การออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าผสมผสาน สำหรับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์

Design and Analysis of PV Hybrid System for Household Electrification

บุญยัง ปลั่งกลาง, วันชัย ทรัพย์สิงห์, สมชัย หิรัญวโรดม
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 0-254-93420 โทรสาร 0-2549-342 E-mail: pboonyang@hotmail.com

บทคัดย่อ—บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์จะจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดโดยตรงและเก็บพลังงานที่เหลือไว้ที่แบตเตอร์รี่ซึ่งจะสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านที่อยู่อาศัยตลอดเวลาและถ้าไฟฟ้าจากแบตเตอร์รี่หมด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะเป็นตัวจ่ายไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ โดยการออกแบบระบบเพื่อจะจ่ายไฟฟ้าให้กับที่อยู่อาศัยซึ่งมีโหลดที่จำเป็นคือ ทีวี ตู้เย็น พัดลม กาต้มน้ำ หม้อหุงข้าว จากการออกแบบระบบที่นำเสนอในบทความนี้ได้ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์พิกัดขนาด 1.8 kWp แบตเตอร์รี่ขนาด 20 kWh และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลขนาด 3 kW ระบบไฟฟ้าผสมผสานที่ออกแบบจะถูกควบคุมแบบอัตโนมัติและติดตั้งระบบวัดบันทึกและแสดงผลพลังงานที่ได้จากระบบทั้งหมด ผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการ Simulation และจากการสร้างและติดตั้งระยะเวลา 6 เดือนเต็ม ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการทำงานของระบบเป็นไปตามที่ออกแบบ การออกแบบถูกต้องและเหมาะสม ระบบสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับที่อยู่อาศัยได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

Abstract—This paper describes a design method and construction of a PV hybrid system for a household electrification in remote area which has the important electrical load for daily life such as Television, Refrigerator, Electric Fan, coffee maker, and radio. The paper shows the design method which is a short and effective method for the PV design. The design is simulated by software to prove the method. The simulation is proved that the method is correct for this design. The construction is done accordingly to the design. A prototype house is constructed specially for demonstration of the system. The PV hybrid system is designed and constructed inside the house which has a 1.8 kWp, 20 kWh of Battery, and 5 kW of diesel Generator. The results of the system shows that the designed PV hybrid system can deliver the power to the house continually 24 hours this can ensure that the proposed PV hybrid system is correctly designed and can be used for utility in the remote area where has no an electric grid.

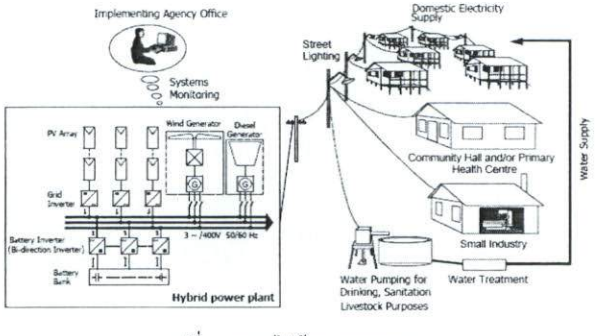
Keywords—Hybrid, PV, Monitoring System

1. คำนำ

พลังงานถือว่าเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศให้พัฒนาก้าวหน้า แต่ในสภาวะ ปัจจุบันพลังงานที่ใช้อยู่เข้าสู่สภาวะขาดแคลน ทำให้มีราคาสูงซึ่งส่งผลโดยตรงกับการพัฒนาประเทศ พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆ ได้ถูกคิดค้นและนำมาใช้เพื่อทดแทนพลังงานจากแหล่งหลัก เช่นพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น พลังงานทดแทนต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่างๆ แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ยังไม่มีฐานข้อมูลที่จะนำข้อมูลทางสภาพแวดล้อม เช่นความเข้มแสง ความเร็วลม มาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ และความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากพลังงานทดแทนไม่ได้มีตลอดเวลา การสร้างระบบพลังงานทดแทนผสมผสานจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ในบทความนี้ จึงได้ออกแบบระบบไฟฟ้าผสมผสานขึ้นเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับที่อยู่อาศัยที่มีโหลดที่จำเป็นทางไฟฟ้า ระบบได้ออกแบบและติดตั้ง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. หลักการในการออกแบบระบบ

ระบบไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบที่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดได้ตลอดเวลาระบบที่ออกแบบจะเน้นการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งหลัก ดังนั้นการออกแบบจะเป็นการ นำพลังงานแสงอาทิตย์มาจ่ายโหลดโดยตรงและเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้กับแบตเตอร์รี่เพื่อใช้ในเวลากลางคืน นอกจากนี้จะมีระบบวัดบันทึกแสดงผลทำหน้าที่สังเกต การทำงานของระบบแบบ Real-time ซึ่งเปรียบเสมือนผู้ดูแลว่าระบบการผลิต ไฟฟ้าดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ โดยปกติควรจะเฝ้าสังเกต การทำงานของการผลิตไฟฟ้าทุกวันและสามารถรายงานผลการผลิตได้ทั้งในรูปแบบของข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะเก็บลงในระบบ คอมพิวเตอร์ ภาพรวมของระบบไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสานแสดงดังรูปที่ 1

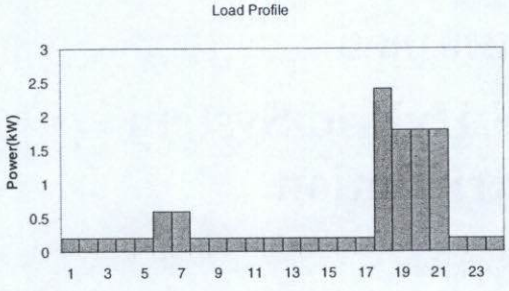


รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสาน

3. การออกแบบ

จากหลักการของระบบที่นำเสนอ ดังนั้นการออกแบบจะต้องครอบคลุมระบบทั้งหมดรวมทั้งระบบวัดและบันทึกผล ข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้นคือขนาดของโหลดและข้อมูลการใช้พลังงานของโหลดในแต่ละช่วงเวลาซึ่งใน

บทความนี้ได้นำเสนอโหลดสำหรับที่อยู่อาศัยในชนบทที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นดังกล่าวมาแล้วดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โหลดไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยที่พิจารณา

จากนั้นนำค่าโหลดดังกล่าวนี้มาคำนวณเพื่อหาค่าขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ P_{peak} ดังสมการที่นำเสนอคือเริ่มจากประสิทธิภาพของระบบซึ่งเป็นดังสมการ (1) จากนั้นก็นำสมการจากการประมาณการทางทฤษฎีและปฏิบัติมาหาค่าพลังงานที่เกิดจากแสงอาทิตย์ (2,3) ซึ่งจะได้สมการในการคำนวณหาค่าขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ดังสมการที่ (6)

$$Q = \frac{E_{el}}{E_{th}} \quad (1)$$

$$E_{th} = \eta \cdot E_{glob} \cdot A_{array} \quad (2)$$

$$P_{peak} = \eta \cdot I_{STC} \cdot A_{array} \quad (3)$$

$$E_{th} = P_{peak} \cdot \frac{E_{glob}}{I_{STC}} \quad (4)$$

$$Q = \frac{E_{el}}{E_{glob} \cdot P_{peak}} \cdot I_{STC} \quad (5)$$

$$P_{peak} = \frac{E_{el} \cdot I_{STC}}{E_{glob} \cdot Q} \quad (6)$$

เมื่อ P_{peak} = peak power of the PV array under STC [kW_p]

E_{el} = real electric output energy of the system [kWh/a]

I_{STC} = incident solar radiation under STC [1 kW/m^2]

E_{glob} = annual global solar radiation [kWh/m^2a]

