การพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

กมลพรรณ เมืองมา[1] จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล[1] และ ประจักษ์ ปุณยวัจน์พรกุล[2]*

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1]180 ถนนโชตนา ตำบลขี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

[2]239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

รับบทความ 29 สิงหาคม 2567 แก้ไขบทความ 24 เมษายน 2568 ตอบรับบทความ 6 มิถุนายน 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถชาร์จพลังงานได้จากทั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้าในบ้าน (AC) และระบบโซลาร์เซลล์ (DC) อุปกรณ์ต้นแบบมีลักษณะกะทัดรัด พกพาสะดวก และสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ คลื่นไซน์บริสุทธิ์ (Pure Sine Wave) รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น สมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์พกพา ผลการศึกษาพบว่า แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเฉลี่ย ร้อยละ 78.70 ± 1.79 สำหรับการชาร์จด้วยไฟฟ้าในบ้าน และ ร้อยละ 77.92 ± 2.05 สำหรับการชาร์จผ่านระบบโซลาร์เซลล์ โดยภายใต้เงื่อนไขการใช้งานวันละประมาณ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องสูงสุดถึง 3 วัน ในด้านต้นทุนการใช้งาน พบว่าระบบไฮบริดแบบเคลื่อนที่มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำกว่าการใช้เครื่องปั่นไฟแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะเมื่อใช้งานร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผลการศึกษาจุดคุ้มทุนแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าสูง โดยสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาเพียง 9.8 ถึง 11.9 เดือน ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการชาร์จจากระบบไฟฟ้าในบ้านและโซลาร์เซลล์ และในกรณีที่ใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ 100% จะสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้สูงสุดถึง ประมาณ 7,998 บาทต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องปั่นไฟทั่วไป

คำสำคัญ : แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่; โซลาร์เซลล์; ประสิทธิภาพ; จุดคุ้มทุน; พลังงานหมุนเวียน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 1288 7812, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: prajak.p@cmu.ac.th*

Development and Efficiency Evaluation of Mobile Hybrid Power Supply

Kamonpun Mungma[1] Jiraporn Poonyawatpornkul[1] and
Prajak Poonyawatpornkul[2]*

[1]Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
[2]Faculty of Science, Chiang Mai University
[1]180 Chotana Road, Khilek Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai 50180
[2]239 Huay Kaew Road, Suthep Subdistrict, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai 50200

Received 29 August 2024; Revised 24 April 2025; Accepted 6 June 2025

Abstract

This research focuses on the development and performance evaluation of a portable hybrid power supply, which can be charged from both household electricity (AC) and solar power systems (DC). The prototype is compact, portable, and capable of delivering electrical energy to both alternating current (AC) appliances with pure sine wave output and various electronic devices such as smartphones and laptops. The findings reveal that the hybrid power supply achieved an average energy conversion efficiency of 78.70 ± 1.79% when charged using household electricity and 77.92 ± 2.05% when charged via a solar power system. Under the condition of daily energy consumption of approximately 1 kilowatt-hour (kWh), the system can operate continuously for up to three days. Regarding operating costs, the hybrid system proves to be more economical than conventional fuel-based generators, particularly when integrated with solar panels. The cost of electricity production is significantly reduced. Furthermore, a cost-benefit analysis indicates that the investment in this hybrid power system is highly cost-effective, with a payback period of only 9.8 to 11.9 months, depending on the proportion of charging from household electricity and solar power. In the case of using 100% solar energy for charging, the system can reduce annual electricity costs by up to approximately 7,998 THB, compared to using a conventional gasoline generator.

Keywords : Mobile hybrid power station; solar cell; efficiency; break-even point; renewable energy

** Corresponding Author. Tel.: +668 1288 7812, E-mail Address: prajak.p@cmu.ac.th*

1. บทนำ

ในภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นยุคที่อุปกรณ์ไอที และอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวัน [1] ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อประชาชนหรือเกษตรกรต้องไปดูแลเรือกสวนไร่นา หรือไปสถานที่ที่ระบบส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าเข้าไม่ถึงจำเป็นต้องใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงหรือโดยอ้อมทางการเกษตร หรือการติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่น ตลอดจนความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังไฟฟ้าเหมาะสมและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ยาวนานต่อเนื่องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในสถานที่ที่ระบบส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าเข้าไม่ถึง [2]-[4] ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญตรงจุดนี้จึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่ที่สามารถพกพาเคลื่อนย้ายได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ สามารถชาร์จกระแสไฟฟ้าคืนกลับมาทั้งผ่านระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าและโซลาร์เซลล์ อีกทั้งเก็บพลังงานสูงกว่า Power Bank ทั่วไป ประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ก่อมลพิษดังเช่นเครื่องปั่นไฟ [5]-[8]

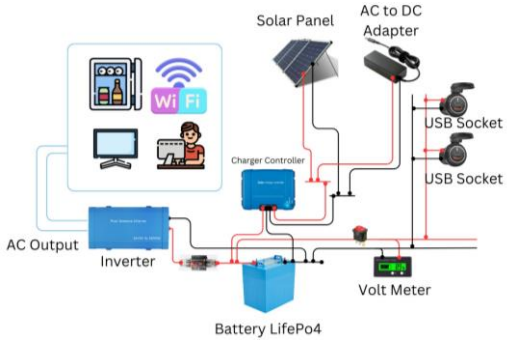
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ประเมินประสิทธิภาพและจุดคุ้มทุนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การออกแบบและสร้างต้นแบบ การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ การเก็บข้อมูลการชาร์จไฟเข้า การนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า และการศึกษาจุดคุ้มทุน โดยรายละเอียดมีดังนี้

