

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมขนาด 10 กิโลวัตต์

สำหรับอาคารทดสอบ โครงการสวนพลังงาน

Design of 10 kW Multi Photovoltaic Cell Power Station for Testing Building,

Energy Park Project

นิพนธ์ เกตุจ้อย^{1*} วัฒนพงษ์ รัชนีชัย¹ คงฤทธิ์ แม้นศิริ¹ อชิตพล ศศิธรานูวัฒน์¹ และ วุฒิพงศ์ สุพนธนา²
¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

โทร 0-5526-1208 โทรสาร 0-5526-1208 e-mail: ketjoy@yahoo.com, niponk@nu.ac.th, sert@nu.ac.th

²บริษัทโอเนิกส์ จำกัด บางปะกง ฉะเชิงเทรา 24180 โทร 0-3857-0503 โทรสาร 0-3857-0512

Nipon Ketjoy^{1,*} Wattanapong Rakwichian¹ Kongrit Mansiri¹ Achitpon Sasitharanuwat¹ and Wuthipong Suponthana²

¹School of Renewable Energy Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

Tel: 0-5526-1208 Fax: 0-5526-1208 e-mail: ketjoy@yahoo.com, niponk@nu.ac.th, sert@nu.ac.th

²Leonics Co., Ltd., Bangpakong, Chachoengsao 24180 Tel: 0-3857-0503 Fax: 0-3857-0512

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมขนาด 10 kW สำหรับการติดตั้งจริงเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารทดสอบในพื้นที่โครงการสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีเงื่อนไขของการออกแบบ คือ ให้มีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม ชนิดอสัณฐาน และชนิดผสมผลึก โดยแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดของกำลังวัตต์ใกล้เคียงกันที่สุด และรวมกันได้ไม่ต่ำกว่า 10 kW ขนาดความจุของแบตเตอรี่กำหนดที่ 100 kWh เป้าหมายของการออกแบบกำหนดให้ระบบสามารถทำงานภายใต้เงื่อนไขการทำงานหลัก 3 เงื่อนไข คือสถานะเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงพอ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยตรง ส่วนที่เหลือให้ประจุลงแบตเตอรี่ เมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายกับภาระทางไฟฟ้าให้นำพลังงานจากแบตเตอรี่มาจ่ายเสริม เงื่อนไขที่สองเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์และจากแบตเตอรี่ไม่เพียงพอจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าให้นำพลังงานจากสายส่งมาจ่ายเสริม และให้กลับจ่ายด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่เมื่ออยู่ในสถานะที่สามารถทำงานได้อีกครั้ง เงื่อนไขสุดท้ายให้นำพลังงานที่ผลิตได้จ่ายเข้าสายส่งโดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง เมื่อระบบไม่มีภาระทางไฟฟ้าและแบตเตอรี่เต็ม

Abstract

This paper presents the design of 10 kW multi photovoltaic (PV) cell power stations for Testing Building of the Energy Park Project, Naresuan University. The design target is the combination of 3 differences types of PV cell technology in the system such polycrystalline solar cell (p-Si), amorphous (a-Si)

