การศึกษาความเป็นไปได้ในความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน

A Feasibility Study of the Economic Evaluation of PV Grid Combined with Main Grid Utility for an Office Building

ประสพโชค โห้ทองคำ และ ครองยศ โพธิ์ชัย
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
E-mail: prasopchok.hot@rmutr.ac.th
Prasopchok Hothongkham and Krongyod Phochai
Department of Electrical Engineer, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin
96 Moo. 3 Phuttamonthon 5 Phutthamonthon Salaya, Nakhon Pathom 73170
E-mail: prasopchok.hot@rmutr.ac.th

Received: November *5, 2019*
Revised: November *25, 2019*
Accepted: *December 1, 2019*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบไฟฟ้าหลักของอาคารสำนักงาน ทำการทดลองโดยติดตั้งระบบในสถานที่จริงและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 4 วันและนำผลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ในการทดลองทำโดยกำหนดลักษณะโหลดเป็น 4 แบบได้แก่ ไม่มีโหลด,โหลด 200 วัตต์,โหลด 400 วัตต์,โหลด 600 วัตต์เพื่อแสดงให้เห็นความสามารถในการทำงานร่วมกันของระบบทั้งสองผลการทดลองพบว่าระบบทั้งสองสามารถทำงานร่วมกันได้จริง โดยที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3.77 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน และมีการใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าหลักเฉลี่ย 1.52 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้สามารถรองรับโหลดต่างๆ ได้ตามความต้องการ โดยผลการวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะของระบบ เท่ากับ 0.69 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับร้อยละ 9.70 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เท่ากับร้อยละ 72สำหรับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามีระยะเวลาคืนทุน 3.68 ปี

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้าหลัก ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

This research is to study the application of PV grid combined with main grid utility in an office building. The experiment is set up in the demonstration site to collect the electrical data for 4 days and then the data is analyzed to find the efficiency. Different loads are assigned to use in each day to show the relationship between 2 systems—PV grid and main grid system, which started with no load, 200 watts, 400 watts and 600 watts, respectively. The results show the feasibility that these 2 systems can be practically combined, which shows that the average of 3.77 kWh/day is generated by the solar cell system and 1.52 kWh/day is given by the main grid system. The experiment also shows the performance ratio at 0.69, array efficiency at 9.70 percent and inverter efficiency at 72.77 percent. For the economic evaluation, it shows a pay back period at 3.68 years

Keyword: Photovoltaic System, Main grid utility, Economic evaluation

1. บทนำ

จากแนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่งผลต่อการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นพลังงานที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทั้งจากทางภาครัฐ ภาคเอกชน การผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันไม่เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าของมนุษย์ในอนาคตนับเป็นปัญหาใหญ่ในประเทศและนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อการพัฒนาของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที และต้องหมดไปในอนาคต ดังนั้นการพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดความมั่นคงและเสถียรภาพทางพลังงานให้เกิดขึ้นภายในประเทศ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการการศึกษาความเป็นไปได้ในความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน (Connecting Your Solar Electric System to the Utility Grid, 2002) ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าหลักภายในอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าหลักและเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถนำไปประโยชน์ได้จริง และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำไปบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบและศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำระบบดังกล่าวไปใช้งานจริงโดยหลีกเลี่ยงการสูญเปล่าของพลังงานต่อไปในอนาคต

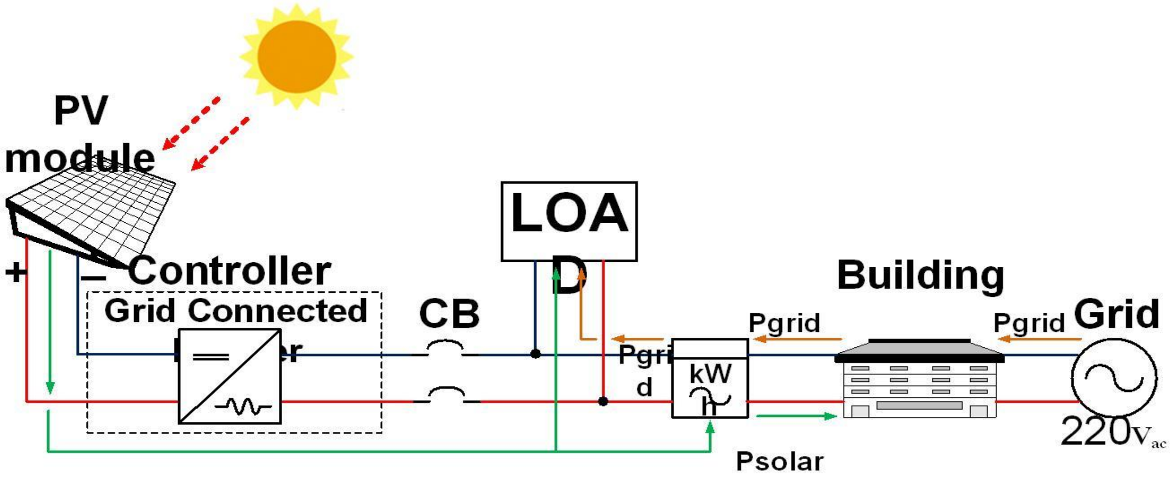
2. หลักการทำงานของระบบ

2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน มีอยู่ 3 ชนิด คือ 1)Mono crystalline 2)Poly crystallineและ 3)Thin Film โดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono crystalline และ Poly crystalline มีประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 16-22% และ 14-16% ตามลำดับ เมื่อมาเปรียบด้านพื้นที่ในการติดตั้งแล้วถือว่าไม่แตกต่างกันมาก หากแต่ในด้านราคาแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono crystallineจะมีราคาสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Poly crystalline อยู่ประมาณ 20% จึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาติดตั้ง สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Thin Film นั้นไม่เหมาะสำหรับการติดตั้งบนหลังคา เพราะต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งขนาดใหญ่กว่ามากเพื่อให้ได้ไฟฟ้าเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชนิดแรก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Poly crystalline จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการติดตั้งและเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลัก

สำหรับอินเวอร์เตอร์จำเป็นต้องใช้ชนิดเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลักได้ โดย อินเวอร์เตอร์นี้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ2 ประการ ได้แก่ อินเวอร์เตอร์ต้องสามารถปลดตัวเองออกจากการไฟฟ้าได้ถ้าหากระบบไฟฟ้าผิดปกติหรือไฟฟ้าดับ และอินเวอร์เตอร์ต้องไม่สร้างฮามอนิกส์เข้าระบบไฟฟ้ามากเกินไป

