220 โวลต์ (9) บอร์ดวงจรตัดต่อ (XH-M609) สำหรับควบคุมแรงดันภายในแบตเตอรี่ไม่ให้จ่ายกระแสไฟฟ้าลิกจนเกินไป ต่อคู่กับโซลิตสเตจรีเลย์ สำหรับเพิ่มพิกัดกระแสไฟฟ้าที่โหลดต้องการ (10) เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter) สำหรับแปลงแรงดันต่ำให้เป็นแรงดันสูง ขนาด 220 โวลต์ (11) สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC circuit breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าก่อนนำกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปเข้าเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (12) สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC circuit breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าก่อนเข้าวงจรตัดต่อ (13) มอนิเตอร์สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และระดับแบตเตอรี่ (14) สวิตช์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC circuit breaker) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าก่อนเข้าแบตเตอรี่

จากการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์สำหรับระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า แผงโซลาร์เซลล์ที่นำมาใช้สำหรับงานวิจัยมีขนาด 120 วัตต์ ซึ่งมีแรงดัน Voltage at Pmax (Vmp) ที่ระดับ 18 โวลต์ มีความเหมาะสมกับระบบชาร์จแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ 12 โวลต์ เนื่องจากแรงดันที่เข้าไปเชื่อมต่อกับระบบ ควรจะมีค่ามากกว่า 1.5 เท่าของระดับแรงดันของระบบ และระดับกระแส Short-circuit current (Isc) ที่ระดับ 7.06 แอมแปร์ทำให้สามารถกำหนดระยะเลียด (Space) ของอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) การคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่

การหาขนาดของแบตเตอรี่นั้น สามารถคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมได้จากสภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเขตภูมิภาคของประเทศไทยโดยเฉลี่ยจะได้ค่าพลังงานตลอดทั้งวันเท่ากับ 5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าที่พอดีชาร์จ ทำให้แบตเตอรี่มีกระแสไฟฟ้าเข้ามาเก็บได้เต็มพอดิ

ขนาดของแบตเตอรี่ = ขนาดกำลังวัตต์ของแผงโซลาร์เซลล์*0.7

$$= 120 * 0.7$$

$$= 84 \text{ แอมแปร์}$$

เนื่องจากขนาดของแบตเตอรี่ที่จำหน่ายขนาด 84 แอมแปร์ ไม่มีจำหน่าย โดยมีขนาดที่ใกล้เคียงคือ ขนาด 80 แอมแปร์

ดังนั้น ขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ คือ 80 แอมแปร์ จำนวน 1 ลูก โดยเป็นแบตเตอรี่แบบ Deep Cycle ชนิด Hybrid Gel ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานเป็นรอบที่มีการชาร์จและดิสชาร์จบ่อยครั้ง ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่สุดขีดความสามารถในการปล่อยค่าประจุไฟฟ้าได้มากถึงร้อยละ 60-80 ของประจุไฟฟ้ารวมทั้งหมดและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าประมาณ 4-5 ปีและการใช้งานของแบตเตอรี่ ควรคำนึงความเหมาะสมอายุการใช้งานด้วยการกำหนดค่าความลึกของกระแสไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ (DOD : Dept of discharge) ที่ระดับร้อยละ 40 ของปริมาณแบตเตอรี่ร้อยละ 100 หรือที่ระดับปริมาณแรงดันไม่ต่ำกว่า 11.50 โวลต์

2) การคำนวณหาขนาดเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Control change)

เครื่องควบคุมการชาร์จประจุนั้น โดยปกติจะต้องมีพิกัดรับค่ากระแสไฟฟ้ามากกว่าขนาดของพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ได้มาจากแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในระบบการชาร์จ ซึ่งระบบเล็ก ๆ อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุจะมีขนาดแรงดัน 12/24 โวลต์ และค่าพิกัดรับกระแสไฟฟ้าที่ 10 20 และ 30 แอมแปร์ โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}\text{กระแสไฟฟ้า} &= \text{กำลังวัตต์รวมแผงโซลาร์เซลล์} / \text{แรงดันไฟฟ้า} \\ &= 120 \text{ วัตต์} / 12 \text{ โวลต์} \\ &= 10 \text{ แอมแปร์}\end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ (Control change) ที่ต้องใช้ คือ 10 แอมแปร์ หรือมากกว่าสำหรับอนาคตอาจมีการเพิ่มปริมาณแผงโซลาร์เซลล์

3) การคำนวณหาขนาดเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะทำหน้าที่แปลงแรงดันฝั่งขาเข้า (Input) ซึ่งมีขนาดแรงดันต่ำ เช่น 12 24 และ 48 โวลต์ ให้เป็นแรงดันสูงขนาด 210-230 โวลต์ ทางด้านฝั่งขาออก (Output) หรือสามารถคำนวณได้จากสูตร

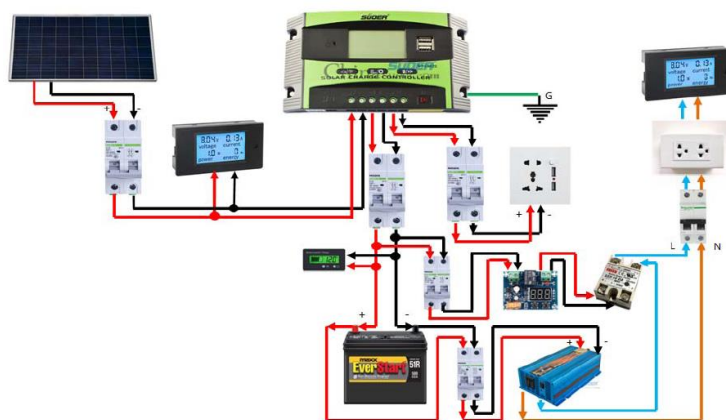
$$\text{กำลังไฟฟ้ารวม} = \text{กำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการ} \times \text{ค่าเผื่อกำลังไฟฟ้า (5 เท่า)}$$

ดังนั้น ขนาดของเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ต้องใช้ คือ 1,000 วัตต์ 12 โวลต์ โดยเป็นชนิดลูกคลื่น Pure sine wave

อุปกรณ์ทั้งหมดของระบบสำหรับนำมาติดตั้งในงานวิจัยประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ จำนวน 1 แผง อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุชนิด PWM ขนาด 20 แอมแปร์ แบตเตอรี่ Deep cycle ชนิด Hybrid gel ขนาด 80 แอมแปร์ จำนวน 1 ลูก เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชนิด Pure sine wave ขนาด 12 โวลต์ 1,000 วัตต์ จำนวน 1 ตัว นอกจากนั้นยังได้มีการติดตั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย เบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ วัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ มอนิเตอร์แสดงค่าแรงดันแบตเตอรี่ บอร์ดวงจรตัดต่อร่วมกับโซลิตัสเจอรี่เลย์ สอดคล้องกับยุทธพงษ์ ทองช่วง (2559) ได้ศึกษาออกแบบชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบสมาร์สำหรับแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำไปประจุกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดที่มีขนาด 12 โวลต์ 12 แอมแปร์ สร้างชุดควบคุมการทำงานโดยใช้หลักการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่จนเต็มพิกัดโดยคำนึงถึงเรื่อง Overcharging และ Deep of discharge และการทำงานประจุแบตเตอรี่โดยอัตโนมัติเพื่อรักษาระดับของแบตเตอรี่

ส่วนที่ 3 ดำเนินการจัดสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นชุดสาธิตระบบผลิตกระแสไฟฟ้าตามรูปแบบที่กำหนด ดังภาพที่ 3 โดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ อยู่ทางด้านบนของโครงสร้าง เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ เครื่องไฟฟ้ากระแสสลับ บอร์ดวงจรตัดตัด วัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับเพื่อแสดงข้อมูลทางไฟฟ้า และเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เชื่อมต่อกันบนวัสดุแผ่นเรียบที่อยู่บนโครงสร้าง



ภาพที่ 3 วงจรการเชื่อมต่อบนระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนที่ 4 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ประเมินผลประสิทธิภาพการใช้งาน และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

4.1 หลังจากดำเนินการจัดสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยการศึกษาการใช้งาน การทดสอบวิเคราะห์ระบบจากการใช้งาน และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่ แบ่งการคายประจุไฟฟ้า (Dept of discharge : DOD) ภายในแบตเตอรี่ให้มีค่าความลึกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) 60 (11.90 โวลต์) และ 80 (11.50 โวลต์) อ้างอิงจากโซลาร์เทคเซ็นเตอร์ (2561) แล้วเก็บข้อมูลประกอบด้วยค่าความเข้มแสง (ลักซ์) แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ปริมาณแรงดันของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น ทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยเฉลี่ย 3 ครั้ง

4.2 นำองค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่ได้ดังกล่าว นำมาถ่ายทอด บูรณาการการเรียนการสอน กับรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์สู่โรงเรียนวัดมงคลฐาวาส กลุ่มชุมชน เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านพลังงานให้เกิดขึ้นแก่ชุมชน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม คือ แบบประเมินความพึงพอใจ โดยผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการตัดแปลงตัววัดที่ได้มาจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ) ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย (ทราบข่าวสารการจัดโครงการจากแหล่งใดบ้างรับประโยชน์ด้านใดจากการเข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย นำความรู้ที่ได้ไปขยายผลต่อในด้านใดบ้าง และต้องการรับบริการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านใดจากผลการวิจัย) ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านความพึงพอใจ และด้านการนำความรู้ไปใช้) และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการจัดสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

โครงสร้างในส่วนฐานสำหรับวางแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมแปร์ที่ได้ทำการสร้างให้มีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร จัดวางให้อยู่ในตำแหน่งกลางของโครงสร้าง เพื่อให้หน้าหนักกระจายอย่างสม่ำเสมอ เสาของโครงสร้างส่วนบนติดตั้งแผง โซลาร์เซลล์ ขนาด 120 วัตต์ สูงจากระดับฐานล่างของโครงสร้าง 170 เซนติเมตร สามารถติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ให้เอียงทำมุม 15-17 องศา และติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนแผ่น ไม้บอร์ดขนาดความกว้าง 82 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร และหนา 22 เซนติเมตร สามารถเคลื่อนย้ายด้วย ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ทั้ง 4 ล้อ ดังภาพที่ 4 ทาสีกันสนิม และปกปิดรอยเชื่อมด้วยสีชนิดกันน้ำ



ภาพที่ 4 ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2. ผลการติดตั้งระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ผลการติดตั้งระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุปกรณ์ทั้งหมดที่นำมาติดตั้งบนแผ่นไม้บอร์ดหนา 0.6 มิลลิเมตร ขนาดความกว้าง 82 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตรดังภาพที่ 4 ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ผ่านหัว MC4 ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ด้วยสายสัญญาณ PV1-F ขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร (sq.mm) ผ่านอุปกรณ์เบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 16 แอมแปร์ ตรวจสอบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์ด้วยวัตต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 50 แอมแปร์ ก่อนเข้าอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุขนาด 20 แอมแปร์ โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จะผ่านเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 20 แอมแปร์ ก่อนเข้าไปเก็บยังแบตเตอรี่ติดตั้งเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1,000 วัตต์ มอนิเตอร์แสดงผลทางกำลังไฟฟ้าขนาด 100 วัตต์ และอุปกรณ์เอาต์เลตเพื่อเชื่อมต่อไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 1 ช่อง

3. ผลการศึกษากาการใช้งานระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อต้องการเก็บกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ จากภาพที่ 2 ทำการเปิดสวิตช์ควบคุมการทำงานที่กล่องสวิตช์ควบคุมทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงไปที่ตำแหน่ง “On” ที่ตำแหน่งหมายเลข 14 เพื่อเปิดระบบให้อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุตรวจสอบระบบแรงดันไฟฟ้า (12/24 โวลต์) และเปิดสวิตช์ที่ตำแหน่งหมายเลข 2 เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุ สังเกตมอนิเตอร์แสดงผลในส่วนแสดงค่าแรงดันกระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ที่ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อเก็บลงแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมแปร์ และมอนิเตอร์แสดงปริมาณร้อยละของแบตเตอรี่ เพื่อให้สะดวกต่อการทราบปริมาณแบตเตอรี่ที่มีอยู่กับผู้ใช้งาน หากเมื่อ

