Go Back

DEN29

ระบบควบคุมและจัดการพลังงานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

Energy Management and Control System for Renewable Energy Electric Generation

สมพล โคศรี และ บุญยัง ปลั่งกลาง
ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: +66(2)-549-3571 โทรสาร: +66(2)-549-3422
E-mail: samapol_05@hotmail.com, pboonyang@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานระบบจัดการในระบบผลิตไฟฟ้า ส่งจ่าย และควบคุมสำหรับระบบพลังงานทดแทน โดยวิเคราะห์การทำงานในช่วงพื้นที่การทำงานต่างๆ ที่มีการใช้งานรูปแบบของเทคโนโลยีที่ทันสมัยเป็นหลักในการออกแบบการทำงานเริ่มตั้งแต่การออกแบบระบบโดยรวม โดยมีการควบคุมศูนย์กลางของระบบทำหน้าที่รับข้อมูลจากพื้นที่ฝ่ายผลิต ระบบควบคุมการผลิต ระบบส่งจ่าย ระบบควบคุมการส่งจ่าย ระบบควบคุมการป้องกัน ระบบส่งจ่ายปลายทางหรือระบบควบคุมสภาวะตัดต่อของโหลดในระบบและระบบแสดงผลของการทำงานของระบบ อีกทั้งสามารถประเมินสถานการณ์ในช่วงสภาวะต่างๆและตัดสินใจการทำงานได้ทันทีมีระบบจัดเก็บข้อมูลการทำงาน ซึ่งในระบบสามารถเพิ่มผลการเรียนรู้หรือสอนข้อมูลที่มีผลต่อระบบที่เป็นศูนย์กลางของการตัดสินใจได้ ซึ่งในการออกแบบจะใช้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ 1.8 kWp จากนั้นก็เลือกขนาดแบตเตอรี่ 18 kWh ในเบื้องต้นโดยเลือกพิกัดแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทย

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน, พลังงานทดแทน

Abstract

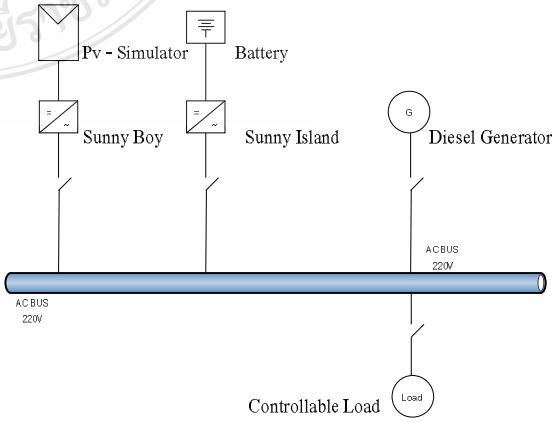
This paper presents the application energy management system for renew energy distributed generation by analytical work in various areas of any works. The development of communication platform is used modern technology as a basis design for overall system. The main central control system will acquire data from the remote renewable energy system all necessary monitoring data including power generation, Load consumption, protection system, and other control parameters. The monitoring data will be real-time data of operating of the system. The operator can also evaluate the system situation in the current states and will make decisions to take an immediate action if needed. The system can improve by learning from monitored information that affects the system then at the main control system can forecast and make a decision for future analysis. The proposed prototype will be constructed to by photovoltaic (PV) 1.8 kWp, Battery 18 kWh and choosing solar radiation in Thailand.

Keywords: Energy Management System, Renewable Energy Distributed Generation

1. คำนำ

พลังงานถือว่าเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศให้พัฒนาก้าวหน้า แต่ในสภาวะปัจจุบันพลังงานที่ใช้อยู่เข้าสู่สภาวะขาดแคลนทำให้มีราคาสูงซึ่งส่งผลโดยตรงกับการพัฒนาประเทศ รวมทั้งสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันด้วย พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆได้ถูกคิดค้นขึ้นเพราะพลังงานทดแทนไม่ได้มีตลอดเวลา เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ก็มีเฉพาะตอนกลางวัน ดังนั้นการรวมแหล่งพลังงานทดแทนเข้ามาผสมผสานเพื่อให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น

