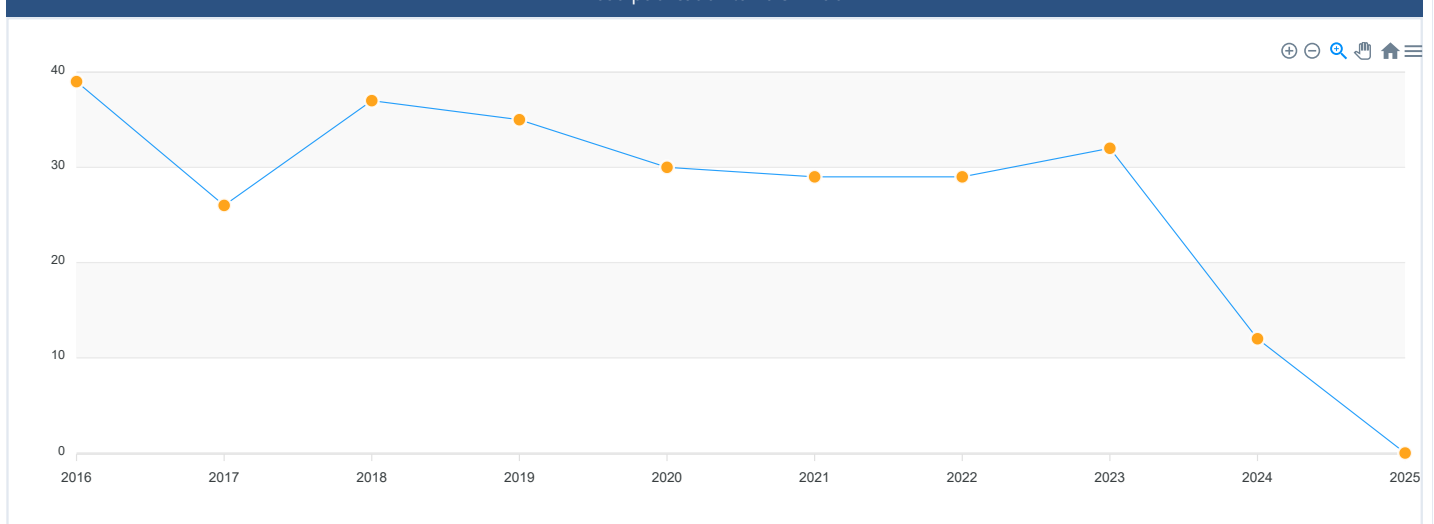




Name (English):	VRU Research and Development Journal Science and Technology						
Name (Local):	วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี						
Status:	Active						
Editor-in-Chief:	ผศ. ดร.ศิริวรรณ พลเศษ						
Abbreviation (English):	-						
Abbreviation (Local):	-						
pISSN:	-						
eISSN:	3027-7353						
Issues/Year:	3						
Address:	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม. 48 ปทุมธานี 13180						
Website:	https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal						
Email:	rdi_journalsci@vru.ac.th						
Publisher (English):	Research and Development Institute, Valaya Alongkorn Rajabhat University Royal patronage						
Publisher (Local):	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์						
TCI Tier:	1						
Subject Cluster:	Social Sciences						
Subject Area:	Agricultural and Biological Sciences Computer Science Health Professions						
Sub-Subject Area:	-						
Note:	- Formerly known as pISSN: 1905-2529, วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ VRU Research and Development Journal - Formerly known as pISSN: 2351-0366 - An online-only Journal Since Vol.19 No.1 (2024)						
TCI Tier History:	<table> <tr> <td>Tier 1:</td><td>From 01 Jan 2025 to 31 Dec 2029</td></tr> <tr> <td>Tier 1:</td><td>From 01 Jan 2022 to 31 Dec 2024</td></tr> <tr> <td>Tier 2:</td><td>From 01 Jan 2020 to 31 Dec 2024</td></tr> </table> Show More	Tier 1:	From 01 Jan 2025 to 31 Dec 2029	Tier 1:	From 01 Jan 2022 to 31 Dec 2024	Tier 2:	From 01 Jan 2020 to 31 Dec 2024
Tier 1:	From 01 Jan 2025 to 31 Dec 2029						
Tier 1:	From 01 Jan 2022 to 31 Dec 2024						
Tier 2:	From 01 Jan 2020 to 31 Dec 2024						

