

## การประยุกต์ใช้งานสมาร์ตกริดในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน Smart Grid Application for Renewable Energy Distributed Generation

สมพล โคนศรี บุษบงก์ ปลั่งกลาง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 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

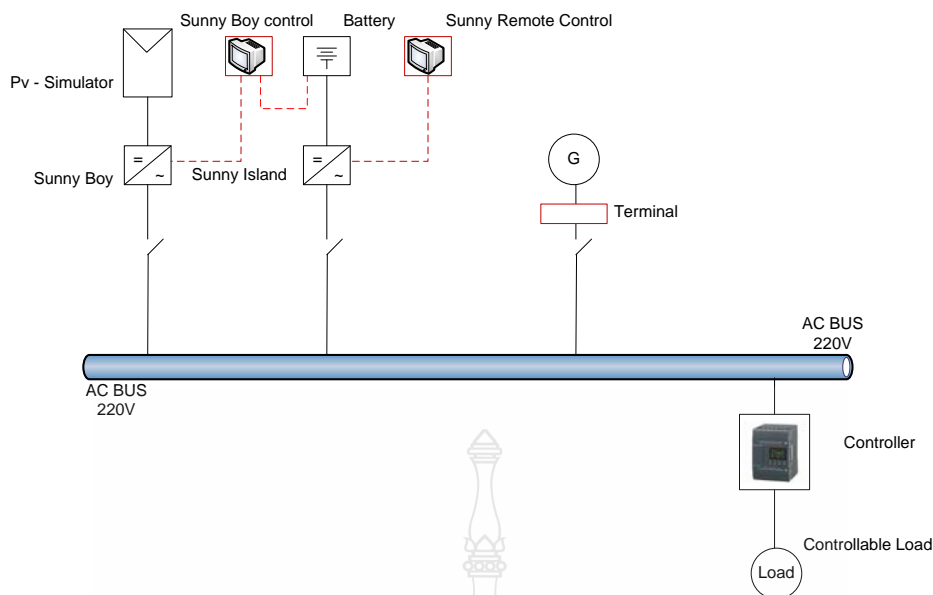
บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้งานสมาร์ตกริดในระบบผลิตไฟฟ้า ส่งจ่าย และควบคุมสำหรับระบบพลังงานทดแทน โดยวิเคราะห์การทำงานในช่วงพื้นที่การทำงานต่างๆ ที่มีการใช้งานรูปแบบของเทคโนโลยีที่ทันสมัยเป็นหลักในการออกแบบการทำงานเริ่มตั้งแต่การออกแบบระบบโดยรวม โดยมีการควบคุมศูนย์กลางของระบบทำหน้าที่รับข้อมูลจากพื้นที่ฝ่ายผลิต ระบบควบคุมการผลิต ระบบส่งจ่ายระบบควบคุมการส่งจ่าย ระบบควบคุมการป้องกัน ระบบส่งจ่ายปลายทางหรือระบบควบคุมสถานะตัดต่อของโหลดในระบบและระบบแสดงผลของการทำงานของระบบ อีกทั้งสามารถประเมินสถานการณ์ในช่วงสถานะต่างๆและตัดสินใจการทำงานได้ทันทีที่มีระบบจัดเก็บข้อมูลการทำงาน ซึ่งในระบบสามารถเพิ่มผลการเรียนรู้หรือสอนข้อมูลที่มีผลต่อระบบที่เป็นศูนย์กลางของการตัดสินใจได้

คำสำคัญ: สมาร์ตกริด, พลังงานทดแทน

### 1. บทนำ

พลังงานถือว่าเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศให้พัฒนาก้าวหน้า แต่ในสถานะปัจจุบันพลังงานที่ใช้อยู่เข้าสู่สถานะขาดแคลนทำให้มีราคาสูงซึ่งส่งผลโดยตรงกับการพัฒนาประเทศ รวมทั้งสถานะโลกร้อนในปัจจุบันด้วย พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆได้ถูกคิดค้นและนำมาใช้เพื่อทดแทนพลังงานหลัก เช่นพลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น พลังงานทดแทนต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในโครงการต่างๆ แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ไม่สามารถจ่ายกำลังงานให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง เพราะพลังงานทดแทนไม่ได้มีตลอดเวลา เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ก็มีเฉพาะตอนกลางวัน ดังนั้นการรวมแหล่งพลังงานทดแทนเข้ามาผสมผสานเพื่อให้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น