Q = quality factor of the system

E_{th} = theoretical output energy of the system [kWh/a]

η = efficiency of the PV array [decimal]

A_{array} = area of the PV array [m^2]

สมการที่ (6) เป็นสมการที่นำเสนอ (เพื่อเป็นเกียรติกับผู้ให้ความรู้ของผู้เขียนขอเรียกสูตรนี้ว่า ชมิดส์ ฟอมูล่า) สามารถนำค่าประสิทธิภาพของระบบมาหาแทนค่าในสูตรได้ซึ่งค่าประสิทธิภาพของระบบเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่า Quality factor of the system ที่ใช้กับระบบผลิไฟฟ้าแบบผสมผสาน

Component/System	Q
PV module (Crystalline)	0.85…0.95
PV array	0.80…0.90
PV system (Grid-connected)	0.60…0.75
PV system (Stand-alone)	0.10…0.40
Hybrid system (PV/Diesel)	0.40…0.60

เมื่อเราทราบค่า P_{peak} ของเซลล์แสงอาทิตย์จากการคำนวข้างต้นแล้ว ลำดับต่อไปเราจะนำค่า P_{peak} ไปใช้ในการคำนวณหาขนาดความจุของแบตเตอรี่ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7

$$CB = 10 \times P_{peak} \quad (7)$$

เมื่อ P_{peak} = peak power of the PV array under STC [kW_p]

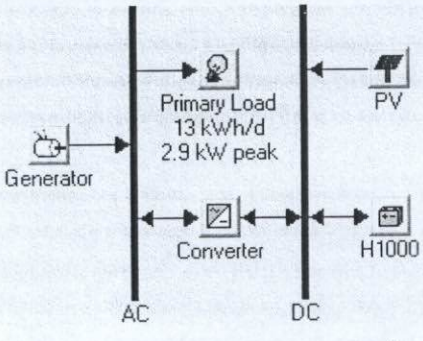
CB = battery capacity [kWh]

เมื่อได้ขนาดแบตเตอรี่แล้วก็สามารถเลือกขนาดแรงดันแบตเตอรี่ได้โดยสามารถที่จะเลือกระดับแรงดันแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับพิกัดโหลดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระดับแรงดันของแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของระบบ [3]

Mean daily energy consumption [kWh/d]	Peak power for minutes [kW]	Peak power for seconds [kW]	System voltage not below [V]
0…4	0.0…1.0	0.0…2.0	12
2…6	1.0…2.0	2.0…4.0	24
4…12	2.0…4.0	4.0…8.0	48
8 and more	4.0…8.0	8.0…16.0	96

เมื่อคำนวณค่าต่างๆได้แล้วก็นำมาวิเคราะห์โดยการ Simulationโปรแกรมที่ใช้ได้แก่ Homer เพื่อประเมินการทำงานของระบบดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการใช้โปรแกรม Homer จำลองระบบที่ออกแบบ

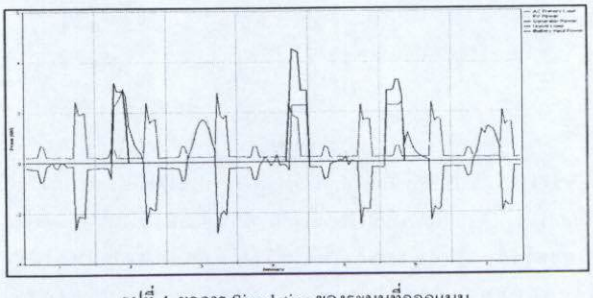
จากการออกแบบและประเมินผลทางโปรแกรมได้ขนาดระบบคือ

PV = 1.8 kWp

Diesel Generator = 3kW

Battery = 20 kWh

จากผลการ Simulation ระบบที่ออกแบบสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างมีเสถียรภาพ ดังรูปที่ 4

