ST-03

ระบบควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเอ็มพีพีทีอัลกอริทึม

Solar-Battery Charging System MPPT Algorithm

ณัฏฐ์นวัต อรุณรัตน์[1] พีระพล นิลพัด[2] มาสวีร์ มาศดิศรโชติ[3] อัญชลี บัวเมืองเก่า[4]

Nutnawat Aroonrat[1], Pirapol Nilpad[2], Masawee Masdisornchote[3], and Unchalee Buamuangkao[4]

[1,2]วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

[3,4] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อีเมล: pirapol.nil@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิจัยและพัฒนาระบบควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเอ็มพีพีทีอัลกอริทึม ให้มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทพลังงานและมีความสูญเสียในระบบน้อยที่สุด สามารถอ่านข้อมูลสถานะของเครื่องควบคุมการชาร์ตประจุไฟฟ้ากับแบตเตอร์รี่แบบเรียลไทม์ มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้งาน และมีราคาที่ถูกลง ผลการวิจัยพบว่าหลังจากได้ปรับแก้และพัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่งเพื่อให้สามารถควบคุมและดูการทำงานของอุปกรณ์ได้ตลอดเวลา ร่วมกับการใช้วงจรแปลงแรงดันบัค-บูสต์ เพื่อใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าขาออกให้เหมาะสมกับระบบ และรักษาระดับพลังงานด้านขาออกให้ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบ ระบบสามารถทำงานได้ดี ในอนาคตอาจเพิ่ม MODBUS RS485 เพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างระบบควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเอ็มพีพีทีอัลกอริทึมกับระบบจัดการแบตเตอรี่ เพื่อให้การอ่านข้อมูลจากแบตเตอรี่มีความละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น

คำหลัก: เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง, ระบบควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเอ็มพีพีทีอัลกอริทึม, วงจรแปลงแรงดันบัค-บูสต์, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, ระบบการตรวจสอบและควบคุม

Abstract

This paper presents the research and development of a solar panel battery charging control system using MPPT algorithm To be efficient in energy transfer and have the least loss in the system. Able to read real-time status information of charge controller and battery. Flexible to use and have a lower price. The results of the research showed that after modifying and developing the device to be able to connect to the Internet of Things so that the device can be controlled and monitored at all times. Together with the use of a buck-boost voltage converter circuit To be used to increase or decrease the output voltage to suit the system. And maintain the output power level close to the designed The system can work fine. In the future, MODBUS RS485 may be added for communication between the MPPT algorithm solar panel battery charging control system and the battery management system. To make readings from the battery more precise and accurate.

Keywords: Internet of Things, MPPT solar charge controller, Buck Boost Converters, Solar Cell, Monitoring and Control

บทนำ

เนื่องด้วยสภาพแวดล้อมและสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันนั้น ทำให้พลังงานทางเลือกเป็นช่องทางที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะช่วยลดปัญหาโลกร้อนจากการใช้พลังงานต่างๆ ที่มากเกินไป การเลือกใช้พลังงานทางเลือกยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว และพลังงานแสงอาทิตย์นั้นไม่จำเป็นต้องอาศัยการขนส่งเชื้อเพลิงหรือการส่งกำลังไฟฟ้า เพราะสามารถทำการผลิตไฟฟ้าได้เอง โดยใช้วิธีรับพลังงานผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถนำกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ และส่วนหนึ่งที่สำคัญของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีส่วนช่วยในการกับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ก็คือ MPPT solar charge controller ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซล่าเซลล์ แล้วควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เพื่อไม่ให้มีการชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่มากเกินไป ในปัจจุบันโซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ มีใช้งานอยู่ 2 ประเภท คือ

1. Pulse Width Modulation (PWM) ราคาถูก ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ประมาณ 80% ของพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ หลักการทำงานคือลดแรงดันให้เท่ากับแรงดันที่ต้องการใช้งานแต่จะจ่ายกระแสเท่าเดิม มีลักษณะดังภาพที่ 1