จากปัญหานี้ทางผู้ทำวิจัยจึงได้เห็นถึงความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาระบบต้นแบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขึ้นมา (PV-Battery-Diesel hybrid system) ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานหรือไฮบริดจ์นี้ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาและใช้มาในระยะเวลาหนึ่งแล้วและยังคงพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แต่ในต่างประเทศการออกแบบจะเป็นแบบเฉพาะทางซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านภูมิประเทศการใช้งานและลักษณะของระบบไฟฟ้า การที่จะนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์จากต่างประเทศมาใช้ในประเทศไทยจึงไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาสร้างระบบที่เหมาะสมกับประเทศไทยขึ้นมา ระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์ เป็นการรวมเอาพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลไว้ด้วยกัน ระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์แบบขนาน (รูปที่ 1) (Parallel hybrid system) จะเป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด ลักษณะการทำงานคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแบตเตอรี่ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (Bi-directional inverter) ซึ่งต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกประจุให้กับแบตเตอรี่ ไฟฟ้าที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง

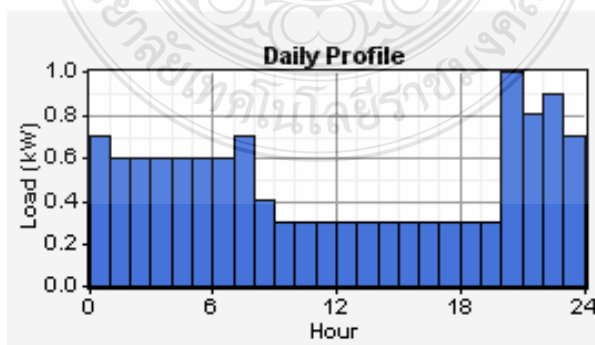


รูปที่ 1 ระบบจัดการพลังงานแบบชาญฉลาดในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [1]

จากระบบที่กล่าวถึง รายละเอียดของระบบซึ่งประกอบไปด้วย ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องกำเนิดดีเซล ซึ่งเป็นระบบที่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดได้ตลอดเวลา ระบบที่ออกแบบจะเน้นการใช้งานพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลักและร่วมกับแหล่งพลังงานจากแหล่งต่างๆ คือเครื่องกำเนิดดีเซล นอกจากนี้จะมีระบบวัดบันทึกแสดงผลทำหน้าที่สังเกตการทำงานของระบบแบบ Real-time ซึ่งเปรียบเสมือนผู้ดูแลระบบการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวยังคงทำงานอยู่ในสภาวะปกติหรือไม่ โดยปกติควรจะเฝ้าสังเกตการทำงานของการผลิตไฟฟ้าทุกวันและสามารถรายงานผลการผลิตได้ทั้งในรูปแบบของข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายปี เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะเก็บลงในระบบคอมพิวเตอร์

## 2. หลักการออกแบบระบบและการจำลองการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

หลักการออกแบบของระบบนั้นการออกแบบจะต้องครอบคลุมระบบทั้งหมดรวมทั้งระบบวัดและบันทึกผล ข้อมูลในการออกแบบเบื้องต้นคือขนาดของโหลดและข้อมูลการใช้พลังงานของโหลดในแต่ละช่วงเวลาของวัน (Load Profile) ซึ่งในบทความนี้ได้นำเสนอโหลดสำหรับที่อยู่อาศัยในชนบทที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็น (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผังการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน

จากรูปที่ 2 เป็นข้อมูลการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน ซึ่งนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าในระบบมีอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้าอยู่หลายส่วนกล่าวคือ อุปกรณ์แต่ละตัว ก็มีข้อจำกัดในการทำงานเช่นเซลล์แสงอาทิตย์มีขีดจำกัดที่ว่าถ้าหากมีแสงตกกระทบบนแผงน้อยจนเกินไปก็จะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าให้กับระบบได้ ในขณะเดียวกัน