จำนวน publication ใน 10 ปีที่ผ่านมา



การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

นฤมล วันน้อย¹ วาสนา วงศ์ษา² นิสิต องอาจ³ ชัยสิทธิ์ วันน้อย^{4*}

Received : March 14, 2025

Revised : May 20, 2025

Accepted : August 27, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พร้อมระบบติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ และประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามสมรรถนะ โดยระบบติดตามนี้ได้ออกแบบให้สามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ารวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น กระแสไฟฟ้าสูงสุด กำลังไฟฟ้าติดตั้ง และเปอร์เซ็นต์การใช้โหลด ข้อมูลทั้งหมดจะแสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้แอปพลิเคชันบลิง ผู้ใช้สามารถติดตามสถานะของระบบได้แบบเรียลไทม์ การออกแบบระบบยังคำนึงถึงการทำงานที่เสถียรและความเที่ยงตรงในการตรวจวัดค่าไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 0.99% และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยมีความผิดพลาด 0.15% ทำให้การตรวจวัดมีความแม่นยำสูง ระบบนี้ถูกนำไปทดสอบกับการใช้งานจริงในการจ่ายพลังงานให้กับระบบส่องสว่างกลางแจ้งในภาคเกษตรกรรม ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานได้ครอบคลุมช่วงเวลาการทำงานของโหลด นอกจากนี้ระบบติดตามสมรรถนะการผลิตไฟฟ้านี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความสามารถในการผลิตไฟฟ้าและประเมินขีดความสามารถของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการใช้พลังงานตามปริมาณโหลดที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีไอโอที ระบบติดตามสมรรถนะแบบเรียลไทม์

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: narumon.wan@pcru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: wassanaw@pcru.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: nisit_fang@hotmail.com

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อีเมล: chaisit.w@pcru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: chaisit.w@pcru.ac.th

A DESIGN OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM AND REAL-TIME PERFORMANCE MONITORING SYSTEM USING IoT TECHNOLOGY

Narumon Wannoi¹ Wassana Wongsas² Nisit Ong-Art³ Chaisit Wannoi^{4*}

Abstract

This article presented the design of a solar photovoltaic power generation system and real-time performance monitoring system using IoT technology. The primary objective was to design and develop a solar-power generation system equipped with a real-time monitoring system of energy consumption as well as to evaluate the efficiency of the performance monitoring system. The monitoring system was designed to measure voltage, electrical current and power, including various constraints, for examples; maximum current, installed power capacity, and load percentage. All data would be displayed on a smartphone using the Blynk application, allowing users to monitor the status of system as real time. The system design was also emphasized on a stable operation and accurate measurement of electrical current. The research results were indicated that the average error of electrical current measurement was 0.99%, while the average error of voltage measurement was 0.15%, demonstrating high accuracy. The system was tested in real-situation applications by supplying power to an insect-repellent lighting system used in agriculture. The test results showed that the solar photovoltaic power generation system could provide sufficient energy covering the operational period of the load. Furthermore, the performance monitoring system of electrical-power generation enabled users to verify power-generation capabilities and evaluate capacity of system efficiently. It also helped users to precisely plan an energy consumption based on load demand.

Keywords: Solar Photovoltaic, IoT Technology, Real-Time Performance Monitoring System

¹ Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: narumon.wan@pcru.ac.th

² Department of Computer Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: wassanaw@pcru.ac.th

³ Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: nisit_fang@hotmail.com

⁴ Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, e-mail: chaisit.w@pcru.ac.th

* Corresponding author, e-mail : chaisit.w@pcru.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านั้นมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการพัฒนาระบบการเกษตรเพื่อพัฒนาและเพิ่มผลผลิต ซึ่งจะเป็นอย่างยิ่งหากระบบผลิตไฟฟ้านั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับระบบเกษตรกรรมและปศุสัตว์ในพื้นที่ห่างไกลระบบไฟฟ้า หรือระบบที่ต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อลดต้นทุนในการผลิต แต่ในการออกแบบและติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะมีค่าในส่วนของลงทุนและดูแลรักษาค่อนข้างสูง ดังนั้นการออกแบบและการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นต้องออกแบบให้มีปริมาณหรือขนาดที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นกำลังการผลิต จำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดของชุดกักเก็บพลังงาน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ก็คือต้นทุนในการผลิต โดยหากมีขนาดใหญ่่มากก็สิ้นเปลืองเงินลงทุนและขนาดเล็กไปก็ไม่เพียงพอในการนำไปใช้งาน และที่สำคัญหากระบบที่ติดตั้งแล้ว จะมีวิธีการตรวจสอบได้อย่างไรว่าระบบนั้นยังทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ มีอุปกรณ์ตัวไหนมีประสิทธิภาพลดลง หรือว่าเสียหาย ซึ่งการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านี้หากกำหนดแผนบำรุงรักษาไม่เหมาะสมก็สิ้นเปลืองและถือเป็นต้นทุนอีกอย่างหนึ่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที เพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกและใช้ในการวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการศึกษาวิจัยนั้นได้ทำการออกแบบสำหรับโรงเรียนเลี้ยงแพะในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้นำเสนอหลักการหาขนาดที่เหมาะสมเช่น ขนาดกำลังการผลิตของแผงโซลาร์เซลล์ และขนาดชุดกักเก็บพลังงาน ซึ่งขนาดของทั้งสองส่วนเป็นสิ่งสำคัญและเป็นปัจจัยพื้นฐานแรกในการออกแบบว่าจะต้องกำหนดเท่าไรที่เหมาะสม โดยในการออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงานของโหลดและกำลังไฟฟ้าที่กักเก็บนั้นต้องสามารถรองรับปริมาณโหลดในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (ปณต ศรีภักดิ์ และคณะ, 2562) และ (อรุณรักษ์ ดันพานิช และคณะ, 2567) โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะเริ่มศึกษาตั้งแต่รูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงาน และศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณโหลดทุก ๆ ชั่วโมงในรอบวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกใช้ในการศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบเพื่อกำหนดขนาดกำลังผลิต กำหนดจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ และชุดกักเก็บพลังงานให้มีความเหมาะสม