จากปัญหานี้ทางผู้ทำวิจัยจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขึ้นมา (PV-Battery-Diesel hybrid system) ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานหรือไฮบริดจ์ เป็นการรวมเอาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลไว้ด้วยกัน ระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์แบบขนาน (รูปที่ 1) จะเป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด ลักษณะการทำงานคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแบตเตอรี่ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (Bi-directional inverter) ซึ่งต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกจ่ายไฟยังโหลดไฟฟ้าที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า



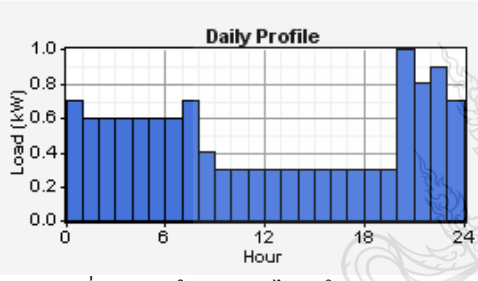
รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้าเซลแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [1]

Go Back

รายละเอียดของระบบซึ่งประกอบไปด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดดีเซล ซึ่งเป็นระบบที่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดได้ตลอดเวลา ระบบที่ออกแบบจะเน้นการใช้งานพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งหลักและร่วมกับแหล่งพลังงานจากแหล่งต่างๆ คือเครื่องกำเนิดดีเซล นอกจากนี้จะมีระบบวัดบันทึกแสดงผลทำหน้าที่สังเกตการทำงานของระบบแบบ Real-time ซึ่งเปรียบเสมือนผู้ดูแลว่า ระบบการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ โดยปกติควรจะเฝ้าสังเกตการทำงานของการผลิตไฟฟ้าทุกวันและสามารถรายงานผลการผลิตได้ ทั้งในรูปแบบของข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะเก็บลงในระบบคอมพิวเตอร์

2. หลักการออกแบบระบบและการจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

หลักการออกแบบของระบบนั้นการออกแบบจะต้องครอบคลุมระบบทั้งหมดรวมทั้งระบบวัดและบันทึกผล ข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้นคือขนาดของโหลดและข้อมูลการใช้พลังงานของโหลดในแต่ละช่วงเวลาของวัน (Load Profile) ซึ่งในบทความนี้ได้นำเสนอโหลดสำหรับที่อยู่อาศัยในชนบทที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็น (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผังการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน

จากรูปที่ 2 เป็นข้อมูลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าในระบบมีอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้าอยู่หลายส่วนกล่าวคือ อุปกรณ์แต่ละตัว ก็มีข้อจำกัดในการทำงานเช่นเซลล์แสงอาทิตย์มีขีดจำกัด ที่ว่าถ้าหากมีแสงตกกระทบแผงน้อยจนเกินไปก็จะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าให้กับระบบได้ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็เช่นกัน ในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นหากว่าโหลดเพิ่มมากขึ้น ก็อาจจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าได้ทันที อุปกรณ์อีกตัวที่สำคัญก็คืออินเวอร์เตอร์ก็มีพิกัดสูงสุดในการทำงาน ดังนั้นจึงมีความต้องการที่จะศึกษาทดสอบและบันทึกพฤติกรรม การทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด

จากนั้นนำค่าโหลดดังกล่าวมาคำนวณเพื่อหาขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ P_{peak} โดยเริ่มจากคุณภาพไฟฟ้าของระบบ (Q) ดังสมการที่ (1) นำสมการจากการประมาณการทางทฤษฎี (E_{th}) และปฏิบัติมาหา (E_{el}) ค่าพลังงานที่เกิดจากแสงอาทิตย์ ดังสมการที่ (2), (3) ซึ่งจะได้สมการในการคำนวณหาค่าขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ดังสมการที่ (6) [2]

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

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

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

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

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

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

เมื่อ P_{peak} = ขนาดของโซล่าเซลล์ที่ได้ ที่มาตรฐาน STC (kWp)