2.1 การพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

การพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ได้ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บและจ่ายพลังงานให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้จากแหล่งพลังงานสองแหล่ง ได้แก่ ระบบไฟฟ้าในบ้านและโซลาร์เซลล์ อย่างไรก็ตามกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่ต้องสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและสลับ จึงต้องมีการเชื่อมต่อแบตเตอรี่กับ inverter เพื่อแปลงไฟฟ้า การออกแบบต้นแบบชุดแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเคลื่อนที่จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ แบตเตอรี่และวงจรควบคุม ระบบชาร์จแบตเตอรี่ และระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยแสดงวงจรดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรต้นแบบแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

2.1.1 แบตเตอรี่และวงจรควบคุม

แบตเตอรี่ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชนิดลิเทียมฟอสเฟตเนื่องจากมี ความปลอดภัยสูง อายุการใช้งานยาวนาน และเสถียรภาพทางเคมีที่ดี [9], [10] แต่ละเซลล์มีแรงดัน 3.2 V 120 Ah งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ เนื่องจากสามารถรองรับการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านช่อง USB-C แบบ Power Delivery (PD) ซึ่งจำเป็นต้องใช้แรงดันสูงถึง 20 โวลต์ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอในการชาร์จอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ เช่น คอมพิวเตอร์พกพาและแท็บเล็ต ระบบแบตเตอรี่ที่ออกแบบจึงต้องมีแรงดันรวมไม่น้อยกว่า 20 โวลต์ เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบ PD อีกทั้ง Inverter ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดนิยมผลิตในระบบแรงดันมาตรฐาน

ได้แก่ 12V, 24V และ 48V ดังนั้นในการออกแบบระบบต้นแบบ จึงพิจารณาเลือกใช้ระบบ 24V เพื่อความสอดคล้องกับทั้งมาตรฐานของอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Inverter) และเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคำนวณขนาดของชุดแบตเตอรี่ที่เหมาะสมในการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ สามารถคำนวณจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ได้จากสมการที่ (1) โดยพิจารณาจากแรงดันรวมของระบบที่ต้องการเทียบกับแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์ ซึ่งในกรณีนี้กำหนดให้ระบบมีแรงดันไฟฟ้ารวม 24 โวลต์ (V_{system}) และแบตเตอรี่แต่ละเซลล์มีแรงดัน 3.2 โวลต์ (V_{1-cell}) ดังนั้น จำนวนเซลล์ที่ต้องใช้สามารถคำนวณได้จาก

หรือ
$$n = \frac{V_{system}}{V_{1-cell}} \quad (1)$$
$$= \frac{24V}{3.2V} = 7.5 \approx 8$$

ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงเลือกใช้แบตเตอรี่จำนวน 8 เซลล์ต่ออนุกรม เพื่อให้ได้ระบบแรงดันไฟฟ้ารวม 24 โวลต์ ความจุ 120 Ah ซึ่งคิดเป็นพลังงานรวม 3,072 Wh แต่ละเซลล์ถูกเชื่อมต่อเข้ากับระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS) ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ บอร์ด BMS แบบสำเร็จรูปชนิด JK BMS เพื่อทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการใช้งาน เช่น การดึงกระแสเกิน หรือการชาร์จเกินค่าที่กำหนดทั้งนี้ BMS ดังกล่าวยังสามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือผ่านระบบ Bluetooth เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบพารามิเตอร์สำคัญของแบตเตอรี่ได้แบบเรียลไทม์ โดยระบบ BMS นี้ใช้เทคโนโลยี Active Balancing เพื่อปรับและควบคุมแรงดันของแต่ละเซลล์ให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่โดยรวม และเพิ่มเสถียรภาพในการจ่ายพลังงานของระบบ [11], [12]

2.1.2 ระบบชาร์จแบตเตอรี่

ในการศึกษานี้ต้องการชาร์จแบตเตอรี่ จากระบบการไฟฟ้าและโซลาร์เซลล์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จึงต้องใช้ adaptor เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงสำหรับเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดย adaptor ที่ใช้มีขนาดแรงดัน 29.2 V จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 20 A ได้กำลังไฟฟ้า 584 W ทำให้ในทางทฤษฎีการชาร์จจนแบตเตอรี่เต็มใช้เวลาประมาณ 5.26 ชั่วโมง (5 ชั่วโมง 9 นาที) อ้างอิงจากระบบแบตเตอรี่ที่ใช้คือ 24 V 120 Ah (3,072 Wh)

2) การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยระบบโซลาร์เซลล์ ผ่านเครื่องควบคุมการชาร์จโซลาร์เซลล์ (solar charge controller) ที่ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ให้คงที่ โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้มีกำลัง 800 W จึงเลือกเครื่องควบคุมการชาร์จมีขนาดความแรงดัน 28.8 V และกำหนดการจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 30 A หรือมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 800 W ทำให้ในทางทฤษฎีการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มจะใช้เวลาประมาณ 3.85 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง 51 นาที)

2.1.3 ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่พัฒนาขึ้นสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมา 2 ระบบ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ ดังนี้

1. ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ออกจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่นี้จึงต้องมี inverter เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยเลือกใช้ inverter ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้า (input DC) 24 V กระแสสลับขาออก (Output AC) 220 V สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 2,000 W (เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกันมีกำลัง

ไฟไม่เกินนี้) และต่อพ่วงกับปลั๊กตัวเมียเพื่อความสะดวกในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

2. ระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าที่ออกจากแบตเตอรี่ของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงอยู่แล้วจึง สามารถจ่ายไฟผ่านวงจร USB ได้โดยตรง ซึ่งวงจรนี้ออกแบบให้รองรับการจ่ายไฟ PD และให้กำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 65 W ผ่านช่องเสียบ USB

2.2 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพ

เมื่อพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่สำเร็จแล้ว คณะผู้วิจัยได้หาประสิทธิภาพดังนี้

2.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับประเมินประสิทธิภาพของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ประกอบด้วย

1. แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

2. แบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ เวลา กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และอุณหภูมิของระบบชาร์จแบตเตอรี่และระบบจ่ายไฟ

2.2.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1. แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ใช้แหล่งชาร์จแบตเตอรี่จาก 2 แหล่ง คือ ระบบส่งไฟจากการไฟฟ้า (ระบบไฟบ้าน) และระบบโซลาร์เซลล์

2. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยมีทั้งแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ขณะใช้งานมีกำลังไฟฟ้ารวมไม่เกิน 2,000 W

3. กำหนดให้ขณะใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ไม่มีการต่อแหล่งให้พลังงานร่วมด้วย

4. เก็บข้อมูลการชาร์จแบตเตอรี่ 10 รอบชาร์จ

5. กำหนดให้ความต่างศักย์ต่ำสุดสำหรับเก็บข้อมูล คือ มีแบตเตอรี่คงเหลือ (remained battery) ร้อยละ 2

2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น ข้อมูลการชาร์จแบตเตอรี่ทั้งระบบไฟฟ้าในบ้านกับโซลาร์เซลล์ และการใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้มาจากมิเตอร์วัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้า และแอพลิเคชันชื่อ JK-BMS ซึ่งเป็นแอพลิเคชันสำหรับติดตามการทำงานของระบบการจัดการแบตเตอรี่ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1. การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้าในบ้าน แต่ละรอบชาร์จบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 17.00 น. – 23.00 น. ทำการเก็บข้อมูล 7 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้ในเช้าวันถัดไป

2. การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยระบบโซลาร์เซลล์ แต่ละรอบชาร์จบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงเวลากลางวันเริ่มต้นที่ 7.00 น. จนแบตเตอรี่เต็ม (แบตเตอรี่คงเหลือร้อยละ 100) ซึ่งอาจจะใช้เวลาในแต่ละรอบไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับปริมาณแสงแดดในแต่ละวัน

3. การใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ เก็บข้อมูลแต่ละวันในช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00 – 17:00 น. แต่ละรอบห่างกัน 1 ชั่วโมง ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ประกอบด้วย เตาอบ (1,000W จำนวน 1 เครื่อง) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (210W จำนวน 1 เครื่อง) พัดลม (45W จำนวน 2 เครื่อง) และคอมพิวเตอร์พกพา (40W จำนวน 2 เครื่อง) เมื่อใช้งานพร้อมกันมีกำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 1,380 W

4. การใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบไปด้วย MacBook Air (30 W จำนวน 1 เครื่อง) iPad Pro (27W จำนวน 3 เครื่อง) iPhone 13 และ 13 Pro (20W จำนวน 2 เครื่อง) Apple Watch (5W จำนวน 2 เครื่อง) Xiaomi Pad 5 Pro (67W จำนวน 1 เครื่อง) และ Vivo V30 Pro (80W จำนวน 1 เครื่อง) เมื่อใช้งานพร้อมกันมีกำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 328 W ในแต่ละวันมีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เท่ากันกับเครื่องใช้ฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากค่าพารามิเตอร์ที่บันทึกขณะชาร์จแบตเตอรี่ และใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพและความคุ้มทุน [13] ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การหาประสิทธิภาพ ของการกักเก็บพลังงานต่อรอบชาร์จ (Cycle Efficiency, eff) สามารถคำนวณได้จาก ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เก็บได้ในแบตเตอรี่ (Discharging Energy) หรือพลังงานที่สามารถใช้งานได้จากแบตเตอรี่จนกระทั่งแบตเตอรี่หมดพลังงาน เทียบกับพลังงานที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ (Charging Energy) [14] จากพลังงานต่ำสุดจนถึงพลังงานเต็ม ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2)

$$eff = \frac{Discharging\ Energy}{Charging\ Energy} \times 100\ \% \quad (2)$$

2) การประเมินจุดคุ้มทุนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่ได้สร้างขึ้น มีการเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟ ที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังรวมเท่ากัน โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทุนและการชาร์จแบตเตอรี่จากอัตราส่วนการชาร์จด้วยระบบไฟฟ้าในบ้านต่อโซลาร์เซลล์ของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดที่ได้สร้างขึ้น กับต้นทุนเครื่องปั่นไฟและน้ำมันเชื้อเพลิง

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ประสิทธิภาพแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถชาร์จจากระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์ มีลักษณะเป็นกล่องขนาด 28x60x40 ซม. มีที่จับและล้อสำหรับความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2