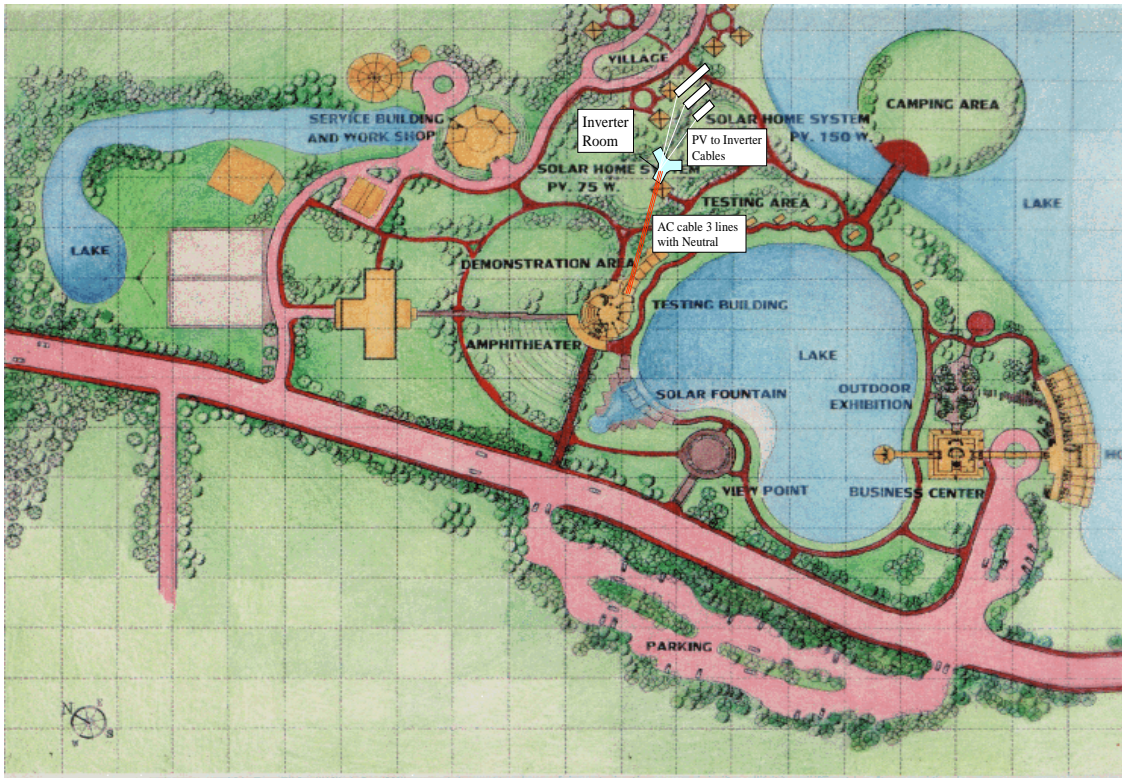
and hybrid solar cell, each technology should have nearly peak power and total power not less than 10 kW at 100 kWh battery capacity. The systems have 3 main operation modes. First mode, solar energy sufficient for generate electricity and supply to the load directly, the excess energy will be charge into the battery, when the solar energy shortage battery will be discharge to supply the load. Second, the solar and battery energy not sufficient the system will be switch to use the energy from the grid line until the energy level of solar and battery is possible to supply the load it will be switch back. The last, the energy form the system feed into grid line by the grid connected inverter incase of battery full and no load demand.

1. บทนำ

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงห้าปีที่ผ่านมา จากข้อมูลเอกสารอ้างอิงพบว่าเฉพาะในปี พ.ศ. 2546 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกเพิ่มขึ้นกว่า 30% ด้วยปริมาณการผลิต 744 MW ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้งานในระบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (grid connected system) ในประเทศญี่ปุ่น เยอรมัน และสหรัฐอเมริกา จากการขยายตัวของตลาดเซลล์แสงอาทิตย์โลก ส่งผลให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงาน (factory price) สำหรับเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกผสม (single and polycrystalline) ลดลงอยู่ระหว่าง 2.70-3.25 US\$/W และเซลล์ชนิดอสัณฐาน (Amorphous silicon) อยู่ระหว่าง 2.00-3.00 US\$/W [1]

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยก็ขยายตัวอย่างรวดเร็วเช่นกัน ซึ่งส่วนหนึ่งมาจาก "โครงการเร่งรัดขยายบริการไฟฟ้าโดยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Home System)" ของรัฐบาล

* Corresponding author



รูปที่ 1 แผนที่โครงการสวนพลังงานและสถานที่ติดตั้งระบบฯ

ซึ่งคิดเป็นจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์รวมประมาณ 18 MW (จากระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 150,000 ระบบ ในช่วงดำเนินการปี 2547-2548) ทำให้กำลังติดตั้งรวมของเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศภายในสิ้นปี 2548 จะอยู่ที่ประมาณ 30 MW [2,3,4]

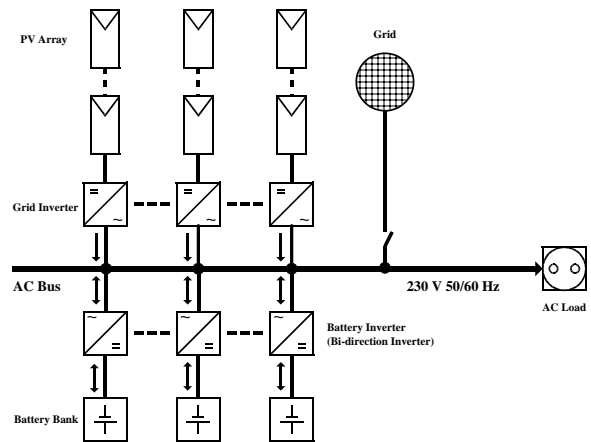
2. ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กระแสสลับขนาด 10 kW

บทความฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมขนาด 10 kW สำหรับการติดตั้งจริงเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารทดสอบ (Testing Building) ในพื้นที่โครงการสวนพลังงาน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ (รูปที่ 1)

