

การศึกษาศมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ กับเครื่องยนต์การเกษตรเพื่อการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล

คงฤทธิ แม่นศิริ นิพนธ์ เกตุจ้อย* และฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์

Performance Study of Photovoltaic – Agriculture Engine Hybrid System for Electricity Production in Rural Areas

Kongrit Mansiri, Nipon Ketjoy* and Chatchai Sirisamphanwong

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: niponk@nu.ac.th (N. Ketjoy)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตร ซึ่งคณะวิจัยได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบภายในสวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 464 W เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางขนาด 1,000 W เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ขนาด 10 A ความจุของแบตเตอรี่ขนาด 6 kWh และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5 kW ผลการทดสอบพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ในทางทฤษฎี (Y_p) เท่ากับ 5.10 kWh/kW_p.d พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_L) เท่ากับ 4.58 kWh/kW_p.d พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_f) เท่ากับ 3.43 kWh/kW_p.d สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PR) มีค่าเท่ากับ 0.67 Solar Fraction มีค่าเท่ากับ 65 % จากการศึกษาพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน สามารถประยุกต์ใช้ใน พื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ได้

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เซลล์แสงอาทิตย์ การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์การเกษตร

Abstract

The objective of this research is evaluation of the photovoltaic (PV) hybrid system between solar cell with Farmer Diesel Engine which is designed and installed at School of Renewable Energy Technology, Naresuan University. The photovoltaic-agriculture engine hybrid system consists of 464 W of PV modules, 1,000 W of bi-directional inverter, 10 A and 48 V of charge controller, 6 kWh of battery capacity and 5 kW of diesel generator driven by farmer engine. The results of research are shown that, the average solar radiation was 5.1 kWh/m².d, the electrical energy output from PV array was 2.1 kWh/d, the average temperature of PV modules was 45.30 °C and the average ambient temperature was 36.60 °C. The technical evaluation results were shown that the reference yield equal 5.10 kWh/kW_p.d, the array yield equal 4.58 kWh/kW_p.d, the final yield equal 3.41 kWh/kW_p, the system loss equal 0.53 kWh/kW_p, the capture loss equal 1.17 kWh/kW_p, the performance of system equal 0.67 and the solar fraction equal 65%. From the results of research the PV hybrid system are able to utilize in rural area and area lacking electricity.

Keywords: Photovoltaic; PV hybrid system; Electricity production by Farmer diesel engine



บทนำ

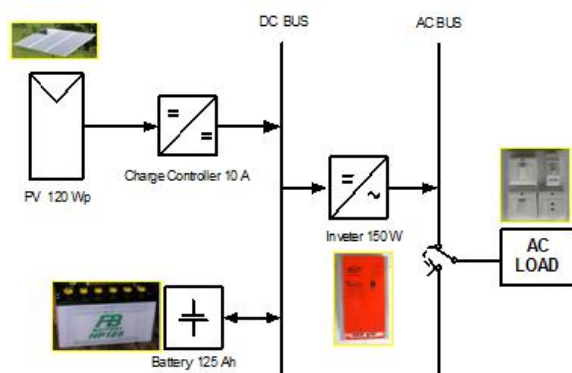
นโยบายภาครัฐต้องการให้ประชาชนมีไฟฟ้าใช้ครบทุกครัวเรือนในทุกๆ พื้นที่ของประเทศ โดยมอบหน้าที่ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคดำเนินการขยายระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อให้บริการไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง จนครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 99 เหลือเพียงร้อยละ 1 ที่เป็นหมู่บ้านห่างไกลระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปริมาณน้อย เทคโนโลยีบ้านพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับกรณีนี้ ในปี พ.ศ.2547 รัฐบาล จึงเร่งรัดและดำเนินการขยายบริการไฟฟ้าให้ครอบคลุมทั่วประเทศด้วยการทำโครงการติดตั้งระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ หรือที่เรียกว่า Solar Home System จำนวนกว่า 2 แสนหลังคาเรือน (คณะกรรมการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน วุฒิสภา, 2548) แต่จากข้อมูลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตภาคเหนือตอนล่างในปี พ.ศ.2550 ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร และจากข้อมูลหัตถ์ภูมิการสำรวจระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ของหน่วยงานอื่นๆ พบว่า ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่สามารถตอบสนองผู้ใช้ไฟฟ้าบางรายได้ เนื่องจากบางช่วงเวลามีความจำเป็นต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าเกินกว่าพิกัดของระบบ คือ หลอดไฟ 2 หลอด และโทรทัศน์ขนาด 14 นิ้ว 1 เครื่อง (นิพนธ์, 2549) จึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอื่นๆ มาเสริมในช่วงเวลาดังกล่าว โดยระบบต้องมีคุณสมบัติใช้งานง่าย มีค่าใช้จ่ายต่ำ และสามารถนำเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่มีอยู่ในครัวเรือนหรือท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตรเพื่อการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล โดยนำเครื่องยนต์การเกษตรมาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าร่วมกับระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ตามโครงการข้างต้น เพื่อให้มีปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการและมีสมรรถนะสูงขึ้น

ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ตามนโยบายรัฐบาลที่ได้ติดตั้งให้กับครัวเรือนไม่มีไฟฟ้าใช้เป็นระบบขนาดเล็กประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 W จำนวน 1 แผง เครื่องประจุและแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 120 W แบตเตอรี่ 12 V ขนาด 125 Ah จำนวน 1 ลูก แสดงเป็นภาพไดอะแกรมเส้นเดียวและการติดตั้งใช้งาน ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 การทำงานของระบบ ฯ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์รับพลังงานแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ด้วยเครื่องประจุและแปลงกระแสไฟฟ้า และในเวลากลางคืนหรือต้องการใช้ภาระทางไฟฟ้าตามพิกัด แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าด้วยเครื่องประจุและแปลงกระแสไฟฟ้า แต่ถ้าในช่วงเวลากลางวันวันใดวันหนึ่งไม่มีแสงอาทิตย์หรือมีน้อย พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตและประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่จะมีปริมาณต่ำ หรือถ้าในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งต้องการใช้ปริมาณไฟฟ้ามากกว่าพิกัดระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ตามโครงการจะไม่สามารถตอบสนองได้

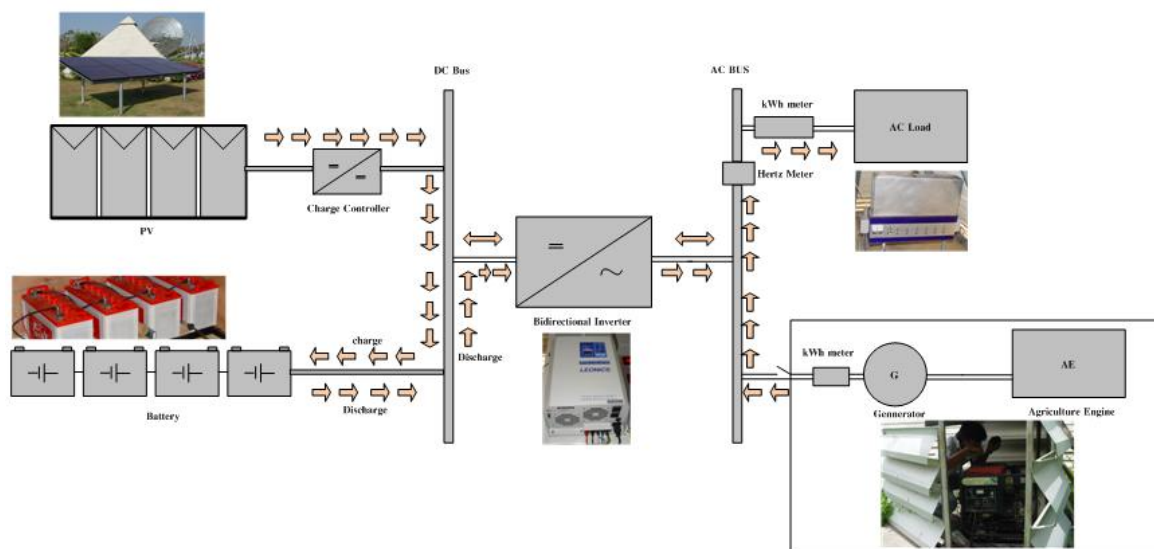


รูปที่ 1 ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์

แนวคิดในการรวมระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์เพื่อการเกษตรเพื่อการผลิตไฟฟ้า

ระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่รัฐบาลติดตั้งให้ประชาชนนั้นเป็นระบบขนาดเล็ก สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างจำกัด ดังนั้นหากครัวเรือนใดที่มีเครื่องยนต์การเกษตรอยู่แล้วก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่เดิม โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC generator) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (Bi-directional inverter) ซึ่งจะทำให้ชาวบ้านมีไฟฟ้าใช้เพียงพอและระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หลักการทำงานของระบบคือ ในเวลากลางวันสามารถนำเครื่องยนต์การเกษตรที่มีอยู่ไปใช้งานตามปกติ และในตอนเย็นนำเครื่องยนต์การเกษตรมาเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้งอยู่แบบถาวร และในกรณีที่ต้องการใช้ไฟฟ้าสูงเกินขีดของระบบฯ ก็สามารถเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้หลากหลายมากขึ้น เพราะไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นสามารถช่วยให้ภาระทางไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงได้ เช่น หม้อหุงข้าว และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกประจุเข้าแบตเตอรี่ โดยมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางเป็นอุปกรณ์ควบคุม ส่วนประกอบและหลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานฯ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตร

ต้นแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตรที่พัฒนาขึ้น

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตรเป็นระบบที่พัฒนาจากจุดเด่นและจุดด้อย ของระบบบ้านพลังงาน

แสงอาทิตย์และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องย่นดีเซล ซึ่งระบบฯ ที่ใช้ในการทำงานวิจัยติดตั้งอยู่ภายในสวนพลังงานวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร มีส่วนประกอบหลักของระบบฯ ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 3

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ทำวิจัย	ขนาด
1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน	400 W
2) เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่	20 A
3) แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดทั้งหมด 4 ลูก	6 kWh
4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง	1,000 W
5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมเครื่องย่นการเกษตร	5 kW
6) ภาระทางไฟฟ้าแบบปรับค่าได้	1 Set
7) ระบบตรวจวัดและบันทึกข้อมูล	1 Set



รูปที่ 3 ต้นแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นดการเกษตร

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลขนาด 5 kW ผลิตไฟฟ้าแทนการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องย่นดการเกษตร ซึ่งการผลิตไฟฟ้าทั้งสองแบบมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องย่นดดีเซลแทน