(ก) (ข)

รูปที่ 2 (ก) แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่ได้พัฒนาขึ้น (ข) การนำไปใช้งาน

ภายในประกอบด้วย 1) แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟตจำนวน 8 ก้อน ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมเท่ากับ 25.6 V ให้กระแสไฟฟ้า 120 Ah พลังงานรวมเท่ากับ 3.072 kWh โดยต่อเข้ากับระบบการจัดการแบตเตอรี่ (BMS) 2) inverter สามารถจ่ายกำลังได้สูงสุด 2,000 W 3) เครื่องควบคุมการชาร์จจากไฟบ้าน (AC-DC adaptor) ขนาดแรงดัน 29.2 V จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 20 A 4) มิเตอร์วัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้า 5) ปลั๊กตัวเมียสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V จำนวน 2 ช่อง 6) USB-A จำนวน 2 ช่อง และ USB-C จำนวน 4 ช่อง สำหรับให้พลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง และ 7) สวิตช์ ปิด-เปิด การทำงานของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาแหล่งพลังงานแบบเคลื่อนที่จากระบบอื่น เช่น งานของ Pangan et al. [3] ซึ่งใช้โซลาร์เซลล์ร่วมกับเทอร์โมอิเล็กทริก (TEG) โดยให้พลังงานประมาณ 1,200 Wh งานของภาคิณ มณีโชติและคณะ [15] ที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 10 วัตต์ ให้พลังงานประมาณ 91 Wh พบว่าระบบในงานวิจัยนี้มีความสามารถในการจ่ายพลังงานสูงกว่าอย่างชัดเจน โดยให้พลังงานได้ถึง 3,072 Wh

3.1.1 การชาร์จแบตเตอรี่ของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

การทดสอบการชาร์จแบตเตอรี่ศึกษาจากความเสถียรของระบบชาร์จ ประกอบด้วยเวลาในการชาร์จ

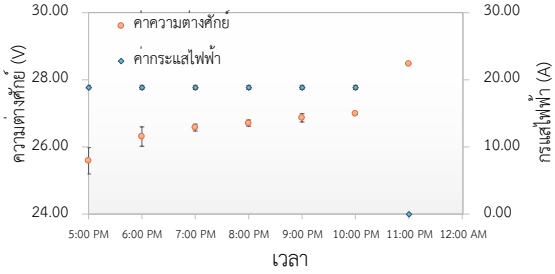
ค่าความต่างศักย์ และอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขณะชาร์จจากทั้งระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์ ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1. การชาร์จด้วยระบบไฟฟ้าในบ้าน มีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาตั้งแต่ 17.00 น.- 23.00 น. ผลการประเมินเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.50 ± 0.14 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง 30 นาที ± 8.11 นาที) หรือคลาดเคลื่อนจากค่าทางทฤษฎีร้อยละ 23.50 จะเห็นว่าเวลาในการชาร์จตามการใช้งานจริงใช้เวลานานกว่าทฤษฎี เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างการชาร์จไปกับระบบชาร์จ เช่น adaptor และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

อุณหภูมิของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ขณะชาร์จค่อนข้างเสถียร มีค่าอยู่ในช่วง 31.72 ± 1.15 ถึง 33.98 ± 1.10 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศขณะทำการชาร์จแบตเตอรี่ เช่น เป็นวันปกติหรือมีฝนตก

ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดขณะชาร์จ แสดงดังรูปที่ 3 จะเห็นว่าช่วงเริ่มต้นค่าความต่างศักย์มีค่าต่ำที่สุด คือ 25.60 V และช่วงกลาง (เวลา 18.00 น. - 22.00 น.) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตั้งแต่ 26.32 V จนถึง 26.98 V และช่วงสุดท้ายที่แบตเตอรี่เต็ม มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 28.47 V เป็นสมบัติทั่วไปของแบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟต

ค่ากระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่ขณะชาร์จมีค่าค่อนข้างคงที่ ประมาณ 18.85 ± 0.32 A จนถึงช่วงสุดท้ายที่แบตเตอรี่เต็ม กระแสไฟฟ้าหยุดจ่ายเข้าแบตเตอรี่ จึงทำให้ค่าของกระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ สอดคล้องกับความเป็นจริงคือเมื่อแบตเตอรี่เต็มจะหยุดการจ่ายกระแสเข้าไปยังแบตเตอรี่