ต้องการนำกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่มาใช้งาน โดยหากเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงก็สามารถต่อใช้งานได้ทันทีโดยเปิดสวิตช์หมายเลข 5 หรือหากต้องการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ก็จะต้องทำการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ขนาด 220 โวลต์ แล้วจึงนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเพื่อใช้งานต่อไป โดยการเปิดสวิตช์หมายเลข 11 และ 12 ซึ่งข้อดีของระบบที่จัดสร้างสามารถควบคุมปริมาณการนำกระแสไฟฟ้าที่อยู่ภายในแบตเตอรี่ออกไปใช้งานโดยใช้บอร์ดวงจรตัดตัด (XH-M609) หมายเลข 9 เป็นตัวกำหนดปริมาณกระแสไฟฟ้าป้องกันไม่ให้นำกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ออกไปใช้งานเกินคุณลักษณะของแบตเตอรี่ โดยจะสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานให้มีรอบการประจุไฟฟ้าให้ระยะจำนวนรอบสูงขึ้น ซึ่งจำนวนรอบการใช้งานจะมีอัตราส่วนผกผันกับปริมาณการนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานที่ระดับความลึก (DOD : Dept of discharge) ที่แตกต่างกัน

4. ผลการทดสอบวิเคราะห์ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการทดสอบเก็บกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ ลงในแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมแปร์ โดยกำหนดปริมาณแรงดันแบตเตอรี่สูงสุด 12.90 โวลต์ แบ่งการทดสอบระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้าออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) ร้อยละ 60 (11.90 โวลต์) และร้อยละ 80 (11.50 โวลต์) เพื่อดูความเหมาะสมต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 วัน โดยเก็บข้อมูลเฉลี่ย 6 ครั้ง ใน 1 ชั่วโมง เฉลี่ย 3 ครั้งในแต่ละระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้า ตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. บันทึกค่าปริมาณความเข้มแสง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และปริมาณแรงดันของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นได้ผล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

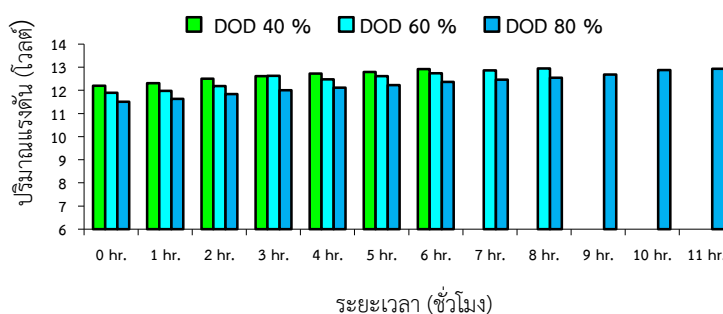
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Dept of Discharge)		
	ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์)	ร้อยละ 60 (11.90 โวลต์)	ร้อยละ 80 (11.50 โวลต์)
1	12.31	11.97	11.63
2	12.50	12.19	11.84
3	12.62	12.36	12.00
4	12.72	12.47	12.12
5	12.80	12.61	12.22
6	12.92	12.74	12.37
7		12.86	12.46
8		12.95	12.55
9			12.68
10			12.87
11			12.93

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Dept of discharge) ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) พบว่า ปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ระดับ 12.20 โวลต์ ดังภาพที่ 5 วัดระดับความเข้มแสงด้วยเครื่องมือทดสอบความเข้มแสง

