

การพัฒนาต้นแบบกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าแบบพกพาจากพลังงานแสงอาทิตย์

Development of an Electrical Power Backup Portable Box Prototype from Solar Power

ธำปนิก ตีระพันธ์^{1*}

Thapanic Teerapan^{1*}

¹ หลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

¹Petroleum Technology Program, Faculty of Industrial Education and Technology,

Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

¹Corresponding author: Tel.: 08-28289801. E-mail address: thapanic.t@rmutsv.ac.th

Abstract

This research aims to develop an electrical power backup box to provide convenience for maintenance technicians in the industrial drilling and petroleum exploration company group, allowing them to carry a power source for electrical repair work in areas without electrical outlets. The study is divided into three main points: 1) The effect of sunlight intensity on the electricity production efficiency of a 165 W solar panel during the time interval from 8:00 am - 3:00 pm over three days. 2) The duration for which a 1000 VA electrical power backup box can be used until its power is depleted from a 12 V 35 Ah battery. 3) The performance of the electrical power backup box alongside three energy usage tracking platforms. The study's findings and experiments reveal that the maximum light intensity of 139,500 Lux resulted in the highest electricity production efficiency of the panel. The electrical power backup box supplied electricity for 4 hours and 10 minutes under a continuous current of 0.12 A, with an operational efficiency ranging from 49.64 % to 53.80 % when used with a 25–55 W load. This efficiency differed from the designed system efficiency by 15.05 % to 19.21 %. Regarding integration with tracking platforms, the system successfully displayed accurate data within an error margin not exceeding ± 5 % in Blynk, Google Sheets, and Line applications.

Keywords: Electrical Power Backup Box, Solar Power, Portable

* Corresponding author: Tel.: 087-3120700. E-mail address: thongchaimeajo@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า สำหรับอำนวยความสะดวกให้แก่ช่างซ่อมบำรุงในบริษัทกลุ่มอุตสาหกรรมชุดเจาะและสำรวจปิโตรเลียม ให้สามารถพกพาแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปปฏิบัติการซ่อมบำรุงในพื้นที่ที่ไม่มีจุดต่อใช้ไฟฟ้าได้ การวิจัยแบ่งการศึกษาและทดลองใน 3 ประเด็น ประกอบด้วย 1) ผลของค่าความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 165 W ในช่วงเวลา 08:00 - 15:00 น. จำนวน 3 วัน 2) ระยะเวลาที่สามารถใช้กล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าขนาด 1000 VA ได้จนหมดพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 V 35 Ah และ 3) สมรรถนะการทำงานของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าร่วมกับ 3 แพลตฟอร์มสำหรับติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลการศึกษาและทดลองพบว่า ค่าความเข้มแสงสูงสุดที่ 139,500 Lux มีผลให้กำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงได้สูงสุด และกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง 10 นาที ที่กระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง 0.12 A โดยมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในช่วง 49.64 % - 53.80 % ที่การใช้งานโหลด 25-55W ซึ่งแตกต่างจากประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบระบบไว้อยู่ในช่วง 15.05 % - 19.21 % สมรรถนะในการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์ม สามารถแสดงข้อมูลในแอปพลิเคชัน Blynk, Google Sheet และ Line ได้ถูกต้องที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 5 %

คำสำคัญ: กล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า , พลังงานแสงอาทิตย์ , แบบพกพา

บทนำ

ในปัจจุบันงานด้านอุตสาหกรรมปิโตรเลียมได้มีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้สำหรับเป็นเครื่องมือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมัน อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือต่าง ๆ กับงานทางด้านการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทางปิโตรเลียมนั้น จำเป็นจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง ให้กับเครื่องมือ อุปกรณ์การซ่อมบำรุง และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในงานซ่อม ซึ่งหากพื้นที่ปฏิบัติงานการซ่อมต่าง ๆ ไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าของหน่วยงานการไฟฟ้า อันเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ไม่มีจุดต่อใช้งานไฟฟ้า ก็ส่งผลกระทบให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถปฏิบัติงานการซ่อมได้ทันที

ดังนั้นเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้านการซ่อมบำรุงของกลุ่มอุตสาหกรรมชุดเจาะและสำรวจปิโตรเลียม และงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในด้านการมีแหล่งพลังงานสำรองไฟฟ้าที่สามารถพกพาไปใช้ปฏิบัติงานได้ง่าย [1] สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการปฏิบัติงานในสถานที่ที่มีข้อจำกัด นั้น [3] ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนางานวิจัยที่นอกเหนือจากที่มาและความสำคัญข้างต้นดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมุ่งเน้นให้มีความแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีจำหน่ายอยู่แล้ว ด้วยการผสานการทำงานร่วมกับเทคโนโลยี IoT แพลตฟอร์ม ผู้ใช้สามารถติดตามพฤติกรรมการใช้งานแบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์ม Blynk และ Line ตลอดจนสามารถย้อนหลังดูพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านมา ผ่าน Google Sheet เพื่อเป็นต้นแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงการพัฒนาเพิ่มเติมและปรับแก้ไขได้ด้วยตนเองตามสถานการณ์

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม และยังมุ่งเน้นให้นักวิจัยรุ่นใหม่ได้เล็งเห็นถึงประเด็นปัญหาในการต่อยอดวิจัยขั้นสูงต่อไป [5]



ภาพที่ 1 ต้นแบบกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าแบบพกพาที่ได้พัฒนาขึ้น

วิธีการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ (1) เครื่องมือวัดลักษณะขั้วต่อ (2) เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (3) เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (4) กล่องเครื่องมือพลาสติกขนาดมาตรฐาน 22 นิ้ว (5) แผงโซลาร์เซลล์ 165 W (6) อุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ PWM 12V/30A (7) อินเวอร์เตอร์ 1000 VA (8) แบตเตอรี่ 12 V 35 Ah (9) บอร์ด Wi-Fi (NodeMCU V2 ESP8266) (10) บอร์ด PZEM-016 (11) บอร์ด PZEM-022 (12) บอร์ด PZEM-017 และ (13) บอร์ด RS485

ขั้นตอนการออกแบบระบบของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

การวิจัยได้ออกแบบระบบของกล่องสำรองไฟฟ้าโดยเริ่มจากการสำรวจความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของช่างซ่อมบำรุงด้วยวิธีการสังเกตจากการปฏิบัติงาน พบว่าจะมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ซ่อม อาทิเช่น การใช้งานระบบส่องสว่าง ไปจนถึงการใช้งานสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการชาร์จอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ เป็นต้น โดยภาพรวมจะมีความต้องการขั้นต่ำอยู่ที่ 200 W สำหรับใช้งานระบบส่องสว่างให้สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลาขั้นต่ำ 2 ชั่วโมง ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบเพื่อจัดสร้างเป็นกล่องสำรองไฟฟ้าต้นแบบให้เพียงพอต่อการความต้องการใช้งานขั้นต่ำโดยใช้หลักการออกแบบของระบบบอโฟกริด [6] จากอุปกรณ์ที่มีอยู่ ประกอบด้วย (1) แผงโซลาร์เซลล์ชนิด Poly Crystalline ขนาด 165 W จำนวน 1 แผง (2) อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ SUOER ขนาด 1000 VA จำนวน 1 ตัว (3) อุปกรณ์ Solar charge controller 30 A 12V/24 V จำนวน 1 ตัว (4) แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 12 V 35 Ah จำนวน 1 ลูก โดยมีวิธีการออกแบบระบบจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ได้ดังต่อไปนี้

1. คำนวณพลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ต่อวันโดยพิจารณาชั่วโมงรับแสงแดดเฉลี่ย (PSH - Peak Sun Hours) ให้พื้นที่มีแสงแดดเฉลี่ย 5 ชั่วโมงต่อวัน [7] จะได้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตได้ต่อวันเท่ากับ $165\text{W} \times 5\text{h}$ เท่ากับระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 825 Wh ต่อวัน

2. คำนวณพลังงานที่แบตเตอรี่สามารถกักเก็บได้ โดยพลังงานที่กักเก็บได้เท่ากับแรงดันแบตเตอรี่ (V) $\times$ ความจุแบตเตอรี่ (Ah) เท่ากับ $12\text{V} \times 35\text{Ah}$ แบตเตอรี่จะสามารถกักเก็บพลังงานได้ 420 Wh เมื่อชาร์จเต็ม 100 % โดยที่แบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ใช้ในการวิจัยควรคายประจุไม่เกิน 50 % (Depth of Discharge, DOD) ดังนั้นพลังงานที่ใช้งานได้จริงคือ $420\text{Wh} \times 0.5$ เท่ากับ 210 Wh ซึ่งเมื่อพิจารณาของพลังงานที่แบตเตอรี่จะกักเก็บได้ทั้งหมด 420 Wh เมื่อต้องการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มภายใน 1 วัน ตามที่ได้ออกแบบระบบไว้ที่ PSH เท่ากับ 5 เพราะฉะนั้นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการจากแผงโซลาร์เซลล์ขั้นต่ำจะเท่ากับ $420\text{Wh} / 5\text{h} = 84\text{W}$ และหากพิจารณาในเรื่องของประสิทธิภาพระบบ (Loss Factors) รวมด้วยโดยประมาณค่าความสูญเสียของตัวควบคุมการชาร์จที่เลือกใช้ชนิด PWM ไว้ที่ประมาณ 85 % สายไฟและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ในระบบประมาณ 90 % การแปลงพลังงานของแบตเตอรี่ประมาณ 90 % เมื่อสรุปโดยรวมประสิทธิภาพรวมของระบบจะเท่ากับ $0.85 \times 0.90 \times 0.90$ เท่ากับ 0.6885 หรือเท่ากับประมาณ 68.85 % แต่ในการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับระบบ กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ จะมีค่าเท่ากับ (พลังงานที่ต้องชาร์จ/(เวลาชาร์จ $\times$ ประสิทธิภาพรวมระบบ)) เท่ากับ $(420\text{Wh}/(5\text{h} \times 0.6885))$ เท่ากับ $420\text{W}/3.4425$ เท่ากับประมาณ 122 W ซึ่งในการออกแบบระบบควรใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาดอย่างน้อย 120 W เพื่อให้มีพลังงานเพียงพอต่อการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มภายใน 1 วัน ซึ่งในการวิจัยจะเลือกจากอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วคือแผง 165 W ซึ่งจะมีความสามารถในการชาร์จที่เร็วขึ้น

3. การออกแบบระบบตัวควบคุมการชาร์จ (Solar Charge Controller) โดยกระแสที่รองรับ เท่ากับ กำลังไฟฟ้าของแผง (W) / แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ (V) ซึ่งจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ แผงโซลาร์เซลล์ 165 W / 12 V [7] เท่ากับ 13.75 A ซึ่งควรเลือกใช้ตัวควบคุมการชาร์จขนาด 13.75 A ขึ้นไป ซึ่งในการวิจัยจะเลือกจากอุปกรณ์ที่มีอยู่คือตัวควบคุมการชาร์จ 12 V / 30 A