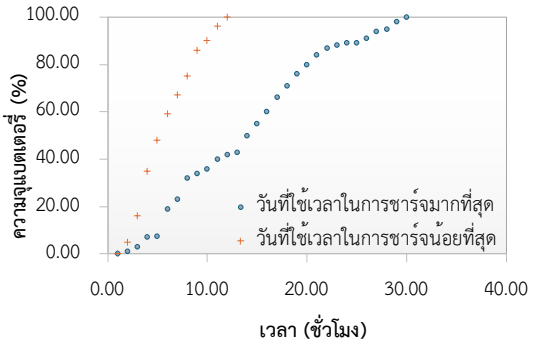


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

2. การชาร์จแบตเตอรี่ของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่จากระบบโซลาร์เซลล์ ผลการศึกษาพบว่าเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละรอบแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง เนื่องจากขณะเก็บข้อมูลเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้ในแต่ละวันมีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงแดดไม่คงที่ บางวันฝนตกไม่มีแสงแดด บางวันมีแสงแดดตลอดทั้งวัน โดยเวลาที่ใช้ในการชาร์จน้อยที่สุดคือ 10 ชั่วโมง 18 นาที และเวลาที่ใช้ในการชาร์จมากที่สุดคือ 28 ชั่วโมง 35 นาที แตกต่างจากค่าทางทฤษฎีเป็นอย่างมาก (3 ชั่วโมง 51 นาที) เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงแดดที่ไม่สม่ำเสมอ คุณภาพของแผงที่ผ่านการใช้งานอย่างต่อเนื่อง และเครื่องควบคุมการชาร์จที่มีการใช้พลังงานระหว่างการชาร์จ เป็นต้น ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของแบตเตอรี่กับเวลาในการชาร์จในวันที่ใช้เวลาน้อยที่สุดและมากที่สุดแสดงดังรูปที่ 4 จะเห็นว่าทั้งสองวันมีอัตรา ความจุของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน

อุณหภูมิของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ขณะชาร์จแบตเตอรี่ด้วยระบบโซลาร์เซลล์ค่อนข้างเสถียรเช่นกัน มีค่าอยู่ในช่วง 28.20 ± 1.84 ถึง 33.56 ± 0.57 โดยวันที่ใช้เวลาในการชาร์จน้อยเป็นวันที่ร้อนกว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 32.89 ± 0.57

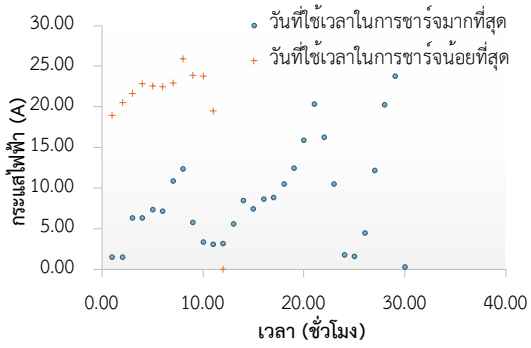
องศาเซลเซียส สูงกว่าวันที่ใช้เวลาในการชาร์จมากกว่า ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30.11 ± 1.41 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของความจุของแบตเตอรี่กับเวลาในการชาร์จโดยระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

การประเมินความต่างศักย์ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5 จะเห็นว่าในวันที่ใช้เวลาในการชาร์จน้อยที่สุดซึ่งเป็นวันที่แสงแดดแรงเกือบทั้งวัน แบตเตอรี่จะมีความต่างศักย์เพิ่มขึ้นในอัตรา 0.37 Vต่อชั่วโมง และเต็มภายในช่วงเวลา 10 ชั่วโมง 18 นาที สำหรับวันที่ใช้เวลาในการชาร์จมากที่สุด ความต่างศักย์ของแบตเตอรี่มีขึ้นลงบางช่วงแล้วแต่ช่วงเวลาที่มีแสงแดดมากระทบแผงโซลาร์เซลล์ แต่แนวโน้มของความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ก็มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.13 V ต่อชั่วโมง และเต็มในเวลา 28 ชั่วโมง 35 นาที

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ เมื่อชาร์จโดยระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่ในวันที่ใช้เวลาในการชาร์จน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 18.9 – 25.9 A ซึ่งค่อนข้างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่แสงแดดจ้า และลดลงเมื่อแสงกระทบแผงโซลาร์เซลล์น้อยลง แต่สำหรับวันที่ใช้เวลาในการชาร์จมากที่สุด การผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ไม่สม่ำเสมอ และน้อยกว่าวันที่ใช้เวลาในการชาร์จน้อยที่สุดอย่างเห็นได้ชัด โดยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ อยู่ในช่วง 1.40 – 23.7 A



รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ เมื่อชาร์จโดยระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์

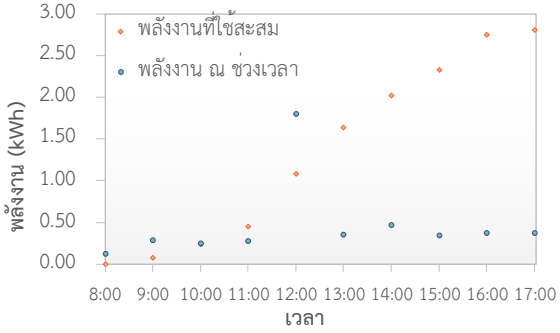
3.1.2 การใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

เมื่อพัฒนาแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่สำเร็จแล้ว ได้มีชาร์จไฟเข้าจนแบตเตอรี่เต็ม หลังจากนั้นได้ทดสอบโดยนำไปให้พลังงานกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ และอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยรายละเอียดของแต่ละระบบมีดังนี้