2.2 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบไม่ใช้แบตเตอรี่ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลัก



รูปที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบไม่ใช้แบตเตอรี่ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลัก

จากรูปที่ 1 เป็นโครงสร้างโดยรวมของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน ซึ่งสามารถแยกออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. อินเวอร์เตอร์
3. เครื่องมือวัดค่ากำลังไฟฟ้า
4. ภาระโหลด
5. ระบบไฟฟ้าหลัก

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV module) แบบ Poly crystalline ขนาดแผงละ 285 Wp จำนวน 5 แผง มีพิกัดกำลังไฟฟ้าติดตั้งเท่ากับ 0.285 kWp โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรม 5 แผง จำนวน 1 ชุดติดตั้ง ให้มีมุมเอียงประมาณ 15 องศา หันไปทางทิศใต้ พื้นที่ติดตั้ง 10 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดเท่ากับ 1.425 kWp มีอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าระบบ (Grid-connected Inverter) มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 1.65 kW มีแรงดันกริดเท่ากับ 230 V แรงดันอินพุต 100-450 V มีการแสดงข้อมูลผ่านพอร์ต RS232 ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลและเปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid connected) มีเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Kilowatt Hour Meter) แบบต่อตรง 1 เฟส 2 สาย ใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้า 220V ความถี่ใช้งาน 50 Hz ขนาดกระแสใช้งาน 5A(15A) สำหรับบันทึกค่ากำลังไฟฟ้า มี Thermocouple Type K สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ มี Pyranometer สำหรับเก็บค่าความเข้มของแสงบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ มี Data Logger สำหรับบันทค่าอุณหภูมิและค่าความเข้มของแสงบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าระบบไฟฟ้าหลักจะเชื่อมต่อเข้าระบบแบบอัตโนมัติ เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เพียงพอให้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตแรงดันกระแสตรงได้ในช่วงเวลา 8.00 -18.00 อินเวอร์เตอร์จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับและเมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าไม่มีที่เวลาประมาณ 18.00 น. ระบบผลิตไฟฟ้าจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะถูกใช้ไปกับโหลดที่กำหนดไว้ ในส่วนกำลังไฟฟ้าที่เหลือจากความต้องการของโหลดจะถูกนำไปทดแทนกำลังไฟฟ้าจากระบบหลักที่จ่ายให้อาคารสำนักงาน โดยส่งผ่านเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมงเพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบไฟฟ้าหลักต้องอาศัยการเชื่อมโยงของระบบไฟฟ้าหลักตลอดเวลา แต่ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด กำลังไฟฟ้าส่วนที่ขาดจะนำมาทดแทนจากระบบไฟฟ้าหลักของอาคารโดยส่งผ่านเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมงเพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป สำหรับการวัดและบันทึกข้อมูลเป็นระบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ ภายในอินเวอร์เตอร์ประกอบไปด้วย ตัวเซ็นเซอร์กระแสและแรงดันไฟฟ้าทำการวัดค่าดังกล่าวแล้วจึงนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการบันทึกค่าต่างๆเก็บไว้ใน Data logger ภายในอินเวอร์เตอร์ การกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและการตั้งค่าเริ่มต้นในการบันทึกข้อมูล ทำได้โดยสั่งผ่านซอฟต์แวร์ ในทำนองเดียวกันเมื่อต้องการโหลดข้อมูลการผลิตไฟฟ้ามาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ดังกล่าวเช่นกัน โดยโหลดผ่านสายเคเบิล RS-232 และสร้าง text file สำหรับเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปคำนวณหรือสร้างกราฟแสดงผลในรูปแบบต่างๆได้

3. วิธีการประเมินระบบ

3.1 การประเมินสมรถนะของระบบทางด้านเทคนิค

ในการประเมินครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค (นภัทร วัจนเทพินทร์, 2551 และ นภัทร วัจนเทพินทร์และคณะ 2551) ซึ่งได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆดังนี้

ก.พลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield)

$$Y_A = \frac{E_a}{P_o} \tag{1}$$

เมื่อ Y_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง(kWh/kWp)

E_a คือพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

P_o คือกำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)

ข. พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำไปใช้งานจริง

$$Y_f = \frac{E_{PV}}{P_o} \tag{2}$$

เมื่อ Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำไปใช้งานจริง (kWh/kWp)

E_{PV} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

P_o คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

ค. พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses)

$$L_s = Y_A - Y_f \tag{3}$$

เมื่อ L_s คือ พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

ง. ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency)

$$\eta_a = \frac{E_a}{H_i A_a} \tag{4}$$

เมื่อ η_a คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

A_a คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

จ. ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Total Efficiency)

$$\eta_{PV} = \frac{E_{PV}}{H_i A_a} \tag{5}$$

เมื่อ η_{PV} คือประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

4. การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงานจากรูปที่ 1 ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) แบบ Poly Crystalline ขนาดแผงละ 285 Wจำนวน 5 แผง มีพิกัดกำลังไฟฟ้าติดตั้งเท่ากับ 0.285 kW โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่ออนุกรม 5 แผง จำนวน 1 ชุดติดตั้ง ให้มีมุมเอียงประมาณ 15 องศา หันไปทางทิศใต้ พื้นที่ติดตั้ง10 ตารางเมตร กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดเท่ากับ 1.425 kW มีอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าระบบ มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 1.65 kW มีแรงดันระบบจำหน่ายเท่ากับ 230 V แรงดันอินพุต 100-450 V มีการแสดงข้อมูลผ่าน พอร์ต RS232 ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลและเปลี่ยน ระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า(Grid Connected) มีเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Kilowatt Hour Meter) แบบต่อตรง 1 เฟส 2 สาย ใช้กับระบบแรงดันไฟฟ้า220V ความถี่ใช้งาน 50 Hz ขนาดกระแสใช้งาน 5A(15A) สำหรับบันทึกค่ากำลังไฟฟ้ามี Thermocouple Type K สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ มี Pyranometer สำหรับเก็บค่าความเข้มของแสงบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ มี Data Logger สำหรับบันทึกค่าอุณหภูมิและค่าความเข้มของแสงบนพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีอินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าระบบไฟฟ้าหลักจะเชื่อมต่อเข้าระบบแบบอัตโนมัติเมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เพียงพอให้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตแรงดันกระแสตรงได้ในช่วงเวลา 8.00 -18.00 น. อินเวอร์เตอร์จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับและเมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าไม่มีที่เวลาประมาณ 18.00 น. ระบบผลิตไฟฟ้าจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะถูกใช้ไปกับโหลดที่กำหนดไว้ ในส่วนกำลังไฟฟ้าที่เหลือจากความต้องการของโหลดจะถูกนำไปทดแทนกำลังไฟฟ้าจากระบบหลักที่จ่ายให้อาคารสำนักงานโดยส่งผ่านเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมงเพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบไฟฟ้าหลักต้องอาศัยการเชื่อมโยงของระบบไฟฟ้าหลัก แต่ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด กำลังไฟฟ้าส่วนที่ขาดจะนำมาทดแทนจากระบบไฟฟ้าหลักของอาคารโดยส่งผ่านเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมง เพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปสำหรับการวัดและบันทึกข้อมูลเป็นระบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่