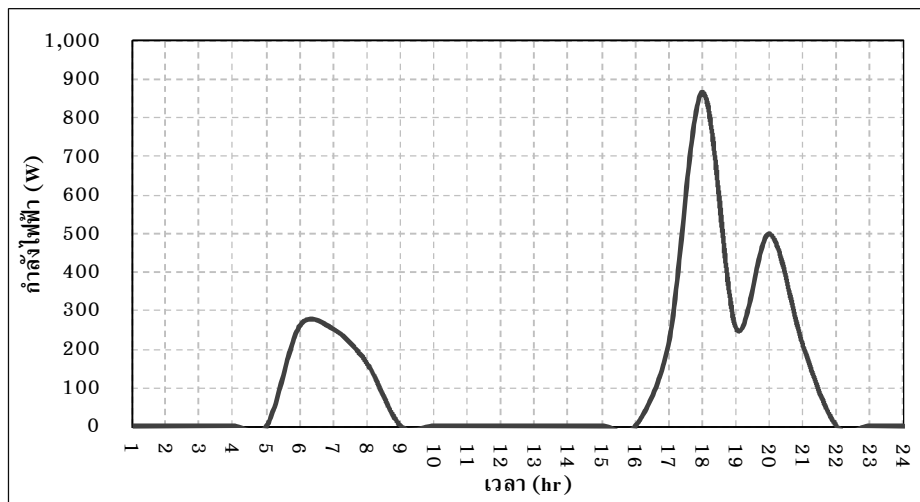
วิธีดำเนินงานวิจัย

คณะวิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นดการเกษตร หลังจากติดตั้งระบบต้นแบบแล้วเสร็จทำการทดสอบสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบฯ โดยได้ออกแบบลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load profile) เป็น 3 กรณีครอบคลุมลักษณะการใช้ไฟฟ้าของประชาชนในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เมื่อทดสอบสมรรถนะของระบบแล้วเสร็จ

จากนั้นวิเคราะห์และประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบฯ

ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) ทั้ง 3 กรณี

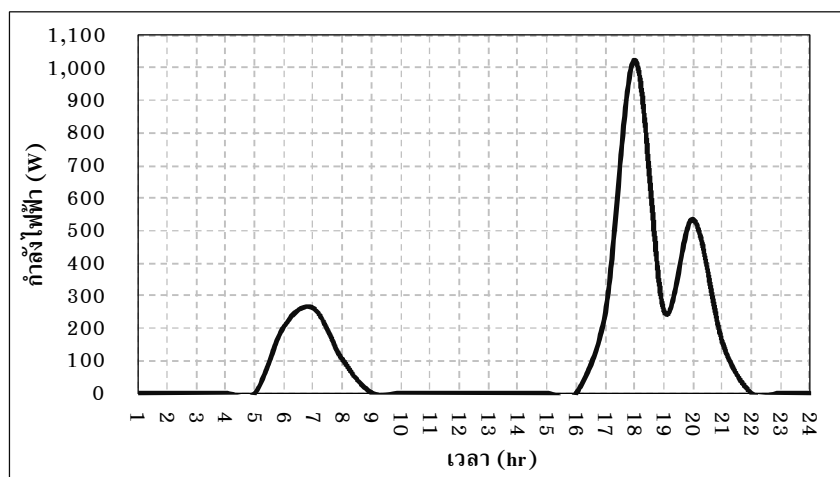
กรณีที่ 1 เริ่มใช้งานภาระทางไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 5.00 น. - 9.00 น. ในตอนเช้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ประมาณ 260 W (สามารถใช้หลอดไฟแสงสว่าง โทรทัศน์ พัดลม เป็นต้น) ส่วนช่วงเวลาที่ใช้งานภาระทางไฟฟ้ามากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 16.00 น. - 22.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 865 W (สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงได้ เช่น หม้อหุงข้าว หลอดไฟ และ พัดลม แต่กำลังไฟฟ้าสูงสุดรวมกันต้องไม่เกิน 1,000 W) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1 แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การใช้งานภาระทางไฟฟ้าในกรณีที่ 1

กรณีที่ 2 เริ่มใช้งานภาระทางไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 5.00 น. – 9.00 น. ในตอนเช้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ประมาณ 260 W ช่วงเวลาที่ใช้งานภาระทางไฟฟ้ามากที่สุดอยู่ใน

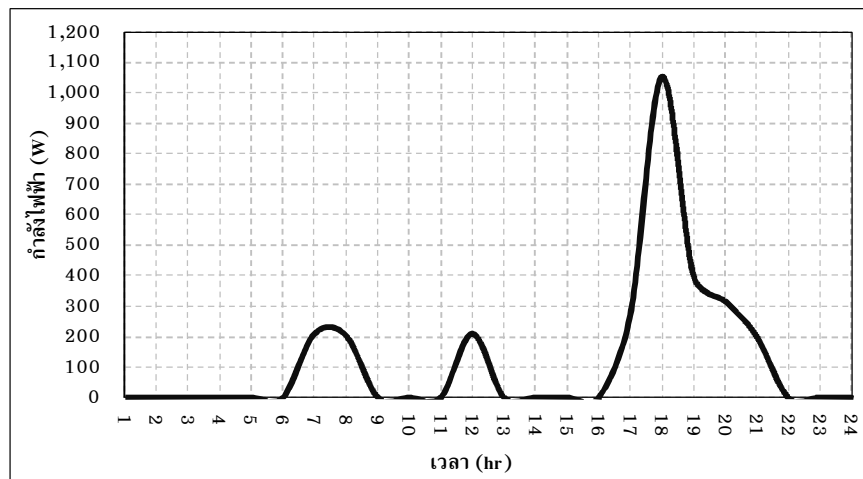
ช่วงเวลา 16.00 น. – 22.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,025 W ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การใช้งานภาระทางไฟฟ้าในกรณีที่ 2