2. Maximum Power Point Tracking (MPPT) คือ อัลกอลิธึ่มหรือรูปแบบการคำนวณอย่างหนึ่ง ที่นำมาใช้กับการทำงานของเครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ กังหันลม เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและมีเสถียรภาพมากขึ้น เพราะในความเป็นจริงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องผลิตกระไฟฟ้ากระแสตรงเหล่านี้ มีความไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มของแสงอาทิตย์ และความเร็วลมเป็นหลักไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งราคาแพงกว่า PWM ประมาณ 3เท่า แต่ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงได้เกือบ 100% โดยใช้อัลกอลิธึ่มหรือรูปแบบการคำนวณอย่างหนึ่ง ที่นำมาใช้กับการทำงานแผงโซล่าเซลล์ เพราะในความเป็นจริงพลังงานไฟฟ้าที่ได้มีความไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณและความเข้มของแสงอาทิตย์ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ อัลกอลิธึ่มหรือรูปแบบการคำนวณแบบ MPPT จึงถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อเอาจุดที่ก่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมาใช้งาน โดยจะปรับแรงดันให้ใกล้เคียงกลับแรงดันที่เหลือในแบตเตอรี่ แล้วชดเชยพลังงานด้วยกระแสที่สูงขึ้น มีลักษณะดังภาพที่ 2

ภาพที่ 1 Pulse Width Modulation (PWM)

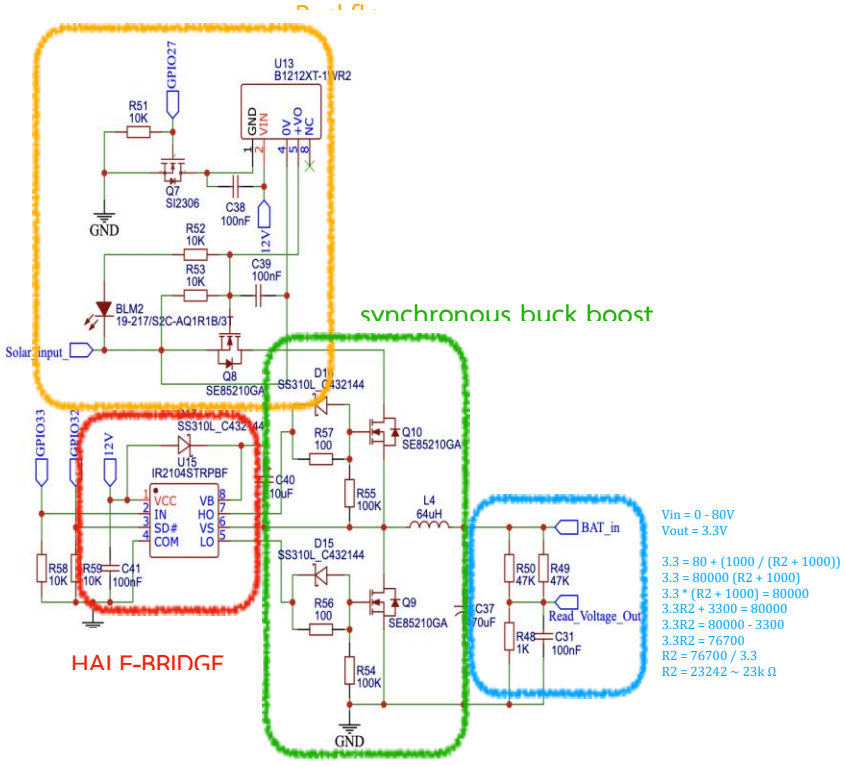
ภาพที่ 2 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบอุปกรณ์ควบคุมให้มีความเหมาะสมเพียงพอต่อการใช้งาน และใช้พลังงานจากแห่งกำเนิดไฟฟ้าได้มากกว่า 97%
2. เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ มีระบบการตัดไฟอัตโนมัติ ในกรณีไฟแบตเตอรี่ใกล้หมด เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสีย/เสื่อมสภาพ เนื่องจากการใช้ไฟเกินกำลัง (Over Charge/ Over Discharge Protection)
3. เพื่อดึงประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องควบคุมการชาร์ตประจุไฟฟ้า และลดการสูญเสียพลังงานขณะชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบวงจร MPPT Solar Chare Controller Input 80V 30A output 0-50V 35A โดยต้องคำนึงถึงการรักษาพลังงานไม่ให้สูญเสียในขั้นตอนการแปลงพลังโดยใช้เป็น MOSFET N-Channel แทน DIODE เพื่อช่วยป้องกันกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลากลางคืน ใช้วงจร synchronous buck boost converter ปรับแรงดันไฟฟ้าและชดเชยกระแสเพื่อชดเชยพลังงานที่หายไปในขั้นตอนลดแรงดันไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม EasyEDA ในการออกแบบ Schematic diagram และ PCB