ภายในอินเวอร์เตอร์ประกอบไปด้วยตัวเซ็นเซอร์กระแสและแรงดันไฟฟ้าทำการวัดค่าดังกล่าวแล้วจึงนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการบันทึกค่าต่าง ๆ เก็บไว้ใน Data Logger ภายในอินเวอร์เตอร์การกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและการตั้งค่าเริ่มต้นในการบันทึกข้อมูลทำได้โดยสั่งผ่านซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเมื่อต้องการโหลดข้อมูลการผลิตไฟฟ้ามาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปดังกล่าว ผ่านพอร์ท RS-232 และสร้าง Text File สำหรับเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์

5. ขั้นตอนการทดลอง

5.1 ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงานโดยใช้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1.425 kW

5.2 เก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงานด้วยเครื่องประมวลผลที่บันทึกข้อมูลกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ ในช่วงเวลา 08.00-18.00 น. ต่อโหลด 1 ค่า

5.3 เก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิบนพื้นผิวชุดแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยเทอร์โมคัปเปิลในช่วงเวลา 08.00-18.00 น.ต่อโหลด 1 ค่า

5.4 เก็บข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์บนพื้นผิวชุดแผงเซลล์เซลล์แสงอาทิตย์ด้วยไพรานอมิเตอร์ในช่วงเวลา 08.00-18.00 น.ต่อโหลด 1 ค่า

5.5 เก็บข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบไฟฟ้าหลัก รวมถึงค่ากระแสไฟฟ้าด้วย ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ในช่วงเวลา 08.00-18.00 น.ต่อโหลด 1 ค่า

5.6 บันทึกผลการทดลอง

5.7 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลการทดลอง

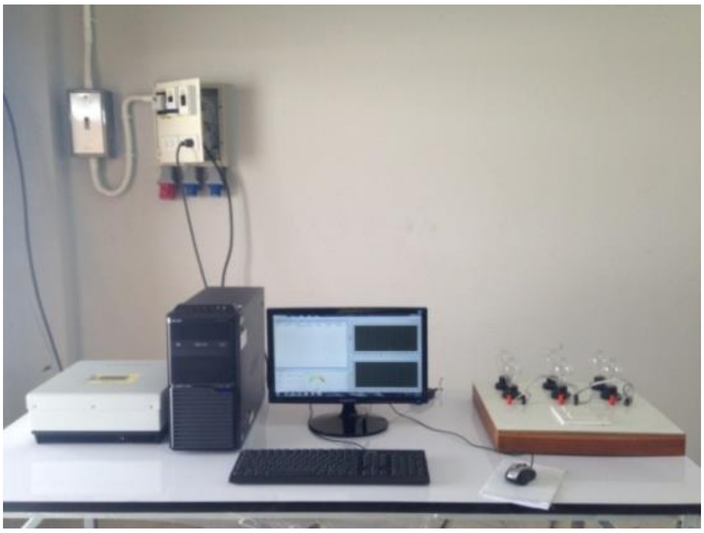
6. การทดลองระบบกับโหลดค่าคงที่

จากการทดลองระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน มีการจำลองภาระโหลดเป็นค่าคงที่ 4 ค่าโดยกำหนดไว้ที่ไม่มีโหลด โหลด 200 วัตต์ โหลด 400 วัตต์ และโหลด 600 วัตต์ โดยมีการบันทึกข้อมูลต่อการทำการทดลองกับโหลด1 ค่า ใช้เวลาที่ได้รับแสงแดดเฉลี่ย 10 ชั่วโมงเท่ากัน

6.1 ไม่มีโหลด

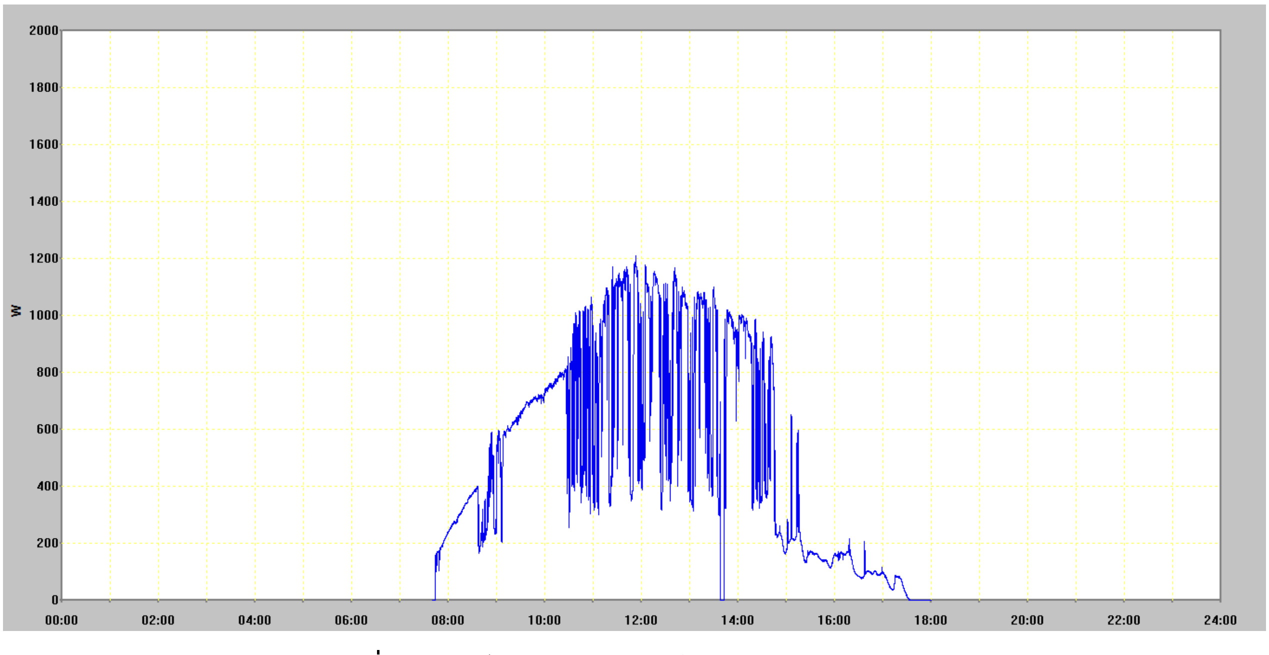
จากการทดลองกำหนดให้ไม่มีโหลด และทำการบันทึกข้อมูลโดยใช้เวลาที่ได้รับแสงแดด 10 ชั่วโมง