นั้นกังหันลมที่ติดตั้งร่วมกันก็ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าให้กับระบบได้ถ้าหากไม่มีความเร็วลมที่เพียงพอ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็เช่นกันในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นหากว่าโหลดเพิ่มมากขึ้นก็อาจจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าได้ทัน แต่อุปกรณ์อีกตัวที่สำคัญก็คืออินเวอร์เตอร์ก็มีฟังก์ชันสูงสุดในการทำงาน ดังนั้นจึงมีความต้องการที่จะศึกษาการทำงานของระบบวัดและประมวลผลแบบชาญฉลาดชนิดฝังตัวสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

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

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

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

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

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

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

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

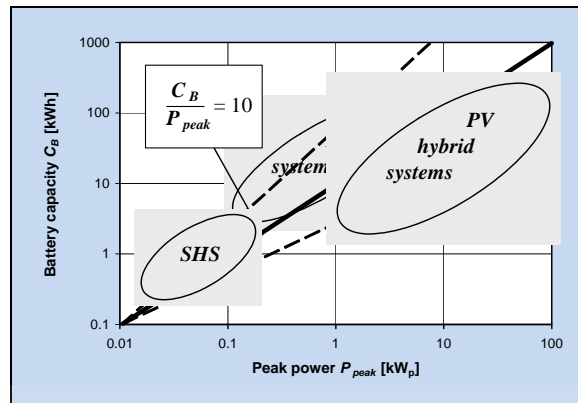
- เมื่อ  $P_{peak}$  = ขนาดของโซลาร์เซลล์ที่ได้ ที่มาตรฐาน STC ( $kW_p$ )  
 $E_{el}$  = พลังงานที่ต้องใช้ หรือโหลด คิดเป็นต่อปี ( $kWh/a$ ) ถ้าคิดเป็น ต่อวัน แสงอาทิตย์ ต้องเป็นต่อวัน ( $kWh/d$ )  
 $I_{STC}$  = ค่ามาตรฐานรังสีดวงอาทิตย์ STC ( $1 kW/m^2$ )  
 $E_{glob}$  = พลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ต่อปี ( $kWh/m^2 a$ ) ถ้าคิดเป็นต่อวัน โหลดต้องเป็นต่อ วัน ( $kWh/m^2 d$ )  
 $Q$  = คุณภาพไฟฟ้าของระบบ  
 $E_{th}$  = ค่าพลังงานไฟฟ้าจากทฤษฎี ( $kWh/a$ )  
 $\eta$  = ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (decimal)  
 $A_{array}$  = 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)



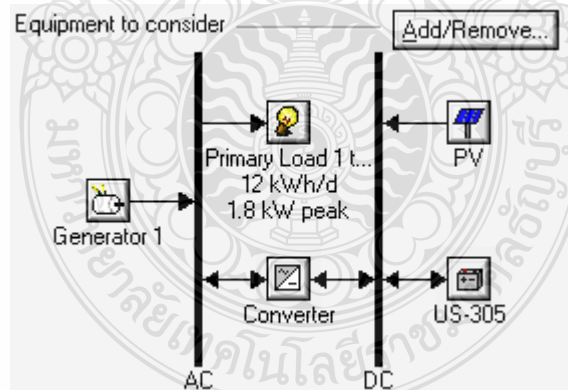
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของแบตเตอรี่ และพลังงานสูงสุดของ PV [3]

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

เมื่อ  $C_B$  = ความจุของแบตเตอรี่ [kWh]  
 $P_{peak}$  = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของพื้นที่ PV [ $kW_p$ ]