(Light intensity meter) ยี่ห้อ Pro's Kit รุ่น MT-4017 ปริมาณความเข้มแสงเริ่มต้นระยะเวลา 08.00 น. มีค่าเท่ากับ 15488 ลักซ์ มีค่าปริมาณแรงดัน กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 12.51 โวลต์ 1.82 แอมแปร์ และ 22.77 วัตต์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกสามารถวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ภายในแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 12.31 โวลต์ เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงเวลา 12.10-13.00 น. ปริมาณความเข้มแสงสูงสุดที่ระดับ 52868 ลักซ์ มีค่าปริมาณแรงดัน กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 13.80 โวลต์ 7.24 แอมแปร์ และ 99.89 วัตต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับคุณลักษณะของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ ระดับแรงดันแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.80 โวลต์ ในชั่วโมงที่ 5 หรือปริมาณแบตเตอรี่ร้อยละ 90 ของปริมาณความจุในแบตเตอรี่ และเมื่อถึงชั่วโมงที่ 6 ปริมาณแรงดันภายในแบตเตอรี่สามารถวัดได้ที่ระดับแรงดัน 12.92 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่มีกระแสไฟฟ้าเต็มความจุของแบตเตอรี่

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Dept of discharge) ร้อยละ 60 (11.90 โวลต์) พบว่า ปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ระดับ 11.90 โวลต์ ดังภาพที่ 5 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ภายในแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 11.97 โวลต์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง สามารถวัดระดับแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 12.61 โวลต์ หรือร้อยละ 80 ของปริมาณความจุในแบตเตอรี่ และเมื่อถึงชั่วโมงที่ 8 ปริมาณแรงดันภายในแบตเตอรี่สามารถวัดได้ที่ระดับแรงดัน 12.95 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่มีกระแสไฟฟ้าเต็มความจุของแบตเตอรี่

ผลการวิเคราะห์ทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Dept of discharge) ร้อยละ 80 (11.50 โวลต์) ดังภาพที่ 5 พบว่า ปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่เป็นปริมาณแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด หรือเป็นระดับความลึกของการคายประจุไฟฟ้า ซึ่งจะเหลือปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ระดับร้อยละ 20 ของปริมาณความจุในแบตเตอรี่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ปริมาณความเข้มแสงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถวัดปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ภายในแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 12.63 โวลต์ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง สามารถวัดระดับแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 12.22 โวลต์ หรือร้อยละ 60 ของปริมาณความจุในแบตเตอรี่ เมื่อถึงชั่วโมงที่ 8 ปริมาณแรงดันภายในแบตเตอรี่สามารถวัดได้ที่ระดับแรงดัน 12.55 โวลต์ หรือร้อยละ 70 ของปริมาณความจุในแบตเตอรี่ ซึ่งยังมีความต้องการกระแสไฟฟ้าเข้ามาเก็บภายในแบตเตอรี่ให้เพิ่มขึ้น และเมื่อถึงชั่วโมงที่ 11 ปริมาณแรงดันภายในแบตเตอรี่สามารถวัดได้ที่ระดับแรงดัน 12.93 โวลต์ เป็นระดับแรงดันที่มีกระแสไฟฟ้าเต็มความจุของแบตเตอรี่



ภาพที่ 5 ปริมาณระดับแรงดันไฟฟ้าตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นของการคายประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณแรงดันไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ผ่านมา ตามการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 วัตต์ จะสามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าให้เต็มความจุของปริมาณแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมแปร์ ที่ระดับความลึกของการคายประจุไฟฟ้า (Dept of discharge) ที่แตกต่างกัน ด้วยกระแสชาร์จไม่เกินร้อยละ 10 ของขนาดความจุแบตเตอรี่ โดยที่ระดับของการคายประจุ DOD ร้อยละ 40 60 และ 80 จะสามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าให้เต็มแบตเตอรี่ภายในระยะเวลา 6 8 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความเหมาะสมต่อการเก็บประจุไฟฟ้าให้เต็มภายใน 1 วัน อยู่ที่ระดับ DOD ร้อยละ 40 โดยหากปล่อยประจุไฟฟ้าให้มีระดับความลึกที่มากขึ้นก็จะส่งผลต่อรอบการใช้งาน (Cycle use) และอีกทั้งยังทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของศรายุทธ จิตรพัฒนากุล และคณะ (2561) ได้ศึกษาพัฒนัจกรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ติดตั้งชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 350 วัตต์ จำนวน 2 ตัว แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 150 วัตต์ จำนวน 1 แผง ชาร์จประจุไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ ขนาด 40 แอมแปร์ ทดสอบผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยการปั่นจักรยาน พลังงานแสงอาทิตย์ และจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 10 10 และ 15 ตามลำดับ และสอดคล้องกับรุ่งสว่าง บุญหนา (2561) ซึ่งได้ศึกษาพัฒนาสร้างเครื่องสีข้าวกล้องสำหรับชุมชน พลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 300 วัตต์ จำนวน 2 แผง โดยจัดเก็บพลังงานลงในแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 70 แอมแปร์ จะใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่เท่ากับ 1 ชั่วโมง 40 นาที โดยงานวิจัยยังเป็นสื่อสำหรับการเรียนการสอนของโรงเรียนสอดคล้องกับวิชิต มาลาเวช (2556) ได้สร้างชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้า ด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน 3 ระบบ คือ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ โดยนำองค์ความรู้การกำเนิดกระแสไฟฟ้าไปพัฒนาให้คนในชุมชนนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

5. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณาการการเรียนการสอน

เมื่อดำเนินการจัดสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เสร็จเรียบร้อยแล้ว นำผลงานวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณาการการเรียนการสอน โดยมีการจัดกิจกรรมบรรยายให้ความรู้ (Education of knowledge) ร่วมกับฝึกปฏิบัติงานจริง (Knowledge work rally) และให้ผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีประเมินผลการเรียนรู้ (Evaluation program) (กันต์ อินทวงศ์, 2556) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 1 ถึง 6 ณ โรงเรียนวัดมงคลภูวนาส ต.ทุ่งควายกิน อ.แกลง จ.ระยอง ซึ่งมีโรงเรียนเข้าร่วมรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอีก 2 โรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนวัดหนองกะพ้อ โรงเรียนบ้านห้วยหินโดยเป็นโรงเรียนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 1 และ 2 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณาจารย์ ผู้ที่สนใจทั่วไปรวมจำนวน 217 คน โดยมีนายกองค์การบริหารส่วนตำบลทุ่งควายกิน ให้เกียรติเป็นประธานดำเนินงาน

1. แบบประเมินความพึงพอใจหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี แบ่งเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยตอนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า สถานภาพของผู้ให้ข้อมูลรวม 217 คน แบ่งเป็นเพศชาย 108 คน (ร้อยละ 49.80) เพศหญิง 109 คน (ร้อยละ 50.20) อายุต่ำกว่า 15 ปี จำนวน 149 คน (ร้อยละ 68.67) ระหว่าง 16 ถึง 25 ปี จำนวน 17 คน (ร้อยละ 7.83) ระหว่าง 26 ถึง 35 ปี จำนวน 8 คน (ร้อยละ 3.69) ระหว่าง 36 ถึง 45 ปี จำนวน 4 คน (ร้อยละ 1.84) ระหว่าง 46 ถึง 55 ปี จำนวน 3 คน (ร้อยละ 1.38) และมากกว่า 55 ปี จำนวน 36 คน (ร้อยละ 16.59) ระดับการศึกษาพบว่า ผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษาสูงสุดจำนวน 177 คน (ร้อยละ 81.57)

มัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 4 คน (ร้อยละ 1.84) ปริญญาตรีจำนวน 34 คน (ร้อยละ 15.67) ปริญญาโทจำนวน 2 คน (ร้อยละ 0.92) สถานภาพ พบว่า นักเรียน/นักศึกษาจำนวน 149 คน (ร้อยละ 68.70) ข้าราชการจำนวน 3 คน (ร้อยละ 1.38) พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจจำนวน 5 คน (ร้อยละ 2.30) ธุรกิจส่วนตัวจำนวน 21 (ร้อยละ 9.68) ลูกจ้างจำนวน 8 คน (ร้อยละ 3.69) และเกษตรกรจำนวน 31 คน (ร้อยละ 14.29)