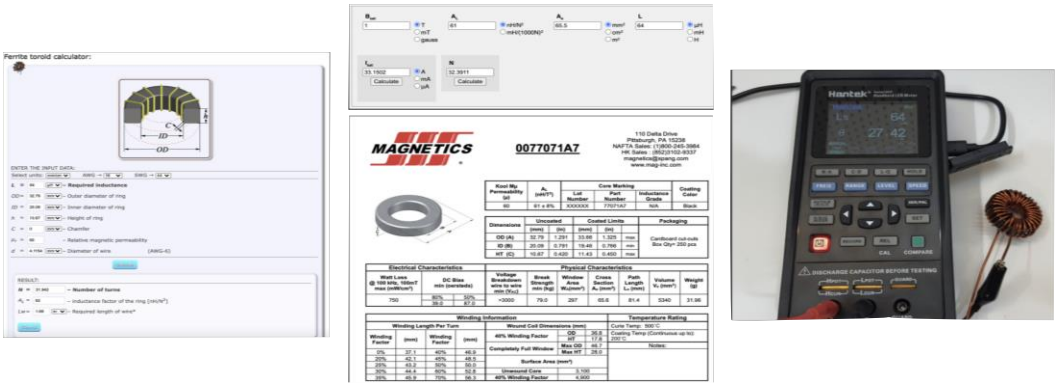
ภาพที่ 3 BUCK BOOST CONVERTER 0-50V 35A

คำนวณหาค่า Inductor ที่เหมาะสมกับ Solar Chare Controller Input 80V 30A output 0-50V 35A

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{\Delta I_L \times f_S \times V_{IN}} \quad (1)$$

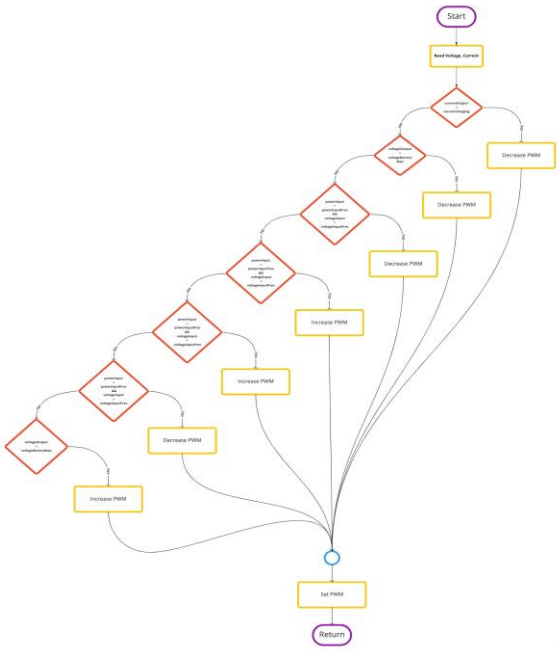
$$(50 - (80 - 50))/(7.5 * (39 * 10^{-}3) * 80) = 64.1*10\text{^-}6\ \mu H$$

หลังจากที่คำนวณหาค่าของ Inductor ที่เหมาะสมกับวงจรได้แล้วก็นำมาคำนวณหาขนาดแกนที่ใช้พันขดลวด จำนวนรอบของขดลวดและหาขนาดของขดลวดที่ทนกระแส 35A ได้