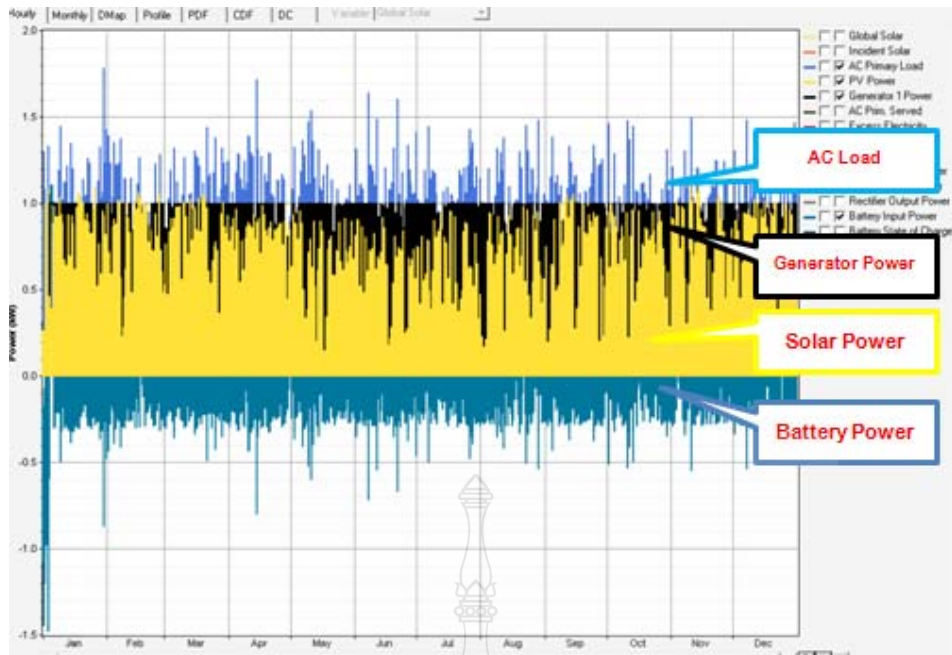
การคำนวณวิธีนี้จะยังคงสามารถที่จะปรับและยืดหยุ่นได้ด้วยซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะยืดหยุ่นได้ถึง +/-20 % ขึ้นอยู่กับระบบที่ออกแบบว่าเป็นระบบใด

หลังจากที่คำนวณค่าต่างๆ ได้แล้ว ก็นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาวิเคราะห์โดยการ Simulation โดยเลือกใช้โปรแกรม Homer ในการทดสอบเพราะเป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก ซึ่งในการออกแบบจะใช้โหลดสูงสุดที่กำหนดขึ้น ประมาณ 1.8 kW จากนั้นก็เลือกขนาดแบตเตอรี่ 18 kWh และ PV ตามที่คำนวณได้เท่ากับ 1.8 kW ในเบื้องต้นโดยเลือกพิกัดแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทย ระบบที่ใช้ในการ Simulation สถานการณ์ต่างๆ (ดังรูปที่ 5)



รูปที่ 4 การใช้โปรแกรม Homer จำลองสถานการณ์ของระบบ

จากรูปที่ 4 การออกแบบและประเมินผลทางโปรแกรมได้ระบบที่เหมาะสม คือ PV 1.8  $kW_p$ , Diesel Generator ขนาดมากกว่า 2 kW, Battery capacity = 18.3 kWh จากผลการ Simulation ระบบที่ออกแบบพบวาระบบสามารถจ่ายโหลดที่กำหนดได้อย่างต่อเนื่องและไม่มีช่วงที่ไฟดับ แสดงให้เห็นว่าการออกแบบสามารถที่จะจ่ายโหลดได้จริง (ดังรูปที่ 5)