รูปที่ 2 ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้



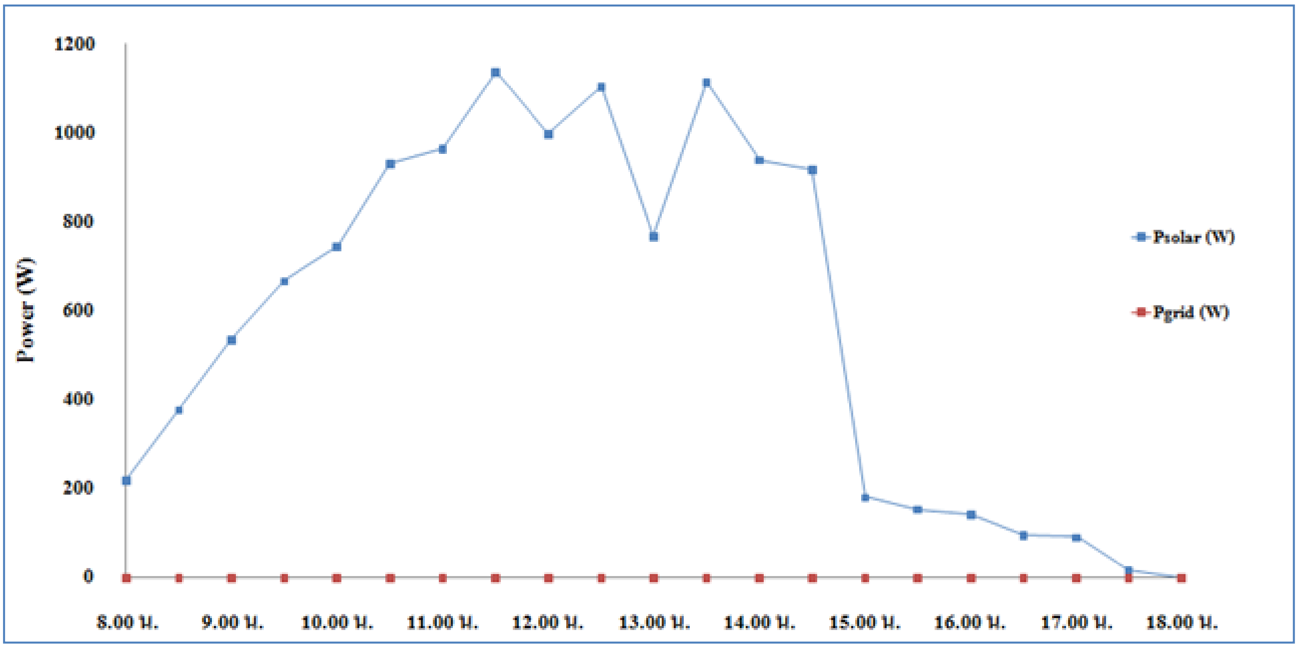
รูปที่ 3 การบันทึกข้อมูลขณะที่ไม่มีภาระโหลด

จากการวัดค่าและบันทึกข้อมูล ใช้เวลา 10 ชั่วโมง โดยไม่มีภาระโหลด ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเวลา 8.00-18.00 น. จากการทดลองพบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 5.18 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 38.4 องศาเซลเซียส มีความเข้มแสงเฉลี่ย 442.55 วัตต์ต่อตารางเมตร มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 141.04 โวลต์มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย 238.72 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 1.9 แอมแปร์



รูปที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับเวลา

จากการทดลอง ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4 พบว่าชุดแผงเซลลแสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 576.61 วัตต์ โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.13 กิโลวัตต์ ต่ำสุดที่ 0 วัตต์

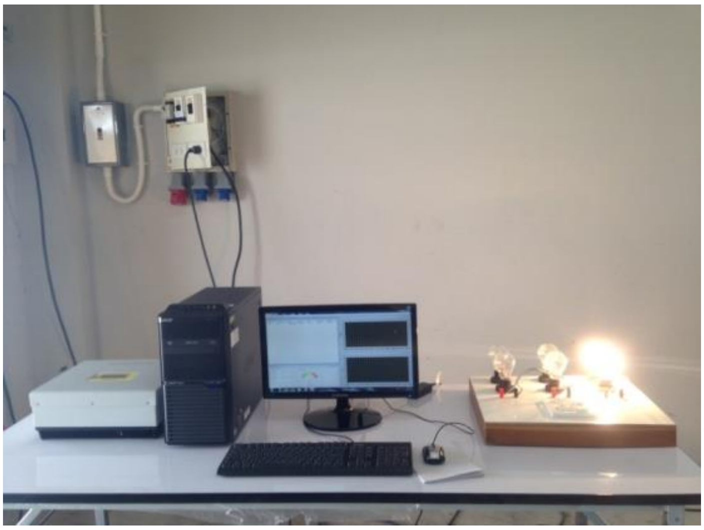


รูปที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าหลัก

จากการทดลองขณะที่ไม่มีโหลดดังรูปที่ 5 พบว่าระบบสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 5.18 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยไม่ต้องนำกำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายมาใช้เพื่อจ่ายให้โหลด