ภาพที่ 4 คำนวณจำนวนรอบขดลวด และทดสอบค่าความถูกต้อง

2. เขียนโปรแกรมออกแบบ Maximum Power Point Tracking (MPPT) อัลกอริทึม เพื่ออ่านค่าแรงดันและกระแสแล้วคำนวณหาช่วงที่ดึงพลังงานสูงสุดจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ และควบคุมความปลอดภัยของตัว MPPT Solar Chare Controller และ แบตเตอรี่เพื่อป้องกันความเสียหาย และส่งข้อมูลขึ้น Cloud Server ผ่าน mqtt protocol พร้อมทั้งแสดงข้อมูลปริมาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสทางหน้าจอ TFT

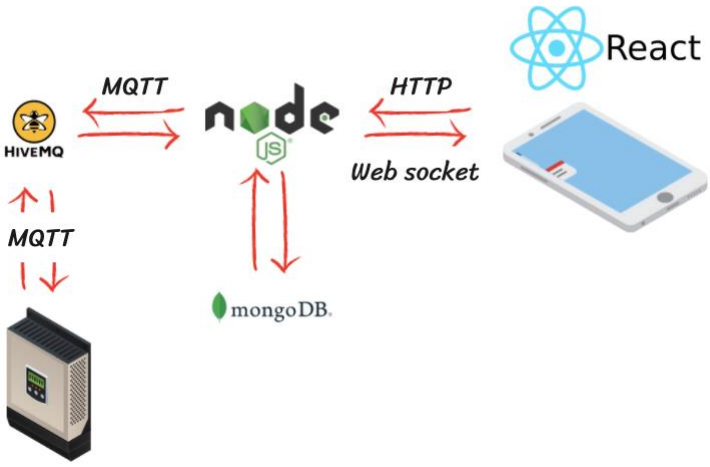


ภาพที่ 5 Maximum Power Point Tracking (MPPT) อัลกอริทึม

3. ออกแบบและพัฒนา Cloud server สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆของ MPPT Solar Chare Controller

3.1 ออกแบบโครงสร้างของแอพพลิเคชันและการสื่อสารของข้อมูลของระบบการสื่อสารข้อมูลของระบบจะมี 2 ช่องทาง ได้แก่

1. การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ MPPT Solar Chare Controller และ Web Server จะสื่อสารผ่าน Protocol MQTT บน HiveMQ Broker มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 System Diagram

2. การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ web application และ web server จะสื่อสารผ่าน protocol HTTP เพื่อขอข้อมูลมาแสดงผลบน web application และ ผ่าน web socket เพื่อการแสดงผลแบบ realtime

3.2 ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล โดยข้อมูลที่แต่ละ entity จะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

Entity users - รายการข้อมูลบัญชีผู้ดูแลระบบ ประกอบด้วย

admin_id - รหัสบัญชีผู้ใช้งาน เป็น primary key

firstname - ชื่อจริง

lastname - นามสกุล

email - อีเมลล์

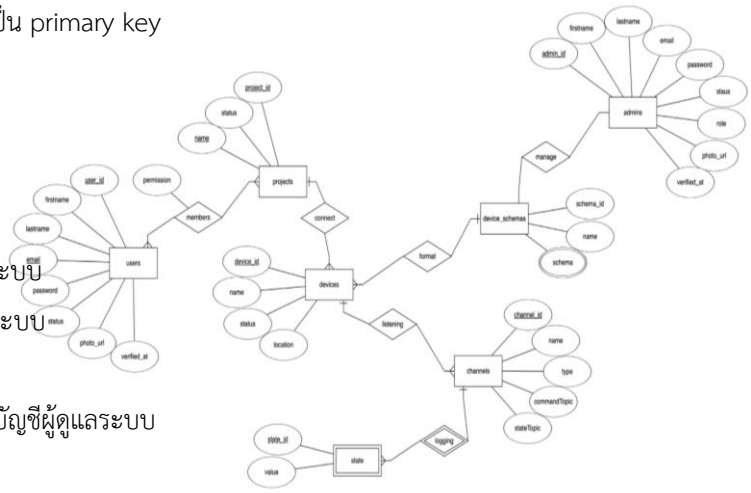
password - รหัสผ่าน

status - สถานะของบัญชีผู้ดูแลระบบ

role- บทบาทการใช้งานของบัญชีผู้ดูแลระบบ

photo_url - รูปภาพโปรไฟล์

verified_at – วันที่เวลาที่ยืนยันบัญชีผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 7 Entity relation diagram