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาเพื่อสร้างระบบต้นแบบในการตรวจวัดและแสดงผลสมรรถนะของระบบในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีไอโอที ซึ่งเทคโนโลยีไอโอทีนั้นได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและระบบติดตามผ่านระบบอินเทอร์เน็ตอย่างแพร่หลาย โดย (Chang et al., 2015) และ (นิติคม อริยพิมพ์, และชัยพร อัดโดดตร, 2565) ได้นำเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้ในระบบบ้านอัจฉริยะ และนอกจากนี้

(จักรพงษ์ โนฮิวบ และคณะ, 2566) และ (ฉัตรชัย โกสุม และคณะ, 2022) นำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดกำลังไฟฟ้าและตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบสมาร์ทมิเตอร์ รวมถึง (ภาคิน มณีโชติ และคณะ, 2563) ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและติดตามสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบต้นแบบในการติดตามสมรรถนะของระบบโดยใช้เทคโนโลยีไอโอทีซึ่งประกอบไปด้วย ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าจำกัดของกระแสไฟฟ้าของระบบ ค่าเปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้าติดตั้ง และกราฟการเปลี่ยนแปลงของโหลดโดยได้ออกแบบร่วมกับแอปพลิเคชันในการแสดงผลแบบเรียลไทม์บนสมาร์ตโฟน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

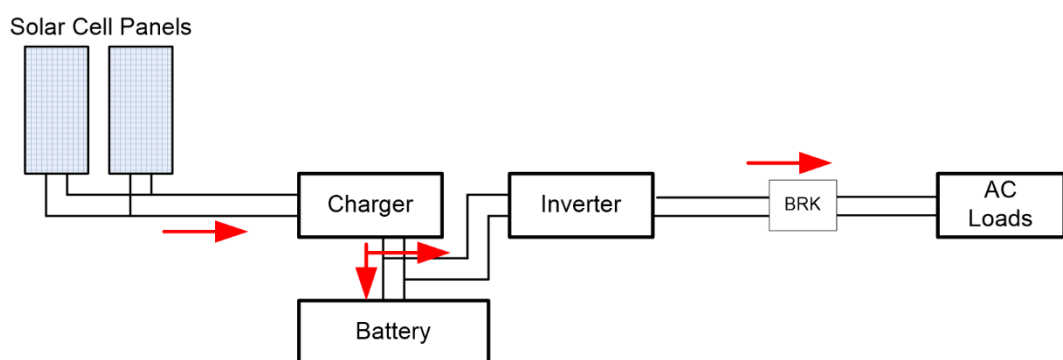
วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที และเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้กำหนดแนวทางหรือวิธีการดำเนินการวิจัยที่สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงานและระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และชนิดตัวกักเก็บพลังงานเพื่อหาระบบที่เหมาะสม โดยรูปแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เป็นแบบระบบอิสระ (Stand alone system) หรือระบบ Off-grid (ปณต ศรีภครีชต์ และคณะ, 2562) ที่มีแบตเตอรี่และระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับโหลดชนิด AC โดยระบบนี้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

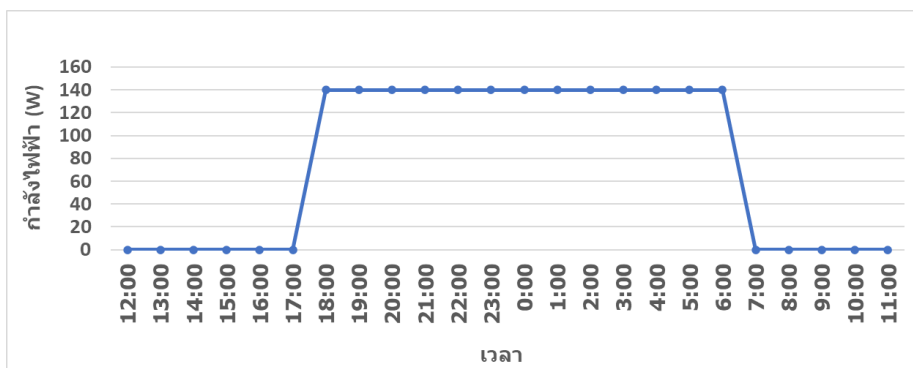


ภาพที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบระบบอิสระหรือระบบ Off-grid

จากภาพที่ 1 ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ (Solar cell panels) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะถูกส่งไปยังชุดชาร์จ (Charger) เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ในการส่งพลังงานไปเก็บประจุไว้ที่ชุดแบตเตอรี่ (Battery) ในขณะเดียวกันหากมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งในการออกแบบนี้ได้ออกแบบให้สามารถรองรับโหลดประเภท AC ซึ่งเป็นโหลดที่ใช้ในฟาร์มโดยในระบบนั้นจะมีอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบแรงดันกระแสตรงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ ดังนั้นในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ในแบตเตอรี่ หากต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่มีแสงแดดระบบสามารถดึงพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ออกมาใช้งานได้ แต่ในกรณีที่ไม่มีแสงแดดระบบสามารถดึงพลังงานเฉพาะจากแบตเตอรี่ที่ได้เก็บพลังงานไว้ออกมาใช้งานได้

2. ศึกษาและเก็บข้อมูลปริมาณโหลดและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน

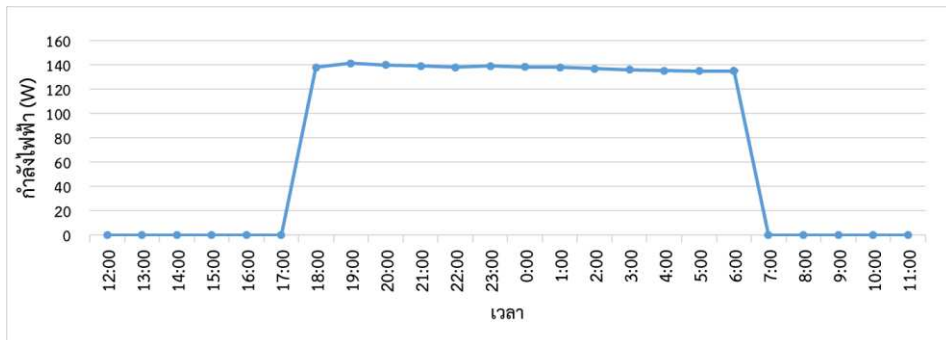
จากการศึกษาโหลดไฟฟ้าที่ใช้บริเวณพื้นที่คอกแพะซึ่งมีทั้งหมด 7 บล็อกประกอบด้วยหลอดไส้แมลงทั้งหมด 7 หลอด โดยในงานวิจัยได้ใช้เป็นหลอดแอลอีดีสีเหลืองซึ่งกำลังวัตต์ของแต่ละหลอดอยู่ที่ 20W ดังนั้นโหลดโดยรวมอยู่ที่ 140W สำหรับรูปแบบการใช้พลังงานจะอยู่ประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน จากเวลาประมาณ 18:00 น. จนกระทั่งถึง 06:00 น. ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้ต่อวัน

3. ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

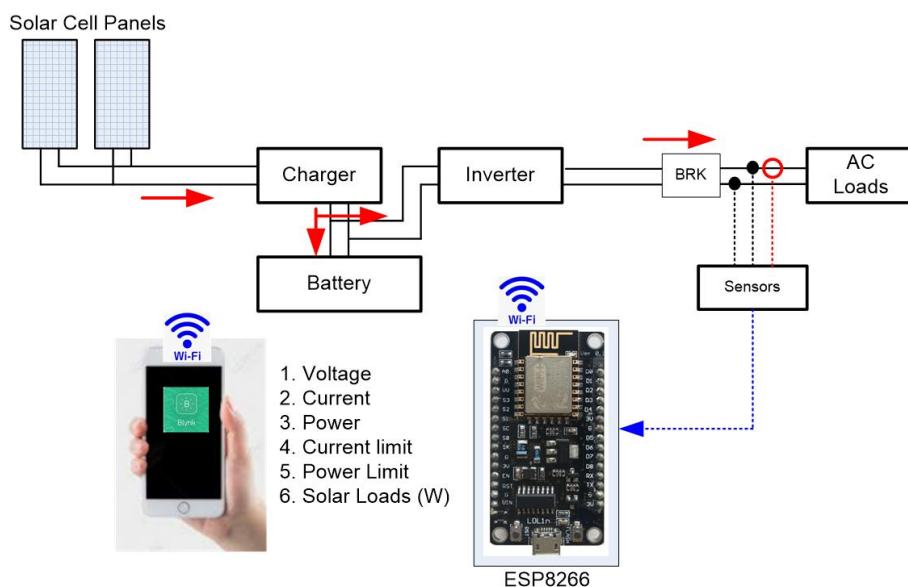
การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะเป็นการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดกำลังผลิตเพื่อหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดชาร์จ อินเวอร์เตอร์ พร้อมขนาดชุดกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมสามารถรองรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดและครอบคลุมการใช้ประมาณ 12 ชั่วโมง ในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดในรอบเวลา 12 ชั่วโมง

4. ออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

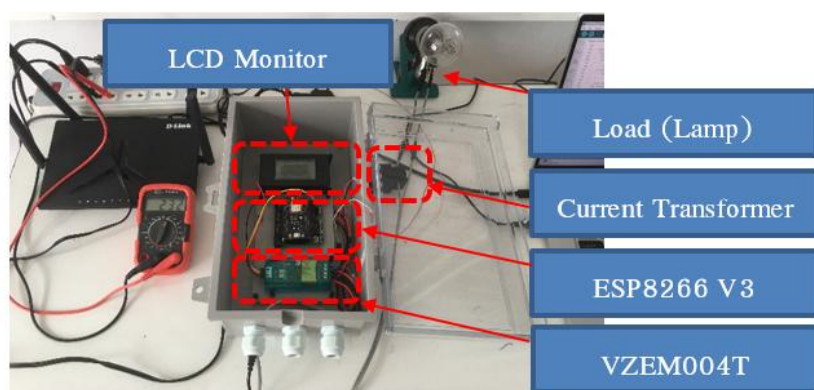
การศึกษาในขั้นตอนนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอที (ฉัตรชัย โกสุม และคณะ, 2022) และ (ภาควิชา มณีโชติ และคณะ, 2563) เข้ามาใช้ในการออกแบบระบบติดตามสมรรถนะระบบการผลิตไฟฟ้าโดยแสดงผลแบบเรียลไทม์ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันบลิง (Blynk Application) ซึ่งภาพโดยรวมการทำงานของระบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4



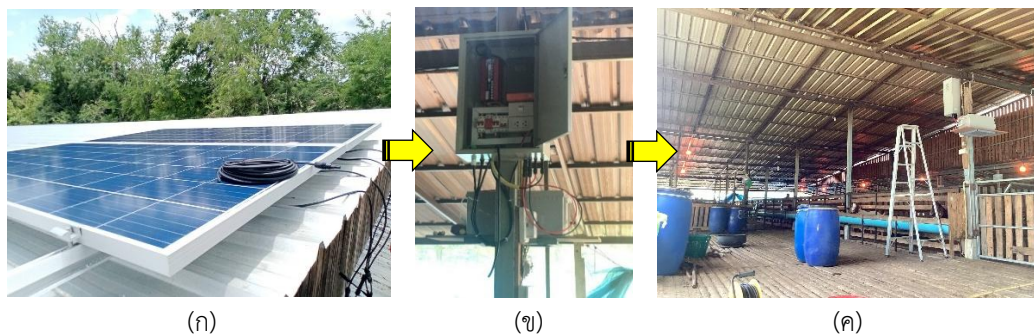
ภาพที่ 4 ระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

จากภาพที่ 4 ในการออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเทคโนโลยีไอโอทีนั้น ได้ใช้อุปกรณ์ในการประมวลผลคือ ESP8266V3 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับ

สัญญาณ Wi-Fi โดยมีอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโหลด ซึ่งประกอบไปด้วยชุด VZEM004T สำหรับตรวจวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดและส่วนประกอบชุดระบบติดตามสมรรถนะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5 และเมื่อระบบติดตามสมรรถนะได้รับค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากชุดตรวจวัดก็จะทำการประมวลผลและส่งค่าเพื่อแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือผ่านการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi โดยค่าที่แสดงผลจะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของระบบ เพอร์เซ็นต์ค่าจำกัดของกระแสไฟฟ้า และเปอร์เซ็นต์ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้ง พร้อมกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณโหลด โดยลักษณะการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และชุดระบบติดตามสมรรถนะและโหลดไฟฟ้าสามารถแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบชุดระบบติดตามสมรรถนะ



ภาพที่ 6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ก) ชุดควบคุมระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะ (ข) และการทดสอบจ่ายไฟให้โหลดไฟฟ้าสำหรับคอกเลี้ยงแพะ (ค)

5. ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพระบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากค่าความผิดพลาดในการอ่านค่า ดังสมการที่ 1

$$\%Error = \left| \frac{Value_{(Pototype)} - Value_{(Standard)}}{Value_{(Standard)}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ %Error คือ ค่าความผิดพลาด, $Value_{(Pototype)}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดต้นแบบ, $Value_{(Standard)}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาวิจัยการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอทีนั้นสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. ผลการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 2 พบว่าโหลดที่ได้ออกแบบไว้เป็นโหลดหลอดไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 220Vac ขนาด 20W จำนวน 7 หลอด โหลดโดยรวม 140W ต่อชั่วโมง ดังนั้นสามารถหาขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องจ่ายพลังงานให้กับโหลด 140W โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ระดับแรงดัน 12 Vdc กระแสโหลดจะอยู่ที่ 11.66 A ดังสมการที่ 2

$$I = \frac{P}{V} = \frac{140}{12} = 11.66A \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ P คือ กำลังไฟฟ้า, V คือ แรงดันไฟฟ้า, I คือ กระแสไฟฟ้า

และหากต้องการจ่ายโหลด 12 ชั่วโมง แบตเตอรี่ต้องสามารถจ่ายกระแสโดยรวมประมาณ 140Ah และที่สำคัญค่าความลึกในการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นสามารถใช้งานได้ยาวนานยิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าความลึกในการใช้งานของแบตเตอรี่ (Depth of charge: DOC) อยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ค่าความจุที่ 70 เปอร์เซ็นต์ที่แบตเตอรี่ที่ต้องจ่ายโดยรวมคือ 140Ah ที่ 12 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่โดยรวมที่ 100 เปอร์เซ็นต์ต่ออยู่ที่ 200 Ah ดังแสดงได้ดังสมการที่ 3

$$Battery\ capacity = \frac{100 \times 140}{70} = 200\ Ah \quad (3)$$

และหากพิจารณาปริมาณแสงแดดในประเทศไทยที่สามารถผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจะอยู่ในช่วงเวลา 10:00-15:00 น. โดยประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นในการออกแบบชุดชาร์จแบตเตอรี่ต้องสามารถชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มประจุได้ภายใน 5 ชั่วโมง ดังนั้น ปริมาณโหลดหลอดไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 12 ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่ไป 140 Ah หรือคิดเป็น 70 เปอร์เซนต์ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะเหลืออยู่ 60 Ah คิดเป็น 30 เปอร์เซนต์ ดังนั้นขนาดชาร์จเจอร์สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$\text{Battery charger} = \frac{140Ah}{5h} = 28 A \quad (4)$$

ดังนั้น ขนาดชุดชาร์จแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ขนาด 30A ที่ระดับ 12 Vdc ตามระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถประจุแบตเตอรี่กลับคืนได้ภายใน 5 ชั่วโมง หากความจุของแบตเตอรี่ขนาด 200Ah และจ่ายโหลดคงที่ที่ 11.66 A จะสามารถจ่ายโหลดได้ดังสมการที่ 5

$$\text{Hours} = \frac{200Ah}{11.66A} = 17.15h \quad (5)$$

ดังนั้น แบตเตอรี่นี้สามารถจ่ายโหลดได้ประมาณ 17.15 ชั่วโมง แต่ในการออกแบบนั้นได้ออกแบบให้ใช้งานเพียง 70 เปอร์เซนต์ของความสามารถทั้งหมดของแบตเตอรี่ ดังสมการที่ 6

$$\begin{aligned} 70 \% \text{ of Battery Capacity} &= \frac{70 \times 200Ah}{100} \\ &= 140 Ah \end{aligned} \quad (6)$$

ดังนั้น จำนวนชั่วโมงในการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ที่ขนาด 140Ah หากจ่ายโหลดคงที่ที่ 11.66 A สามารถจ่ายโหลดได้ 12 ชั่วโมง ดังแสดงในสมการที่ 7

$$\text{Hours} = \frac{140Ah}{11.66A} = 12h \quad (7)$$

ซึ่งจากภาพที่ 2 หากมีการใช้โหลดอย่างคงที่ค่าแอมแปร์ชั่วโมงของแบตเตอรี่จะลดลงเรื่อย ๆ ในทุก ๆ ชั่วโมง ชั่วโมงละ 11.66 A จนกระทั่ง 12 ชั่วโมง โดยหากเริ่มเปิดโหลดตอนเวลา 18:00 น. และปิดโหลดตอนเวลา 06:00 น. ตามเวลาใช้งานจริงของเกษตรกร แบตเตอรี่จะเหลืออยู่ที่ 30% หรือ 60 Ah จากนั้น ณ เวลา 10:00 น. ระบบเริ่มชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ให้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งในการออกแบบในการชาร์จประจุนี้ได้

ออกแบบไว้ที่ 30A ดังนั้น ความจุของแบตเตอรี่ก็จะเพิ่มขึ้นมาจาก 60Ah หรือ 30% เป็น 200Ah หรือ 100% โดยใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งแสดงการคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$\text{Hours} = \frac{140\text{Ah}}{30\text{A}} = 4.67\text{h} \approx 5\text{h} \quad (8)$$