E_{el} = พลังงานที่ต้องใช้ หรือโหลด คิดเป็นต่อปี (kWh/a) ถ้าคิดเป็นต่อวัน แสงอาทิตย์ต้องเป็นต่อวัน(kWh/d)

I_{STC} = ค่ามาตรฐานรังสีดวงอาทิตย์ STC (1 kW/m^2)

E_{glob} = พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ต่อปี (kWh/m^{2}a) ถ้าคิดเป็นต่อวันโหลดต้องเป็นต่อวัน (kWh/m^{2}d)

Q = คุณภาพไฟฟ้าของระบบ

E_{th} = ค่าพลังงานไฟฟ้าจากทฤษฎี (kWh/a)

η = ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (decimal)

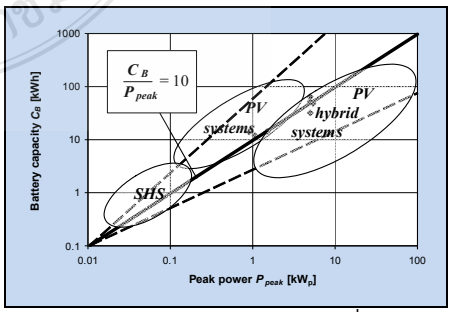
Aarray = พื้นที่ของ PV (m^2)

จากสมการที่ (6) สามารถนำค่าคุณภาพไฟฟ้าของระบบแทนค่าในสมการเพื่อหาขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ P_{peak} ได้ ซึ่งค่าคุณภาพไฟฟ้าของระบบเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงค่าคุณภาพไฟฟ้าของระบบที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน [3]

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

เมื่อทราบค่า P_{Peak} ของเซลล์แสงอาทิตย์จากการคำนวณข้างต้นแล้ว ลำดับต่อไปจึงนำค่า P_{Peak} ไปใช้ในการคำนวณหาขนาดความจุของแบตเตอรี่ ซึ่งได้จากค่าความสัมพันธ์ระหว่างความจุของแบตเตอรี่และพลังงานสูงสุดของ PV (ดังรูปที่ 4) การหาขนาดแบตเตอรี่นี้จะใช้กฎปฏิบัติของ Schmid's Formula ซึ่งสามารถคำนวณได้ จากสมการที่ (7)



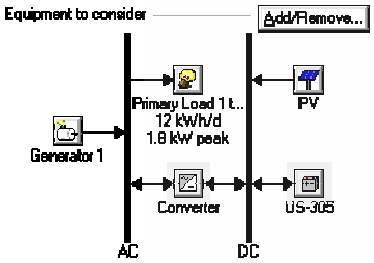
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของแบตเตอรี่ และพลังงานสูงสุดของ PV [3]

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

เมื่อ CB = ความจุของแบตเตอรี่ [kWh]

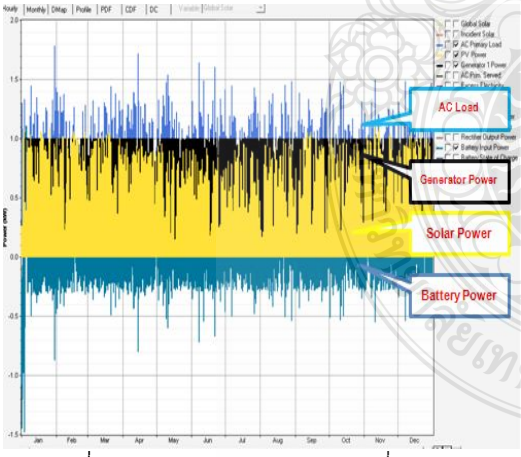
P_{peak} = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของพื้นที่ PV [kWp]

การคำนวณวิธีนี้จะยังคงสามารถที่จะปรับและยืดหยุ่นได้ด้วยซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะยืดหยุ่นได้ถึง +/-20 % ขึ้นอยู่กับระบบที่ออกแบบว่าเป็นระบบใด หลังจากที่คำนวณค่าต่างๆได้แล้ว ก็นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์โดยการ Simulation โดยเลือกใช้โปรแกรม Homer ในการทดสอบ มีการดาวน์โหลดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านจากฐานข้อมูลของโปรแกรม Homer จุดที่ทำการวิเคราะห์ระบุตำแหน่งจะให้โปรแกรม Google Map เลือกย่านตำแหน่งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เป็นพื้นฐานในการจำลองตำแหน่งที่ตั้งบนพื้นโลก จำลองสถานการณ์ต่างๆ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 4 การใช้โปรแกรม Homer จำลองสถานการณ์ของระบบ

