

การวิจัยและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร ขนาด 5 kW แบบเชื่อมต่อเข้าระบบ

The Research and Development of 5 kW Grid-Connected Building top PV System

นภัทร วัจนเทพินทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

7/1 ถ.นนทบุรี 1 ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

โทรศัพท์ 0-2969-1521 โทรสาร 0-2525-2682 Email:watjanatepin@yahoo.com

Napat Watjanatepin

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus

7/1 Nonthaburi 1 Rd. Swanyai Muang Nonthaburi 11000

Tel:0-2969-1521, Fax:0-2525-2682 Email:watjanatepin@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ กล่าวถึงการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร โดยใช้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a – Si) ขนาดกำลังไฟรวมประมาณ 5 kW ติดตั้งบนหลังคาอาคารสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของโครงการมี 2 ประการคือ

1. ติดตั้งและทดสอบผลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร ขนาด 5 kW แบบเชื่อมต่อเข้าระบบ เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ

2. วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในโครงการเป็นแบบต่อตรงเข้าระบบ (Grid Connected Inverter) แบบเฟสเดียวจำนวน 3 เครื่อง ให้เอาต์พุตไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V 50 Hz จ่ายกำลังไฟสูงสุด 2.2 kW โดยมีระบบบันทึกข้อมูลและแสดงผลการทำงานของระบบผ่านทางฮาร์ดแวร์ และใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ Leonics Apollo View

ผลการวิจัยพบว่า ระบบฯ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้รวม 6,443.9 kWh ต่อปี สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 16,110 บาท ต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ตลอดอายุการใช้งานของระบบ ไม่น้อยกว่า 322,200 บาท ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 11.71 บาทต่อ kWh โดยที่ประสิทธิภาพรวมของระบบฯ เท่ากับร้อยละ 32.6 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เท่ากับร้อยละ 81.39 และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 40.12 เมื่อเทียบกับค่ากิโลวัตต์สูงสุด

Abstract

This paper is to present PV panels of amorphous silicon (a – Si) solar cells and the approximately total power is 5 kW. The PV panels installed on building top of the Electrical Engineering Building at Rajamangala University of Technology

Suvarnabhumi Nonthaburi Campus . This project has two main objectives.

1. Installation and testing results of 5 kW grid – connected PV system to find out the efficiency of PV array , inverter and overall efficiency.

2. Measurement generating energy and calculate generating cost , saving cost.

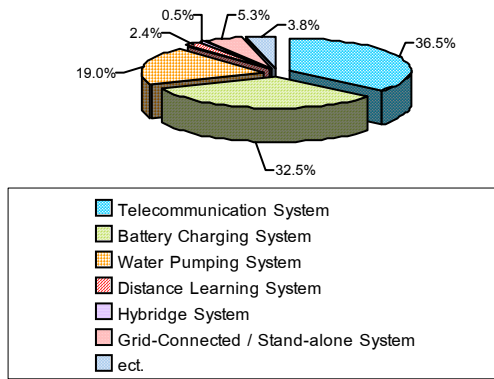
Three 2.2 kW single-phased grid – connected inverter generated supply to the distribution system. The control and monitoring system use the Leonics Apollo Software.

This system can generate electric energy of 6,443.91 kWh per year and can saving electric cost for 16,110 baht per year. The cost for generated electric energy is 11.71 baht per kWh. The overall efficiency of this system is 32.60% , efficiency of PV arrays is 40.12% (Compare with system kWp) and efficiency of grid – connected inverter is 81.39%.