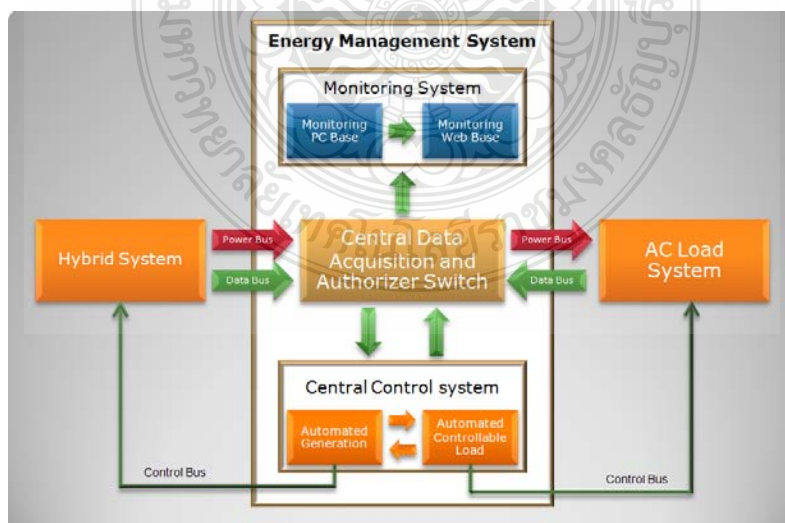


รูปที่ 5 ผลการ Simulation ของระบบที่ออกแบบ

จากรูปที่ 5 การจำลองการทำงานของระบบจากซอฟต์แวร์ Homer จะเห็นได้ว่า ในช่วงกลางวันเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อมาจ่ายให้กับโหลดได้ และพลังงานส่วนที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้เพียงพอ พลังงานไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ก็จะถูกดึงมาใช้ร่วมกับพลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานให้กับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง มีเสถียรภาพในการทำงานที่ดีขึ้นคือไม่มีช่วงเวลาขาดพลังงานหรือไฟดับ

### 3. การออกแบบและติดตั้ง Smart Grid for RE Distributed Generation

จากแนวความคิดของโครงการวิจัยนี้จะทำให้สามารถสร้างระบบจัดการพลังงานแบบทันสมัยในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่มีประสิทธิภาพเพื่อการนำพลังงานไปใช้อย่างสูงสุดดังรูปที่ 6

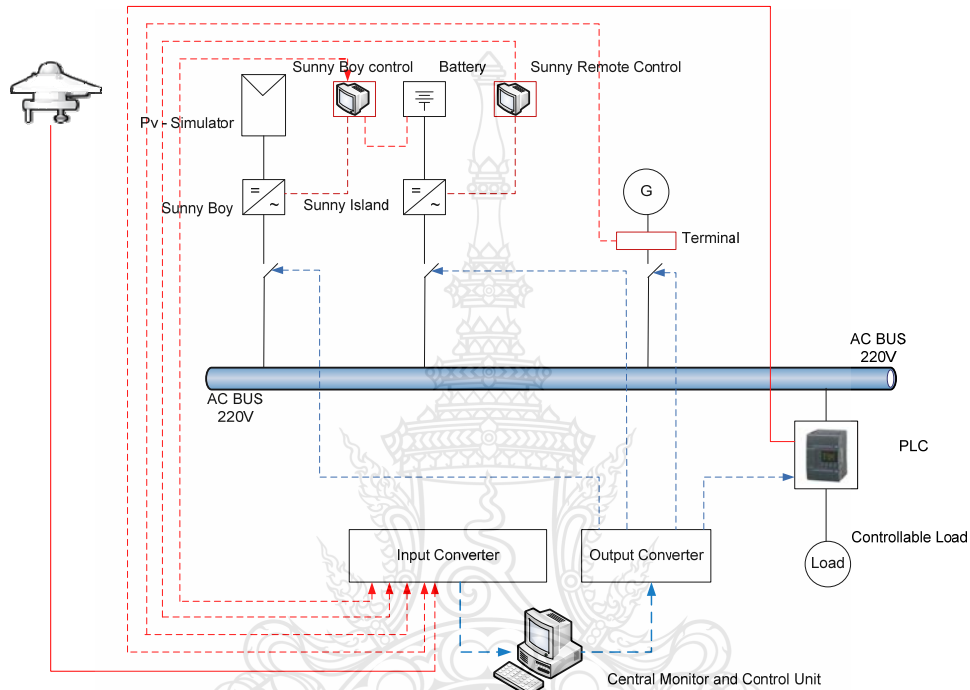


รูปที่ 6 ไลอะแกรมของ Energy Management System

จากรูปที่ 6 ระบบจะทำการวัดบันทึกผลการใช้พลังงานแบบ real-time พร้อมทั้งบริหารจัดการอย่างชาญฉลาดในขณะที่ผู้ใช้ไฟมีแนวโน้มการเพิ่มตัวสูงขึ้นเกินภาระการจ่ายไฟแบบปกติ ชุดการจัดการจะทำการตัดโหลดที่จำเป็นบางส่วนออก

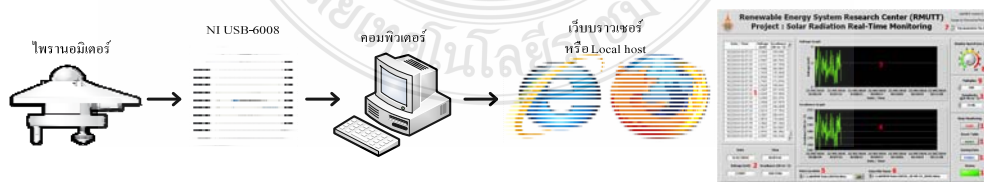
ให้อยู่ภายในค่าที่กำหนดไว้โดยการจัดความสำคัญของอุปกรณ์ไว้ล่วงหน้า และสั่งตัดอุปกรณ์ตามลำดับความสำคัญ โดยหากมีการตัดโหลดออกไม่ได้จะมีสอบถามทางผู้ใช้ไฟฟ้าว่าสามารถรองรับค่าใช้ไฟที่เพิ่มสูงขึ้นได้หรือไม่เมื่อผ่านการยอมรับทางผู้ใช้ไฟ ระบบจัดการจะส่งสัญญาณเพื่อขอใช้ไฟเพิ่มตามอัตราบริการที่สูงขึ้นสั่งเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอัตโนมัติทั้งยังสามารถควบคุมสั่งการและดูรายละเอียดต่างๆจากส่วนกลางได้

จากการออกแบบและประเมินผลทางโปรแกรมได้ขนาดที่เหมาะสมของระบบ ลำดับต่อไปจึงทำการออกแบบโครงสร้าง ENERGY MANAGEMENT SYSTEM โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าผสมผสานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้นำเสนอ คือ ภายใน ENERGY MANAGEMENT SYSTEM ประกอบไปด้วยการออกแบบการติดตั้งระบบการทำงานที่แยกออกเป็นสองส่วนหลัก โดยแยกเป็นชุดรับข้อมูลและชุดสั่งการทำงานโดยมีส่วนกลางเป็นชุดประมวลผล (ดังรูปที่ 7)



รูปที่ 7 โดอะแกรมของระบบการจัดการพลังงานไฮบริดจ์

จากรูปที่ 7 จะเห็นการทำงานทั้งหมดของระบบโดยมีการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ของพลังงานแสงในแต่ละวันร่วมด้วย เพื่อประเมินค่าไฟพื้นฐานของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีกระบวนการเก็บบันทึกผลและแสดงผลผ่านในระบบ Local Host ด้วยดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 โดอะแกรมของระบบวัดและบันทึกผลพารามิเตอร์ในระบบ

#### 4. สรุป

จากหลักการออกแบบการประยุกต์ใช้งานสมาร์ตกริดในระบบผลิตไฟฟ้า ส่งจ่าย และควบคุมสำหรับระบบพลังงานทดแทนโดยการคำนวณและการใช้โปรแกรม Homer เพื่อทดสอบการ Simulation ศึกษาการทำงานและประเมินสมรรถนะของระบบก่อนที่จะติดตั้งระบบจริง พบว่าระบบที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นคือจ่ายโหลดได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระบบที่ออกแบบมีขนาดคือ 1. PV ขนาด 1.8 kWp, 2. Generator ขนาด 2 kW, 3. Battery capacity ขนาด 18.3 kWh ระบบ

บันทึกผลจะเป็นแบบ Real-time สามารถเข้าถึงได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านระบบ Local Host เพื่อการเข้าถึงข้อมูลในระยะไกล โครงสร้างของการออกแบบระบบจะจัดตั้งอยู่ในรูปชุดจำลองในห้องทดสอบที่รองรับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันในระบบทั้งหมด จึงพร้อมที่จะสร้างขึ้นตามแบบดังกล่าว

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สทพ. ที่ให้การสนับสนุนงบวิจัย บริษัทและห้างร้านต่างๆ ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์ เพื่อนๆ และอาจารย์ สำหรับคำปรึกษา

## 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,” teaching script, IEE-RE, University of Kassel, Germany.