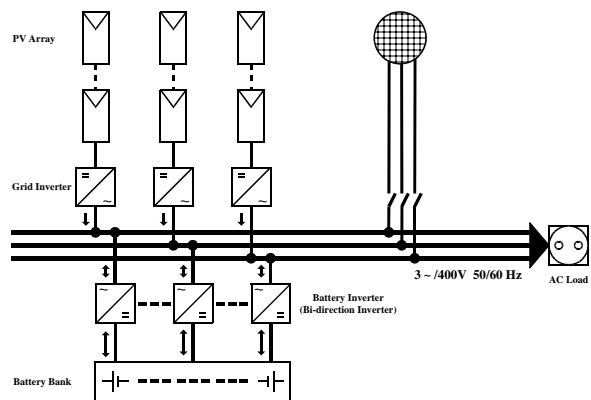
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ ระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง และระบบผลิตไฟฟ้าแบบอิสระ (stand-alone) สำหรับระบบฯ ที่จะทำการติดตั้งในโครงการสวนพลังงานนั้น จะเป็นระบบที่สามารถทำงานได้ทั้งสองลักษณะคือ ทำงานได้ทั้งในกรณีที่เป็นระบบแบบอิสระ และระบบแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (รูปที่ 3)

ระบบที่จะทำการติดตั้งเลือกใช้เทคโนโลยีใหม่ ซึ่งลักษณะของระบบเป็นแบบ (AC-Couple Modular Expandable System Technology, AC-MEST) ซึ่งระบบนี้มีข้อดีว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม (Traditional System Technology, TST) หลายประการได้แก่ [5,6]

- มีการเชื่อมต่อเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับมาตรฐาน 230/400 V 50 Hz (Universal AC-Couple Interface) ซึ่งทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เข้ามาในระบบได้ง่าย
- สามารถเชื่อมต่อบริษัทผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เข้ามาในระบบได้ง่าย เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล กังหันลม หรือ Pico hydro เป็นต้น



รูปที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบเฟสเดียวจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสจากเซลล์แสงอาทิตย์

- สามารถขยายขนาดหรือลดขนาดของระบบได้ง่าย เนื่องจากมีลักษณะเป็นแบบ Modular System ทั้งกรณีระบบแบบเฟสเดียว และแบบสามเฟส
- สมรรถนะโดยรวมของระบบสูง (High system performance ratio)

3. การออกแบบระบบฯ

ระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมขนาด 10 kW ที่จะทำการติดตั้งนี้ มีลักษณะที่แตกต่างจากระบบโดยทั่วไปคือ ในระบบจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเทคโนโลยีต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ได้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมผสม (polycrystalline silicon) ชนิดอสัณฐาน (amorphous silicon) และชนิดผสมผสาน (hybrid solar cell) โดยแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดของกำลังวัตต์ใกล้เคียงกันที่สุด และรวมกันได้ไม่ต่ำกว่า 10 kW ขนาดความจุของแบตเตอรี่ในระบบกำหนดไว้ที่ 100 kWh

เป้าหมายของการออกแบบกำหนดให้ระบบสามารถทำงานภายใต้เงื่อนไขการทำงานหลัก 3 เงื่อนไข คือสภาวะเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงพอไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยตรง ส่วนที่เหลือให้ประจุลงแบตเตอรี่ เมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายกับภาระทางไฟฟ้าให้นำพลังงานจากแบตเตอรี่มาจ่ายเสริม เงื่อนไขที่สองเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์และจากแบตเตอรี่ไม่เพียงพอจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าให้นำพลังงานจากสายส่งมาจ่ายเสริม และให้กลับมาจ่ายด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่เมื่ออยู่ในสถานะที่สามารถทำงานได้อีกครั้ง เงื่อนไขสุดท้ายให้นำพลังงานที่ผลิตได้จ่ายเข้าสายส่งโดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง เมื่อระบบไม่มีภาระทางไฟฟ้าและแบตเตอรี่เต็ม ซึ่งจากเงื่อนไขหลักทั้งสาม สามารถกำหนดเป็นเงื่อนไขการทำงานจริงได้ทั้งหมด 8 สภาวะ ดังรูปที่ 4