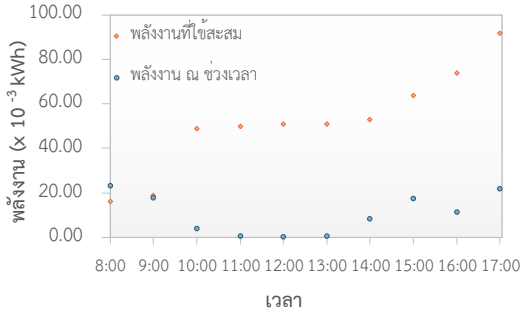
1. การใช้งานแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่าในแต่ละวันมีการใช้พลังงานใกล้เคียงกันโดยมี อยู่ในช่วง 2.865 – 2.904 kWh ค่าเฉลี่ยวันละ 2.890 ± 0.01 kWh ตัวอย่างการใช้ไฟในหนึ่งวัน ตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น. โดยกราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสมและการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลานั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าโดยเฉลี่ยเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ในวันและเวลาดังกล่าว ประมาณ 0.474 ± 0.51 kWh ส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้าในช่วง 0.126 – 0.468 kWh แต่ในช่วงประมาณ 12.00 น. มีการใช้ไฟฟ้ากระโดดไปถึง 1.80 kWh และการใช้พลังงานสะสมตั้งแต่เริ่มต้นเก็บข้อมูลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งใช้พลังงานถึง 2.879 kWh เป็นช่วงที่แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่หยุดจ่ายไฟ

2. เมื่อนำแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ไปทดสอบให้พลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านช่องเสียบ USB-A และ USB-C ณ สถานปฏิบัติการวิจัย ตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น. โดยต่อพ่วงกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานรวมเท่ากับ 328 W

ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าในแต่ละวันมีการใช้พลังงานในช่วง 0.070 – 0.095 kWh โดยมีค่าเฉลี่ย 0.084 ± 0.007 kWh เป็นค่าที่ค่อนข้างน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่อยู่ในช่วง 2.865 – 2.904 kWh ดังนั้นเมื่อชาร์จแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่จนเต็ม 1 รอบ สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงในห้องปฏิบัติการนี้ได้ถึง 34.28 วัน (คิดจากการใช้พลังงานเฉลี่ยที่ 0.084 ± 0.007 kWh) กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสม และการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลานั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสมและการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลานั้น ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า AC จากแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่



รูปที่ 8 กราฟตัวอย่างการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสมและการใช้พลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงเวลานั้น ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง จากแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ในหนึ่งวัน

จากกราฟตัวอย่างการใช้งานในระบบนี้พบว่าโดยเฉลี่ยอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ในวันและเวลาดังกล่าว 0.06 $x10^{-3}$ – 23.3 $x10^{-3}$ kWh และการใช้พลังงานสะสมตั้งแต่เริ่มต้นเก็บข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นจนกระทั่งใช้พลังงานถึง 92 $x10^{-3}$ kWh

กล่าวได้ว่าเมื่อใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นเวลา 10 ชั่วโมงต่อวัน ใช้กำลังไฟฟ้ารวมเพียง 92 W และใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 10.58 W

3.1.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

การศึกษานี้ได้เก็บข้อมูลเป็นเวลา 10 รอบชาร์จสำหรับการชาร์จจากระบบไฟฟ้าในบ้าน และระบบโซลาร์เซลล์ โดยบันทึกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม แล้วนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าจนแบตเตอรี่คงเหลือตามเกณฑ์ที่กำหนด

การชาร์จด้วยระบบไฟฟ้าในบ้านในแต่ละรอบแบ่งเป็น 1) การชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มในช่วงเวลาตั้งแต่ 17.00 น. – 23.00 น. ก่อนนำมาใช้ในวันถัดไป 2) การใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า ณ สถานที่ปฏิบัติงาน โดยเก็บข้อมูลในเวลาเดียวกันเริ่มที่ 8.00 น. ถึง 17.00 น สำหรับการชาร์จด้วยระบบโซลาร์เซลล์จะมีการชาร์จในตอนกลางวันตั้งแต่เวลา 7.30 – 18.00 น. และนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าตอนกลางคืนตั้งแต่เวลา 18.00 – 23.00 น.

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่จากระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์

รอบชาร์จที่	ระบบไฟฟ้าในบ้าน			ระบบโซลาร์เซลล์		
	Charging (kWh)	Discharging (kWh)	ประสิทธิภาพ (%)	Charging (kWh)	Discharging (kWh)	ประสิทธิภาพ (%)
1	3.651	2.886	79.05	3.625	2.877	79.37
2	3.678	2.894	78.68	3.798	2.852	75.09
3	3.557	2.865	80.55	3.722	2.875	77.24
4	3.597	2.874	79.90	3.651	2.901	79.46
5	3.801	2.879	75.74	3.725	2.894	77.69
6	3.660	2.893	79.04	3.602	2.883	80.04
7	3.590	2.904	80.89	3.658	2.855	78.05
8	3.842	2.901	75.51	3.642	2.875	78.94
9	3.661	2.888	78.89	3.675	2.922	79.51
10	3.672	2.890	78.70	3.895	2.875	73.81
เฉลี่ย	3.670±0.090	2.890±0.010	78.70±1.79	3.699±0.090	2.881±0.021	77.92±2.05

ประสิทธิภาพผลของของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ ที่ชาร์จจากระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์หาได้จากร้อยละของอัตราส่วนพลังงานที่ให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า (Discharging) กับพลังงานที่กักเก็บได้ (Charging) แสดงดังตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า การชาร์จด้วยทั้งสองระบบมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันโดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 78.70±1.79 และ 77.92±2.05 สำหรับการชาร์จด้วยระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์ ตามลำดับ