จากรูปที่ 4 การออกแบบและประเมินผลทางโปรแกรมได้ระบบที่เหมาะสม คือ PV 1.8 kWP, Diesel Generator ขนาด 2 kW, Battery capacity = 18.3 kWh จากผลการ Simulation ระบบที่ออกแบบพบว่าระบบสามารถจ่ายโหลดที่กำหนดได้อย่างต่อเนื่องและไม่มีช่วงที่ไฟดับ จากรูปเห็นได้ว่าสามารถที่จะจ่ายโหลดได้จริง (ดังรูปที่ 5)

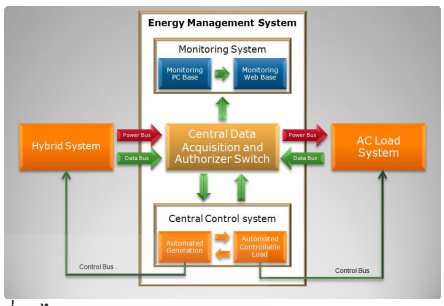


รูปที่ 5 ผลการ Simulation ของระบบที่ออกแบบ

จากรูปที่ 5 การจำลองการทำงานของระบบจากซอฟต์แวร์ Homer จะเห็นได้ว่า ในช่วงกลางวันเซลล์แสงอาทิตย์(สีเหลือง)สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อมาจ่ายให้กับโหลดได้ และพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกเก็บไว้ที่แบตเตอรี่(สีฟ้า) ในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้เพียงพอ พลังงานไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ก็จะถูกดึงมาใช้งานร่วมกับพลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล(สีดำ) ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง มีเสถียรภาพในการทำงานที่ดีขึ้นคือไม่มีช่วงเวลาขาดพลังงานหรือไฟดับ

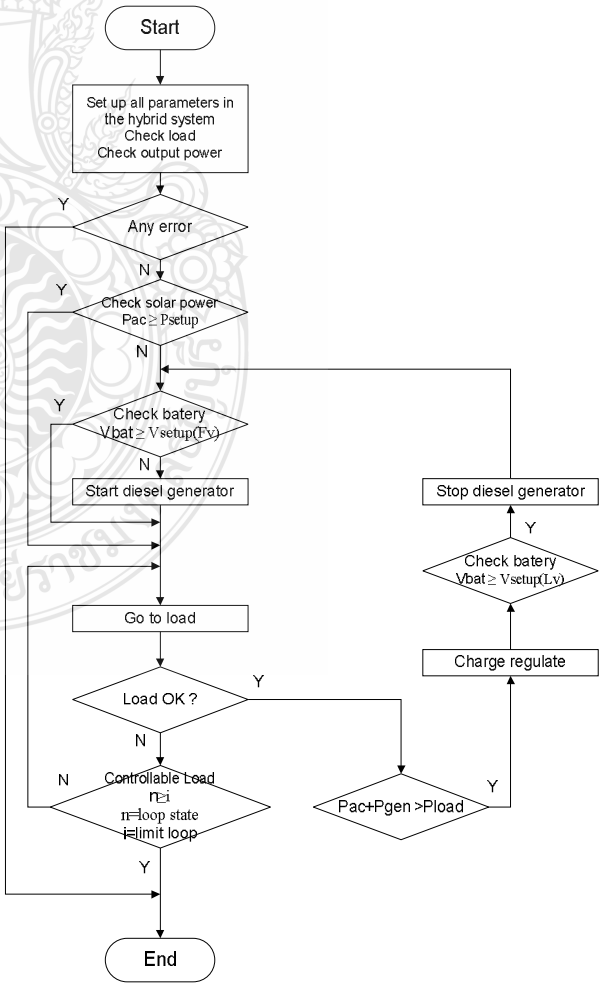
3. การออกแบบและติดชุดจัดการพลังงาน

จากแนวความคิดของโครงงานวิจัยนี้ ทำให้ได้สร้างระบบจัดการพลังงานแบบทันสมัยในระบบไฟฟ้าเซลแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่มีประสิทธิภาพเพื่อการนำพลังงานไปใช้อย่างสูงสุดดังรูปที่ 6