4. คำนวณระยะเวลาการใช้งานกับโหลดที่ต้องการ จากเวลาที่สามารถใช้งานได้ เท่ากับ พลังงานที่ใช้งานได้ (Wh) / โหลดที่ต้องการใช้งาน (W) โดยพิจารณาจากความต้องการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ช่างซ่อมบำรุงใช้งานขั้นต่ำดังต่อไปนี้

โหลดขนาด 25 W เช่น หลอดไฟฟ้า พิกัด 220 Vac $25\text{W} = 210\text{Wh}/25\text{W} = 8.4 \text{ h}$

โหลดขนาด 55 W เช่น พัดลมเล็กขนาด 12 นิ้ว พิกัด 220 Vac $55\text{W} = 210\text{Wh}/55\text{W} = 3.82 \text{ h}$

โหลดขนาด 200 W เมื่อการใช้งานที่มีการต่อใช้หลอดรวมที่เพิ่มสูงขึ้น $= 210\text{Wh}/200\text{W} = 1.05 \text{ h}$

จากประมาณการระยะเวลาการใช้งานกับโหลดที่ต้องการที่ได้ออกแบบระบบไว้สรุปได้ว่า หากใช้กับโหลด 25 W จะใช้งานได้ประมาณ 8 ชั่วโมง 24 นาที หากใช้กับโหลด 55 W จะใช้งานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง 49 นาที และหากมีการใช้งานหลอดรวมสูงถึง 200 W จะใช้งานได้ประมาณ 1 ชั่วโมง 3 นาที

5. คำนวณกำลังไฟสูงสุดที่อินเวอร์เตอร์ 1000 VA รองรับได้ โดยที่อินเวอร์เตอร์ 1000 VA สามารถรองรับกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 800 W หากคิดที่ Power Factor (PF) ≈ 0.8 ซึ่งจากข้อมูลทางเทคนิคของอินเวอร์เตอร์รุ่นที่เลือกใช้จะมีกำลังไฟฟ้า Output Power สูงสุดที่ 650 W เท่านั้น โดยคิดที่ (PF) ≈ 0.65 ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่าพลังงานที่ใช้ได้จริงมีประสิทธิภาพมากเพียงใด โดยทั่วไปที่ PF $\approx 0.6 - 0.7$ โหลดใช้งาน จะเป็น หม้อแปลง หรือ มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนั้นโหลดสูงสุดที่ระบบนี้รองรับได้จะออกแบบตามข้อมูลทางเทคนิคของอินเวอร์เตอร์ซึ่งเท่ากับ 650 W แต่เนื่องจาก แบตเตอรี่ 12 V 35 Ah ไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลด 650 W ได้นาน หากมีการดึงโหลดที่ 650 W อาจทำให้แบตเตอรี่หมดได้ภายใน 19 นาที หรือน้อยกว่า หรืออาจส่งผลทำให้ระบบล่มได้เนื่องจากการโปรแกรมไว้ว่าให้ตัดระบบหากแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ต่ำกว่า 10 V โดยพิจารณาคำนวณจาก $210\text{Wh}/650\text{W}$ เท่ากับ 0.32 h ประมาณ 19 นาที จากการออกแบบระบบทำให้ทราบเบื้องต้นได้ว่า ระบบที่ออกแบบจะมีข้อจำกัดในเรื่องของโหลดที่นำมาใช้งานควรอยู่ในช่วง 100W - 200W หรือไม่ควรเกิน 200 W เพื่อให้ระยะเวลาใช้งานได้นานขึ้นตามข้อจำกัดของแบตเตอรี่

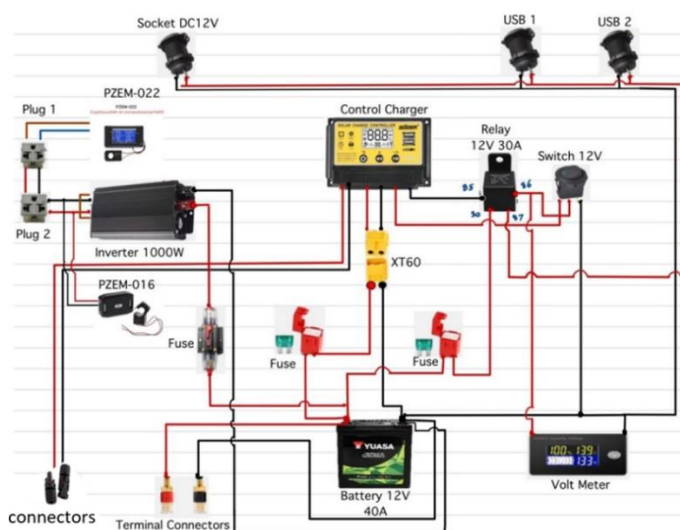
6. คำนวณประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ โดยพิจารณาให้ระบบมีการสูญเสียพลังงานจากหลายปัจจัย เช่น จากข้อมูลทางเทคนิคระบุว่าอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพมากกว่า 85 % ตัวควบคุมการชาร์จมีประสิทธิภาพประมาณ 85 % และแบตเตอรี่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการชาร์จและคายประจุ โดยในการวิจัยจะเลือกพิจารณาสมมติให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเหลือประมาณ 68.85 % พลังงานที่ใช้งานได้จริง (Effective Usable Energy) เท่ากับ $825\text{Wh} \times 0.6885$ เท่ากับ 568.01 Wh หรือประมาณ 568 Wh จะได้ว่าระบบที่ออกแบบไว้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 825 Wh ต่อวัน แต่เมื่อรวมการสูญเสียแล้ว อาจใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติเพียงประมาณ 500-568 Wh ต่อวัน หรือน้อยกว่านั้น โดยมีข้อจำกัดของระบบที่ออกแบบไว้คือ แบตเตอรี่ที่เลือกใช้มีขนาดความจุ 35 Ah ซึ่งจะส่งผลทำให้การใช้งานอุปกรณ์กำลังสูงจะใช้งานได้เพียงระยะเวลานั้น ดังที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนการออกแบบข้อที่ 1-5 หากต้องการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานานขึ้น ควรเพิ่มความจุแบตเตอรี่ให้สูงขึ้น อาทิเช่น 12 V 100 Ah และควรมีการจำกัดโหลดใช้งานให้อยู่ในช่วง 100W - 300W เพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพโดยไม่ทำให้แบตเตอรี่หมดเร็วเกินไป

ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ภายในกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

การวิจัยได้ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ภายในกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า แบ่งเป็น 3 ส่วนประกอบ แสดงดังภาพที่ 3 ประกอบด้วย (1) ส่วนของการประจุไฟฟ้าเข้ากล่องสำรองไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกประจุไฟฟ้าได้ 2 รูปแบบตามความเหมาะสม ซึ่งในการประจุไฟฟ้าให้แกกล่องสามารถเลือกประจุไฟฟ้าได้ด้วยแผงโซลาร์เซลล์ โดยสามารถประจุไฟฟ้าได้ที่แรงดันไฟฟ้า Vdc 14-40 V ผ่านจุดต่อ MC4 ที่ตำแหน่ง Connectors หรือเลือกประจุไฟฟ้าด้วยเครื่องประจุไฟฟ้า 220 Vac ผ่านจุด Terminal Connectors (2) ส่วนการควบคุมการชาร์จ (Control Charger) โดยส่วนนี้ได้ทำการออกแบบให้มีช่องต่อสำหรับรองรับการใช้งานประกอบด้วย ช่องต่อ USB 5 V / 2.1 A จำนวน 2 ช่องต่อ และเพิ่มเติมช่องต่อ Socket DC 12 V จำนวน 1 ช่องต่อ ดังภาพที่ 2 สำหรับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการช่องต่อ Socket DC 12 V [4] การควบคุมการทำงานของทั้ง 3 ช่องต่อ ออกแบบให้ใช้เอาท์พุท DC จาก Control Charger ควบคุม Relay ซึ่งมีสวิตช์ DC 12 V สำหรับควบคุมการเปิด-ปิด การทำงาน ส่วนไฟเลี้ยงหน้าสัมผัสช่วย ใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยตรง ทั้งนี้ได้เพิ่มส่วนที่ใช้สำหรับตรวจสอบสถานะการทำงานในภาพรวม ให้มีการแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า ขณะทำงานอีกด้วย (3) ส่วนของอุปกรณ์แปลงผันพลังงาน (Inverter) ออกแบบให้มีจุดสำหรับต่อใช้งานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vac / 50 Hz จำนวน 2 จุดต่อ สามารถจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับได้หลายชนิด ที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของโหลดสูงสุด 200 W ทั้งนี้ได้ติดตั้งฟิวส์สำหรับป้องกันการลัดวงจร พร้อมกับการติดตั้งบอร์ด Pzem-016 Pzem-022 และ Pzem-017 สำหรับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าและส่งค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ขณะนั้นไปยังแพลตฟอร์ม Blynk และ Google Sheet ดังขั้นตอนต่อไป



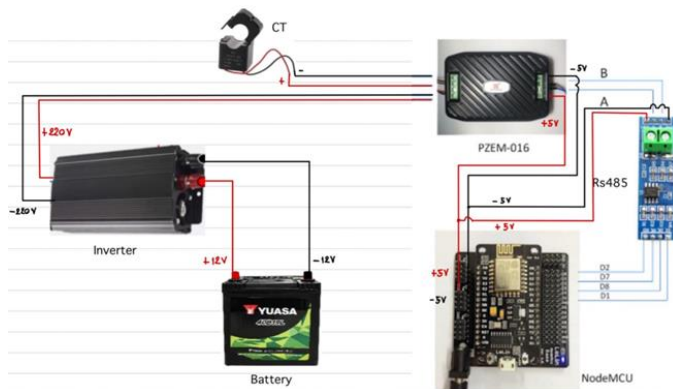
ภาพที่ 2 กล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าแบบพกพาที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น



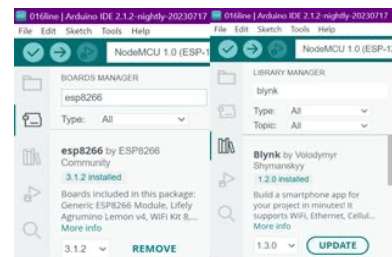
ภาพที่ 3 วงจรไฟฟ้าสำหรับติดตั้งภายในกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนออกแบบติดตั้งและการโปรแกรมบอร์ด PZEM-016

การออกแบบติดตั้งและการโปรแกรมบอร์ด PZEM-016 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้ (1) เชื่อมต่อขาใช้งาน D1,D2,D6,D7 ของ NodeMCU เข้ากับขาของบอร์ด RS485 ขารับสัญญาณของบอร์ด RS485 เชื่อมต่อไปยังขาส่งสัญญาณของบอร์ด Pzem-016 ซึ่งมีการติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (CT) ด้วยการคล้องสายไฟจาก Inverter ไว้ร่วมด้วย วงจรไฟฟ้าสำหรับติดตั้งส่วนตรวจวัด PZEM-016 แสดงได้ดังภาพที่ 4(ก) (2) ทำการติดตั้ง Board ESP8266 และ Library Blynk ลงในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อกำหนด Board และ Library ในการโปรแกรม แสดงได้ดังภาพที่ 4(ข) (3) การโปรแกรมเริ่มด้วยการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ให้บอร์ด ประกอบด้วย การกำหนดขาสัญญาณอินพุตของบอร์ดแปลงสัญญาณ RS485 การทำงานของระบบ Google Sheet กับ Blynk โดยกำหนดให้อ่านค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่ได้ของบอร์ด PZEM-016 ประกอบด้วย ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าความถี่ และค่าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้า แสดงได้ดังภาพที่ 5(ก) – 5(ณ)