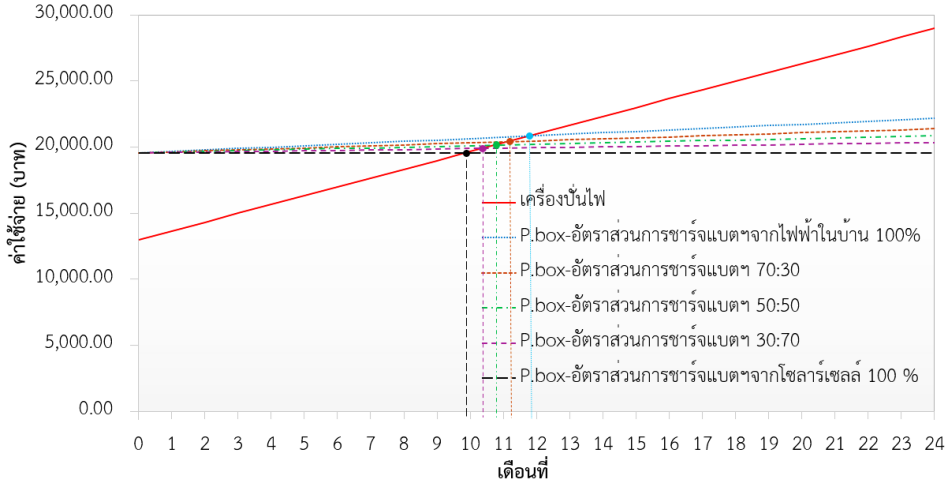
3.2 จุดคุ้มทุนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่

การประเมินจุดคุ้มทุนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่เป็นการเปรียบเทียบกับเครื่องปั่นไฟที่ใช้กับค่าโหลดเดียวกัน เนื่องจากเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบเคลื่อนที่โดยผู้ใช้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงได้เช่นกัน เพียงแต่แตกต่างกันที่แหล่งพลังงานที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง รายละเอียดการประเมินจุดคุ้มทุนมีดังนี้

1. การประเมินราคาแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่และค่าไฟฟ้า พบว่าเมื่อใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่กับเครื่องใช้ไฟฟ้า 1,000 w วันละ 1 ชั่วโมง จะเสียค่าไฟฟ้าจากการชาร์จไฟฟ้าในบ้านของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ รวมทั้งหมดเท่ากับ 108.70 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 1,304.41 บาทต่อปี เมื่อรวมกับราคาต้นแบบของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่จะได้ราคาต้นทุนอยู่ที่ 20867.41 บาท

2. การประเมินราคาเครื่องปั่นไฟและค่าเชื้อเพลิง โดยทั่วไปเครื่องปั่นไฟใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

สมมติว่าเลือกใช้เครื่องปั่นไฟที่ใช้งานได้ต่อเนื่องยาวนานและราคาเหมาะสม คือ เครื่องปั่นไฟยี่ห้อ HERO รุ่น S2000iS 2.0KW Inverter มีความจุถังน้ำมันอยู่ที่ 3.5 ลิตร และสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ 7.5 ชั่วโมง ราคา 12,990 บาท โดยผู้ขายแนะนำให้ใช้น้ำมันเบนซิน 95 เพื่อรักษาอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ที่ยาวนานกว่า ซึ่งเครื่องปั่นไฟนี้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ที่ 0.47 ลิตรต่อชั่วโมง โดยค่าน้ำมันเบนซิน 95 ณ วันที่ 12 ก.ค. 2567 อยู่ที่ 47.24 บาท ดังนั้นเครื่องปั่นไฟมีอัตราการใช้น้ำมันวันละ 22.23 บาท หรือ 666.51 บาทต่อเดือน (7,998.08 บาทต่อปี) เมื่อรวมค่าเชื้อเพลิงน้ำมันกับราคาเครื่องปั่นไฟ จะได้ราคาต้นทุนของการใช้เครื่องปั่นไฟอยู่ที่ 20,988.08 บาทต่อปี



รูปที่ 9 กราฟแสดงการใช้พลังงานเชื้อเพลง และอัตราส่วนการชาร์จไฟบ้าน:โซลาร์เซลล์

3. เปรียบเทียบจุดคุ้มทุนและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของต้นแบบชุดพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่ชาร์จแบตเตอรี่กับไฟฟ้าในบ้านและโซลาร์เซลล์ กับเครื่องปั่นไฟที่ใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของต้นแบบชุดพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ที่ชาร์จแบตเตอรี่กับไฟฟ้าในบ้านต่อการชาร์จด้วยระบบโซลาร์เซลล์ ด้วยอัตราส่วน 100:0 70:30 50:50 30:70 และ 0:100 กับเครื่องปั่นไฟที่ใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ได้จุดคุ้มทุน ประมาณเดือนที่ 11.9 11.3 10.8 10.4 และ 9.8 ตามลำดับ

4. สรุป

จากการศึกษาผลการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแหล่งพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่ พบว่า ชุดต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นกล่องขนาด 28 × 60 × 40 เซนติเมตร ติดตั้งที่จับและล้อสำหรับความสะดวกในการเคลื่อนย้าย สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้จากทั้งระบบไฟฟ้าในบ้านและระบบโซลาร์เซลล์ โดยมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 78.70 ± 1.79 สำหรับระบบไฟฟ้าในบ้าน และร้อยละ 77.92 ± 2.05 สำหรับระบบโซลาร์เซลล์