Keywords : amorphous silicon , Grid-connected inverter , Building top

1. บทนำ

ในประเทศไทยเริ่มติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นครั้งแรกที่จังหวัดภูเก็ตเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) มีขนาดกำลังการผลิต 11.34 kW และมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องทั้งแบบไม่เชื่อมต่อเข้าระบบ แบบเชื่อมต่อเข้าระบบและแบบผสมผสาน [1] อีกหลายโครงการจากข้อมูลการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (NEPO) เมื่อปี พ.ศ. 2543 พบว่ามีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์รวมทั้งสิ้นประมาณ 5.217 MWp โดยติดตั้งเพื่อใช้ในระบบโทรคมนาคม 36.5 % ระบบประจุแบตเตอรี่ในหมู่บ้านห่างไกล 32.5 % และระบบผลิตไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งเพียง 5.3 % เท่านั้น [2] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัดส่วนของการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

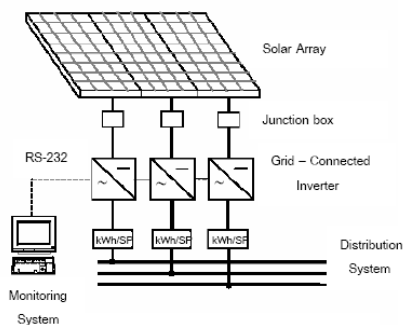
อย่างไรก็ตามการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบเป็นระบบที่น่าสนใจมากเพราะต้นทุนต่ำกว่าระบบไม่เชื่อมต่อเข้าระบบ จากความสำเร็จของโครงการ Rooftop Grid-Connected ในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและยุโรป นำไปสู่โครงการขยายผล เช่น โครงการบ้าน 1 ล้านหลังของสหรัฐอเมริกา โครงการบ้าน 1 แสนหลังของกลุ่มประเทศยุโรป และโครงการบ้าน 7 หมื่นหลังของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตและสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติร่วมกันทำโครงการ "สาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน" จำนวน 10 หลังในปี พ.ศ. 2540 และขยายผลเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2545 - 2547 อีกจำนวน 50 หลัง [3]

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณแผ่นดินในปีงบประมาณ 2546 เพื่อดำเนินการติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร ขนาด 5 kW โดยติดตั้งบนหลังคาอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ อะมอร์ฟัสซิลิคอน (a - Si) และใช้อินเวอร์เตอร์เฟสเดียวแบบต่อตรงเข้าระบบ จำนวน 3 เครื่อง

2. หลักการ

2.1 ส่วนประกอบของระบบ

รายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพกรอบของระบบฯ

1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงการวิจัย เป็นชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน โมเดล LSU ผลิตภัณฑ์ของ Kaneka ประเทศญี่ปุ่น มีพื้นที่แผงละ 58 W 63 V ใช้รวมทั้งสิ้น 84 แผง โดยจัดแบ่งออกเป็น 3 ชุดย่อย ชุดละ 28 แผง แต่ละชุดย่อยต่อเป็น 4 แผง อนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันออกมา 252 V และนำมาต่อขนานกัน 7 แถว เพื่อให้ได้กระแสรวม 6.44 A ดังนั้น กำลังเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุดย่อยเท่ากับ 1,622.88 W เมื่อรวมกำลังไฟฟ้าของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งระบบที่ใช้ในโครงการจะเท่ากับ 4,868.64 W ดังแสดงในรูปที่ 3 เอาต์พุตกระแสตรงของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ย่อยแต่ละชุดต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์แบบต่อตรงเข้าระบบโมเดล Apollo G-300 ผลิตภัณฑ์ของ LEONICS ประเทศไทย



รูปที่ 3 แสดงชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 84 แผง
พิกัดกำลังไฟฟ้า 4,868.64 W

2. กล่องต่อสาย

ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุดจะมีกล่องต่อสายแบบกันน้ำ เป็นที่รวมสายของแต่ละชุดและติดตั้งไดโอดกันกระแสจำนวน 7 ชุด และต่อสายแบบกระแสตรง ของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กล่องต่อสายแสงไดโอดกันกระแส

3. อินเวอร์เตอร์แบบต่อตรงเข้าระบบ

ใช้ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชุดย่อยให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงมีอินเวอร์เตอร์ จำนวน 3 เครื่อง โดยใช้อินเวอร์เตอร์ LEONICS Model Apollo G-300 เป็นชนิดเฟสเดียวพิกัด 2.2 kW 220 V 50 Hz \pm 2% โดยเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ แต่ละเครื่องต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของอาคารเรียงลำดับเฟสที่ 1 2 และ 3 และสามารถแปลง