Entity users - รายการข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน ประกอบด้วย

user_id - รหัสบัญชีผู้ใช้งาน เป็น primary key

firstname - ชื่อจริง

lastname - นามสกุล

email - อีเมลล์

password - รหัสผ่าน

status - สถานะของบัญชีผู้ใช้งาน

photo_url - รูปภาพโปรไฟล์

verified_at - วันที่เวลาที่ยืนยันบัญชีผู้ใช้งาน

Entity projects- รายการข้อมูลโครงการ ประกอบด้วย

project_id - รหัสโครงการ เป็น primary key

name - ชื่อโครงการ

status - สถานะของโครงการ

Entity devices- รายการข้อมูลอุปกรณ์ ประกอบด้วย

device_id - รหัสอุปกรณ์ เป็น primary key

name - ชื่ออุปกรณ์

status - สถานะของอุปกรณ์

location - สถานที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์

Entity device_schemas- รายการแม่แบบของอุปกรณ์ ประกอบด้วย

schema_id - รหัสแม่แบบ เป็น primary key

name - ชื่อแม่แบบ

schema - แม่แบบของอุปกรณ์ จะมีการเก็บข้อมูล เป็น JSON

Entity channels- รายการแม่แบบของอุปกรณ์ ประกอบด้วย

channel_id - รหัสช่องทางการสื่อสาร เป็น primary key

name - ชื่อช่องทางการสื่อสาร

type = ประเภทช่องทางการสื่อสาร

commandTopic- MQTT topic ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์

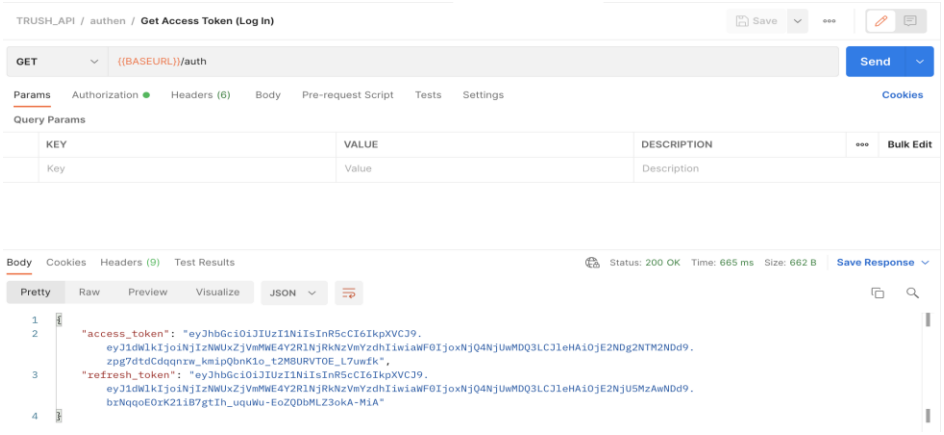
stateTopic- MQTT topic ที่ใช้ในรับข้อมูลจากอุปกรณ์

Entity states - รายการข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ ประกอบด้วย

state_id- รหัสข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ เป็น primary key