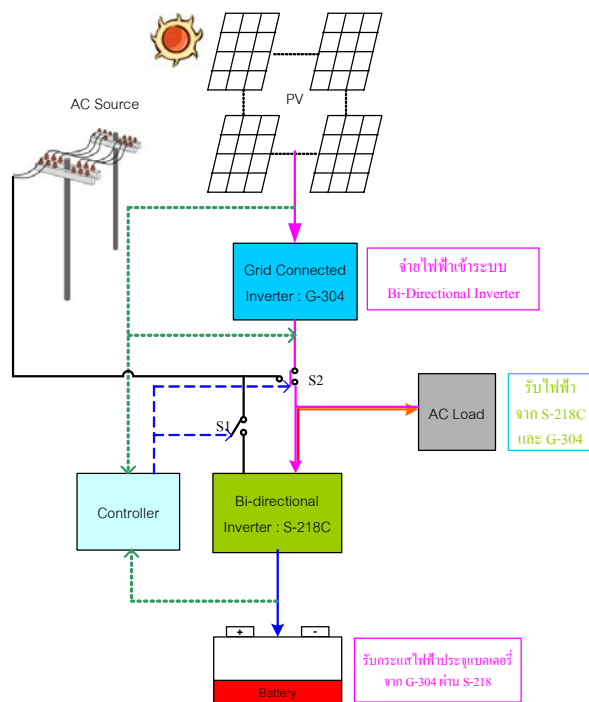
สภาวะที่	สายส่ง	แสงอาทิตย์	แบตเตอรี่
สภาวะที่ 1			
สภาวะที่ 2			
สภาวะที่ 3			
สภาวะที่ 4			
สภาวะที่ 5			
สภาวะที่ 6			
สภาวะที่ 7			
สภาวะที่ 8			

ไฟฟ้าในสายส่งปกติ ไฟฟ้าในสายส่งดับ
 มีแสงแดด แสงแดดไม่เพียงพอ
 แบตเตอรี่เต็ม แบตเตอรี่ต่ำ

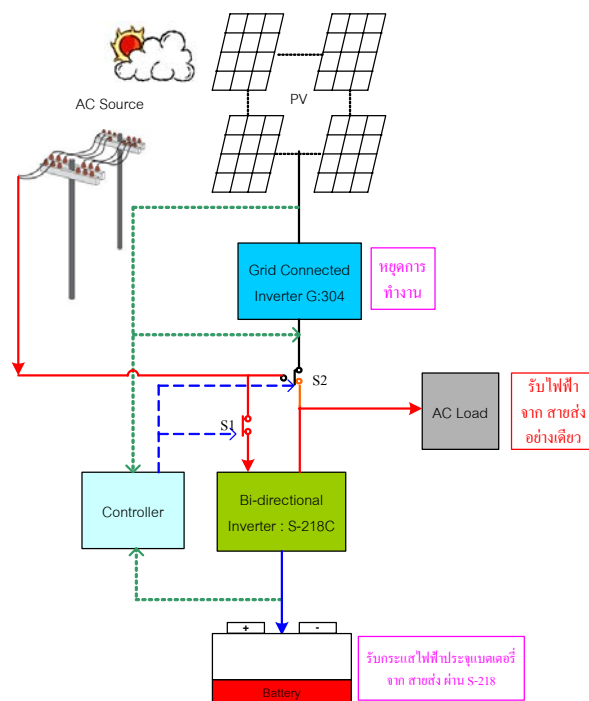
รูปที่ 4 เงื่อนไขในการออกแบบและการทำงานของระบบฯ ที่สภาวะต่างๆ

รูปที่ 5 แสดงลักษณะตัวอย่างการทำงานของระบบฯ ในกรณีของสภาวะที่ 2 คือเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงพอไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยตรง (รับไฟฟ้าจาก G-

304) ส่วนที่เหลือให้ประจุลงแบตเตอรี่ (ระบบไฟฟ้าจาก G-304 ผ่าน S-218C) เมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายกับภาระทางไฟฟ้าให้นำพลังงานจากแบตเตอรี่มาจ่ายเสริม (รับไฟฟ้าจาก G-304 + S-218C)



รูปที่ 5 ลักษณะการทำงานของระบบในสภาวะที่ 2



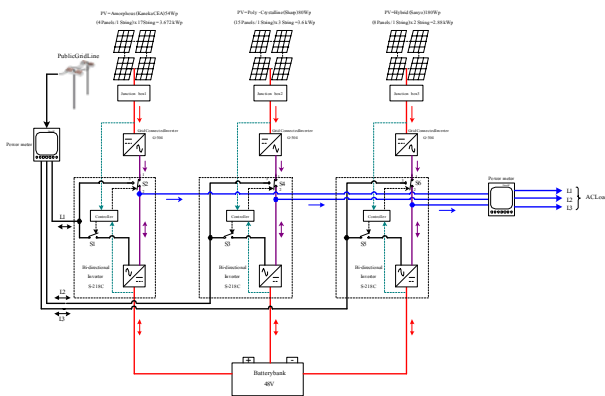
รูปที่ 6 ลักษณะการทำงานของระบบฯ ในสภาวะที่ 5