ก) วงจรติดตั้ง PZEM-016 ร่วมกับ NodeMCU



ข) ติดตั้ง Board ESP8266 และ Library Blynk

ภาพที่ 4 โค้ดแกรมสำหรับติดตั้งส่วนตรวจวัด PZEM-016

```

1 //1- PZEM-016/016 line AC Energy Meter */
2 #include <Time.h>
3 #include <ESP8266WiFi.h>
4 #define BLYNK_PRINT Serial
5 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
6 #include <SoftwareSerial.h>
7 #include <ModbusMaster.h>
8 #include <WiFiClientSecure.h>
9 #define MAX485_DE D7
10 #define MAX485_RE D6
11 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL61PLV25un"
12 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "PZEM016"
13 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "9380-m1q8bu51988b9p1z1lhq5q9n"
14
15 //google sheet
16 #define UPDATE_INTERVAL_HOUR (0)
17 #define UPDATE_INTERVAL_MIN (10)
18 #define UPDATE_INTERVAL_SEC (0)
19 #define UPDATE_INTERVAL_MS (((UPDATE_INTERVAL_HOUR*3600) + (UPDATE_INTERVAL_MIN*60) + UPDATE_INTERVAL_SEC)*1000)
20
21 static uint8_t pzemSlaveAddr = 0x01;
22 SoftwareSerial chat(D2, D1); // RX, TX
23
24 ModbusMaster node;
25 float PZEMVoltage = 0;
26 float PZEMCurrent = 0;
27 float PZEMPower = 0;
28 float PZEMEnergy = 0;
29 float PZEMHz = 0;
30 float PZEMPF = 0;

```

ก) กำหนดหน้าที่และเขียนรายละเอียดต่าง ๆ ให้บอร์ด

```

31 unsigned long startMillisPZEM;
32 unsigned long currentMillisPZEM;
33 const unsigned long periodPZEM = 1000;
34
35
36 char auth[] = "9380-m1q8bu51988b9p1z1lhq5q9n";
37 char ssid[] = "Barnpool";
38 char pass[] = "1111199999";
39
40 //google sheet
41 String GAS_ID = "AKfycbE1tGC7ha2X2aVh1fphv_Lt8Pgo8R504a46Ndn0acQ3dcrP98n";
42 const char* host = "script.google.com"; // only google.com not https://google.com
43
44
45 unsigned long startMillisReadData;
46 unsigned long currentMillisReadData;
47 const unsigned long periodReadData = 1000;
48 int ResetEnergy = 0;
49 int a = 1;
50 unsigned long startMillis;
51
52 //google sheet
53 unsigned long time_pos;
54 unsigned long time_1000_ms_buf;
55 unsigned long time_sheet_update_buf;
56 unsigned long time_dif;
57
58 //time
59 int timezone = 7 * 3600;
60 int dst = 0;
61
62 void update google sheet()

```

ข) กำหนดชื่อ Wi-Fi, รหัสผ่าน, และใส่ข้อมูลของ Google sheet

```

63 {
64   Serial.println("connecting to ");
65   Serial.println(host);
66
67   // Use WiFiClient class to create TCP connections
68   WiFiClientSecure client;
69   const int httpPort = 443; // 80 is for HTTP / 443 is for HTTPS
70
71   client.setInsecure(); // this is the magical line that makes everything work
72
73   if (client.connect(host, httpPort)) { //works!
74     Serial.println("connection failed");
75     return;
76   }
77
78   //.....Processing data and sending data
79   String url = String("/macros/s/" + GAS_ID + "/" + "wsoc8F2ELD5a" + (String)PZEMVol);
80
81   if (client.connect(host, 443)) {
82     client.println("GET " + String(url) + " HTTP/1.0"); //HTTP/1.0 OK sent L2H0M
83     client.println("Host: " + String(host));
84     client.println("User-Agent: ESP8266/v1.0");
85     client.println("Connection: close/v1.0");
86     //client.println(true ? "" : "Connection: close/v1.0");
87     //client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
88     client.println("Content-Type: application/json");
89     //client.println("Connection: close");
90     client.println("Content-Length: " + String(url.length()));
91     client.println();
92     //client.println(postData);
93     //client.println("\n\n");
94   }

```

ค) กำหนดค่าส่งการรับ-ส่งข้อมูลของ Google sheet

```

106line.ino Done.txt
94 Serial.println("Response...");
95 }
96 Serial.println("OK !!!");
97 }
98
99 void setup()
100 {
101   /* General */
102   startMillis1 = millis();
103
104   Serial.begin(9600);
105   Serial.setDebugOutput(true);
106   chat.begin(9600);
107   Blynk.begin(auth, ssid, pass, "Blynk.cloud", 80);
108
109   WiFi.mode(WIFI_STA); //โหมด WiFi
110   WiFi.begin(ssid, pass);
111   Serial.println("Connecting to WiFi");
112   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
113     Serial.print("");
114     delay(1000);
115   }
116
117   configTime(timezone, dst, "pool.ntp.org", "time.nist.gov");
118   Serial.println("Loading time");
119   while (!time(nullptr)) {
120     Serial.print("");
121     delay(1000);
122   }

```

ง) กำหนดให้บอร์ดเชื่อมต่อกับระบบ
เชิรฟเวอร์ Blynk

```

106line.ino Done.txt
124 Serial.println(""); /* 1- PZEM-016 AC Energy Meter */
125
126
127 startMillisPZEM = millis();
128 node.begin(pzemSlaveAddr, chat);
129 pinMode(MAX485_RE, OUTPUT);
130 pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);
131 digitalWrite(MAX485_RE, 0);
132 digitalWrite(MAX485_DE, 0);
133
134 node.preTransmission(preTransmission);
135 node.postTransmission(postTransmission);
136 // changeAddress(0xF6, 0x03);
137
138 // resetEnergy(0x03);
139 //delay(1000);
140
141 startMillisReadData = millis();
142 }
143
144 void loop()
145 {
146   configTime(timezone, dst, "pool.ntp.org", "time.nist.gov"); //วัน
147   time_t now = time(nullptr);
148   struct tm *t_tm = localtime(&now);
149   delay(1000);
150
151   Blynk.run();
152 }
153
154 // 1- PZEM-016/016 AC Energy Meter */
155

```

จ) กำหนดการ Reset energy

```

016line.ino Done.txt
155 currentMillisPZEM = millis();
156 if (currentMillisPZEM - startMillisPZEM >= periodPZEM)
157 {
158   uint8_t result;
159   result = node.readInputRegisters(0x0000, 9);
160   if (result == node.ku8Success)
161   {
162     {
163       uint32_t tempdouble = 0x00000000;
164       PZEMVoltage = node.getResponseBuffer(0x0000) / 10.0;
165       tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0002) << 16) + r
166       PZEMCurrent = tempdouble / 1000.00;
167       tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0004) << 16) + r
168       PZEMPower = tempdouble / 10.0;
169       tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0006) << 16) + r
170       PZEMHz = tempdouble;
171       PZEMHz = node.getResponseBuffer(0x0007) / 10.0;
172       PZEMPF = node.getResponseBuffer(0x0008) / 100.00;
173       if (pzemSlaveAddr==2)
174       {
175       }
176     }
177   }
178   else
179   {
180   }
181   }
182   startMillisPZEM = currentMillisPZEM;
183 }
184

```

ฉ) กำหนดการทำงานของบอร์ด
PZEM-016

```

016line.ino Done.txt
186 /* 2 - Data submission to Blynk Server */
187
188 currentMillisReadData = millis();
189 if (currentMillisReadData - startMillisReadData >= periodReadData
190 {
191   Blynk.virtualWrite(V0,PZEMVoltage);
192   Blynk.virtualWrite(V1,PZEMCurrent);
193   Blynk.virtualWrite(V2,PZEMPower);
194   Blynk.virtualWrite(V3,PZEMHz);
195   Blynk.virtualWrite(V4,PZEMPF);
196   Blynk.virtualWrite(V5,PZEMHz);
197   startMillisReadData = millis();
198 }
199
200
201 // Update data to google sheet in specific period
202 time_ms = millis();
203 time_diff = time_ms - time_sheet_update_buf;
204 if ( time_diff >= UPDATE_INTERVAL_MS ) // Specific period
205 {
206   time_sheet_update_buf = time_ms;
207   update_google_sheet();
208 }
209
210
211
212
213
214 void preTransmission()
215 {
216   // 1- PZEM-016/016 AC Energy Meter */
217

```

ช) กำหนดการตั้งค่าเวลาในการส่ง
ข้อมูลผ่าน Google sheet

```

016line.ino Done.txt
217
218 digitalWrite(MAX485_RE, 1);
219 digitalWrite(MAX485_DE, 1);
220 delay(1);
221 }
222
223 void postTransmission()
224 {
225   /* 1- PZEM-016/016 AC Energy Meter */
226   delay(3);
227   digitalWrite(MAX485_RE, 0);
228   digitalWrite(MAX485_DE, 0);
229 }
230
231
232 BLYNK_WRITE(V6)
233 {
234   if(param.asInt()==1)
235   {
236     uint8_t u16CRC = 0xFFFF; /* declare
237     static uint8_t resetCommand = 0x42; /* reset c
238     uint8_t slaveAddr = 0x02;
239     u16CRC = crc16_update(u16CRC, slaveAddr);
240     u16CRC = crc16_update(u16CRC, resetCommand);
241     preTransmission();
242     chat.write(slaveAddr); /* trigger
243     chat.write(resetCommand); /* send rese
244     chat.write(lowByte(u16CRC)); /* send CRC
245     chat.write(highByte(u16CRC)); /* send CRC
246     delay(10);
247   }
248 }
249

```

ซ) กำหนดหน้าที่
และการทำงานของ Blynk

```

016line.ino Done.txt
248 delay(100);
249 }
250 }
251
252 void resetEnergy(uint8_t slaveAddr)
253 {
254   /* 1- PZEM-016/016 AC Energy Meter */
255   uint8_t u16CRC = 0xFFFF;
256   static uint8_t resetCommand = 0x42;
257   u16CRC = crc16_update(u16CRC, slaveAddr);
258   u16CRC = crc16_update(u16CRC, resetCommand);
259   preTransmission();
260   chat.write(slaveAddr);
261   chat.write(resetCommand);
262   chat.write(lowByte(u16CRC));
263   chat.write(highByte(u16CRC));
264   delay(10);
265   postTransmission();
266   delay(100);
267   while (chat.available())
268   {
269   }
270 }
271
272 void changeAddress(uint8_t OldSlaveAddr, uint8_t NewSlaveAddr)
273 {
274 }
275

```

ฌ) กำหนดหน้าที่
และการทำงานของ PZEM-016

ภาพที่ 5 การโปรแกรมบอร์ด PZEM-016

ขั้นตอนการออกแบบส่วนแสดงผลของ PZEM-016 บนเว็บไซต์ Blynk

ดำเนินการสร้าง Template ใหม่ และกำหนดชื่อของบอร์ด PZEM-016 เพื่อแสดงค่าทางไฟฟ้าบนแพลตฟอร์ม Blynk แสดงได้ดังภาพที่ 6(ก) – 6(ฉ)

Templates

New Template

id

Name

Alias

Color

Pin

1

Voltage

Voltage

V0

2

Current

Current

V1

3

PF

PF

V4

4

Frequency

Frequency

V5

PZEM016

1 Device

PZEM017

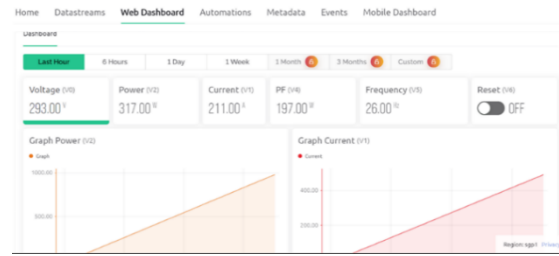
1 Device

ก) สร้าง Template
ของ PZEM-016

ข) กำหนดการทำงานของ Datastreams ของ V,I,PF.
ที่จะให้ Blynk แสดงผล

Id	Name	Alias	Color	Pin
4	Frequency	Frequency	Orange	V5
5	GraphPower	GraphPower	Purple	V2
6	GraphEnergy	GraphEnergy	Green	V3
7	Reset	Reset	Brown	V6

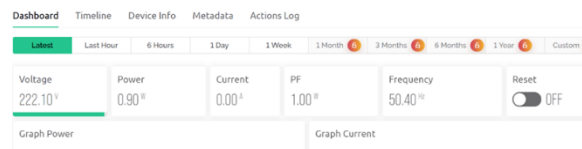
ค) กำหนดการทำงาน Datastreams ของ Hz, และกราฟ ที่จะให้ Blynk แสดงผล



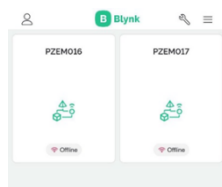
ง) ออกแบบ Web Dashboard

My Devices			
Name	Auth Token	Device Owner	Action
PZEM016	9BXH-miq8EwF9RkEMp1zLhgx...	weeratab@gmail.com	

จ) สร้าง Device ของอุปกรณ์ ที่ได้ออกแบบใน Template



ฉ) หน้าจอแสดงผล บนเว็บไซต์ Blynk



ช) แอปพลิเคชัน Blynk ใน โทรศัพท์มือถือ



ซ) ออกแบบหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ

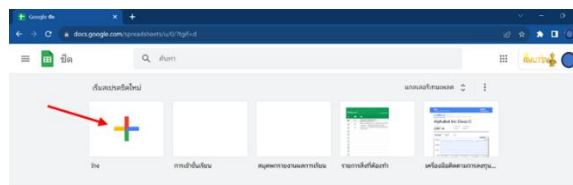


ฌ) หน้าจอแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ

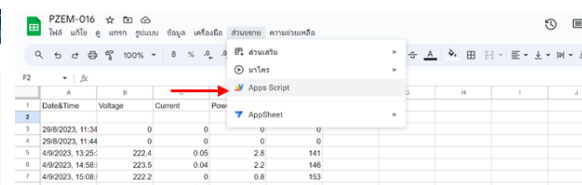
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบหน้าจอแสดงผลของ PZEM-016 บนเว็บไซต์ Blynk

ขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกข้อมูลการใช้งานของ PZEM-016 บน Google Sheet

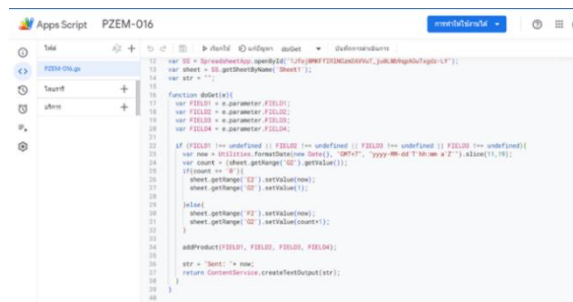
ดำเนินการสร้าง Template ใหม่ และกำหนดชื่อของบอร์ด PZEM-016 เพื่อแสดงค่าทางไฟฟ้าบนแพลตฟอร์ม Google Sheet แสดงได้ดังภาพที่ 7(ก) – 7(ด)



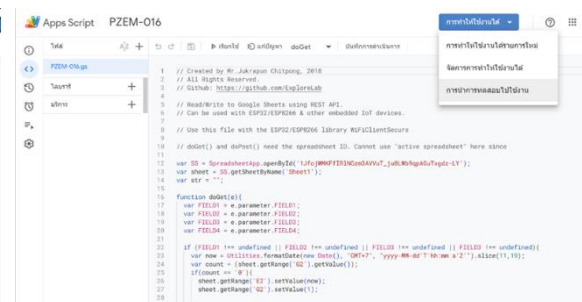
ก) การสร้างสเปรดชีตใหม่บน Google sheet



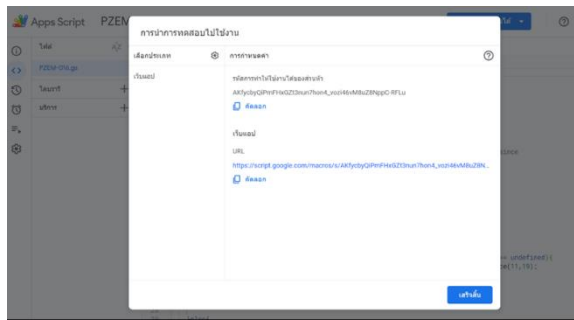
ข) โปรแกรมการเขียนโค้ดไว้ใน Google sheet



ค) การเขียนโค้ด App script



ง) การนำโค้ดไปใช้ในการทดสอบ



จ) การนำการทดสอบไปใช้งาน

	A	B	C	D	E	F
	Date&Time	Voltage	Current	Power	Energy	
1						
2						
3	29/8/2023, 11:34	0	0	0	0	
4	29/8/2023, 11:44	0	0	0	0	
5	4/9/2023, 13:25	222.4	0.05	2.8	141	
6	4/9/2023, 14:58	223.5	0.04	2.2	146	
7	4/9/2023, 15:08	222.2	0	0.8	153	
8	4/9/2023, 15:18	221	0.44	98.2	159	

ฉ) การบันทึกข้อมูลบนเว็บไซต์
และแอปพลิเคชัน Google sheet

ภาพที่ 7 การสร้างแบบบันทึกข้อมูลการใช้งานของ PZEM-016 บน Google Sheet

ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ด PZEM-016 และการทดสอบการทำงานของบอร์ด PZEM-016 และ PZEM-022 ดำเนินการติดตั้งพร้อมทดสอบการทำงานร่วมกันของบอร์ด PZEM-016 และ PZEM-022 ที่พัฒนาขึ้น ในการวัดและแสดงค่าทางไฟฟ้า แสดงได้ดังภาพที่ 8(ก) – 8(จ)



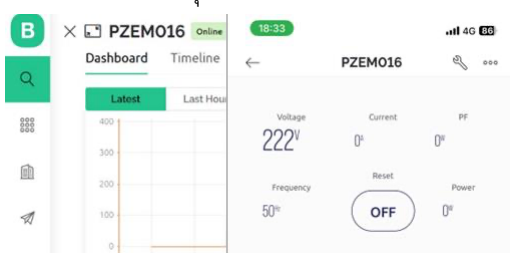
ก) ติดตั้งบอร์ด PZEM-016



ข) ติดตั้งกล่องอุปกรณ์ไว้ข้างใน
กล่องใช้งาน



ค) ทดสอบการทำงานของบอร์ด
PZEM-016 และ PZEM-022



ง) หน้าจอแสดงผลบนเว็บไซต์ และแอปพลิเคชัน
เมื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

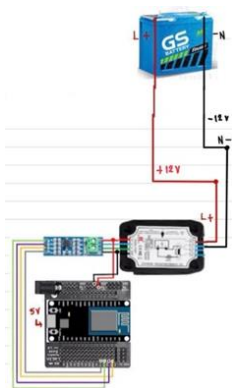
	A	B	C	D	E	F
	Date&Time	Voltage	Current	Power	Energy	
1						
2	21/8/2023, 15:15	221.6	0.41	85.6	4	
3	21/8/2023, 15:16	218.1	0.15	20	4	
4	21/8/2023, 15:17	222.2	0.42	87.2	6	
5	21/8/2023, 15:18	222	0	0.9	6	
6	21/8/2023, 15:19	222.1	0	1.1	6	
7	21/8/2023, 15:20	222.1	0.02	1.1	6	
8	23/8/2023, 14:03	222.1	0	1	6	
9	23/8/2023, 14:04	222.3	0	1.1	6	

จ) หน้าจอแสดงผลบนแอปพลิเคชัน
Google sheet

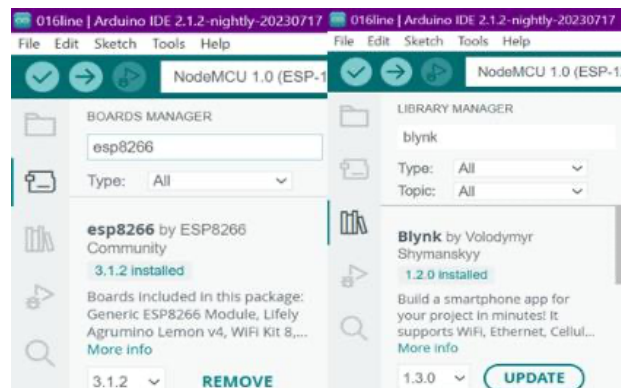
ภาพที่ 8 การทดสอบระบบการทำงานร่วมกันของบอร์ด PZEM-016 และ PZEM-022

ขั้นตอนการออกแบบติดตั้งและการโปรแกรมบอร์ด PZEM-017

ดำเนินการสร้าง Template ใหม่ และกำหนดชื่อของบอร์ด PZEM-017 บนแพลตฟอร์ม Blynk แสดงได้ดังภาพที่ 9(ก) – 9(ข)