2. ความคิดเห็นต่อการจัดโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยพบว่า ท่านทราบข่าวสารการจัดโครงการจากแหล่งใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ครู/อาจารย์ คิดเป็นร้อยละ 82.00 หมวดที่ 2 ท่านได้รับประโยชน์ด้านใดจากการเข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ เพิ่มพูนความรู้/ประสบการณ์ คิดเป็นร้อยละ 73.70 หมวดที่ 3 ท่านนำความรู้ที่ได้ไปขยายผลต่อในด้านใดบ้าง อันดับที่ 1 คือ ประยุกต์เป็นองค์ความรู้ใหม่ คิดเป็นร้อยละ 71.90 หมวดที่ 4 ท่านต้องการรับบริการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านใดจากผลการวิจัย (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) อันดับที่ 1 คือ ด้านพลังงานทดแทน/อนุรักษ์พลังงาน คิดเป็นร้อยละ 76.50

3. ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด เป็นอันดับ 1 คือ ท่านมีความรู้ ความเข้าใจหลังการอบรม และฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ (Mean) 4.40 คิดเป็นร้อยละ 88.00 ด้านความพึงพอใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ (Mean) 4.60 คิดเป็นร้อยละ 92.00 ด้านการนำความรู้ไปใช้ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดเป็นอันดับ 1 คือ ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ในด้านพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ (Mean) 4.54 คิดเป็นร้อยละ 90.80

4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม พบว่า อยากมีการจัดกิจกรรมในลักษณะแบบนี้อีกจะได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน อยากให้มาจัดอีกจะได้ให้ความรู้แก่น้อง ๆ รุ่นหลัง และเป็นการจัดกิจกรรมที่ดีมาก

สรุป

1. ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Polycrystalline ขนาด 120 วัตต์ จำนวน 1 แผงเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ ชนิด PWM ขนาด 20 แอมแปร์ อินเวอร์เตอร์ ชนิด Pure sine wave ขนาด 1,000 วัตต์ แบตเตอรี่ Deep cycle ชนิด Hybrid gel ขนาด 80 แอมแปร์ บอร์ดวงจรตัดตัด รุ่น XH-M609 ทำงานร่วมกับโซลิตสเดจรีเลย์ DC to AC ขนาด 40 แอมแปร์ จุดเด่นของวงจรการเชื่อมต่อ คือ สามารถตั้งค่าการทำงานให้สามารถตัดการทำงานและกลับมาทำงานได้ ป้องกันการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ไม่ให้คายประจุเกินพิกัด อีกทั้งยังเหมาะสมกับการนำไปใช้ยังสถานที่ระบบการไฟฟ้าหลักเข้าไม่ถึง เช่น สวนผลไม้ หมู่เกาะต่าง ๆ หรือต้องการเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ใช้ในเวลากลางคืนเหมาะสมกับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน

2. โครงสร้างระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนฐานสำหรับวางแบตเตอรี่มีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร จัดวางให้อยู่ในตำแหน่งด้านล่างของโครงสร้าง เพื่อให้น้ำหนักกระจายอย่างสม่ำเสมอ เสาของโครงสร้างส่วนบนติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 120 วัตต์ สูงจากระดับฐานล่างของโครงสร้าง 170 เซนติเมตร ติดตั้งให้เอียงทำมุม 15-17 องศา และติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนแผ่นไวท์บอร์ด ขนาดความกว้าง 82 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร และหนา 22 เซนติเมตร ด้านหลังของโครงสร้างปิดด้วยแผ่นไวท์บอร์ดพร้อมด้วยภาพวงจรเพื่อใช้ประกอบการบรรยายถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับชุมชน และผู้ที่สนใจ โดยขนาดที่จัดสร้างเป็นขนาดที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายแผงโซลาร์เซลล์ออกไปยังจุดที่มีแสงแดดได้ด้วยการต่อสายไฟเพิ่ม และยังมีล้อสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

3. เมื่อทดสอบระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการทดสอบเก็บกระแสไฟฟ้าที่ระดับค่าความลึกของการคายประจุไฟฟ้า 3 ระดับ คือ ร้อยละ 40 (12.20 โวลต์) ร้อยละ 60 (11.90 โวลต์) และร้อยละ 80 (11.50 โวลต์) เพื่อดูความเหมาะสมต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 วัน โดยเก็บข้อมูลเฉลี่ย 6 ครั้งใน 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. พบว่า สามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าให้เต็มแบตเตอรี่ภายในระยะเวลา 6, 8 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยความเหมาะสมต่อการใช้งานอยู่ที่ระดับ DOD ร้อยละ 40 ของขนาดความจุแบตเตอรี่ สามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 5-6 ชั่วโมง หรือภายใน 1 วัน โดยเป็นไปตามการศึกษาของรัชต์ มังมชัย (2557) ที่ได้มีการศึกษาปริมาณการจ่ายกระแสเป็นเปอร์เซ็นต์อายุของแบตเตอรี่ขึ้นกับหลายปัจจัย โดย 1 ในปัจจัยที่สำคัญ คือ เรื่องการค่า DOD ของแบตเตอรี่

4. หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี และบูรณาการการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ของโรงเรียนวัดมงคลภูมมาวาส ร่วมกับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณาจารย์ ผู้ที่สนใจทั่วไปรวมจำนวน 217 คน พบว่า สถานภาพของผู้ให้ข้อมูลรวม 217 คน ความพึงพอใจของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด เป็นอันดับ 1 คือ ท่านมีความรู้ ความเข้าใจหลังการอบรม และฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.40 คิดเป็นร้อยละ 88.00 ด้านความพึงพอใจ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ความพึงพอใจต่อความรู้ความสามารถที่ถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.60 คิดเป็นร้อยละ 92.00 ด้านการนำความรู้ไปใช้ ระดับความพึงพอใจมากที่สุดคือ ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ในด้านพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ (Mean) 4.54 คิดเป็นร้อยละ 90.80 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม พบว่า อยากให้มีการจัดกิจกรรมในลักษณะแบบนี้ อีกจะได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยผลหลังจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยี ทำให้ผู้สนใจมีความต้องการลงทุนติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ เนื่องจากปัจจุบันระยะเวลาในการลงทุนมีระยะเวลาน้อยลง และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นแหล่งพลังงานได้หลากหลาย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการเก็บประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ เช่น แบตเตอรี่ลิเธียม
2. ควรมีการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในแบบอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ระบบไฮบริดจ์
3. ควรมีการศึกษาการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดการพึ่งพาตนเองแบบสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กันต์ อินทวงศ์. (2556). การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากอ้อยเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชน. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, 10(51), 9-16.
- โซล่าเซลล์ ไทยแลนด์96. (2556). **หน้าที่และหลักการทำงานคอนโทรลเลอร์โซล่าเซลล์(solar charge controller) หรือโซล่าชาร์จเจอร์ (solar charge)**. สืบค้นจาก <https://solarcellthailand96.com/knowledge/solar-charge-controller/>
- โซล่าเทคเซ็นเตอร์. (2561). **PV-1200P แผงโซล่าเซลล์ 300w 4 แผ่น ใช้ไฟได้ทั้งบ้านไม่รวมแอร์ได้จริง หรือ**. สืบค้นจาก <https://www.solartech-center.com/article/4/pv-1200.php>
- ทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญ และธัญรพ นิลกำจร. (2555). ผลของมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ มศว. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, 28(2), 89-102.

- นครินทร์ รินผล. (2559). **คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ ฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- ยุทธพงษ์ ทองช่วง. (2559). **การวิเคราะห์และออกแบบชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบสมาร์ตสำหรับแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- รัชต์ มั่งมีชัย. (2557). **การอ่านข้อมูลแบตเตอรี่ตะกั่วกรด**. สืบค้นจาก <http://www.mut.ac.th/research-detail-33>
- รุ่งสว่าง บุญหนา. (2561). **การสร้างเครื่องสี่ขากล้องสำหรับชุมชน พลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิจัยและนวัตกรรมการศึกษา, 2(2), 61-70.**
- วิจิต มาลาเวช. (2556). **ชุดสาริตการผลิตรกระแสไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 16(3), 29-38.**
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2561). **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา**. กรุงเทพฯ ฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล, กฤษณะ จันทสิทธิ์ และคมสัน มุ่ยสี. (2561). **การพัฒนาจักรยานปั่นร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตรกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในครัวเรือน. วารสารวิจัยรำไพพรรณี, 12(3), 90-98.**