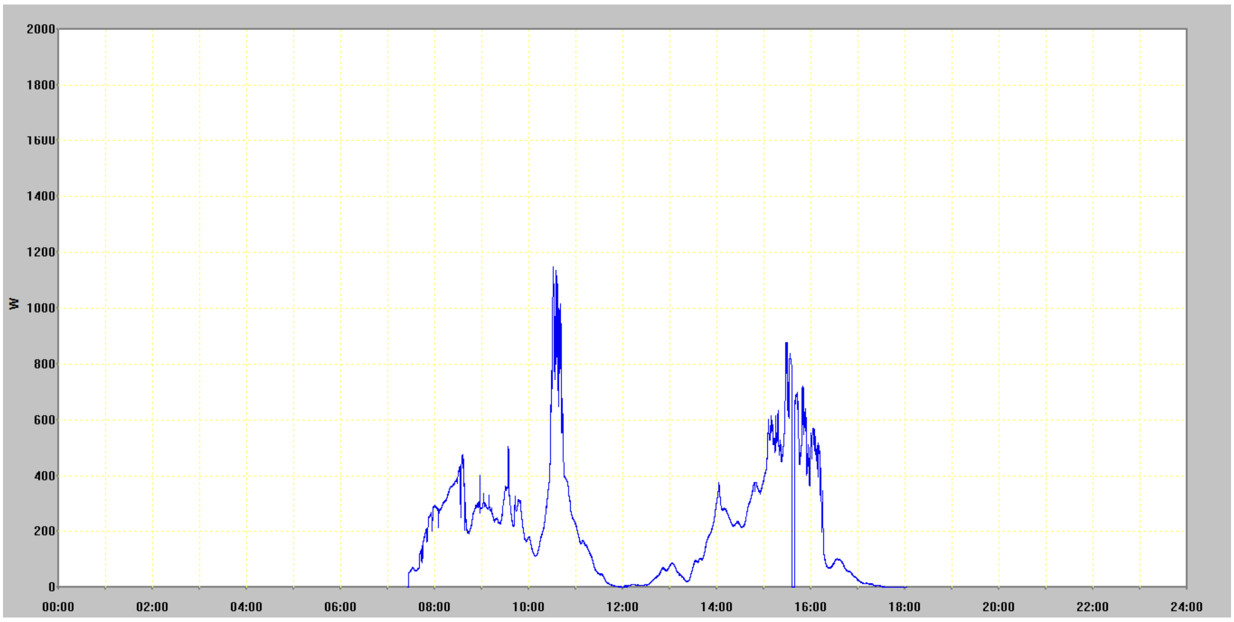
6.2 โหลด 200 วัตต์

จากการทดลองกำหนดให้โหลดมีค่า 200 วัตต์ และทำการบันทึกข้อมูลโดยใช้เวลาที่ได้รับแสงแดด 10 ชั่วโมงต่อวัน



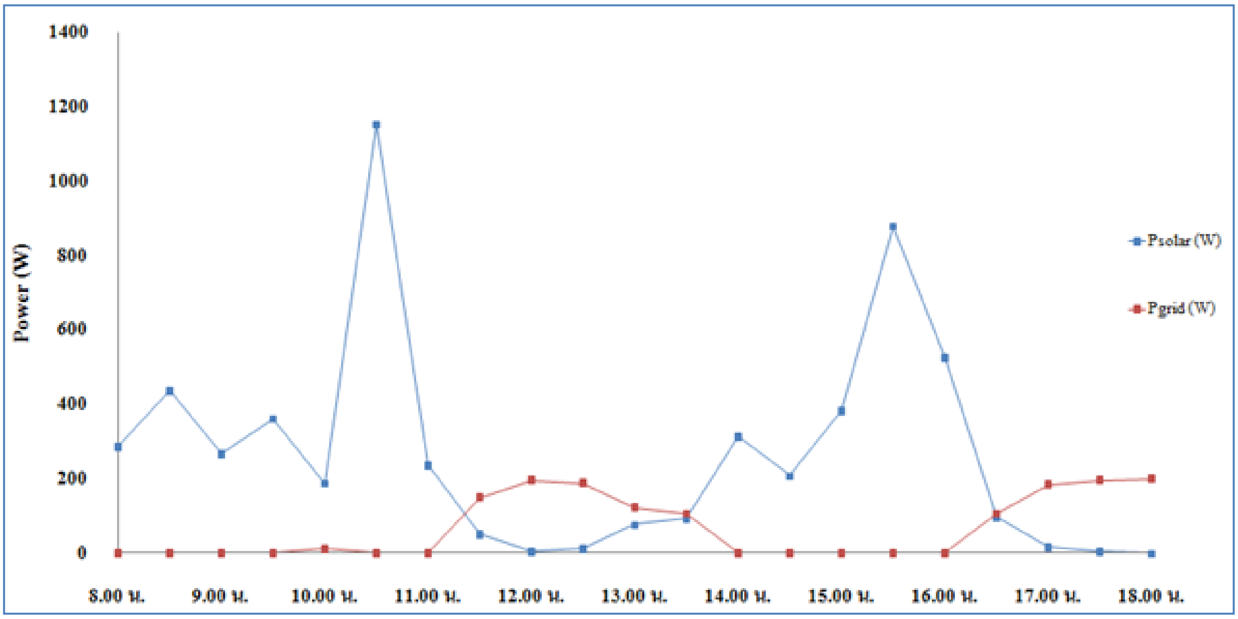
รูปที่ 6 การบันทึกข้อมูลที่โหลด 200 วัตต์

จากการวัดค่าและบันทึกข้อมูล ใช้เวลา 10 ชั่วโมง กำหนดภาระโหลดที่ 200 วัตต์ ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเวลา8.00-18.00 น. จากการทดลองพบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2.26 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 35.05 องศาเซลเซียส มีความเข้มแสงเฉลี่ย 230.88 วัตต์ต่อตารางเมตร มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 141.4 โวลต์มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย 235.91 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 1 แอมแปร์



รูปที่ 7 ค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับเวลา

จากการทดลอง ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ดังรูปที่ 7 พบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 266.63 วัตต์ โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.15 กิโลวัตต์ ต่ำสุดที่ 0 วัตต์