ก) ไดอะแกรมสำหรับติดตั้ง PZEM-017

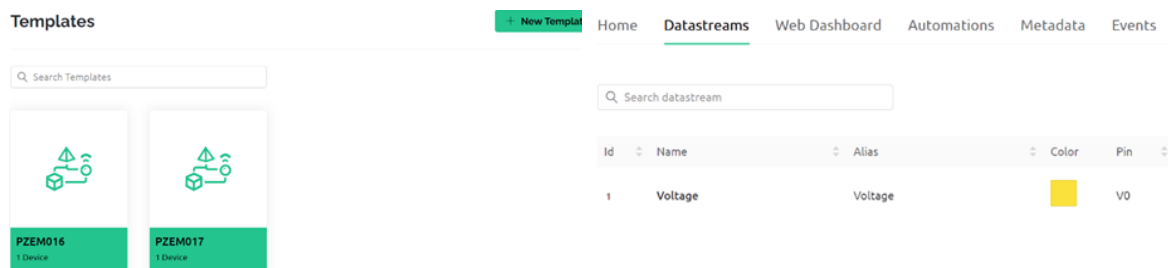


ข) ติดตั้ง Board ESP8266 และ Library Blynk

ภาพที่ 9 ขั้นตอนการออกแบบติดตั้งและการโปรแกรมบอร์ด PZEM-017

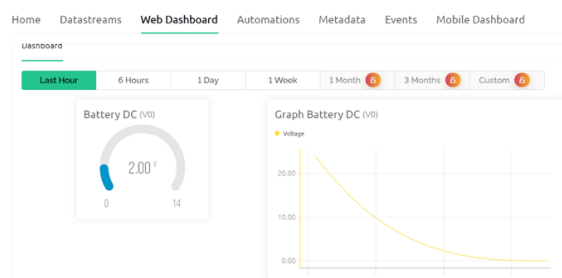
ขั้นตอนการออกแบบหน้าจอแสดงผลของ PZEM-017 บนเว็บไซต์ Blynk

ดำเนินการสร้าง Template ใหม่ และกำหนดชื่อของบอร์ด PZEM-017 บนแพลตฟอร์ม Line แสดงได้ดังภาพที่ 10(ก) – 10(ง)

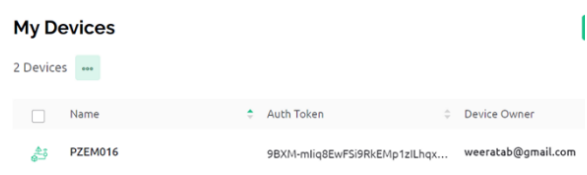


ก) สร้าง Template ใหม่ ของ PZEM-017

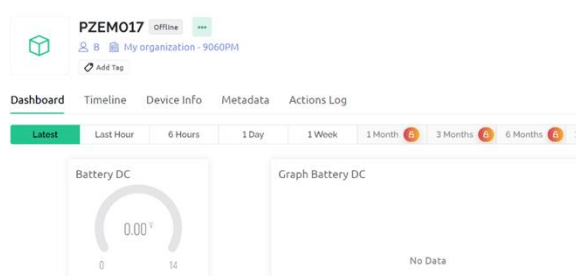
ข) กำหนดการทำงาน Datastreams ที่จะให้ Blynk แสดงผล



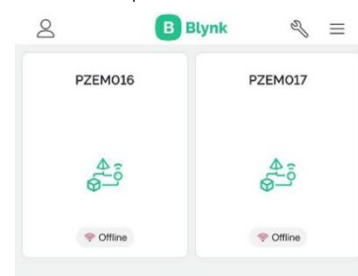
ค) ออกแบบหน้า Web dashboard



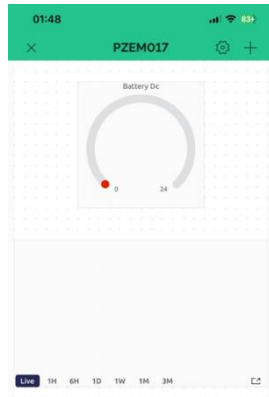
ง) สร้าง Device ของอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบใน Template



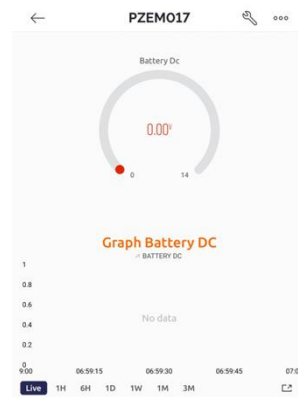
จ) หน้าจอแสดงผลบนเว็บไซต์ Blynk



ฉ) แอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ



ข) ออกแบบหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ

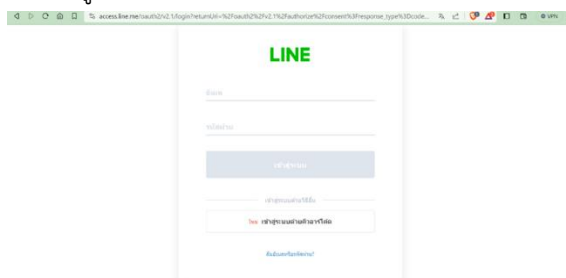


ข) หน้าจอแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk ในโทรศัพท์มือถือ

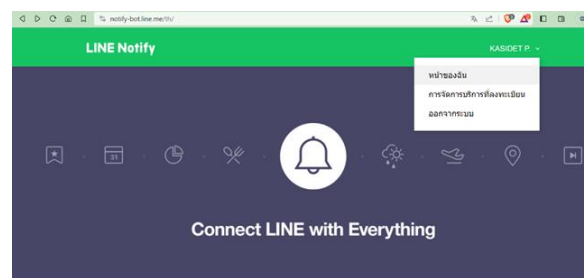
ภาพที่ 10 ขั้นตอนการออกแบบหน้าจอแสดงผลของ PZEM-017 บนเว็บไซต์ Blynk

ขั้นตอนการสร้างระบบการแจ้งเตือนการใช้งาน PZEM-017 บน Line

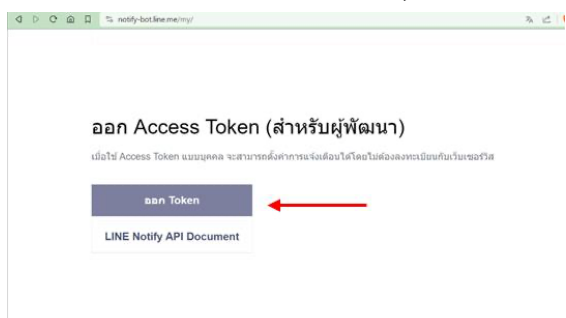
ขั้นตอนที่ 1 จากภาพที่ 11(ก) ทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบ Line เพื่อเข้าใช้งาน Line Notify ขั้นตอนที่ 2 จากภาพที่ 11(ข) เมื่อทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นให้กดที่ชื่อโปรไฟล์ของตัวเองด้านบนขวามือ แล้วกดที่ข้อความลำดับแรก “หน้าของฉัน” ขั้นตอนที่ 3 จากภาพที่ 11(ค) หน้าจอจะแสดงผลใหม่ จากนั้นให้กดคำว่า “ออก Token” เพื่อที่จะสร้างข้อมูลต่าง ๆ ในการส่งการแจ้งเตือนสำหรับผู้พัฒนา ขั้นตอนที่ 4 จากภาพที่ 11(ง) กำหนดชื่อ Token หรือชื่อที่จะใช้ในการแสดงข้อมูลเวลาแจ้งเตือน และสามารถเลือกห้องแชทเพื่อการเลือกให้ส่งการแจ้งเตือนไปห้องสนทนาใดบ้าง โดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ห้องสนทนาตามการใช้งาน หลังจากนั้นกดแถบสีเขียว “ออก Token” ขั้นตอนที่ 5 จากภาพที่ 11(จ) เมื่อกดออก Token จะได้ Token ตัวอักษรสีแดง จากนั้นให้กดแถบสีเขียวด้านซ้ายมือคำว่า “คัดลอก” และนำไปใส่ไว้ในโค้ดโปรแกรม Arduino IDE และกดแถบสีเทาด้านขวามือคำว่า “ปิด” ขั้นตอนที่ 6 จากภาพที่ 11(ฉ) ทำการตรวจสอบ Token ที่สร้างไว้ซึ่งจะมีชื่อ Token ที่จะแสดงเวลาแจ้งเตือน และห้องสนทนาที่จะให้ส่งการแจ้งเตือน ซึ่งผู้ใช้สามารถยกเลิกการเชื่อมต่อได้ ถ้าไม่ได้ใช้งานหรือในกรณียกเลิกการทำงาน



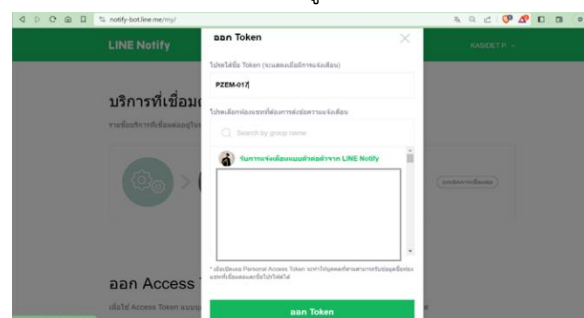
ก) การใช้งาน Line notify



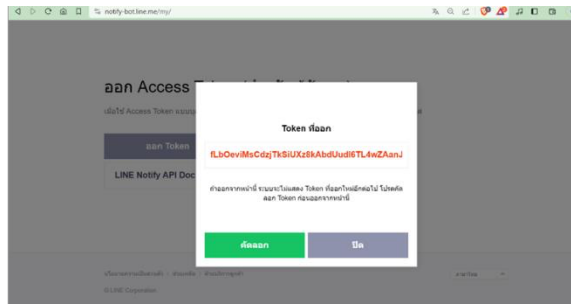
ข) การล็อกอินเข้าสู่ระบบเสร็จสิ้น



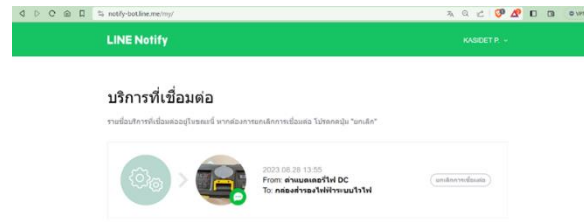
ค) การสร้าง Access token



ง) กำหนดชื่อ Token และห้องสนทนา



จ) Token ที่ออก



ออก Access Token (สำหรับผู้พัฒนา)

ฉ) ตรวจสอบ Token ที่สร้าง

ภาพที่ 11 ขั้นตอนการสร้างระบบการแจ้งเตือนการใช้งาน PZEM-017 บน Line

ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ด PZEM-017 ไว้ในกล่องและการทดสอบระบบการทำงานของบอร์ด PZEM-017

จากภาพที่ 12(ก) นำบอร์ด PZEM-017 ติดตั้งไว้ในกล่องอุปกรณ์ และทำการออกแบบการเดินสายไฟภายในกล่องให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย จากภาพที่ 12(ข) ทำการติดตั้งกล่องอุปกรณ์ไว้ในกล่องชิ้นงาน และติดกาวไว้ใต้กล่องเพื่อลดการเคลื่อนที่ขณะใช้งาน จากภาพที่ 12(ค) ทำการจ่ายไฟฟ้า 12 Vdc จากแบตเตอรี่เข้าสู่ระบบพร้อมกับให้แชร์ Wi-Fi Hotspot จากโทรศัพท์มือถือ เพื่อให้บอร์ด NodeMCU รับสัญญาณ Wi-Fi Hotspot จากภาพที่ 12(ง) เมื่อบอร์ด NodeMCU เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแล้วบนเว็บไซต์ แพลตฟอร์มจะแสดงสถานะออนไลน์ ส่วนกราฟจะแสดงเวลาตามซีรฟ์เวอร์พร้อมแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในระบบ



ก) ติดตั้งบอร์ด
PZEM-017
ไว้ในกล่องอุปกรณ์



ข) ติดตั้งกล่องอุปกรณ์
ไว้ด้านในกล่องสำรอง
พลังงานไฟฟ้า



ค) หน้าจอแสดงผลบน
เว็บไซต์และ
แพลตฟอร์ม เมื่อ
เชื่อมต่อ
อินเทอร์เน็ต

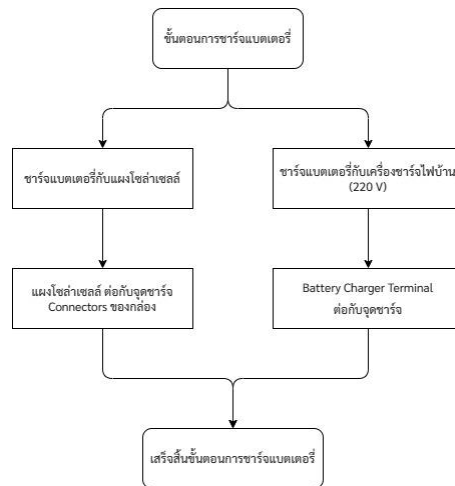


ง) หน้าจอแสดงผลบนแพลตฟอร์ม Line

ภาพที่ 12 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ด PZEM-017 และการทดสอบการทำงานของบอร์ด PZEM-017

ขั้นตอนการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 13 การประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วยแผงโซลาร์เซลล์ ทำได้โดยการต่อแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับจุดชาร์จ Connectors ของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า และสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ได้ด้วยเครื่องประจุไฟฟ้า 220 โวลต์ โดยทำการต่อคิบบาร์จ Battery Charger เข้ากับจุดชาร์จ Terminal ของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า



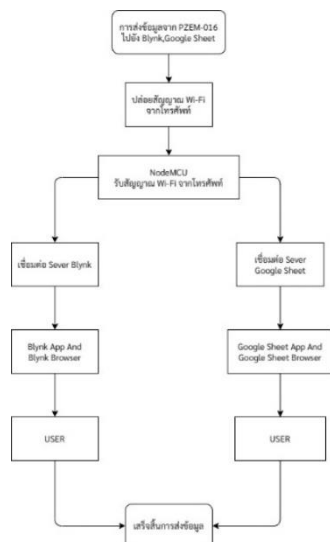
ภาพที่ 13 ขั้นตอนการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการเปิด-ปิด การใช้งานของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

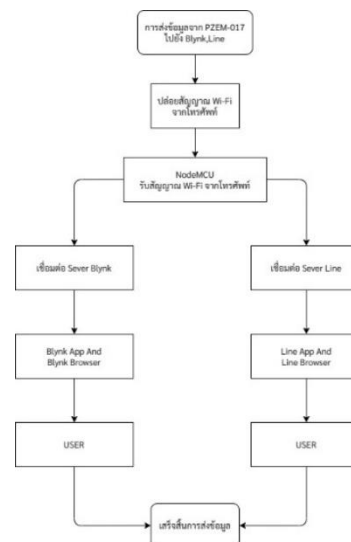
เริ่มจากการจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เข้า Control Charger แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 12 V และทำการเปิดสวิตช์เครื่องอินเวอร์เตอร์พร้อมกับเปิดสวิตช์ฟิวส์ หลังจากนั้นทำการเปิดเบรกเกอร์ระบบไฟหลักของกล่อง เมื่อไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบแล้วทำการตรวจเช็คการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงเครื่องอินเวอร์เตอร์ และทำการเปิดสวิตช์ที่ติดตั้งอยู่บนกล่องเพื่อใช้งานไฟฟ้า 12 V หรือทำการเปิดสวิตช์ใช้งานไฟฟ้า 220 V เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการเปิดใช้งาน

กระบวนการทำงานของบอร์ด PZEM-016 และ PZEM-017

การทำงานของบอร์ด PZEM-016 จากภาพที่ 14(ก) เมื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเรียบร้อยแล้วการทำงานของบอร์ด PZEM-016 จะใช้ไฟฟ้าแรงดัน 220 V ที่มาจากเครื่องอินเวอร์เตอร์ เมื่อบอร์ดเริ่มทำงานจะส่งสัญญาณให้บอร์ด NodeMCU ซึ่งจะต้องผ่านอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณ RS485 จากนั้นบอร์ด NodeMCU จะเป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมข้อมูลแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า และเมื่อได้รับสัญญาณอินเทอร์เน็ทจะสามารถส่งข้อมูลให้ผู้ใช้งานได้ การทำงานของบอร์ด PZEM-017 จากภาพที่ 14(ข) จะใช้ไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า 12 V ที่มาจากแบตเตอรี่ เมื่อบอร์ดเริ่มทำงานจะส่งสัญญาณให้บอร์ด NodeMCU ซึ่งจะต้องผ่านอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณ RS485 จากนั้นบอร์ด NodeMCU จะเป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมข้อมูลแรงดันไฟฟ้าไว้ และเมื่อได้รับสัญญาณอินเทอร์เน็ทก็สามารถส่งข้อมูลให้ผู้ใช้งานต่อไปได้ โดยการทำงานร่วมกันของ PZEM-016 และ PZEM-017 ในกล่องสำรองไฟฟ้า



ก) การทำงานของบอร์ด PZEM-016

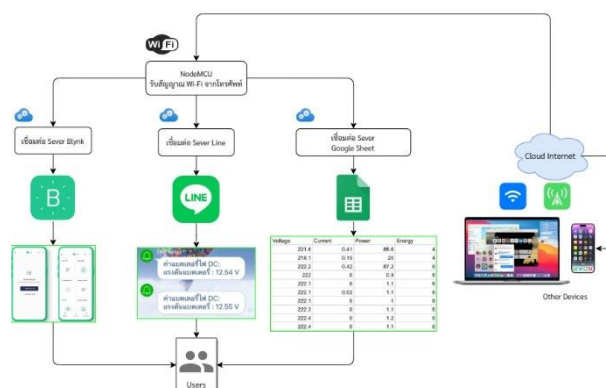


ข) การทำงานของบอร์ด PZEM-017

ภาพที่ 14 ระบบการทำงานของบอร์ด PZEM-016 และ PZEM-017 ภายในกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

กระบวนการทำงานของระบบแสดงผลข้อมูล

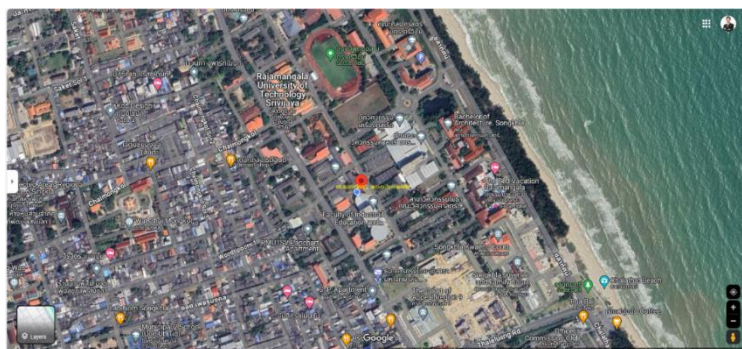
จากภาพที่ 15 กระบวนการทำงานของระบบแสดงผลข้อมูลเริ่มต้นจากการปล่อย Hotspot จากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์/โน้ตบุ๊ก โดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ต หลังจากนั้นเมื่อปล่อย Hotspot แล้ว บอร์ด NodeMCU ก็จะทำกรับสัญญาณ Wi-Fi จากอุปกรณ์ที่ปล่อย Hotspot เมื่อบอร์ด NodeMCU ทำงานจะทำตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้เขียนไว้ในโค้ดโปรแกรม Arduino IDE และจะเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์แพลตฟอร์มต่าง ๆ ประกอบด้วย แพลตฟอร์ม Blynk แพลตฟอร์ม Line และ แพลตฟอร์ม Google Sheet เมื่อทำตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในโค้ดโปรแกรมสำเร็จ จะแสดงผลการทำงานบนหน้าจอแพลตฟอร์ม และบันทึกข้อมูลการใช้งานตลอดจนส่งการแจ้งเตือนต่าง ๆ ตามเวลาที่กำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การทำงานของระบบ Internet of Things ของกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า

วิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวิธีการทดลองเพื่อเก็บผลวิจัยแบ่งเป็น (1) กำหนดพื้นที่สำหรับการทดลอง ดังภาพที่ 16 โดยเลือกพื้นที่ตั้งของแผงโซลาร์เซลล์ในบริเวณสถานศึกษาที่ผู้วิจัยทำการสอนอยู่ในปัจจุบัน พร้อมกำหนดพิกัดเป็นบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดวัน ณ บริเวณพื้นที่ใกล้ลานจอดรถจักรยานยนต์ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา [8] (2) ออกแบบวิธีการทดลองเพื่อการศึกษาและวิเคราะห์ใน 3 ประเด็น ประกอบด้วย 2.1) ทดสอบด้านศักยภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 วัน 2.2) ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล่องสำรองไฟฟ้า และ 2.3) ทดสอบสมรรถนะด้านการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มสำหรับการติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้า และ (3) วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยจากเรื่องที่ทดสอบ

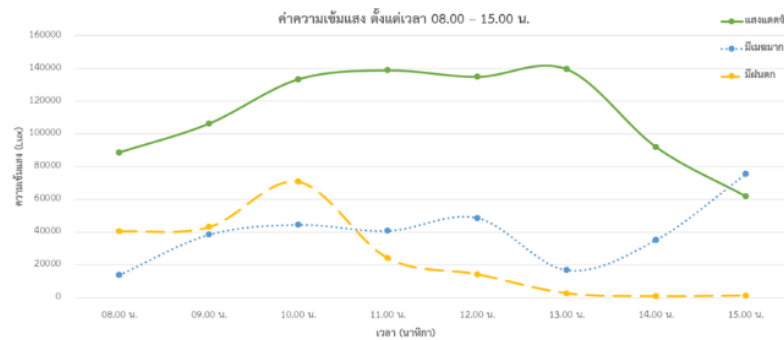


ภาพที่ 16 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงจุดพิกัดในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์สำหรับการประจุพลังงาน

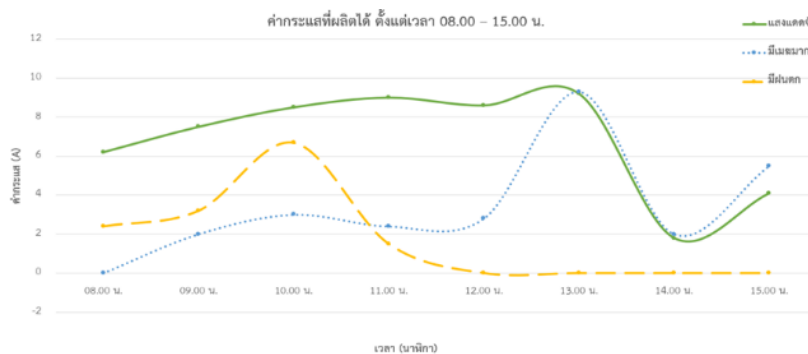
ผลการวิจัย

2.1 ผลการทดสอบด้านศักยภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

การทดสอบได้กำหนดตำแหน่งในการวางแผงโซลาร์เซลล์หันหน้าเข้าทิศตะวันออก โดยมีข้อจำกัดของพื้นที่ทดสอบ ซึ่งเป็นอาคารสูงและมีต้นไม้ใหญ่ ตำแหน่งทดสอบอยู่ที่ 7.19924, 100.60172 ของ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ทำมุม 18° กับระดับพื้นราบ เก็บข้อมูลวิเคราะห์ จำนวน 3 วัน ตั้งแต่เวลา 08:00 - 15:00 น. [2] ของทุกวัน โดยทั้ง 3 วันมีสภาพอากาศที่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนของพื้นที่ทำการทดลอง โดยในวันที่ 1 สภาพอากาศโดยรวมมีแสงแดดจ้า ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆ วันที่ 2 สภาพอากาศโดยรวมมีแสงแดดอ่อน ท้องฟ้ามีเมฆมาก และวันที่ 3 สภาพอากาศโดยรวมไม่มีแสงแดด ท้องฟ้ามีเมฆมาก และฝนตกหนัก โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 165 W ทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ของทั้ง 3 วัน โดยมีเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ใช้ในการเก็บผลประกอบด้วย โวลต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และเครื่องมือวัดค่าความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์มิเตอร์) โดยการใช้ลักซ์มิเตอร์จะทำการวัดค่าโดยใช้มุมองศา และทิศทางเดียวกับแผงโซลาร์เซลล์ ผลและค่าที่ได้จากการวัดแสดงได้ดังภาพที่ 17(ก) - 17(ข)



ก) ค่าความเข้มของแสงสว่างจากแผงโซลาร์เซลล์ 165 W ตั้งแต่เวลา 08:00 - 15:00 น. ของการเก็บข้อมูลทดลองจำนวน 3 วัน



ข) ค่ากระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ 165 W ตั้งแต่เวลา 08:00 - 15:00 น. ของการเก็บข้อมูลทดลองจำนวน 3 วัน

ภาพที่ 17 ค่าความเข้มแสงและค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ของการเก็บข้อมูลทดลองจำนวน 3 วัน

จากภาพที่ 17(ก) ผลการทดลองพบว่าค่าความเข้มแสงทั้ง 3 วัน มีค่าต่ำสุดในวันที่ 3 อยู่ที่ 832 Lux ระหว่างช่วงเวลา 13:00 - 15:00 น. ซึ่งเป็นวันที่ฝนตกหนัก และมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 1 อยู่ที่ 139,500 Lux ระหว่างช่วงเวลา 12:45 น. ซึ่งเป็นวันที่แสงแดดจ้า ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆบดบัง

จากภาพที่ 17(ข) ผลการทดลองพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้ง 3 วัน มีค่าต่ำสุดในวันที่ 3 อยู่ที่ 0 A ระหว่างช่วงเวลา 12:00 - 15:00 น. ซึ่งเป็นวันที่มีฝนตกหนัก แผงโซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และค่ากระแสไฟฟ้าสูงที่สุดในวันที่ 1 อยู่ที่ 9.2 A ในช่วงเวลา 12:45 น. ซึ่งเป็นวันที่แสงแดดจ้า ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงและค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากทั้ง 3 วัน สรุปได้ว่าสภาพอากาศเป็นหนึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผง โซลาร์เซลล์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ พงษ์พันธ์ ราชภักดี และคณะที่ได้ทำการศึกษาในปัจจัยของช่วงเวลาที่มียผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ [2] และจากภาพที่ 17(ก) และ 17(ข) นั้นเมื่อพิจารณาเรื่องของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แผงผลิตได้คือช่วงเวลา 12:45 น. ของวันที่ 1 กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 208 W จากค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (Voc) x กระแสลัดวงจร (Isc) เท่ากับ 22.7V x 9.2A เท่ากับ 208 W ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 1,040 Wh ซึ่งเกินจากค่าที่ได้ออกแบบระบบไว้ 215 Wh ส่วนที่เกินนี้ถือว่าเป็นพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์เนื่องจากข้อจำกัดของแบตเตอรี่ที่ออกแบบไว้ในระบบ สรุปได้ว่าแผงโซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ตามข้อมูลทางเทคนิค

2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล่องสำรองไฟฟ้าเมื่อมีการใช้โหลดที่ต่างกัน

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับเครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวน 3 ชนิด ประกอบด้วย (1) พัดลมยี่ห้อ Ninja ขนาดใบพัด 12 นิ้ว 220 V 55 W (2) หลอดไฟฟ้ายี่ห้อ Lekise 220 V 25 W และ (3) โทรศัพท์ Samsung Galaxy A20 ความจุแบตเตอรี่ ขนาด 4,000 mAh ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V โดยได้ทำการทดลองเก็บบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้า เมื่อมีการใช้ โหลดที่แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เริ่มต้น 13.80 V และบันทึกผลทุก 30 นาที จนถึงระดับแบตเตอรี่ต่ำ โดยมีการเก็บผลการ ทดลอง ดังตารางที่ 1 - 3

ตารางที่ 1 ระยะเวลาใช้งานกับพัดลมขนาด 12 นิ้ว โดยใช้ไฟแรงดัน 220 V 55 W

เวลา (นาฬิกา)	แรงดันแบตเตอรี่ (V)	กระแส (A)	วัตต์ (W)	หมายเหตุ
08.00 น.	13.80	0.00	00.00	เริ่มต่อโหลด
08.30 น.	12.80	0.16	34.50	สถานะปกติ
09.00 น.	12.10	0.16	34.50	สถานะปกติ
09.30 น.	11.90	0.16	34.50	สถานะปกติ
10.00 น.	11.00	0.16	32.00	สถานะปกติ
10.03 น.	10.00	0.15	30.00	แบตเตอรี่หมด
รวมใช้งานได้ต่อเนื่องทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง 3 นาที				

จากตารางที่ 1 ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้โหลด ขนาด 55.00 W โดยเปิดใช้งานพัดลม ที่ความเร็วสูงสุดระดับเบอร์ 3 ที่แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เริ่มต้น 13.80 V เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 3 นาที ค่าแรงดันไฟฟ้า แบตเตอรี่อยู่ที่ 10.00 V ค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 0.15 A และมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดอยู่ที่ 30.00 W พบว่าเมื่อค่าแรงดันไฟฟ้า แบตเตอรี่มีค่าต่ำลงจะส่งผลให้ความเร็วรอบใบพัดของพัดลมหมุนได้ช้าลง จนเมื่อถึงค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เท่ากับค่าที่ กำหนดไว้ 10.00 V อินเวอร์เตอร์จึงตัดการทำงาน เพื่อถนอมอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

ตารางที่ 2 ระยะเวลาใช้งานกับหลอดไฟใช้ไฟแรงดัน 220 V 25 W

เวลา (นาฬิกา)	แรงดันแบตเตอรี่ (V)	กระแส (A)	วัตต์ (W)	หมายเหตุ
08.00 น.	13.80	0.12	25.00	เริ่มต่อโหลด
08.30 น.	13.20	0.12	25.00	สถานะปกติ
09.00 น.	12.50	0.12	25.00	สถานะปกติ
09.30 น.	12.30	0.12	25.00	สถานะปกติ
10.00 น.	12.10	0.12	25.00	สถานะปกติ

เวลา (นาฬิกา)	แรงดันแบตเตอรี่ (V)	กระแส (A)	วัตต์ (W)	หมายเหตุ
10.30 น.	12.00	0.12	25.00	สถานะปกติ
11.00 น.	11.90	0.12	25.00	สถานะปกติ
11.30 น.	11.70	0.12	25.00	สถานะปกติ
12.00 น.	10.80	0.12	25.00	สถานะปกติ
12.10 น.	10.00	0.10	20.00	แบตเตอรี่หมด
รวมใช้งานได้ต่อเนื่องทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง 10 นาที				

จากตารางที่ 2 ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้โหลด ขนาด 25.00 W ที่แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เริ่มต้น 13.80 V พบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง 10 นาที ค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ต่ำสุดอยู่ที่ 10.00 V กระแสไฟฟ้า 0.10 A และมีค่ากำลังไฟฟ้าต่ำสุดอยู่ที่ 20.00 W ความสว่างของหลอดไฟจึงลดลง พร้อมกับอินเวอร์เตอร์จะตัดการทำงาน เพื่อถนอมอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และไม่สามารถใช้งานกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าต่อไปได้

ตารางที่ 3 ระยะเวลาใช้งานกับโทรศัพท์ ใช้ไฟแรงดัน 5 V

เวลา (นาฬิกา)	ปริมาณ แบตเตอรี่ของ โทรศัพท์ (%)	แรงดันแบตเตอรี่ (V)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	วัตต์ (W)	หมายเหตุ
08.00 น.	00.00	13.80	4.90	1.60	8.10	เริ่มต่อโหลด
08.30 น.	22.00	12.70	4.90	1.60	8.10	สถานะปกติ
09.00 น.	38.00	12.60	4.90	1.50	7.40	สถานะปกติ
09.30 น.	54.00	12.60	4.90	1.30	6.50	สถานะปกติ
10.00 น.	67.00	12.50	4.90	0.70	3.70	สถานะปกติ
10.30 น.	84.00	12.50	4.90	0.20	1.40	สถานะปกติ
10.48 น.	100.00	12.50	4.90	0.20	1.00	แบตเตอรี่เต็ม
รวมใช้งานได้ต่อเนื่องทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง 48 นาที						

จากตารางที่ 3 ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้โหลดที่แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เริ่มต้น 13.80 V เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 48 นาที ค่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่อยู่ที่ 12.50 V กระแสไฟฟ้า 0.20 A และมีค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1.00 W โดยมีสถานะปริมาณแบตเตอรี่ของโทรศัพท์เต็ม 100 % พบว่าเมื่อแบตเตอรี่ของโทรศัพท์ใกล้เต็ม ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในโทรศัพท์มีระบบการชาร์จเพื่อถนอมแบตเตอรี่ภายในตัว

2.3 ผลการทดสอบสมรรถนะด้านการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk, Google Sheet และ Line

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวัด PZEM-022 และ Volt Meter ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่บนหน้ากล่องสำรองพลังงานไฟฟ้า และมีหน้าจอแสดงผลการทำงานอยู่ตลอดเวลา จึงนำมาใช้ในการทดลองการแสดงผลข้อมูล ในการแสดงข้อมูลเปรียบเทียบในแอปพลิเคชัน Blynk, Google Sheet กับ PZEM-022 และแอปพลิเคชัน Blynk, Line กับหน้าจอแสดงผล Volt Meter ดังตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การแสดงข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน Blynk, Google Sheet และ Pzem-022

หลอดไฟ 220V 25W	แรงดัน (V)	หมายเหตุ	กระแส (A)	หมายเหตุ	วัตต์ (W)	หมายเหตุ
Blynk	221	ไม่คลาดเคลื่อน	0.12	ไม่คลาดเคลื่อน	25.00	ไม่คลาดเคลื่อน
Google Sheet	221	ไม่คลาดเคลื่อน	0.12	ไม่คลาดเคลื่อน	25.00	ไม่คลาดเคลื่อน
Pzem-022	222	± ไม่เกิน 1 V	0.12	ไม่คลาดเคลื่อน	24.00	± ไม่เกิน 1 W

จากตารางที่ 4 การแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk, Google Sheet จะแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า ที่ตรงกันไม่เกิดความคลาดเคลื่อน ส่วนหน้าจอแสดงผล PZEM-022 ค่ากระแสไฟฟ้าไม่เกิดความคลาดเคลื่อน ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า เกิดการความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 5\%$

ตารางที่ 5 การแสดงข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน Blynk, Line และหน้าจอ Volt Meter

การแจ้งเตือนแบตเตอรี่	แรงดัน (V)	เวลาแจ้งเตือน	หมายเหตุ
Blynk	12.40	แสดงผลตลอดเวลา	ไม่คลาดเคลื่อน
Line	12.40	แสดงผลทุก 10 นาที	ไม่คลาดเคลื่อน
Volt Meter	12.40	แสดงผลตลอดเวลา	ไม่คลาดเคลื่อน

จากตารางที่ 5 การแสดงผลบนแอปพลิเคชัน Blynk, Line และหน้าจอแสดงผล Volt Meter จะแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้โดยไม่เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบ แบ่งการอภิปรายผลที่สอดคล้องกับการออกแบบระบบใน 3 ประเด็น ดังนี้ (1) ประเด็นผลการทดสอบด้านศักยภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ แผงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพตามที่ได้ออกแบบระบบไว้ซึ่งสามารถผลิตพลังงานได้ตั้งแต่ 165W-208W ในช่วงเวลา 09.00 – 13.00 น. ของวันที่ 1 ซึ่งเป็นวันที่แสงแดดจ้า ท้องฟ้าแจ่มใส ไม่มีเมฆบดบัง ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสอดคล้องกับข้อมูลทางเทคนิคของแผง (2) ประเด็นผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกล่องสำรองไฟฟ้าเมื่อมีการใช้โหลดที่ต่างกันซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 1-

2 เมื่อพิจารณาในเรื่องของระยะเวลาใช้งานกรณีที่มีการใช้โหลดที่ 55W และ 25W จะมีค่าที่ต่างไปจากการออกแบบระบบไว้ โดยที่การใช้งานโหลด 55W ควรจะใช้งานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง 49 นาที (3.81 ชั่วโมง) การทดสอบจริงสามารถใช้งานได้เพียง 2 ชั่วโมง 3 นาที (2.05 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพเท่ากับ 53.80 % และที่การใช้งานโหลด 25W ควรจะใช้งานได้ประมาณ 8 ชั่วโมง 24 นาที (8.40 ชั่วโมง) การทดสอบจริงสามารถใช้งานได้เพียง 4 ชั่วโมง 10 นาที (4.17 ชั่วโมง) ประสิทธิภาพเท่ากับ 49.64 % ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ด้านต่อไปนี้ 1) ด้านประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง ค่าทฤษฎีตามที่ยกออกแบบระบบไว้คำนวณจาก $420\text{Wh} \times 50\% = 210\text{Wh}$ ซึ่งในความเป็นจริงอาจใช้งานได้เพียง 110-180 Wh เท่านั้น 2) ด้านอินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ยกออกแบบระบบไว้ ซึ่งต่ำกว่า 68.85 % และไม่ได้เป็นไปตามข้อมูลทางเทคนิคของอินเวอร์เตอร์ที่ระบุไว้ซึ่งมากกว่า 85 % โดยอินเวอร์เตอร์อาจมีประสิทธิภาพต่ำกว่านี้ได้ โดยเฉพาะหากมีการใช้งานที่โหลดต่ำ ๆ ประกอบกับปัจจัยของอินเวอร์เตอร์ในบางรุ่นที่ใช้พลังงานเอง ซึ่งอาจกินกำลังไฟฟ้า 5-10W ตลอดเวลา เป็นต้น และจากข้อมูลในตารางที่ 3 เมื่อทดสอบระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่มีผลจากสถานะแบตเตอรี่ที่ 0-100 % (หรือคิดการชาร์จที่ 100 %) เมื่อเวลาผ่านไป 2.8 ชั่วโมง หรือ 2 ชั่วโมง 48 นาที โทศัพท์จะมีสถานะปริมาณแบตเตอรี่ของโทศัพท์ 100 % ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยศึกษาในเรื่องของระยะเวลาการชาร์จแบตเตอรี่มีผลจากสถานะแบตเตอรี่ที่ 47-100 % (หรือคิดการชาร์จที่ 53 %) ของ ภาคิน มณีโชติ และคณะซึ่งใช้เวลาในการชาร์จอยู่ที่ 1.5 ชั่วโมง หรือ 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกันที่การชาร์จ 100 % ใช้เวลาชาร์จที่ 2.8 ชั่วโมง หากคำนวณคิดการชาร์จที่ 53 % จะใช้เวลาชาร์จเท่ากับ $(53\% \times 2.8\text{h}) / (100\%)$ เท่ากับ 1.48 ชั่วโมง หรือประมาณ 1.5 ชั่วโมง [3] และ (3) ประเด็นผลการทดสอบสมรรถนะด้านการทำงานร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk, Google Sheet และ Line จากข้อมูลในตารางที่ 4-5 เป็นการทดสอบการส่งข้อมูลโดยให้โหลดเป็นหลอดไฟฟ้า 25W (โหลดความต้านทาน $PF \approx 1$) ซึ่งจากตารางที่ 4 จะมีความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยบอร์ด Pzem-016 ซึ่งให้ผลที่แตกต่างกับ บอร์ด Pzem-022 อยู่ที่ 1 V ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของบอร์ดทั้งสองมีค่าเท่ากัน ซึ่งเมื่อนำไปคิดค่ากำลังไฟฟ้าจะเกิดความผิดพลาดขึ้นไม่เกิน $\pm 5\%$ ที่โหลด 25 W และจากตารางที่ 5 ผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการตรวจวัดด้วยบอร์ด Pzem-017 ไม่เกิดความคลาดเคลื่อน ค่าที่ส่งไปยังแอปพลิเคชัน Blynk และ Line มีค่าเท่ากับหน้าจอแสดงผล Volt Meter ที่ติดตั้งไว้บนกล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีสมรรถนะในการแสดงผลได้ถูกต้องตามค่าที่ตรวจวัด

สรุปผลการวิจัย

กล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นนี้มีภาพรวมของระบบที่ได้ออกแบบไว้ดังกล่าวข้างต้น แต่ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ทำให้กล่องสำรองพลังงานไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นนี้จะมีประสิทธิภาพการทำงานในช่วง 49.64% - 53.80% ที่โหลด 25-55W มีความแตกต่างจากประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบระบบไว้อยู่ในช่วง 15.05% - 19.21% ระบบนี้จะเหมาะสมกับการใช้งานในโหลดขนาดต่ำ เช่น การใช้งานสำหรับไฟส่องสว่างกำลังไฟต่ำ พัดลมขนาดเล็ก การชาร์จโทรศัพท์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังไฟต่ำ ที่มีขนาดกำลังไฟไม่เกิน 200 W ครอบคลุมระยะเวลาการใช้งานที่ 2 ชั่วโมง หากต้องการใช้กับเครื่องใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้น เช่น พัดลมใหญ่ หรือไฟส่องสว่างกำลังไฟฟ้าสูง ควรต้องพิจารณาเพิ่มเติมในเรื่องการเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์ เครื่องควบคุมการชาร์จ แบตเตอรี่ และขนาดแผงโซลาร์เซลล์ ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้รับคำแนะนำจากผู้ปฏิบัติงานในหน่วยแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง สำหรับใช้ปฏิบัติงานจริงบนรถกระเช้าในงานซ่อมบำรุงระบบสายส่งไฟฟ้า ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพของกล่องให้สูงขึ้นโดยการปรับเพิ่มขนาดอินเวอร์เตอร์และปรับเปลี่ยนชนิดของแบตเตอรี่พร้อมเพิ่มขนาดความจุ เพื่อรองรับการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่หลากหลาย การลดน้ำหนัก

โดยรวมของกล่อง และครอบคลุมระยะเวลาการปฏิบัติงานในช่วงเวลาไฟฟ้าขัดข้องที่นานขึ้น ทั้งนี้ผู้ที่สนใจพัฒนาต่อยอดสามารถสืบค้นข้อมูลการอัปเดตเทคโนโลยีได้จากตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกันนี้ [5] เพื่อประโยชน์สูงสุดด้านการนำไปประยุกต์ใช้งานให้ครอบคลุมกับการปฏิบัติงานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนเพื่อนอาจารย์ อีกทั้งลูกศิษย์ของข้าพเจ้า ที่คอยช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองพัน อารีรักษ์ และ ปทุมพร วงศ์ใหญ่. (2560). แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพกพา. รายงานการวิจัย โครงการวิจัยนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [2] พงษ์พันธ์ ราชภักดี และ รุ่งโรจน์ จินดาง. (2562). เครื่องเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง. รายงานการวิจัย โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้. สงขลา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [3] ภาคิน มณีโชติ เทพ เกื้อวิกุล วีรพงษ์ ยิ้มยอง และ ฤทธา คำบรรลือ. (2562). “การออกแบบและพัฒนากล่องใช้งานเอนกประสงค์แบบพกพาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” , ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 ประจำปี 2562, 473. วันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2562 ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี จังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [4] อัษฎงค์ บุญศรี นวัตกรรม คลังสินค้า กิตติชัย ร่มยอดินดง และ ภาณุมาศ ชำเกตุ. (2562). “การออกแบบและสร้างตู้ชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่” , ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 ประจำปี 2562, 452. วันที่ 6-8 พฤศจิกายน 2562 ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี จังหวัดพิษณุโลก. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร
- [5] บริษัท Motorhomes & Caravans. (2561). แบตเตอรี่พกพา และระบบไฟฟ้า สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2566, จาก <https://www.mac-thai.com/category/PowerStation-PowerBox-Energy>.
- [6] ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล และ ฤทธา คำบรรลือ. (2564). ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน. วารสารวิจัยและพัฒนา วลัยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 16 (1), 87-102.
- [7] ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล วายากร อุดมโกชน ฤทธา คำบรรลือ และ ปัญญา วงศ์ต่าย. (2567). การพัฒนาระบบกักเก็บลมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับบ้านพักอาศัยในระดับครัวเรือน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 12 (2), 1-15.
- [8] Gaisma. (2565). Solar Energy and Surface Meteorology. Retrieved March 10, 2025, from <https://www.gaisma.com/en/location.chanthaburi.html>.