สำหรับการคำนวณแผงต้องสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 30A ที่แรงดันไฟฟ้า 12 Vdc ดังนั้นขนาดกำลังวัตต์ของแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถหาได้ดังสมการที่ 9

$$\text{Solar Power} = 12 \times 30 = 360\text{W} \quad (9)$$

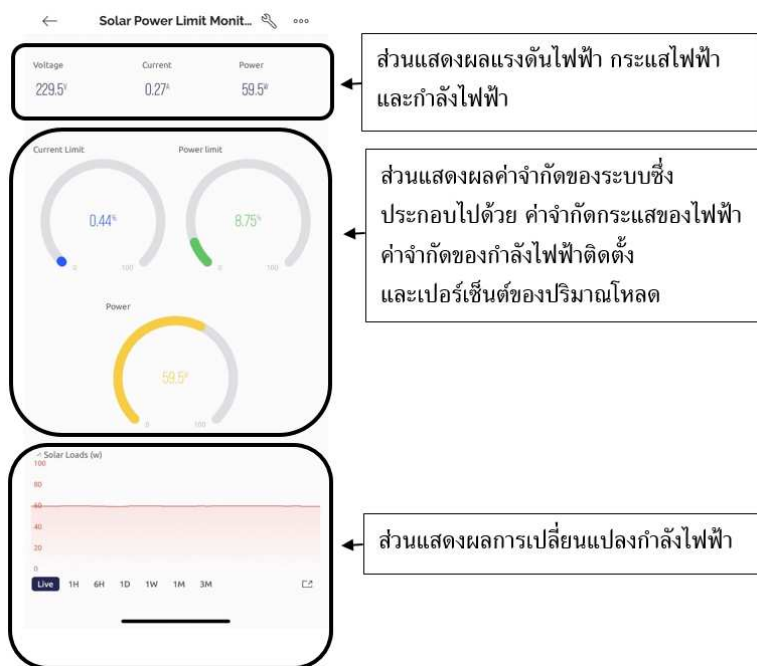
ซึ่งจะพบว่า ขนาดกำลังวัตต์ขั้นต่ำของแผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ 360W แต่เนื่องจากสภาพพื้นที่ของฟาร์มที่อยู่ใกล้ภูเขามีก่อนหน้าจะมีเมฆหมอกค่อนข้างเยอะโดยเฉพาะ ในช่วงฤดูฝนปริมาณแสงแดดจะน้อยมาก และการใช้งานในบางครั้งอาจมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในงานอื่นในฟาร์มเล็กน้อยจึงต้องมีส่วนเผื่อสำหรับการใช้งานไฟฟ้า นอกเหนือจากการชาร์จประจุ โดยในงานวิจัยจึงได้เพื่อกำลังผลิตโดยได้ออกแบบใช้แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 360W จำนวน 2 แผง ขนาดแรงดันประมาณ 39 Vdc 9.23A นำมาต่อขนานกันซึ่งแรงดันคงที่ที่ 39 V แต่จะได้กระแสเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 18.46A กำลังไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 720 W แต่ในการชาร์จประจุได้ออกแบบระบบให้ชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc ดังนั้นกระแสไฟฟ้าสูงสุดในการชาร์จจะอยู่ที่ 60A ดังแสดงในสมการที่ 10

$$\text{Max current charging} = \frac{720}{12} = 60\text{A} \quad (10)$$

ซึ่งทำให้สามารถมั่นใจได้ว่ามีกำลังผลิตเพียงพอสำหรับการชาร์จประจุที่ 30 A และมีส่วนเผื่อสำหรับการใช้งานไฟฟ้านอกเหนือจากการชาร์จประจุอีกประมาณ 30A หรือ 360 W ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบขนาดชาร์จเจอร์สำหรับประจุแบตเตอรี่อยู่ที่ 30A และขนาดของอินเวอร์เตอร์อยู่ที่ 1000W

2. ผลการออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

โดยในการออกแบบนั้นได้ใช้เทคโนโลยีไอโอทีที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม Blynk ในการแสดงผลเพื่อติดตามสมรรถนะของระบบบนสมาร์ตโฟนโดยหน้าจอในการแสดงผลนั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงผลบนสมาร์ตโฟน

โดยส่วนประกอบหลักของหน้าจอแสดงผลนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ในส่วนแรกจะเป็นในส่วนการตรวจวัด ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ในส่วนที่สองคือจะเป็นในส่วนของการแสดงผลค่าจำกัดของระบบ และส่วนสุดท้ายคือ กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของโหลด

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบติดตามสมรรถนะระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ผลประเมินค่าความผิดพลาดการอ่านค่าของระบบนั้นได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดมัลติมิเตอร์รุ่น DT-9205A โดยได้ทำการเพิ่มโหลดประเภทหลอดไฟฟ้าจำนวน 5 ค่า โดยผลการสอบเทียบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 พบว่าผลประเมินค่าความผิดพลาดการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.99 % โดยที่ค่า S.D. อยู่ที่ 0.62 และค่าความผิดพลาดการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.15 % โดยที่ค่า S.D. อยู่ที่ 0.07

ตารางที่ 1 ผลการประเมินค่าความผิดพลาดการอ่านค่าของระบบ

โหลด (W)	เครื่องมือวัดมาตรฐาน		เครื่องต้นแบบ		%ค่าความผิดพลาด	
	กระแสไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า
60	0.26	231	0.26	231.2	0	0.09
120	0.52	227	0.53	227.4	1.92	0.18
180	0.79	226	0.80	226.2	1.27	0.09
240	1.07	224	1.08	224.3	0.93	0.13
265	1.18	223	1.19	223.6	0.85	0.27
ค่าเฉลี่ย					0.99	0.15
S.D.					0.62	0.07

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีไอโอทีโดยได้นำเสนอวิธีการศึกษาในการการหาขนาดที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยผลการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้นพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถจ่ายพลังงานให้กับระบบส่องสว่างได้แมลงได้ครอบคลุมช่วงเวลาทำงานของเกษตรกรที่ต้องการคือ 12 ชั่วโมง สำหรับผลการออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเรียลไทม์นั้นพบว่าระบบสามารถแสดงผลบนมือถือผู้ใช้งานได้ โดยประสิทธิภาพระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากผลการประเมินค่าความผิดพลาดการอ่านค่าของระบบโดยพบว่า ค่าความผิดพลาดการอ่านค่าของระบบในส่วนของการอ่านกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.99 % โดยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.62 และค่าความผิดพลาดการอ่านค่าของระบบในส่วนของการอ่านแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.15 % โดยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) อยู่ที่ 0.07

ข้อเสนอแนะ

จากผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบนั้นพบว่ายังมีค่าความผิดพลาดอยู่โดยอาจเกิดจากการเชื่อมต่อสายในวงจรและความยาวของสายสัญญาณซึ่งอาจส่งผลให้เกิดค่าความต้านทานแฝงขึ้นดังนั้นในการเชื่อมต่อควรให้มีจุดเชื่อมต่อที่น้อยที่สุด และความยาวของสายสัญญาณสั้นที่สุดเพื่อลดค่าความผิดพลาดในการอ่านและแสดงค่าของระบบติดตามสมรรถนะของระบบแบบเรียลไทม์ได้ และนอกจากนี้ระบบติดตามสมรรถนะ

ของระบบนั้นยังสามารถประยุกต์ใช้งานทางด้านการวางแผนด้านการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าซึ่งทำให้เราสามารถออกแบบและกำหนดการจ่ายโหลดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ทูสนันสนุนงานวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบให้กับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ โนนบัว, รัฐภาณุ แก้วเปียง, นภาพร ต้มทองคำ, นฤมล วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง, และชัยสิทธิ์ วันน้อย. (2566). เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับการติดตามสมรรถนะ แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 5(2), 115-130.
- ฉัตรชัย โกสุม, ปานฤทัย โกสุม, เกชา อยู่แก้ว, และประกิจ ธรรมนิทัศน์. (2022). เครื่องกำหนดกำลังงานไฟฟ้าสำหรับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า. *Journal of Science and Technology Thonburi University*. 6(1), 13-27.
- นิติคม อริยพิมพ์, และชัยพร อัดโดดดร. (2565). การออกแบบและสร้างระบบไอโอทีสำหรับบ้านจำลองแบบอัจฉริยะที่ควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 17(1), 29-39.
- ปณต ศรีภักดิ์, จิรศักดิ์ บุญโชติ, บัญชา ศรีวิโรจน์, และศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ. (2562). การออกแบบและติดตั้งระบบแสงสว่างด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ลานปฏิบัติธรรมวัดป่าธรรมศิริ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 3(1), 1-6.
- ภาคิณ มณีโชติ, วิษระ วงศ์ปัญญา, และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2563). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. *วารสารวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 15(1), 51-66.
- อรุณรักษ์ ตันพานิช, คชาวุธ ชุมขวัญ, ศุภกร แก้วละเอียด, และอรสา มั่งสกุล. (2567). การออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับกล่องวงจรปิดด้วยทฤษฎีการแก้ปัญหา เชิงนวัตกรรมกรณีศึกษาพื้นที่เกษตรสวนมังคุด จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 19(1), 47-62.

Chang, C.-Y., Kuo, C.-H., Chen, J.-C., & Wang, T.-C. (2015). Design and implementation of an IoT access point for smart home. **Applied Sciences**, 5(4), 1882-1903.