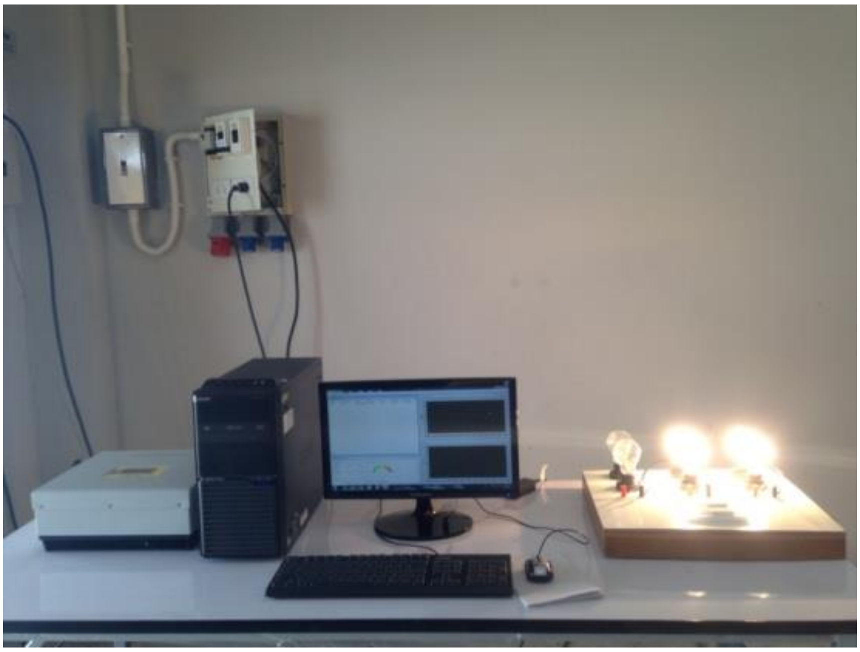


รูปที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าหลัก

จากการทดลองขณะที่โหลด 200 W ตามรูปที่ 8 พบว่า ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2.26 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน และใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย 1.45 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

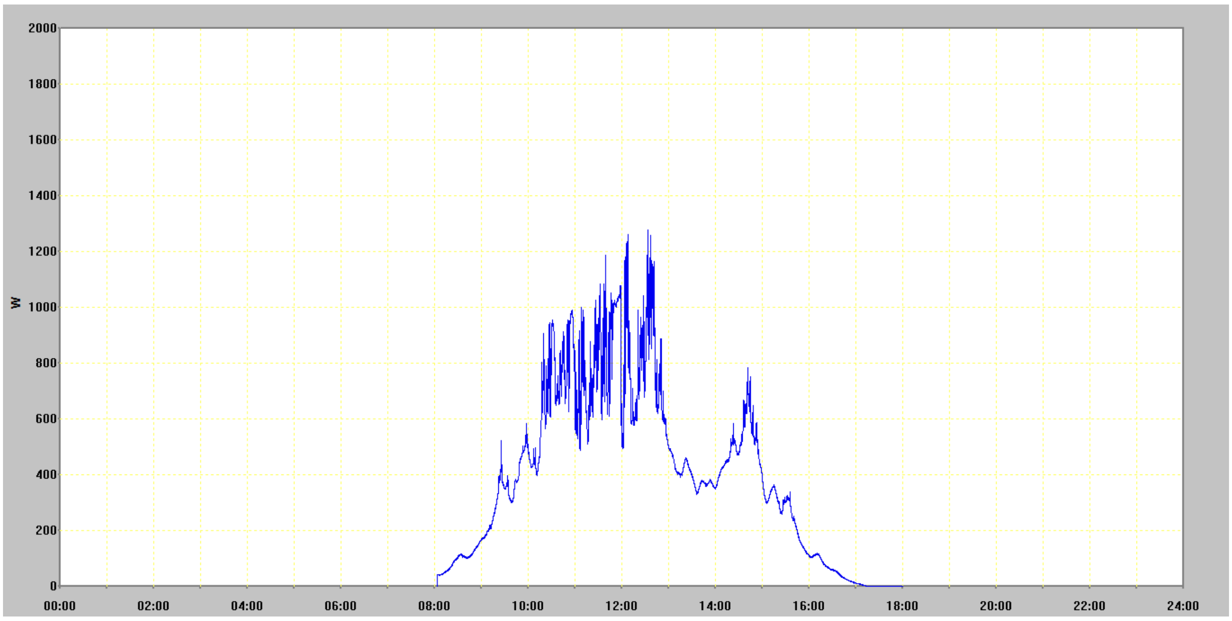
6.3 โหลด 400 W

จากการทดลองกำหนดโหลดเป็นค่าคงที่ 400 วัตต์ และทำการบันทึกข้อมูลโดยใช้เวลาที่ได้รับแสงแดด 10 ชั่วโมงต่อวัน



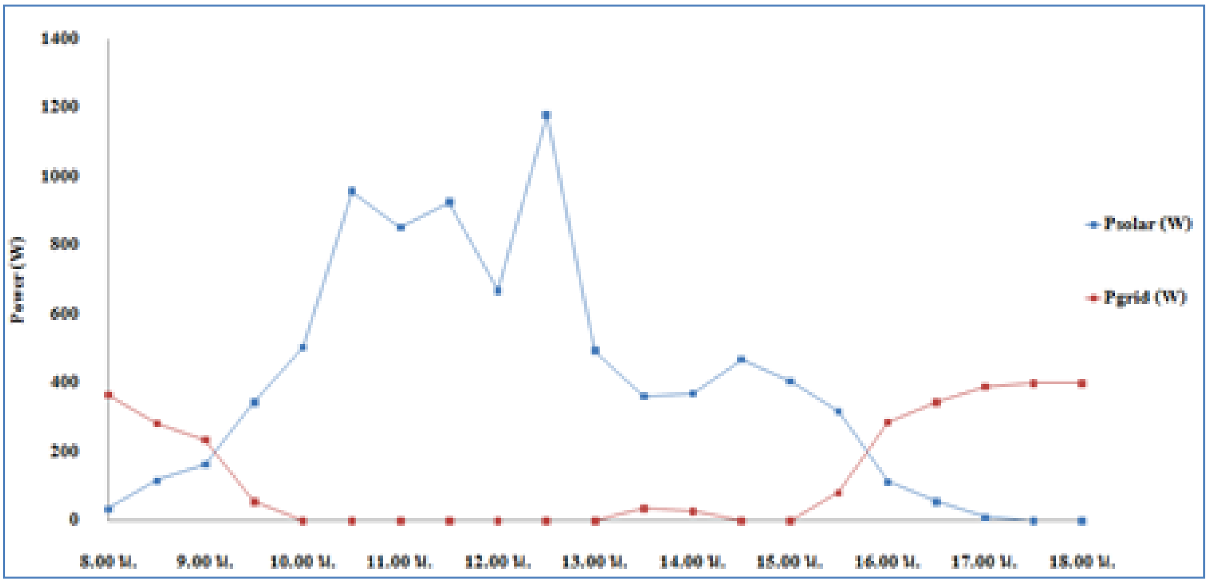
รูปที่ 7 การบันทึกข้อมูลที่โหลด 400 W

จากการวัดค่าและบันทึกข้อมูล ใช้เวลา 10 ชั่วโมง กำหนดภาระโหลดที่ 400 วัตต์ ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเวลา8.00-18.00 น. จากการทดลองพบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.93 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.86 องศาเซลเซียส มีความเข้มแสงเฉลี่ย 310.8 วัตต์ต่อตารางเมตร มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 153.7 โวลต์มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย 236.25 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 1.4 แอมแปร์