กรณีที่ 3 เริ่มใช้งานภาระทางไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 6.00 น. – 9.00 น. ในตอนเช้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้คือ 200 W มีการใช้งานภาระทางไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 12.00 น. – 13.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

ประมาณ 200 W และช่วงเวลาที่ใช้งานภาระทางไฟฟ้ามากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 16.00 น. – 22.00 น. ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 1,050 W ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 6

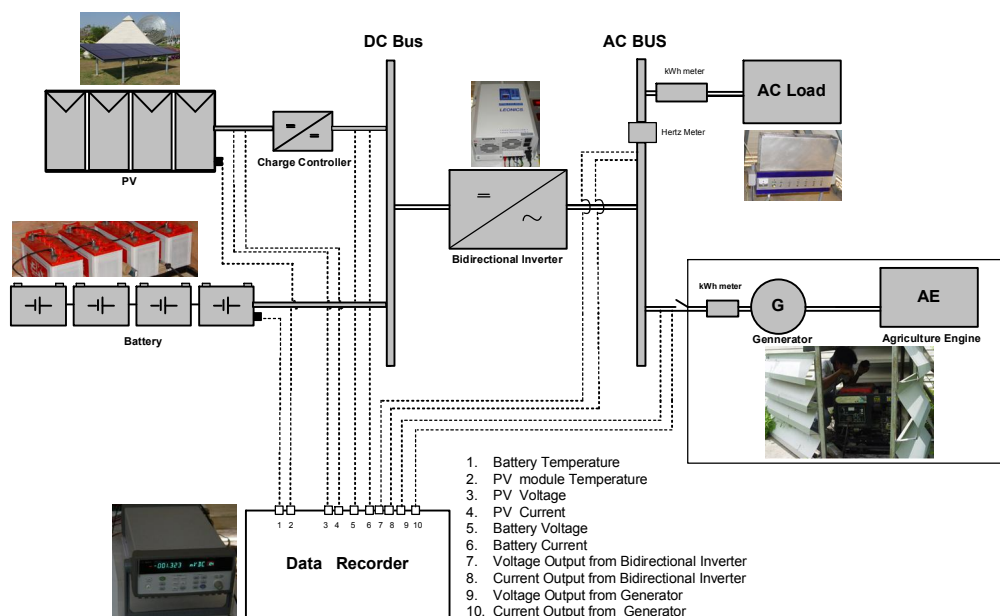


รูปที่ 6 การใช้งานภาระทางไฟฟ้าในกรณีที่ 3

การประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

การประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตร จะใช้ Load profile ที่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยระบบจะทำงานต่อเนื่องตลอด

24 ชั่วโมง และทำการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของระบบทุกๆ 5 นาที ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของระบบ และลักษณะการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 7 และตารางที่ 2 ซึ่งในการทดลองจะแบ่งออกเป็นกรณีตามลักษณะของการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 7 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตร



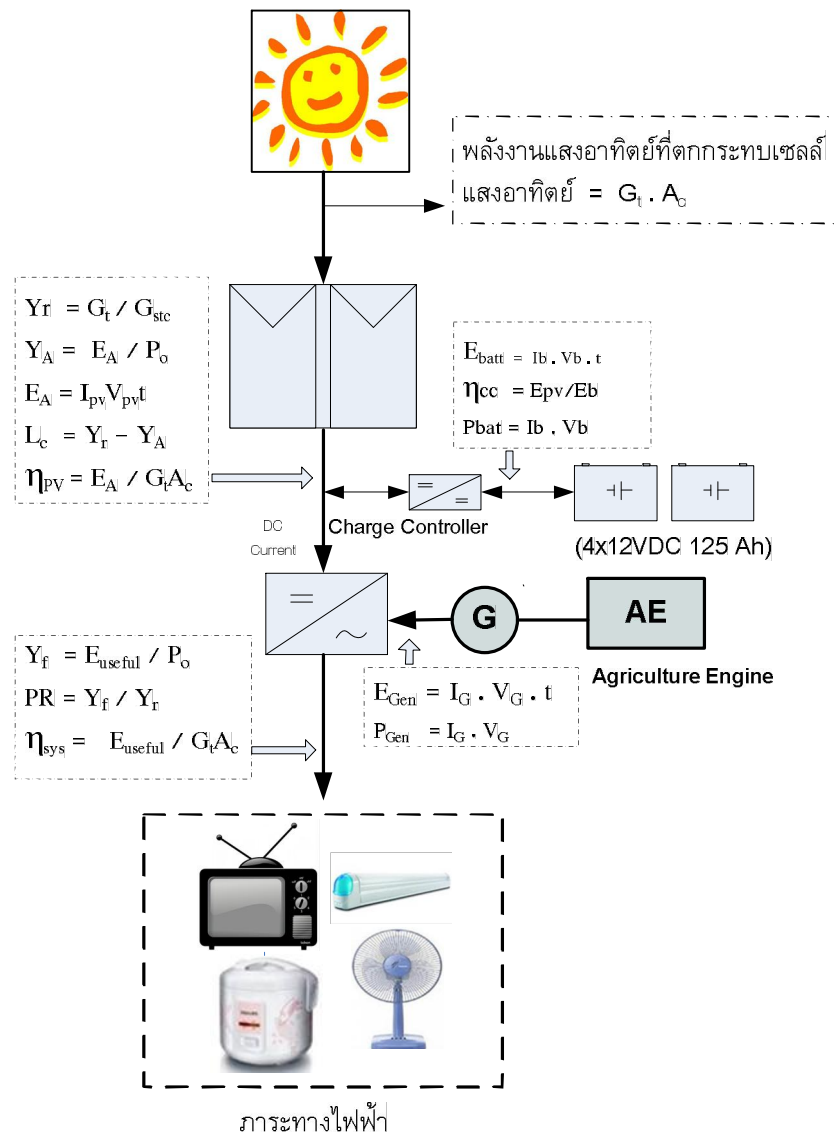
ตารางที่ 2 ตัวแปรและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ตัวแปรที่ทำการศึกษาวิจัย	สัญลักษณ์
แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	V_{pv}
กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	I_{DC}
แรงดันไฟฟ้ากระแส	V_{AC}
กระแสไฟฟ้ากระแส	I_{AC}
กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	P_{pv}
อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	T_m
อุณหภูมิแบตเตอรี่	T_{Batt}
อุณหภูมิห้องทดสอบ	T_r
อุณหภูมิภูมิสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}C$)	T_{amb}
พลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	E_{pv}
พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า	E_{load}
ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์	G_t
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield)	Y_A
พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	E_A
กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	P_O
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield)	Y_r
ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบ	G_{stc}
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield)	Y_f
พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำไปใช้งานจริง	E_{useful}
พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Capture Losses)	L_c
พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses)	L_s
สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio)	PR
ประสิทธิภาพเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่	η_{cc}
ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	η_{pv}
ประสิทธิภาพของระบบ	η_{sys}

วิธีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ในการวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic

Systems (IEA PVPS Task 2) (นิพนธ์ และคงฤทธิ, 2553; นิพนธ์ และวัฒนพงษ์, 2544; Achitpon, 2006; Kritwiput, 2007; ณัฐภูมิ, 2552; อำนาจ, 2553) ขั้นตอนและวิธีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบแสดงดังรูปที่ 8 (คงฤทธิ และนิพนธ์, 2553)



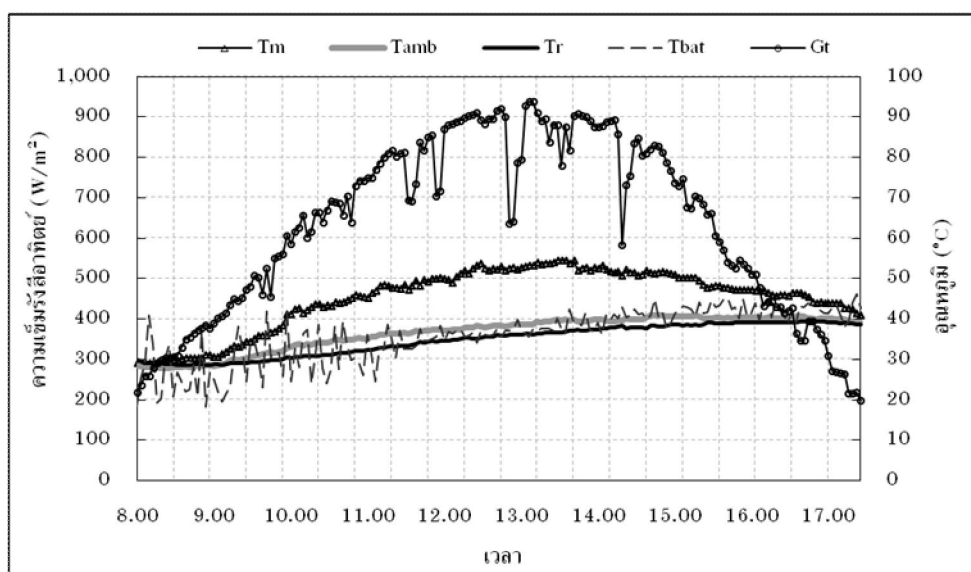
รูปที่ 8 ขั้นตอนและวิธีการประเมินสมรรถนะทางเทคนิคของระบบ ฯ



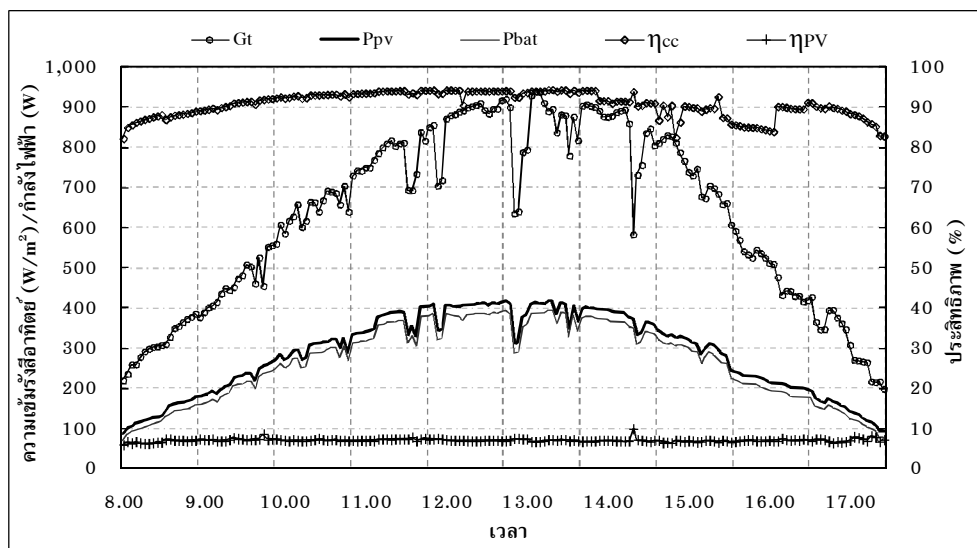
สมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องยนตการเกษตร

จากการศึกษาพบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันในช่วงที่ทำการทดลองมีค่า $5.10 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{d}$ อุณหภูมิแวดล้อมบริเวณติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดช่วงการทดลองเท่ากับ 36.6°C อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลาทำการทดสอบ 45.3°C อุณหภูมิแบตเตอรี่เฉลี่ยมีค่า 36.0°C (T_{bat}) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องควบคุมเท่ากับ 34.8°C แสดงดังรูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลิตได้ และกำลังไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 10 พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แปรผันตรงกับความเร็วลมที่วัดได้ จากการทดสอบพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 2.12 kWh/d พลังงานไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.94 kWh/d เกิดการสูญเสียพลังงานในเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เฉลี่ย 0.19 kWh/d ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 7.2 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เฉลี่ยเท่ากับ 90.74 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_t , T_m , T_{amb} , T_r , และ T_{bat}



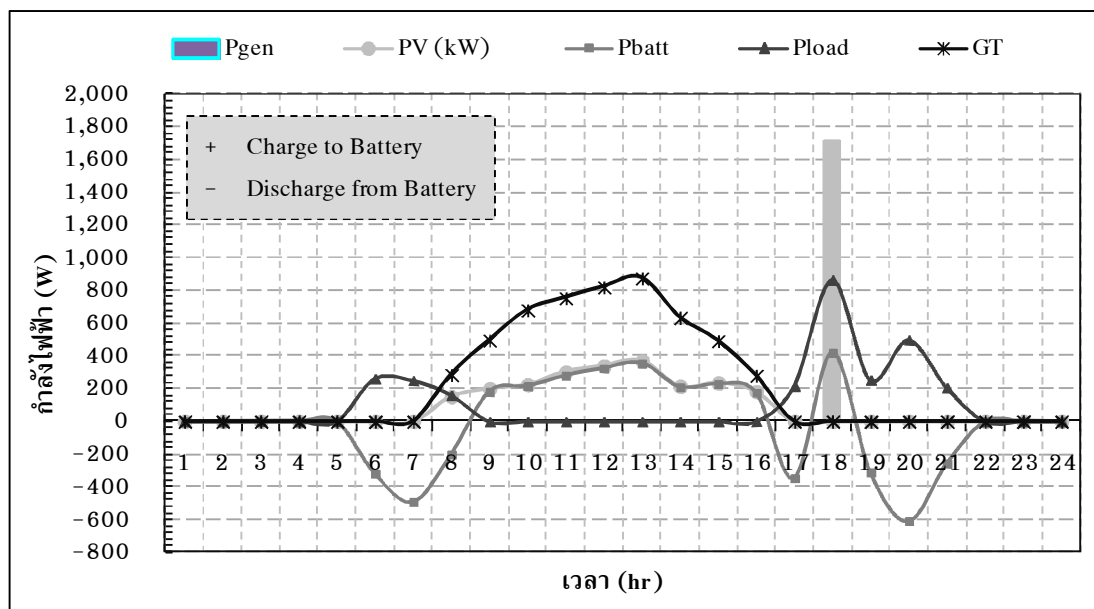
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง G_t , P_{pv} , P_{bat} , η_{cc} และ η_{pv}

การวิเคราะห์ระบบโดยรวมตลอดช่วงการทดสอบตามการใช้งานภาระทางไฟฟ้าทั้ง 3 กรณี

กรณีที่ 1

การวิเคราะห์โดยรวมตลอดช่วงการทดสอบเป็นการวิเคราะห์ภาพรวมการทำงานของระบบตลอดทั้งวัน ประกอบด้วย กรณีการประจุแบตเตอรี่ (Charging Mode) ในเวลากลางวัน กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน (Generator Operating Mode) และกรณีการจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า (Discharge Mode) ซึ่งการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 3 กรณี ตามการจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า ผลการทดสอบพบว่า ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ

5.32 kWh/m².d จากค่าพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าว เซลล์แสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 2.21 kWh/d สามารถประจุในแบตเตอรี่เท่ากับ 1.76 kWh/d ในเวลากลางคืนภาระทางไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางเป็นอุปกรณ์ควบคุมพลังงานที่ภาระทางไฟฟ้าใช้ทั้งหมดเท่ากับ 2.71 kWh/d แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ภาระทางไฟฟ้าเท่ากับ 1.42 kWh/d คิดเป็น 68.11 % ของภาระทางไฟฟ้า ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้ภาระทางไฟฟ้าเท่ากับ 0.86 kWh/d คิดเป็น 31.89 % ของภาระทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 11