รูปที่ 6 แสดงลักษณะตัวอย่างการทำงานของระบบฯ ในกรณีของสภาวะที่ 5 คือกรณีเมื่อแสงแดดไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าของเซลล์

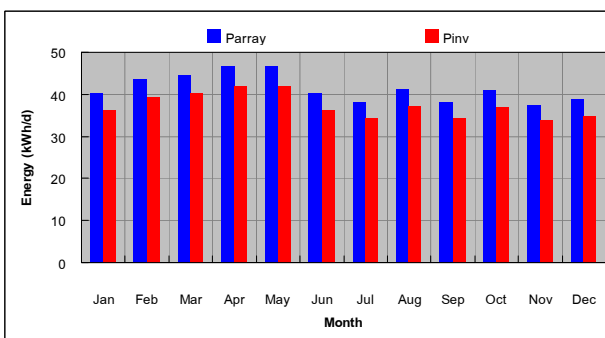
แสงอาทิตย์ และพลังงานในแบตเตอรี่ลดต่ำเกินกว่าที่จะสามารถจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ ระบบควบคุมอัตโนมัติก็จะสั่งการให้ภาระทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งแทน ในขณะที่เดียวกันก็จะทำการประจุแบตเตอรี่ด้วย จนเมื่อระบบเซลล์แสงอาทิตย์ กลับมาอยู่ในสถานะที่พร้อมที่จะจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้า ระบบควบคุมก็จะสั่งให้ปลดไฟฟ้าจากสายส่งออกจากระบบ

4. ผลของการออกแบบระบบฯ

จากการคำนวณภายใต้เงื่อนไขทั้งหมดทำให้สามารถกำหนดขนาดของแผงเซลล์แต่ละชนิด และอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมขนาด 3,600 W (Sharp NE-80E2E) ชนิดอสัณฐาน 3,672 W (Kaneka CEA) และชนิดผสมผสาน 2,880 W (Sanyo HIP-180N1-BO-01) รวม 10,152 W เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งสามเครื่องขนาด 3.5 kW/เครื่อง (Leonic G-304) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (bi-directional inverter) สามเครื่องขนาด 3.5 kW/เครื่อง (Leonic S-218C) แบตเตอรี่ที่ C₂₄ Fiamm SGM 2000 (16 OPzV) ขนาดแรงดันไฟฟ้า 2 V 2000Ah จำนวน 24 ลูก (รูปที่ 5)



รูปที่ 7 ระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟสจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมขนาด 10 kW



รูปที่ 8 พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม RES

จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม RES พบว่าระบบที่ออกแบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ยประมาณ 37.3 kWh/d (Pinv) ที่

ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ 90% (รูปที่ 8) [7]

5. สรุป

จากการออกแบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ทั้งหมดทำให้สามารถหาขนาดของแผงเซลล์แต่ละชนิดและอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบคือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมขนาด 3,600 W ชนิดผลึกอสัณฐาน 3,672 W และชนิดผสมผสาน 2,880 W รวม 10,152 W เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งสามเครื่องขนาด 3.5 kW/เครื่อง เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (bi-directional inverter) สามเครื่องขนาด 3.5 kW/เครื่อง และแบตเตอรี่ที่ C₂₄ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 2 V 2000Ah จำนวน 24 ลูก

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่อนุเคราะห์งบประมาณสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Maycock, P. "PV market update," Renewable Energy World, July-August 2004.
2. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, www.pea.or.th.
3. Khunchornyakong, W. "The First PV Mega Project in Thailand for "The Right to Know," Technical Digest 14th Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January 2004, Bangkok, Thailand, 529-530.
4. Sathienyanon, P. et al. "A Study On The Status Of And Prospects For Renewable Energy Development And Deployment In Thailand," Master of Science Independent Study. School of Renewable Energy Technology, Naresuan University. 2003.
5. Landau, M. et al. "Renewable Energies in Distributed Generation Systems," VDI-GET-Tagung, Entwicklungslinien der Energietechnik, 4-5 September 2002, Bochum.
6. Strauss, P. et al. "AC coupled PV hybrid systems and micro grid-start of the art and future trends," 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, 11-18 May 2003.
7. Nipon Ketjoy, Jürgen Schmid and Aekkalak Rojanaporn, "RES 2.0 a Software Simulation of PV - Diesel Hybrid System for Rural Electrification," Proceedings of 2nd European PV-Hybrid and Mini-Grid Conference; 25-26 September 2003; Kassel; Germany; 386-391.