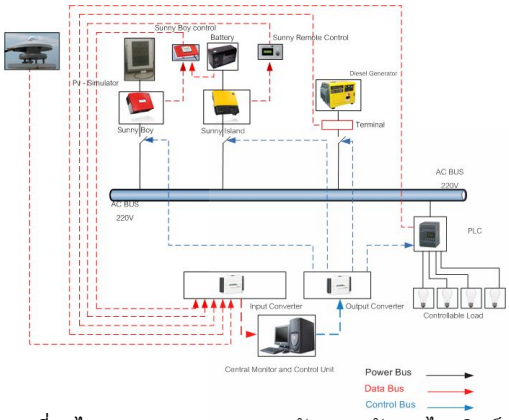
รูปที่ 6 ไดอะแกรมของ Energy Management System

จากรูปที่ 6 ระบบจะทำการวัดบันทึกผลการใช้พลังงานแบบ real-time พร้อมทั้งบริหารจัดการอย่างเป็นระบบขณะที่ผู้ใช้ไฟมีแนวโน้มการเพิ่มตัวสูงขึ้นเกินภาระการจ่ายไฟแบบปกติ ชุดการจัดการจะทำการตัดโหลดที่จำเป็นบางส่วนออกให้อยู่ภายในค่าที่กำหนดไว้โดยการจัดความสำคัญของอุปกรณ์ไว้ล่วงหน้า และสั่งตัดอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญ ทั้งยังสามารถควบคุมสั่งการและดูรายละเอียดต่างๆได้ พลังงานที่เหลือจากระบบที่มากพอจะเก็บในแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 7

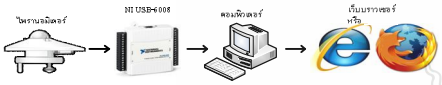


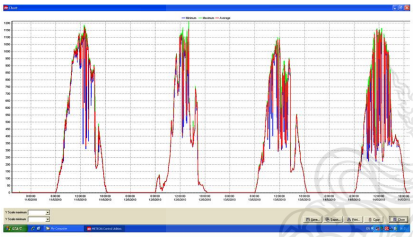
รูปที่ 7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบ

จากการออกแบบและประเมินผลทางโปรแกรม ได้ขนาดที่เหมาะสมของระบบ ลำดับต่อไปจึงทำการออกแบบโครงสร้าง ENERGY MANAGEMENT SYSTEM โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าผสมผสานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้นำเสนอ ประกอบไปด้วยการออกแบบการติดตั้งระบบการทำงานที่แยกออกเป็นสองส่วนหลัก โดยแยกเป็นชุดรับข้อมูลและชุดสั่งการทำงานโดยมีส่วนกลางเป็นชุดประมวลผล (ดังรูปที่ 8)

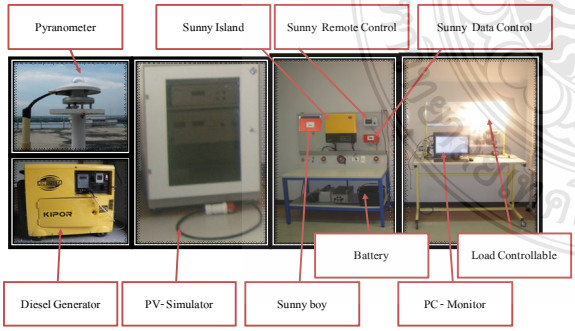


รูปที่ 8 ไดอะแกรมของระบบการจัดการพลังงานไฮบริดจ์

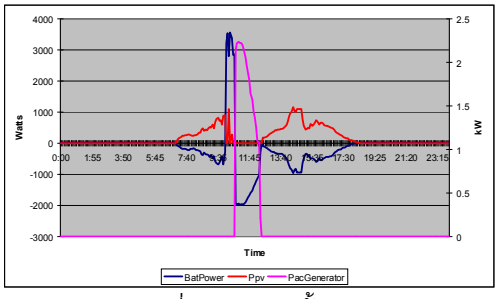




รูปที่ 9 กราฟข้อมูลแสงอาทิตย์จากตัวตรวจวัดแสงอาทิตย์ในรอบ 4 วันตัวอย่างของการเก็บข้อมูล