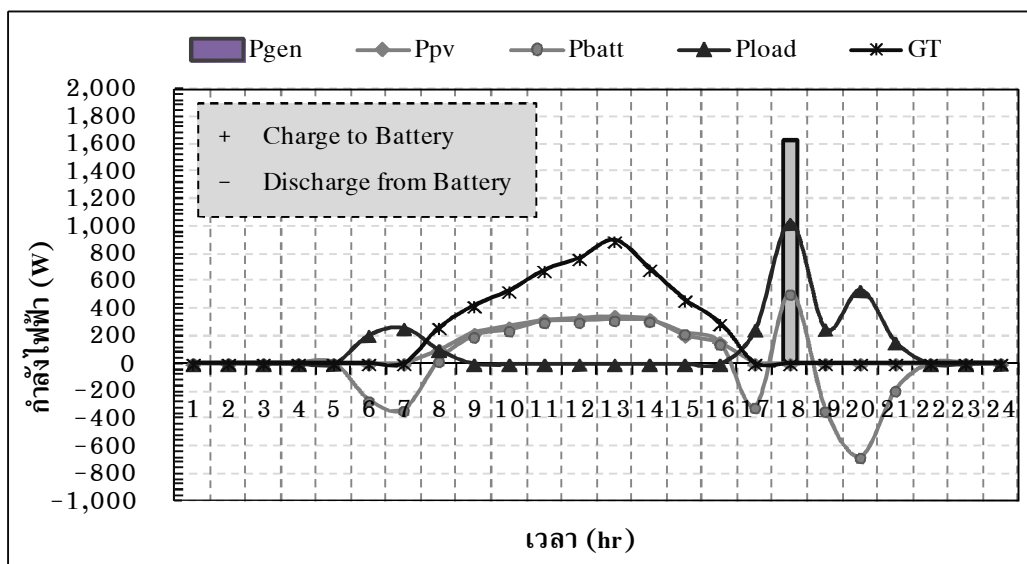
รูปที่ 11 ลักษณะการทำงานของระบบที่ตอบสนองการใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 1

จากรูปที่ 11 พบว่าในเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Pbatt) จะมีค่าเป็นบวก แต่ในกรณีที่จ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า Pbatt จะมีค่าเป็นลบและในช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน (Pgen) เวลา 17.00 น. – 18.00 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลานี้ระบบจะสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงได้เช่น หม้อหุงข้าว เป็นต้น

กรณีที่ 2

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ $4.98 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{d}$ จากค่าพลังงาน

แสงอาทิตย์ดังกล่าวเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 2.06 kWh/d สามารถประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่เท่ากับ 2.61 kWh/d แบตเตอรี่และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2.78 kWh/d โดยแบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าเท่ากับ 1.76 kWh/d คิดเป็น 63.24% และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าเท่ากับ 1.02 kWh/d คิดเป็น 36.76% ดังแสดงในรูปที่ 12



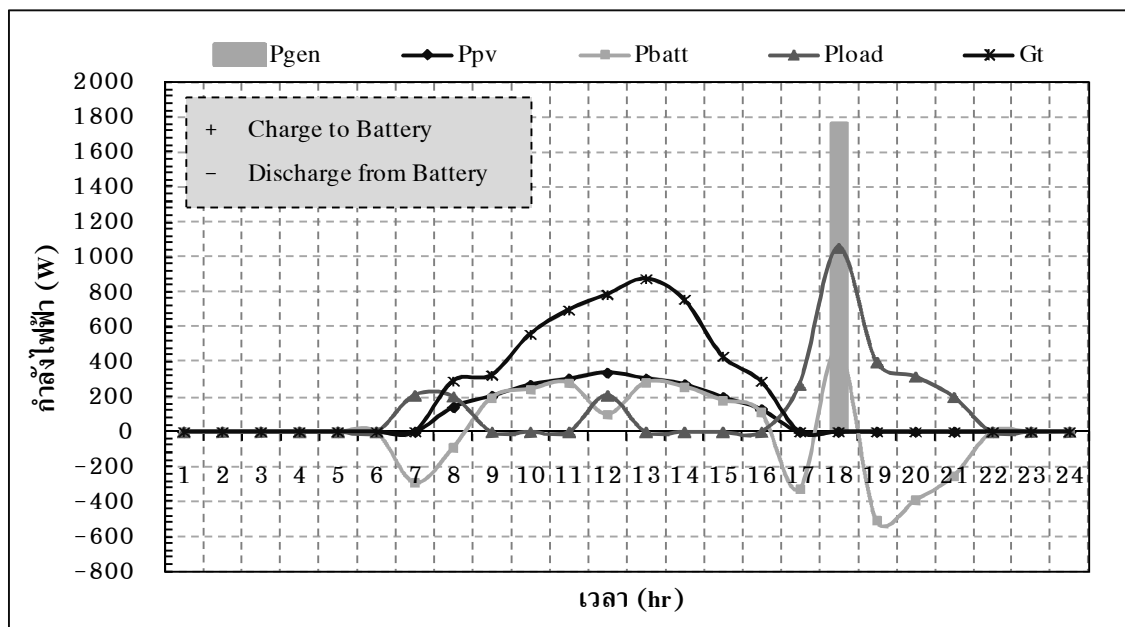
รูปที่ 12 ลักษณะการทำงานของระบบที่ตอบสนองการใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 2

จากรูปที่ 12 พบว่าลักษณะการทำงานของใกล้เคียงกับกรณีที่ 1 แต่จะมีการใช้ไฟฟ้าที่สูงกว่าจากผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตรสามารถที่จะตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าตาม Load profile ในกรณีที่ 2 ได้

กรณีที่ 3

ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ $5.01 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{d}$ ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 2.16 kWh/d สามารถประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่เท่ากับ 1.55 kWh/d ในเวลากลางคืนภาระทางไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2.88 kWh/d แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.33 kWh คิดเป็น 63.20% เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟฟ้าเท่ากับ 1.05 kWh คิดเป็น 36.80%