กระแสไฟฟ้าจ่ายกำลังงานไฟฟ้าได้ตามพิกัดของอินเวอร์เตอร์ ดังแสดง
ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 อินเวอร์เตอร์แบบต่อตรงเข้าระบบแบบเฟสเดียว
จำนวน 3 เครื่อง

4. มิเตอร์แสดงการผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันระบบฯ

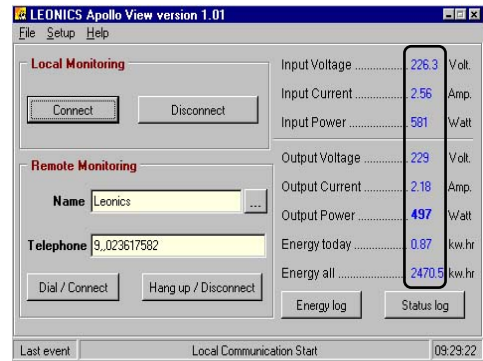
เครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมง ที่ใช้แสดงผลการผลิตไฟฟ้าและอุปกรณ์
ป้องกันระบบเช่น เซอร์คิตเบรกเกอร์ สำหรับป้องกันและสับปลดวงจร
ด้านกระแสตรง และด้านกระแสสลับ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันกระแส
กระชาก (Surge Protection) ติดตั้งรวมกันในตู้ขนาด 57cm X 69cm X
25cm โดยใช้กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ ชนิด 1 เฟส จำนวน 3 ตัว วัด
ปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ แต่ละเครื่องและใช้อุปกรณ์
ป้องกันกระแสกระชากจาก LEONICS Model LS211C ดังแสดงในรูปที่
6



รูปที่ 6 แสดงเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมงและ
อุปกรณ์ป้องกันระบบฯ

5. การควบคุมและแสดงผลของระบบฯ

ระบบควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เป็นไปตามฟังก์ชันของ
บริษัทผู้ผลิต คือการทำงานอัตโนมัติเมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์
เพียงพอในเวลาเช้า และหยุดทำงานอัตโนมัติในช่วงเวลาเย็น โดยมี
อุปกรณ์การตรวจจับกระแสและแรงดันทางด้านกระแสตรง และ
กระแสสลับ ซึ่งจะบันทึกข้อมูลต่างๆ ไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลภายใน
อินเวอร์เตอร์ สำหรับการแสดงผลข้อมูลผลิตไฟฟ้าของระบบฯ จะใช้
ซอฟต์แวร์ LEONICS Apollo View ซึ่งใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ ลักษณะ
ของการแสดงผลข้อมูลต่างๆ แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงซอฟต์แวร์แสดงผลของระบบฯ

2.2 การติดตั้งและการทำงานของระบบฯ

1. การติดตั้ง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด ติดตั้งบนโครงเหล็กชุบกล้าไนซ์
โดยวางมุมเอียงประมาณ 15 องศา หันหน้าไปทางทิศใต้ พื้นที่การติดตั้ง
รวม 71 ตารางเมตร โดยใช้ชนิดและโพลท์สแตนเลสยี่ตระกูลระหว่างโครงเหล็ก
และระหว่างแผงกับโครงเหล็ก และโครงของแต่ละแผงต่อเชื่อมกับระบบ
สายดินเพื่อผลทางด้านความปลอดภัยจากฟ้าผ่าดังแสดงในรูปที่ 8 [3]



รูปที่ 8 การติดตั้งโครงเหล็กชุบกล้าไนซ์

สำหรับการเชื่อมต่อสายไฟระหว่างชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
และกล่องต่อสายและระหว่างกล่องต่อสายกับตู้ควบคุมและแสดงผลการ
ผลิตไฟฟ้าซึ่งติดตั้งอยู่ห่างออกไปประมาณ 30 เมตร โดยใช้ท่อร้อย
สายไฟฟ้าชนิดกันน้ำ

อินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 เครื่อง ติดตั้งอยู่ในห้องควบคุมและต่อเข้ากับ
ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเดิมของอาคารที่ทำงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์และตู้มิเตอร์แสดงผลการผลิตไฟฟ้า

โดยทำการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่อไปนี้ DC operating voltage, DC operating current, DC power, inverter AC output (kW), inverter AC voltage, inverter AC current และ inverter AC output (kVA)[4]

2. การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงการวิจัยนี้ อินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้าระบบจะเชื่อมต่อเข้าระบบแบบอัตโนมัติ เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เพียงพอให้ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ย่อยแต่ละชุดสามารถผลิต แรงดันกระแสตรงได้สูงกว่า 165 V คือเวลาประมาณ 6.30 น. - 7.00 น. และอินเวอร์เตอร์จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับและเมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ลดลง จนกระทั่งแรงดันที่ได้รับจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดย่อยต่ำกว่า 165 V ที่เวลาประมาณ 18.00 น. ระบบผลิตไฟฟ้าจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 เครื่องจะส่งผ่านเครื่องวัดกิโลวัตต์ชั่วโมง จำนวน 3 ตัว เพื่อแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบต้องอาศัยการเชื่อมโยงของระบบจำหน่ายตลอดเวลาตั้งนั้นหากเกิดปัญหาไฟฟ้าดับหรือขัดข้องผิดปกติ อินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงานแบบอัตโนมัติทันที เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับอินเวอร์เตอร์และที่อาจเกิดกับผู้ซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าอีกด้วย

สำหรับการวัดและบันทึกข้อมูลเป็นระบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ ภายในอินเวอร์เตอร์ประกอบไปด้วย ตัวเซ็นเซอร์กระแสและแรงดันไฟฟ้าทำการวัดค่าดังกล่าวแล้วจึงนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการบันทึกค่าต่างๆ เก็บไว้ใน Data logger ภายในอินเวอร์เตอร์ การกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและการตั้งค่าเริ่มต้นในการบันทึกข้อมูล ทำได้โดยสั่งผ่านซอฟต์แวร์ ในที่นี้มองเตียวกันเมื่อต้องการโหลดข้อมูลการผลิตไฟฟ้ามาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ดังกล่าวเช่นกัน โดยโหลดผ่านสายเคเบิล RS-232 และสร้าง text file สำหรับเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปคำนวณ หรือสร้างกราฟแสดงผลในรูปแบบต่างๆได้ตามที่ผู้วิจัยต้องการ

3. การทดสอบและผล

3.1 การทดสอบระบบ

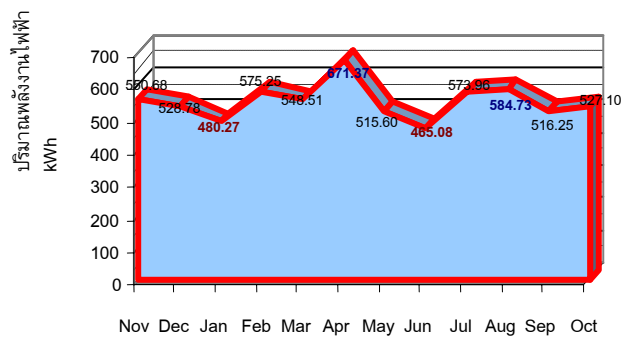
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ เพื่อติดตั้งและทดสอบการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์และประสิทธิภาพรวมของระบบฯ วัตถุประสงค์อีกข้อหนึ่งคือ เพื่อทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในระยะเวลา 1 ปี หาค่าใช้จ่ายในการลงทุนผลิตไฟฟ้า

ระยะเวลาการทดสอบระหว่าง เดือนสิงหาคม 2546 ถึง กรกฎาคม 2547 โดยกำหนดให้ อินเวอร์เตอร์เก็บข้อมูลทุกช่วงเวลา 5 นาที ของแต่ละวันตลอด 12 เดือน แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณและวิเคราะห์ค่าต่างๆ ที่ผู้วิจัยต้องการต่อไป