รูปที่ 8 ค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับเวลา

จากการทดลอง ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ดังรูปที่ 8 พบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 397.29 วัตต์ โดยมีกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.17 กิโลวัตต์ ต่ำสุดที่ 0 วัตต์

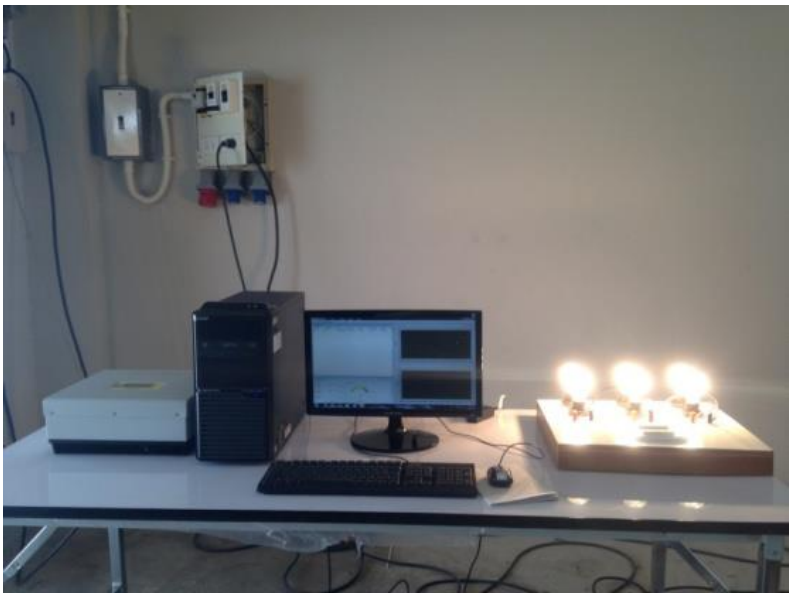


รูปที่ 9 ค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าหลัก

จากการทดลองขณะที่โหลด 400 W ตามรูปที่ 9 พบว่า ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.93 กิโลวัตต์ชั่วโมง และใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย 2.02 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

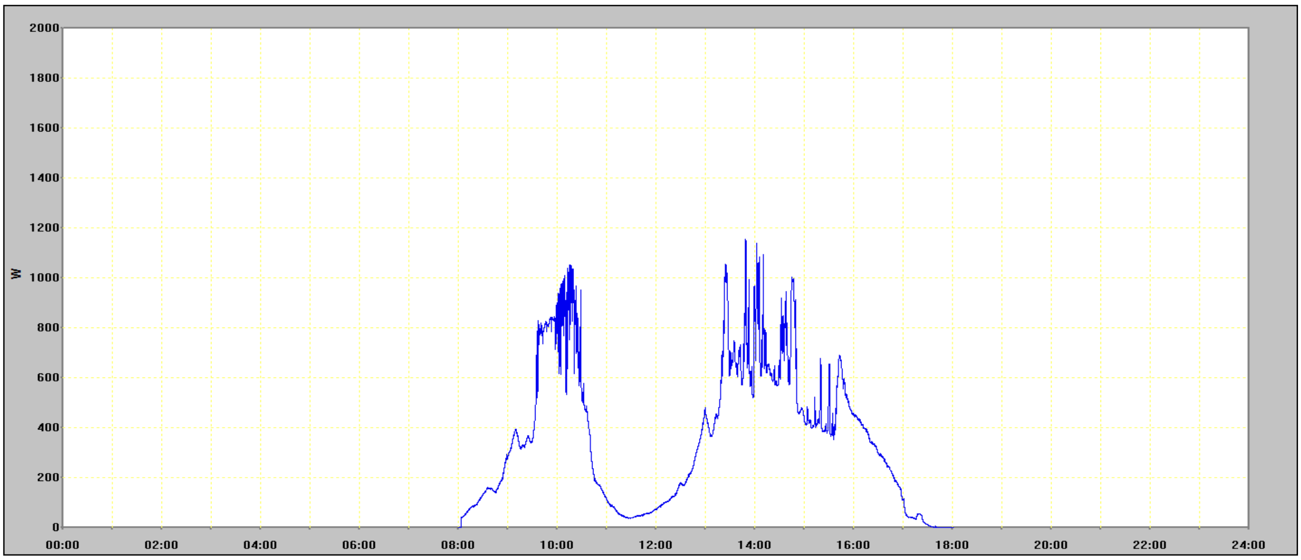
6.4 โหลด 600 W

จากการทดลองกำหนดโหลดเป็นค่าคงที่ 600 วัตต์ และทำการบันทึกข้อมูลโดยใช้เวลาที่ได้รับแสงแดด 10 ชั่วโมง



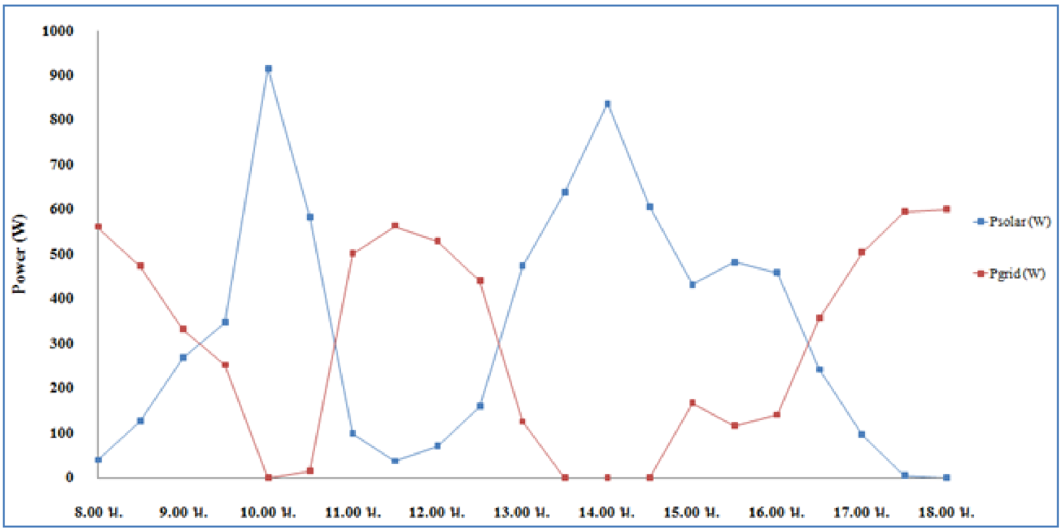
รูปที่ 10 การบันทึกข้อมูลที่โหลด 600 W

จากการวัดค่าและบันทึกข้อมูล ใช้เวลา 10 ชั่วโมง กำหนดภาระโหลดที่ 600 วัตต์ ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วงเวลา8.00-18.00 น. จากการทดลองพบว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.93 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 33.86 องศาเซลเซียส มีความเข้มแสงเฉลี่ย 310.8 วัตต์ต่อตารางเมตร มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 153.7 โวลต์มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย 236.25 โวลต์ มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 1.4 แอมแปร์