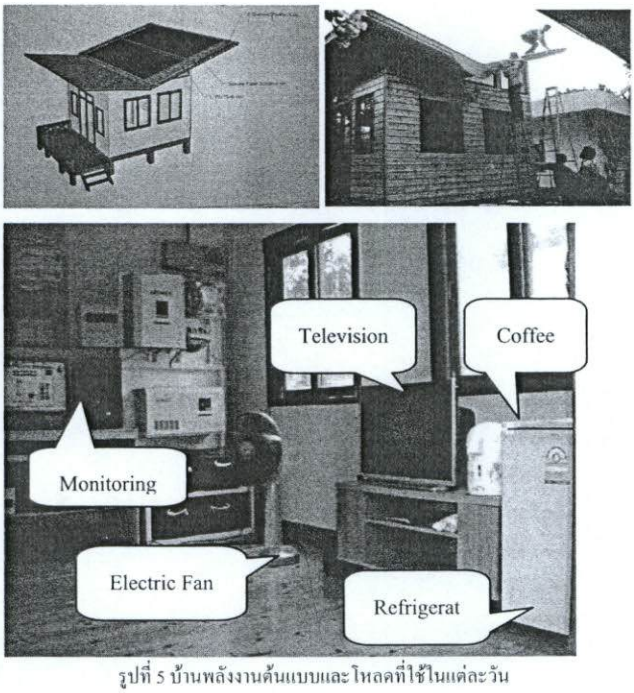


รูปที่ 4 ผลการ Simulation ของระบบที่ออกแบบ

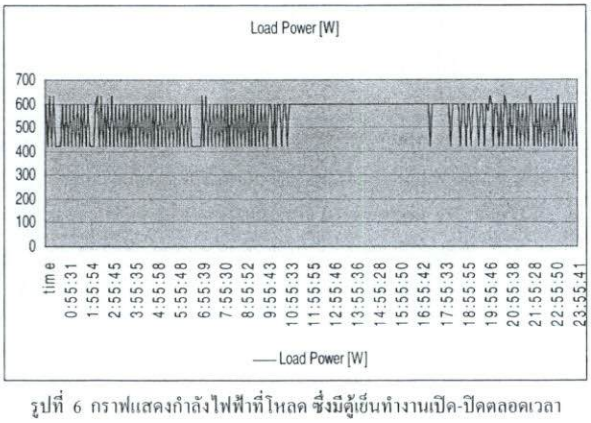
จากการจำลองการทำงานของระบบจากซอฟต์แวร์ Homer จะเห็นได้ว่าในช่วงกลางวันเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อมาจ่ายให้กับโหลดได้ และพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ และในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้เพียงพอ พลังงานที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ก็จะถูกดึงมาใช้งานร่วมกับพลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง มีเสถียรภาพในการทำงานที่ดีขึ้นคือไม่มีช่วงเวลาขาดพลังงานหรือไฟดับ

4. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

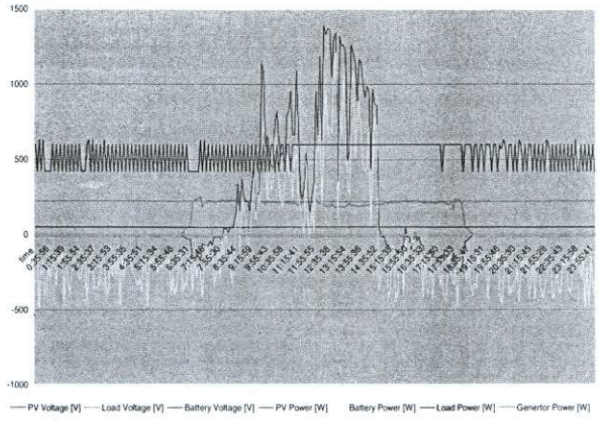
จากผลการออกแบบจึงได้สร้างบ้านพลังงานขึ้นโดยการออกแบบระบบไฟฟ้าผสมผสานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้นำเสนอ ส่วนตัวบ้านได้ออกแบบมาพิเศษเพื่อใช้เป็นการแสดงผลงานดังรูปที่ 5 เป็นแบบบ้านและบ้านที่สร้างเสร็จและระบบไฟฟ้าผสมผสานรวมทั้งโหลดไฟฟ้าภายในบ้าน



รูปที่ 5 บ้านพลังงานต้นแบบและโหลดที่ใช้ในแต่ละวัน



รูปที่ 6 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่โหลด ซึ่งมีตู้เย็นทำงานเปิด-ปิดตลอดเวลา



รูปที่ 7 แสดงกราฟคุณลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

จากการทดสอบใช้ไฟฟ้าภายในบ้านด้วยระบบเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติเป็นระยะเวลา 6 เดือนผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ระบบสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างมีเสถียรภาพ ระบบวัดและบันทึกผลตั้งเวลา ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งห่างกันทุกๆ 5 นาทีแล้วบันทึกอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เป็นดังรูปที่ 6- 7

จากรูปที่ 6-7 ซึ่งแสดงเส้นกราฟความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าในช่วงเวลาที่ PV สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดได้นั้น ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการนั้นมีค่าต่ำกว่าที่กำลังไฟฟ้าที่ PV ผลิตได้ซึ่งจะอยู่กราฟช่วงนี้จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 06.15 น. จนถึง 18.00 น. ซึ่งพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกแบ่งไปเก็บไว้ยังแบตเตอรี่เพื่อใช้ในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลากลางคืน PV ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ ช่วงเวลานี้จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานของแบตเตอรี่จากกราฟจะอยู่ในช่วงลบ แสดงให้เห็นว่าพลังงานจากแบตเตอรี่ถูกนำออกมาจ่ายให้กับโหลด และเนื่องจากเงื่อนไขการทำงานของระบบกำหนดให้สตาร์ทเจนเนอเรเตอร์ต่อเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงกว่า 44 V ซึ่งแรงดันระดับนี้แบตเตอรี่จะไม่สามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้ แต่จากการทดลองระบบมีการจ่ายโหลดได้ จึงทำให้ไม่มีช่วงเวลาที่แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับโหลดไม่เพียงพอ ดังนั้นระบบสั่งสตาร์ทเจนเนอเรเตอร์จึงไม่ทำงานซึ่งจะสังเกตได้ว่าเส้นกราฟแสดงพลังงานที่ได้จากเจนเนอเรเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ตลอดเวลา

5. บทสรุป

จากการนำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วนำค่าที่ได้มา Optimize โดยโปรแกรม ซึ่งบทความได้นำการออกแบบมาสร้างระบบจริง จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าส่วนของโหลดจะมีการสวิงเพราะการทำงานของตู้เย็นตัดต่อตลอดเวลาเพื่อรักษาอุณหภูมิ และในช่วงอากาศร้อนตอนกลางวัน ตู้เย็นทำงานตลอดเวลาซึ่งเป็นลักษณะการทำงานของตู้เย็นโดยทั่วไป และช่วงนี้เป็นช่วงที่มีพลังงานแสงอาทิตย์มาก ระบบจึงสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างพอเพียง และจากผลการทดลองนี้ยืนยันได้ว่าการออกแบบที่นำเสนอสามารถนำมาใช้สำหรับออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับที่อยู่อาศัยได้ ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วช. ที่ให้การสนับสนุนงบวิจัย บริษัทและห้างร้านต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์ เพื่อนๆ และอาจารย์ สำหรับคำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] นภัทร วัจนเทพินทร์. 2548. ระบบเฝ้าสังเกตการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบ. [ออนไลน์]: http://netapp.nbk.rmutp.ac.th/division/wtc/comnet/w4.pdf

[2] บุญยัง ปลั่งกลาง.2550. เอกสารประกอบการสอนวิชา Advance Topic in Electrical Engineering

[3] J. Schmid, Photovoltaic systems Technology, teaching script, IEE-RE, University of Kassel, Germany, 2002.