รูปที่ 13 ลักษณะการทำงานของระบบที่ตอบสนองการใช้ไฟฟ้าในกรณีที่ 3

รูปที่ 13 พบว่าลักษณะการทำงานใกล้เคียงกัน Load profile ในกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 แต่มีการใช้ภาระทางไฟฟ้าในเวลากลางวันเวลา 11.00 น. – 13.00 น. และมีการใช้ภาระทางไฟฟ้าในช่วงเวลา 17.00 น. – 18.00 น. สูงถึงประมาณ 1,050 W ในช่วงเดียวกับที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน จากการวิเคราะห์และการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนตการเกษตรพบว่า ระบบสามารถที่จะตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าตาม Load profile ในกรณีที่ 3 ได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเทคนิคทั้งหมดพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย (Y_p) มีค่าเท่ากับ $5.10 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{d}$ สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานฯ (PR) เฉลี่ยเท่ากับ 0.67 Solar fraction เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_f) มีค่าเท่ากับ $3.43 \text{ kWh/kW}_p \cdot \text{d}$ ตัวแปรทางด้านเทคนิคที่แสดงถึงสมรรถนะต่างๆ ของระบบฯ ทั้ง 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมรรถนะทางเทคนิคของระบบฯ

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	ค่าเฉลี่ย
พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (E_{pv} , kWh)	2.22	1.99	2.16	2.12
พลังงานไฟฟ้าที่ภาระทางไฟฟ้า (E_{load} , kWh)	2.85	2.79	2.96	2.86
พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องกำหนดไฟฟ้าผลิตได้ (kWh/d)	1.28	1.51	1.52	1.44
พลังงานแสงอาทิตย์ (G_t , kWh/m ² .d)	5.31	4.98	5.01	5.10
พลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้งานจริง (E_{pvuse} , kWh/d)	1.61	1.53	1.63	1.59
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_a , kWh/kW _p .d)	4.78	4.29	4.66	4.58
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Y_t , kWh/kW _p .d)	5.31	4.98	5.01	5.10
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_f , kWh/kW _p .d)	3.47	3.30	3.50	3.43
พลังงานสูญเสียในเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c , kWh/kW _p .d)	0.54	0.69	0.36	0.53
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบ (L_s , kWh/kW _p .d)	1.31	0.99	1.15	1.15
สมรรถนะของระบบ (Performance Ratio, PR)	0.65	0.66	0.70	0.67
สัดส่วนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar fraction, (%))	68.11	63.24	63.20	64.66

สรุปผลการวิจัย

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตรเป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ จากการทดสอบสมรรถนะทางเทคนิคของระบบต้นแบบฯ พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานฯ มีค่าเฉลี่ยสมรรถนะ (PR) เท่ากับ 0.67 ซึ่งถือว่ามีความสูงสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ และมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เท่ากับ 65% กล่าวคือ ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าร้อยละ 65 ผลิตมาจากเซลล์แสงอาทิตย์และร้อยละ 35 ผลิตมาจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องย่นการเกษตร ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานฯ ที่พัฒนาขึ้นจะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้เฉลี่ยวันละ 3.43 kWh/d (เดือนละประมาณ 102 หน่วย) และสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงได้ เช่น หม้อหุงข้าว ซึ่งต่างจากระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขีดจำกัดในการผลิตไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นหากมีการส่งเสริมและนำรูปแบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานฯ ไปใช้จะช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ให้สูงขึ้นได้ และประชาชนในพื้นที่

ห่างไกลที่มีระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์สามารถปรับเปลี่ยนเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นการเกษตรจะสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถใช้ไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) คณะผู้ดำเนินงานวิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างยิ่งและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

คงฤทธิ์ แม้นศิริ และนิพนธ์ เกตุจ้อย. (2553). การศึกษาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(1), 40 – 54.

คณะกรรมการการการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงานวุฒิสภา. (2548). รายงานการศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์แสงแดดไทย. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.



ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด, ฐิติพร เจาะจง และนิพนธ์ เกตุจ้อย. (2552). การศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้รายปีภายใต้สภาวะการใช้งานจริง. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 1, 44 – 49.

นิพนธ์ เกตุจ้อย และคงฤทธิ์ แม่นศิริ. (2553). การศึกษาสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาด 6.52 กิโลวัตต์. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18 (3), 27–35.

นิพนธ์ เกตุจ้อย และคณะ. (2549). การประเมินศักยภาพระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตภาคเหนือตอนล่าง (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นิพนธ์ เกตุจ้อย และวัฒนพงษ์ รัชชวีเชียร. (2544). การประเมินความเหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร*, 9(2), 16–28.

อำนาจ จิมทวี และนิพนธ์ เกตุจ้อย. (2553). การทดสอบและประเมินสมรรถนะเบื้องต้นของระบบโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็ก. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 2, 30 – 50.

Achitpon S., Wattanapong R., Nipon K. & Suchart Y. (2006). Design and testing of a 10 kWp PV prototype for Future Community Grid Adapted for remote area in Thailand. *International Journal of Renewable Energy*, 33–43.

Achitpon S., Wattanapong R., Nipon K. & Suchart Y. (2007). Performance evaluation of a 10 kWp PV power system prototype for isolate building in Thailand. *Renewable energy journal*, 32(8), 1288–1300.

Kritwiput P., Nipon K., Wattanapong R. & Suchat Y. (2007). Performance of a-Si, p-Si, and HIT PV technology comparison under tropical wet climate condition. *International journal of renewable energy*, 2, 23 – 34.