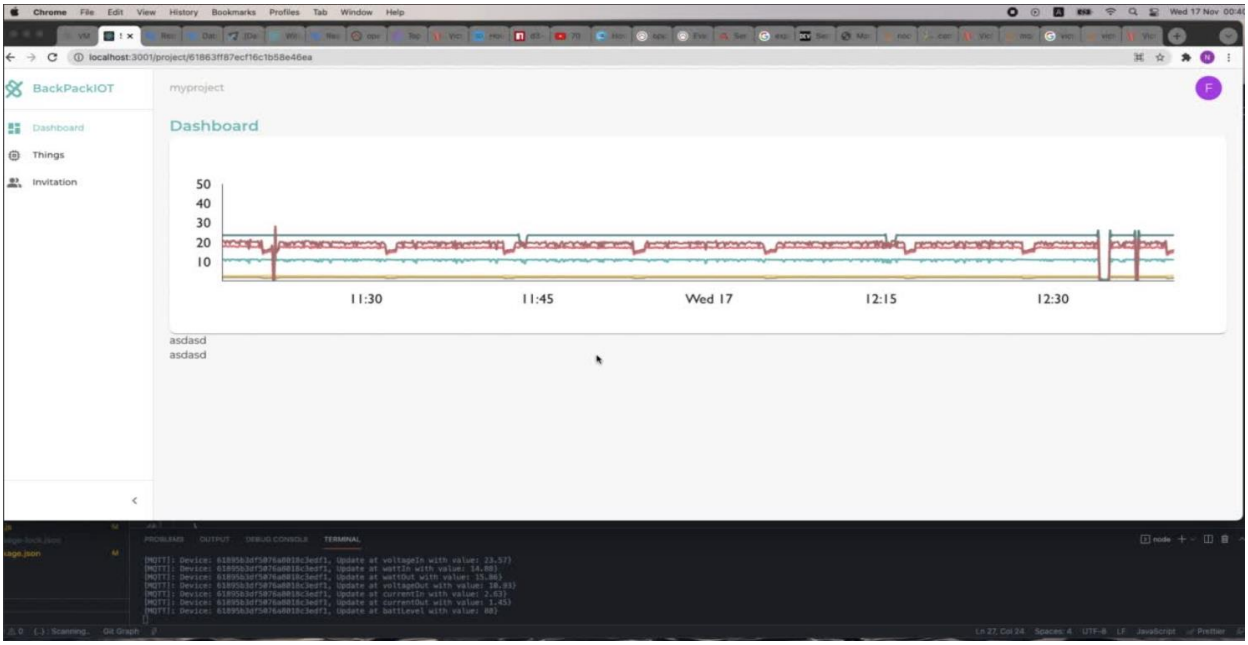
value- ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์

3.3 พัฒนา web server ใช้ nodeJs เป็นเครื่องมือในการพัฒนา web server REST API services ให้ web application โดยใช้ postman สำหรับการทำสอบการทำงาน มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ทดสอบ REST API service

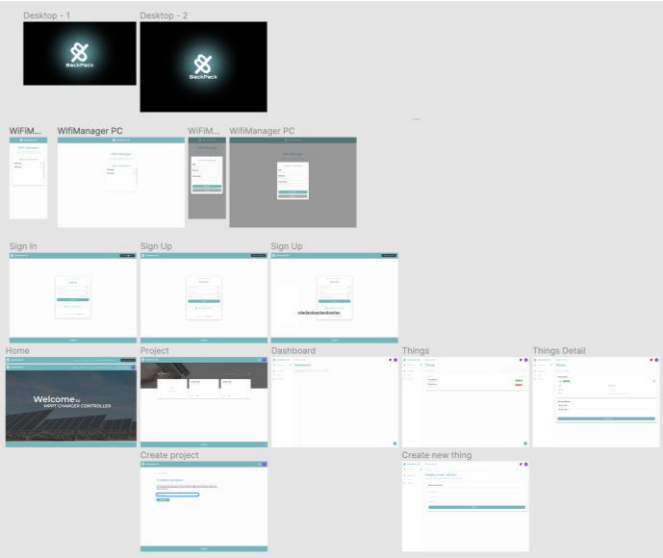
ทำการเชื่อมต่อกับ MQTT Broker HiveMQ รับข้อมูลจากอุปกรณ์บันทึกลงฐานข้อมูล มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ทดสอบการรับข้อมูลผ่าน MQTT