รูปที่ 11 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับเวลา

ข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 11 พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 10 ชั่วโมงต่อวันระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 5.18 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 916.4 วัตต์



รูปที่ 12 ค่ากำลังไฟฟ้าโซล่าเซลล์ (W) เทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าหลัก

จากการทดลองขณะที่โหลด 600 W ตามรูปที่ 12 พบว่า ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเก็บข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3.59 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน และใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย 4.65 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

7. ผลการประเมินสมรรถนะของระบบทางด้านเทคนิค

7.1 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 11.39 ดังตารางที่ 1 และมีประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นร้อยละ 66.03

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

Time	Iac (A)	Vdc (V)	Psolar (W)	Irradiance (W/m²)	A_a (m²)	η_a (%)
8.00	1.0	156.0	220.8	208.62	10	10.58
10.00	3.0	142.9	744.4	548.95	10	13.56
12.00	2.1	155.1	998.2	758.74	10	13.15
14.00	3.4	143.8	938.1	714.45	10	13.13
16.00	0.7	145.6	142.8	101.39	10	14.08
18.00	0.1	141.6	5.4	13.98	10	3.86

7.2 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 7.88 ดังตารางที่ 2 และมีประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นร้อยละ 33.49

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

Time	Iac (A)	Vdc (V)	Psolar (W)	Irradiance (W/m²)	A_a (m²)	η_a (%)
8.00	1.2	153.0	286.6	247.08	10	11.59
10.00	0.7	157.3	187.7	215.61	10	8.70
12.00	0	129.3	4.2	13.98	10	3.00
14.00	1.2	160.8	313.2	270.39	10	11.58
16.00	2.1	151.7	526.9	424.24	10	12.41
18.00	0	5.4	0	5.82	10	0

7.3 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 9.33 ดังตารางที่ 3และมีประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นร้อยละ 39.74

ตารางที่ 3 ผลการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

Time	Iac (A)	Vdc (V)	Psolar (W)	Irradiance (W/m²)	A_a (m²)	η_a (%)
8.00	0.2	153.6	34.7	45.45	10	7.63
10.00	1.8	156.5	503.6	423.07	10	11.90
12.00	2.3	133.4	668.5	462.70	10	14.44
14.00	1.4	159.8	370.8	321.67	10	11.52
16.00	0.5	158.2	113.8	108.39	10	10.49
18.00	0	150.4	0	2.33	10	0

7.4 ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 10.21 ดังตารางที่4 และมีประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นร้อยละ 54.42

ตารางที่ 4 ผลการทดลองวัดค่าและหาค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

Time	Iac (A)	Vdc (V)	Psolar (W)	Irradiance (W/m²)	A_a (m²)	η_a (%)
8.00	0.2	179.2	39.6	60.61	10	6.43
10.00	3.7	148.6	916.4	689.97	10	13.29
12.00	0.3	157.9	71.2	73.42	10	9.67
14.00	4.0	150.7	837.6	659.67	10	12.68
16.00	1.8	151.6	458.9	292.54	10	15.65
18.00	0.1	141.6	5.4	13.98	10	3.59

7.5 การประเมินสมรรถนะของระบบ

การประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบ อ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power System เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบ (Roberto Vigotti)

ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ	
พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อการกำลังติดตั้งในทฤษฎี	4.59
พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง	4.34
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์	3.20
พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์	0.25
พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์	1.39
สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์	0.69
ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)	9.70
ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (%)	72.77

8. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการลงทุน เลือกใช้วิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) ซึ่งรายละเอียดแต่ละรายการมีดังนี้

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ตามกรณีศึกษาต่าง ๆ

	กำลังไฟฟ้า (kW)	เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)	รายรับสุทธิต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
ระบบผลิตได้จริงตามผลการทดสอบ	3.77	70,800	2,041.36	3.68
กรณีคิดแบบอัตรารับซื้อไฟฟ้า Feed–in-tariff	3.77	70,800	6,180.82	1.45
กรณีคิดกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 10%	4.14	70,800	2,547.52	2.79
กรณีคิดกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 20%	4.52	70,800	3,067.36	2.08
กรณีคิดกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 30%	4.90	70,800	3,587.20	1.73
กรณีถ้ารัฐช่วยสนับสนุนค่าลงทุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เหมือน Solar Collector	3.77	20,800	2,041.36	1.18

9. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบไม่ใช้แบตเตอรี่ผสมผสานกับระบบไฟฟ้าหลักสำหรับอาคารสำนักงาน พบว่า ระบบสามารถใช้งานร่วมกันได้จริง และสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนให้กับอาคารสำนักงานได้ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาคืนทุนตามองค์ประกอบของปัจจัยการลงทุนในปัจจุบันของโครงการอยู่ที่ 3.68 ปี ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลือดังผลการทดลองที่ได้แสดงไว้จะทำการไหลเข้าไปสู่ระบบไฟฟ้าหลักได้

10. เอกสารอ้างอิง

[1] Connecting Your Solar Electric System to the Utility Grid. [online] 2002. [cited July 23 2013]. Available from : URL : http:// www1.eere.energy.gov/solar

[2] นภัทร วัจนเทพินทร์. “การศึกษาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบ ขนาด 5 kWp.” วารสาร มทร. อีสาน. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2551).

[3] นภัทร วัจนเทพินทร์ และคณะ. “การประเมินผลโครงการเร่งรัดขยายบริการไฟฟ้าโดยระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.”ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, 14-16 พฤษภาคม 2551. นครปฐม : โรงแรมโรสการ์เด้นริเวอร์ไซด์ สวนสามพราน.

[4] Roberto Vigotti. “International Energy Agency Photovoltaic Power System TASK 2 Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic System (IEA PVPS Task2).”Progress in Photovoltaics : Research and Applications.