แหล่งพลังงานดังกล่าวให้กำลังไฟฟ้า 120 Ah ที่แรงดัน 24 โวลต์ คิดเป็นพลังงานรวม 3.072 kWh รองรับการใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งกระแสตรง (ผ่านพอร์ต USB-A และ USB-C) และกระแสสลับ (ผ่านปลั๊กไฟ 220 โวลต์) เหมาะสำหรับการใช้งานนอกเคหสถาน เช่น หลอดไฟ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์พกพา โดยสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องสูงสุดถึง 3 วัน (ในกรณีใช้งานวันละไม่เกิน 1,000 วัตต์)

ในการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า หากใช้งานโดยชาร์จจากระบบไฟฟ้าในบ้านเพียงอย่างเดียว จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 108.70 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 1,304.41 บาทต่อปี รวมกับต้นทุนต้นแบบทั้งหมดเป็น 20,867.41 บาทต่อปี ขณะที่เครื่องปั่นไฟแบบใช้น้ำมันมีต้นทุนรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 20,988.08 บาทต่อปี เมื่อนำไปเปรียบเทียบจุดคุ้มทุน พบว่าระบบพลังงานไฟฟ้าไฮบริดแบบเคลื่อนที่สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา ประมาณ 11.9 ถึง 9.8 เดือน ขึ้นอยู่กับสัดส่วนการชาร์จจากไฟฟ้าในบ้านต่อระบบโซลาร์เซลล์ในสัดส่วน 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 ตามลำดับ

ทั้งนี้ เพื่อต่อยอดการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต งานวิจัยนี้เสนอแนวทางเพิ่มเติมด้านการปรับปรุงระบบระบายความร้อนของแบตเตอรี่ โดยอาจพิจารณาใช้วิธี ระบายความร้อนแบบพาสซีฟ (passive cooling) หรือ ระบบพัดลมควบคุมอัตโนมัติ (automatic fan control) เพื่อช่วยลดอุณหภูมิสะสมภายในชุดอุปกรณ์ และยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Onchawiang, “The use of smartphone technology for instruction,” *Journal of Education and Social Development*, vol. 13, pp. 31–45, Jul-Dec. 2017.

[2] A. Tewata and Y. Sriudom, “An experimental study on increasing efficiency of solar cell modules by flat heat pipe cooling,” *RMUTP Research Journal,* vol. 12, pp. 83–94, Jul-Dec. 2018.

[3] J. M. A. Pangan, T. R. M. Cayanan, R. J. R. Cordon, J. E. Mangalus, and J. P. M. Ruado, “Design and development of a mobile power charging station via solar and thermoelectric harvesting,” *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science,* vol. 6, no. 6, pp. 1004–1012, Jun. 2024.

[4] B. N. Abramovich, D. A. Ustinov, and W. J. Abdallah, “Development and design of a mobile power plant in the form of a standalone power supply,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1753, pp. 012006(1-29), 2021.

[5] K. S. Krishna and K. S. Kumar, “A review on hybrid renewable energy systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, pp.907-916, Dec. 2015.

[6] C. J. Lee, S.-C. Chen, and M.-C. Shie, “A portable multifunctional power box,” *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, vol. 39, no. 5, pp.565-573, Jan. 2016.

[7] S. Ma, T. Xiang, K. Hou, Z. Liu, P. Tang, and N. Qi. "Spatial–temporal optimal dispatch of mobile energy storage for emergency power supply," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 322-329, Sep. 2022.

[8] M. Saisho, T. Okamura, M. Kanazawa, T. Okuyama, and H. Morikawa, “Development of portable power supply units applying Li-ion batteries”. *in Proceedings of the IEEE*

Japan Series, Kitakyushu, Japan, 2013, pp. 793 – 798.

[9] Y. Zhang, S. Cheng, W. Mei, L Jiang, Z. Jia, Z. Cheng, J. Sun, and Q. Wang, "Understanding of thermal runaway mechanism of $LiFePO_4$ battery in-depth by three-level analysis," Applied Energy, Vol. 336, no. 15, pp. 120695, Apr. 2023.

[10] Battery University. (n.d.). *BU-205: Types of Lithium-ion*. [Online]. https://batteryuniversity.com/article/bu-205-types-of-lithium-ion [Accessed: Apr. 22, 2025].

[11] R. B. M. Nor, Advancing Electric Vehicle Battery Management: Innovative Strategies for Enhanced Performance and Longevity Practices," *AI, IoT and the Fourth Industrial Revolution Review*, vol. 13, no. 2, pp.1-14, Dec. 2023.

[12] J. Garche and A. Jossen, "Battery management systems (BMS) for increasing battery life time," *in Proceedings of the IEEE TELESCON 2000*, Dresden, Germany, 2000.

[13] S. Thongsuk and A. Ngaopitakkul, " Performance and economic analysis on rooftop PV system," *Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology*, vol. 10, no. 19, pp.157-169, Jan.-Jun. 2018.

[14] M. Schimpe, M. Naumann, N. Truong, H. C. Hesse, S. Santhanagopalan, A. Saxon, and A. Jossen, "Energy efficiency evaluation of a stationary lithium-ion battery container storage system via electro-thermal modeling and detailed component analysis," *Applied Energy*, vol. 210, no. 15, pp.211-229, Jan. 2018.

[15] P. Maneechote, T. Kueataveekul, W. Yimyong, and K. Khambanlue, " Design and deployment of Portable Multi-purpose Box by using Solar Energy" *in Proceeding of 12th Thailand Renewable Energy for Community Conference*, Naresuan University, Thailand, 2019, pp. 473–482.