4. ออกแบบและพัฒนา Web application สำหรับ monitoring และควบคุมการทำงาน

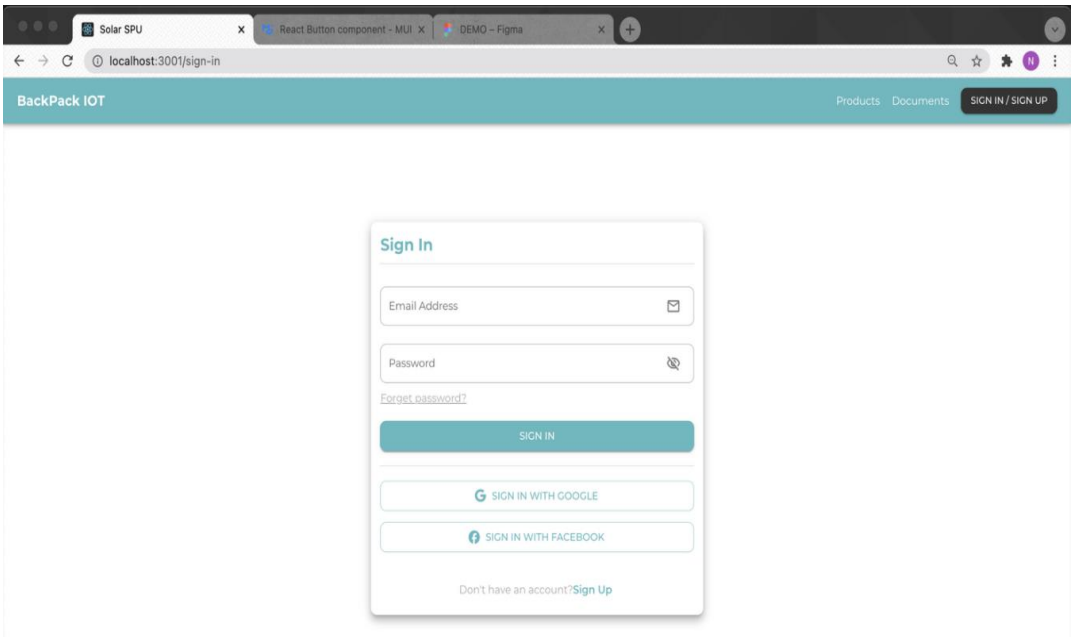
4.1 ออกแบบ user interface โดยใช้ โปรแกรม figma มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 User Interface บน โปรแกรม sigma

4.2 พัฒนา web application ให้สามารถติดต่อกับ webserver และรับส่งข้อมูลผ่าน web socket ในการพัฒนา web application ได้ใช้ React JS เป็นเครื่องมือในการพัฒนา โดยเริ่มจากการเชื่อมต่อกับ web server ผ่าน API และการยืนยืนตัวตนของผู้ใช้งานโดยใช้เทคโนโลยีการยืนยันตัวตนด้วย json web token และพัฒนาการรับส่งข้อมูลจาก web server แบบ realtime

โดยอาศัย web socket ซึ่งนำมาใช้ยังสวนที่เป็น การแสดงค่าสถานะต่างๆ ของอุปกรณ์และควบคุมการทำงานอุปกรณ์ผ่าน web application มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 11

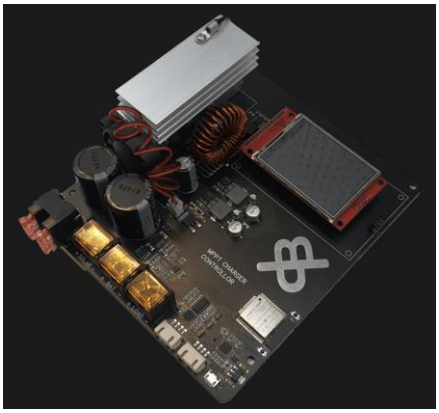


ภาพที่ 11 ทดสอบระบบลงทะเบียนบน web application

ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าสามารถพัฒนา MPPT solar charge controller ให้มีความเร็วและประสิทธิภาพการชาร์จประจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น เพราะสามารถแปลงพลังงานที่รับมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่สูญเสียพลังงานด้วยวิธีเพิ่มกระแสไฟฟ้าเพื่อชดเชยแรงดันไฟฟ้าที่ลดลงแล้วชาร์จประจุแบตเตอรี่ พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ อ่านพลังงานไฟฟ้าใน

ระบบ และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการชาร์จประจุหรือความเสื่อมสภาะของแบตเตอรี่ได้ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบอื่นได้อีกเช่น กังหันลม DC Generator หรือ Power supply