รูปที่ 10 ระบบติดตั้งจริง



รูปที่ 11 ระบบติดตั้งจริง

จากรูปที่ 11 แสดงกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าในช่วงเวลากลางคืนจะไม่มีค่างานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงไม่มีการประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่เส้นกราฟจึงมีค่าเป็นศูนย์และเซลล์แสงอาทิตย์จะเริ่มผลิตไฟฟ้าเมื่อเวลา ประมาณ 7.05 น. เป็นช่วงเวลาตอนกลางวันจากกราฟจะเห็นว่ามีค่าพลังงานผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงถูกประจุลงในแบตเตอรี่ และเนื่องจากมีการทดสอบจ่ายโหลดเพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องกำเนิดในช่วงตอนกลางวันที่เวลาประมาณ 10.30 น. จนถึงเวลาประมาณ 12.30 น. เห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกนำมาจ่ายโหลดมาจากพลังงานแบตเตอรี่และพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์จนกระทั่งเมื่อระดับพลังงานจากแบตเตอรี่มีค่าลดต่ำลงจนถึงระดับ State of Charge ของแบตเตอรี่ที่ 40 % ตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะสั่งการให้เครื่องกำเนิดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบและประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานที่เหลือจากการจ่ายโหลด จนกระทั่งแบตเตอรี่มีประจุเพิ่มสูงขึ้นตามค่าที่ตั้งไว้ในระบบเครื่องกำเนิดจะหยุดการทำงาน แต่ขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายโหลดและประจุไฟฟ้าด้วยพลังงานที่เหลือระบบควบคุมจะทำการตัดแหล่งจ่ายพลังงานจากส่วนอื่นๆ ออกจึงไม่มีการนำเอาแหล่งจ่ายพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มาจ่ายพลังงานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

4. สรุป

จากหลักการออกแบบระบบจัดการพลังงานในระบบผลิตไฟฟ้าส่งจ่าย และควบคุมสำหรับระบบพลังงานทดแทนโดยการคำนวณและการใช้โปรแกรม Homer เพื่อทดสอบการ Simulation ศึกษาการทำงานและประเมินสมรรถนะของระบบก่อนที่จะติดตั้งระบบจริง พบว่าระบบที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นคือจ่ายโหลดได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระบบที่ออกแบบมีขนาดคือ1. PV ขนาด 1.8 kWP, 2. Generator ขนาด 2 kW, 3. Battery capacity ขนาด 18.3 kWh ระบบบันทึกผลจะเป็นแบบ Real-time สามารถเข้าถึงได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านระบบ Local Host เพื่อการเข้าถึงข้อมูลในระยะไกล โครงสร้างของการออกแบบระบบจะจัดตั้งอยู่ในรูปชุดจำลองในห้องทดสอบที่รองรับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันในระบบทั้งหมด จึงพร้อมที่จะสร้างขึ้นตามแบบดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

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

[2] กฤษฎา พรหมพินิจ, บุญยัง ปลั่งกลาง. 2551 “การออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าผสมผสานสำหรับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 31, จังหวัดนครนายก, 29-31 ตุลาคม 2551

[3] J. Schmid, 2002, “Photovoltaic systems Technology,”

ประวัติผู้เขียนบทความ

สมพล โคศรี สำเร็จการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปัจจุบันกำลังศึกษา วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสนใจงานวิจัยเรื่องของพลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียน การบริหารจัดการพลังงาน การพัฒนาเทคโนโลยีสื่อสารและการควบคุมพลังงานไฟฟ้า