วิธีการหาค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร โดยการสุ่มข้อมูลการผลิตไฟฟ้าแบบเจาะจงโดยเลือก ข้อมูลจาก 5 วันดังต่อไปนี้ วันที่ 20 ตุลาคม 2546 วันที่ 24 พฤศจิกายน 2546 วันที่ 19 ธันวาคม 2546 วันที่ 7 มกราคม 2547 และวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2547

3.2 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบพบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 671.37 kWh ในเดือนเมษายน 2547 และเท่ากับ 584.73 kWh ในเดือนสิงหาคม 2547 ตามลำดับ และพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าต่ำสุดเท่ากับ 465.08 kWh ในเดือนมิถุนายน 2547 และเท่ากับ 480.27 kWh ในเดือนมกราคม 2547 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 11 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดเวลา 1 ปี เท่ากับ 6443.91 kWh หรือเท่ากับ 0.25 kWh ต่อตารางเมตรต่อวัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไปในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 11.71 บาทต่อ kWh



รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 12 เดือน

ผลการทดสอบและการหาค่าประสิทธิภาพของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด [4] แสดงในตารางที่ 1 และเมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพรวมของทั้งระบบพบว่าประสิทธิภาพรวมของระบบฯเท่ากับร้อยละ 32.6 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เท่ากับร้อยละ 81.39 และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 40.12 เมื่อเทียบกับค่ากิโลวัตต์สูงสุดของระบบฯ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบปริมาณทางไฟฟ้า ประสิทธิภาพของชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด

System # 1 , Inverter and System Operation Parameter (Average Test)

Parameter	Test Number				
	Oct 20, 03	Nov 24, 03	Dec 19, 03	Jan 7, 04	Feb 24, 04
DC Operating Voltage (V)	221.37	230.85	223.80	228.66	228.47
DC Operating current (A)	2.92	3.84	3.07	2.80	1.82
DC Power (kW)	646.40	886.51	687.11	640.26	415.83
Inverter AC Output (kW)	520.40	700.46	551.21	537.19	340.90
Inverter AC Voltage (V)	228.69	227.28	229.69	231.30	227.18
Inverter AC Current (A)	2.28	3.09	2.42	2.29	1.53
Inverter AC Output (kVA)	521.41	702.30	555.85	529.68	347.59
Power Factor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PV array - DC Power efficiency (%)	39.80	54.59	42.31	39.42	25.61
Inverter - AC Power efficiency (%)	80.51	79.10	80.22	82.34	81.98
Overall efficiency (%)	32.04	43.13	33.94	32.46	20.99

System # 2 , Inverter and System Operation Parameter (Average Test)

Parameter	Test Number				
	Oct.20, 03	Nov.24, 03	Dec.19, 03	Jan.7, 04	Feb.24, 04
DC Operating Voltage (V)	222.08	225.77	222.81	229.00	228.71
DC Operating current (A)	2.95	3.89	3.11	2.83	1.84
DC Power (kW)	655.15	878.25	692.94	648.12	420.83
Inverter AC Output (kW)	527.17	708.85	557.28	540.11	345.99
Inverter AC Voltage (V)	231.77	230.34	232.79	234.42	230.24
Inverter AC Current (A)	2.31	3.13	2.45	2.32	1.55
Inverter AC Output (kVA)	535.39	720.96	570.34	543.85	356.87
Power Factor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PV array - DC Power efficiency (%)	40.34	54.08	42.67	39.91	25.91
Inverter - AC Power efficiency (%)	80.47	80.71	80.42	83.33	82.22
Overall efficiency (%)	32.46	43.65	34.32	33.26	21.30

System # 3 , Inverter and System Operation Parameter (Average Test)

Parameter	Test Number				
	Oct.20, 03	Nov.24, 03	Dec.19, 03	Jan.7, 04	Feb.24, 04
DC Operating Voltage (V)	221.62	226.00	223.84	229.32	228.57
DC Operating current (A)	2.87	3.77	3.02	2.75	1.79
DC Power (kW)	636.06	852.12	676.02	630.65	409.15
Inverter AC Output (kW)	512.21	689.25	542.19	529.13	335.45
Inverter AC Voltage (V)	225.03	223.64	226.01	227.59	223.54
Inverter AC Current (A)	2.28	3.12	2.42	2.33	1.51
Inverter AC Output (kVA)	513.07	697.76	546.94	530.28	337.55
Power Factor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PV array - DC Power efficiency (%)	39.17	52.47	41.63	38.83	25.19
Inverter - AC Power efficiency (%)	80.53	80.89	80.20	83.90	81.99
Overall efficiency (%)	31.54	42.44	33.39	32.58	20.66

4. สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันนี้ปัญหาเรื่องวิกฤติพลังงานและน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นปัญหาหลักของโลก พลังงานทดแทนมีบทบาทสำคัญและมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะแนวโน้มการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้นทุกปี แม้ว่าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้า จะมีราคาต่อหน่วยสูงกว่าการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แต่ก็เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อประเทศอย่างยิ่ง โครงการวิจัยนี้เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้และตอบสนองนโยบายด้านพลังงานของประเทศและของโลก อีกทั้งยังเป็นประโยชน์โดยตรงต่อคณะผู้วิจัยที่ได้ศึกษาระบบการผลิตและการเชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้าแบบต่อตรงเข้าระบบ และสามารถนำความรู้นี้ไปเผยแพร่ต่อชุมชนและผู้สนใจในวงการวิชาการต่อไป

หลังการติดตั้งระบบดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการผลิตกระแสไฟฟ้าและเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง เมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2546 และใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 1 ปี

ผลของการวิจัยพบว่า ระบบฯ สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านค่ากระแสไฟฟ้าได้ปีละ 16,110 บาท เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 20 ปี หรือประหยัดได้ตลอดอายุการใช้งานของระบบไม่น้อยกว่า 322,200 บาท ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รวมเท่ากับ 6,443.91 kWh ต่อปี ค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 11.71 บาทต่อ kWh ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยเท่ากับ 0.25 kWh ต่อตารางเมตรต่อวัน ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดในเดือนเมษายน 2547 และต่ำสุดในเดือน มิถุนายน 2547

สำหรับประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารที่ใช้ในการวิจัยนี้ จากผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับร้อยละ 32.60 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เท่ากับร้อยละ 81.39 และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับร้อยละ 40.12 เมื่อเทียบกับค่ากิโลวัตต์สูงสุดของระบบฯ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณตะวัน ขุนอาสา ผู้ช่วยเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล คุณรักชนก กัญยานสิริ ผู้พิมพ์และแก้ไข และคุณพรเลิศ ละออสุวรรณ ผู้ให้ข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2536 “ระบบผลิตไฟฟ้าร่วมเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมที่ภูเก็ต”. สถาบันวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพฯ
2. ชาย ชีวะเกตุ “การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์” สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 49 กรกฎาคม – กันยายน 2543
3. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540. “โครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน” สถาบันวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพฯ
4. Florida Power Corporation (FPC) , Diagnostic Test Report on Florida Power Corporation's 15-kWp Amorphous Silicon Photovoltaic System,1998.
5. Florida Solar Energy Center, Grid-Connected Photovoltaic System Design Review and Approval. FSEC-CP 70-01 version 6 April 23 , 2003.
6. Florida Solar Energy Center , Evaluation of Grid - Connected Photovoltaic System at The Nature Conservancy - Disney Wilderness Preserve , November , 1999.
7. Ahmad Hadri Haris , 2003 , Added Values of Grid-Connected Solar Photovoltaic System , TNB Research Sdn Bhd.
8. Ahmad Hadri Haris , 2003 , Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Applications in Malaysia : Current Status and Achievements.
9. IEA - PVPS , 2002 , Trends in Photovoltaic Applications in Selected IEA Countries between 1992 and 2001 , Task 1 Report IEA - PVPS - 11 : 2002.