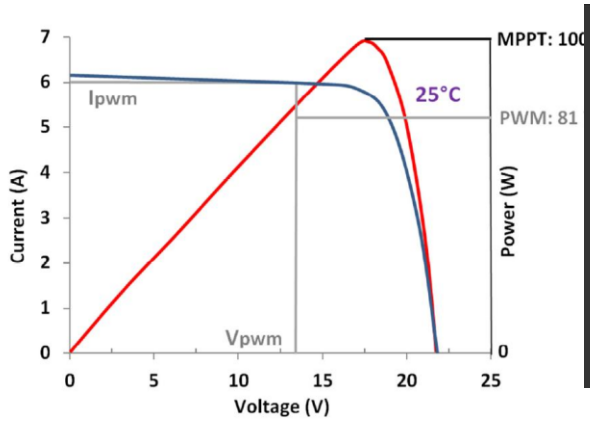


ภาพที่ 12 MPPT solar charge controller

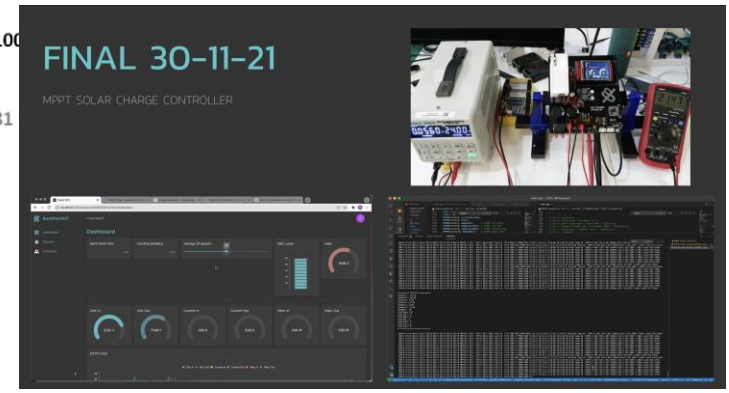
ภาพที่ 13 Dashboard

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

อุปกรณ์ MPPT solar charge controller สามารถแปลงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วอัดประจุลงแบตเตอรี่โดยไม่สูญเสียพลังงาน ซึ่งหาจากการวัดพลังงานที่จ่ายเข้าอุปกรณ์เทียบกับพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาจากอุปกรณ์สามารถรักษาพลังงานไว้ได้ถึง 98 - 99% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า MPPT solar charge controller มีประสิทธิภาพสูงกว่า Pulse Width Modulation (PWM) โดยดูได้จากกราฟความสัมพันธ์กระแส-แรงดัน มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 I-V Curve



ภาพที่ 15 Final Test

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มเติมส่วนของการสื่อสารระหว่าง MPPT solar charge controller กับ BMS Battery Management System เพื่อเพิ่มความละเอียดของการอ่านพลังงานในแบตเตอรี่
2. ต้องนำไปทดลองกับอุปกรณ์ที่ขายตามท้องตลาดในสภาพแวดล้อมเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ MPPT solar charge controller
3. พัฒนาอุปกรณ์ MPPT solar charge controller เพิ่มเติมเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับระบบที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

Bialasiewicz, J.T. (2551). *Renewable Energy Systems With Photovoltaic Power Generators: Operation and Modeling*. สืบค้น 11 ตุลาคม 2564, จาก https://ieeexplore.ieee.org/document/4470592

Energy for Dummies. (2564) *Solar Charge Controller MPPT vs PWM*. สืบค้น 11 ตุลาคม 2564, จาก http://youtube.com/watch?v=-CLec-sQl2k&t=2s&ab_channel=EnergyforDummies

F. A. Lindholm, Fossum, J. G., and Burgess, E. L., *Application of the superposition principle to solar-cell analysis*. สืบค้น 20 ตุลาคม 2564, จาก https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/iv-curve

Northern Arizona Wind & Sun. (2553). *What is Maximum Power Point Tracking (MPPT).* สืบค้น 11 ตุลาคม 2564, จาก https://www.solar-electric.com/learning-center/mppt-solar-charge-controllers.html/

Poponi, Daniele. (2546). Analysis of diffusion paths for photovoltaic technology based on experience curves. สืบค้น 22 ตุลาคม 2564, จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X03001518?via%3Dihub

RandomNerdTutorials.com. (2556). *ESP32 Web Server*. สืบค้น 20 ตุลาคม 2564, จาก https://randomnerdtutorials.com/esp32-web-server-arduino-ide/

wikipedia. (2559). Maximum power point tracking (MPPT). สืบค้น 11 ตุลาคม 2564, จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking