การศึกษาและออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิกชนิดต่อเชื่อมกับกริดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 5 kWp กรณีศึกษาสำหรับพื้นที่บริการนักศึกษาและประชาชนทั่วไป

Study and Design of 5 kW_p Photovoltaic Grid Connected System of PEA Case Study for Service Area for Student and People.

องอาจ แสดใหม่* สมชัย หิรัญวโรดม
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3426 E-mail: sadmai@gmail.com

Ong-art Sadmai* Somchai Hiranvarodom
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Thanyaburi, Prathumthani 12110 Thailand Tel: 0-2549-3420 Fax: 0-2549-3426 E-mail: sadmai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบ ระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 5 กิโลวัตต์สูงสุด ซึ่งติดตั้งในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า โดยการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบโฟโตโวลตาอิกช่วย จ่ายเสริมเข้าไปในระบบของการไฟฟ้า การออกแบบระบบไฟฟ้าถูกกำหนดให้เป็นระบบไฟฟ้าสามเฟส โดยมีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์จำนวน 3 ตัวเป็นตัวแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบโฟโตโวลตาอิก ประมาณ 25 หน่วยต่อวัน หรือ 9,125 หน่วยต่อปี หากคิดราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยที่ 11 บาท จะสามารถขายพลังงานไฟฟ้า ให้กับการไฟฟ้าได้ถึง 100,375 บาทต่อปี

คำสำคัญ: ระบบโฟโตโวลตาอิก, พลังงานทดแทน

Abstract

This paper presents study and design of 5kW_p photovoltaic grid connected system and it has been installing in The Rajamangala University of Technology Thanyaburi for 6 month. The objectivity reduces electrical energy from electrical grid. The photovoltaic system is connecting to electrical grid and electrical system design is three phase distribution system. The single phase inverters are installed by photovoltaic system. It converts direct current system to alternative current system. The photovoltaic system can produce electrical energy about 25 units per day or 9,125 units per year. Assume that electrical energy cost is 11 baht per unit. It can be selling electrical energy power to Grid is 100,375 baht per year.

Keywords: Photovoltaic system, Renewable energy

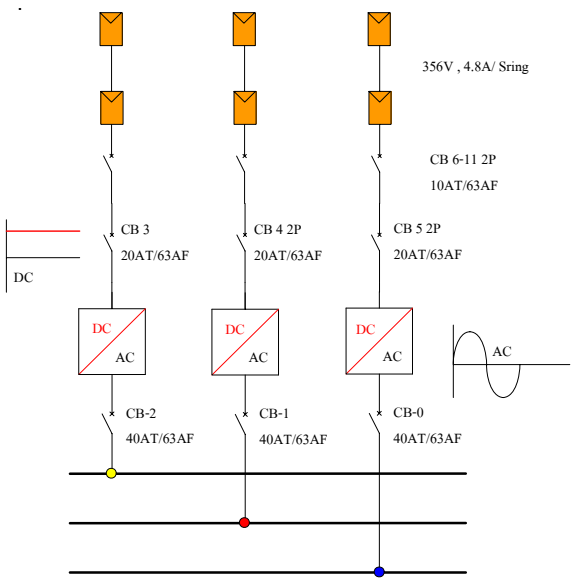
1. บทนำ

ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบโฟโตโวลตาอิก ในปัจจุบันมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ทำให้การติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิก ทั้งแบบ Stand Alone , Gird Connected , Hybrid system สามารถจะประมาณการพยากรณ์ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการติดตั้งระบบ การศึกษาวิเคราะห์และออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิกของงานวิจัย จึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ HOMER [1] ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าในการออกแบบระบบจึงได้มีการสำรวจ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของโหลด โดยการเก็บตัวอย่างในพื้นที่จริงก่อนการออกแบบระบบเพื่อให้การจำลองกับการติดตั้งจริง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับ จะได้มีการเปรียบเทียบผลที่ได้ ที่มีพารามิเตอร์ส่วนต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน

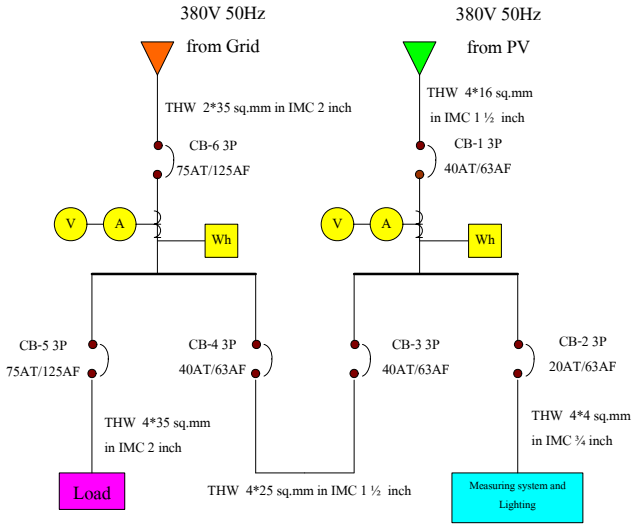
การติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิกขนาด 5 กิโลวัตต์สูงสุด โดยมีโหลดปั๊มน้ำพุเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 30kW แรงดัน 380 โวลต์ ความถี่ 50 Hz ที่รับแรงดันไฟฟ้าผ่านเสาไฟฟ้าข้างสระน้ำพุ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 500 kVA ระบบไฟฟ้า 3 Phase 4 สาย 380V 50Hz ให้กับมอเตอร์ 3 เฟสซึ่งติดตั้งอยู่ใต้น้ำ เพื่อขับน้ำพุให้กับสระน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ของทุกวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะใช้ในการจำลองระบบด้วย

2. การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบโฟโตโวลตาอิกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 170 วัตต์ต่อแผง จำนวน 30 แผงต่อวงจรกันดังรูปที่ 1 ซึ่งแต่ละชุดจะมีแผงต่ออนุกรม 10 แผง เพื่อให้ได้แรงดันประมาณ 356 โวลต์ กระแส 4.8 แอมแปร์ ทั้งหมด 3 ชุด กำลังไฟฟ้ารวมทั้งระบบ 5.1 กิโลวัตต์ สูงสุด ผ่านอินเวอร์เตอร์ ขนาด 3.8 กิโลวัตต์จำนวน 3 ตัว กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะส่งผ่านสายไฟฟ้าเพื่อจ่ายต่อไปยังโหลด



รูปที่ 1 ผังการต่อระบบไฟฟ้าของระบบที่ได้ออกแบบ



รูปที่ 2 ระบบไฟฟ้าโดยรวมของระบบโฟโตโวลตาอิก 5 กิโลวัตต์สูงสุด

รูปที่ 1 ผังการต่อระบบไฟฟ้าของระบบที่ได้ดำเนินการออกแบบไว้ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน ซึ่งรูปที่แสดงให้เห็นจะเป็นส่วนของระบบ 5 กิโลวัตต์ โดยกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลาจะจ่ายผ่านอินเวอร์เตอร์แปลงเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส จ่ายไปยังโหลดผ่านสายไฟฟ้า ส่วนรูปที่ 2 ระบบไฟฟ้ารวมของระบบโฟโตโวลตาอิก ที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะส่งผ่าน CB3 ไปยัง CB4 ซึ่งระยะทางดังกล่าวประมาณ 200 เมตร

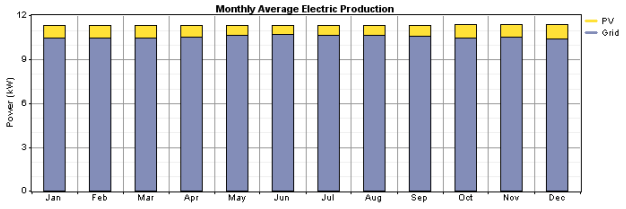
รูปที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ดำเนินการติดตั้งแล้วเสร็จและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะมีการวางแผงโครงสร้างให้มีมุมเอียง 30 องศา เพื่อความสวยงามซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการจัดเก็บและวิเคราะห์พบว่า มีค่าสูงใช้งานได้ดี รูปที่ 4 ขณะที่ปั๊มน้ำพุทำงาน ในระหว่างวันซึ่งจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ๆติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ติดตั้งเสร็จเรียบร้อย

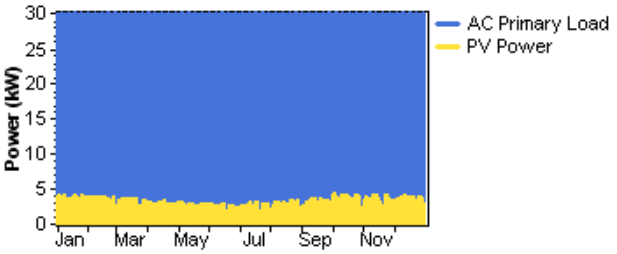
รูปที่ 4 บริเวณสระน้ำพุที่ใช้ในโครงการวิจัยฯ

3. การจำลองและวิเคราะห์ระบบ

ในการออกแบบนี้ได้มีการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าที่จะผลิตได้ในแต่ละวันด้วยโปรแกรม HOMER ดังแสดงดังรูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากผลของการจำลองระบบ



รูปที่ 5 การผลิตกำลังไฟฟ้าในแต่ละเดือนของระบบโฟโตโวลตาอิก



รูปที่ 6 การผลิตกำลังไฟฟ้าตลอดทั้งปีของระบบโฟโตโวลตาอิก

จากรูปที่ 5 เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบเมื่อมีการจำลองระบบด้วยโปรแกรมซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน ของระบบโฟโตโวลตาอิกเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดผ่าน ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดปี

ตารางที่ 1 ผลการจำลองระบบโฟโตโวลตาอิก 5 กิโลวัตต์สูงสุด

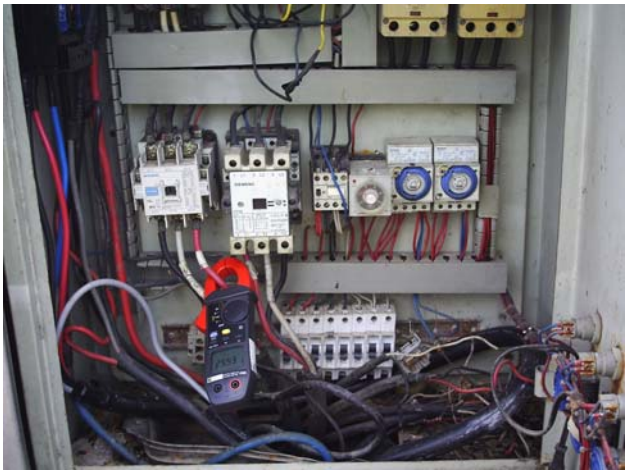
Quantity Value	Units
Rated capacity	5.10kW
Mean output	0.80 kW
Mean output	19.2 kWh/d
Capacity factor	15.7 %
Total production	7,019 kWh/yr

ตารางสรุปผลการจำลองระบบ ขนาดของระบบ 5.1 กิโลวัตต์ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้ 800 วัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้จากระบบโฟโตโวลตาอิก ประมาณ 19.2 หน่วยต่อวัน (kWh/day) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพิจารณาเปรียบเทียบกับ การผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จริงของระบบที่ทำการติดตั้งแล้วเสร็จ โดยที่ผลการจำลองระบบพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อปีมีค่าเท่ากับ 7,019 หน่วยต่อปี

4. วิเคราะห์ระบบ

การออกแบบได้มีการดำเนินการ ตั้งแต่สำรวจการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด จากรูปที่ 7 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าที่รับกระแสไฟฟ้าจากเสาไฟฟ้าบริเวณถนน รูปที่ 8 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าของโหลดที่แบ่งออกเป็น 2 ชุดด้วยกันคือ ชุดที่ 1 กระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ต่อเฟส ชุดที่2 กระแสไฟฟ้า 25 แอมแปร์ต่อเฟส ซึ่งข้อมูลนี้ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ ระบบโฟโตโวตาอิกผลิตได้กับที่ใช้งานจริงของปั๊มน้ำพุ

รูปที่ 7 ตู้โหลดที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำ



รูปที่ 8 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าของโหลด

รูปที่ 9 ตำแหน่งที่ติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ที่ผลิตได้ของระบบฯ ทั้งทางด่านไฟฟ้ากระแสสลับ ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถดูระบบได้จากระบบไร้สายที่เชื่อมต่อ ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

รูปที่ 9 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 10 ระบบโฟโตโวลตาอิก 5 กิโลวัตต์สูงสุด

5. การเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองระบบ

การเปรียบเทียบของการติดตั้งจริงและจำลองผล ค่าที่นำมาแสดงของการติดตั้งจริง ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ 2 เดือน ในระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือน มกราคม โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูล บางส่วนเท่านั้น ซึ่งยังต้องพิจารณาช่วงเวลาต่างๆให้ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการจำลองระบบโฟโตโวลตาอิก 5 กิโลวัตต์สูงสุด

Quantity Value	**จำลอง**	**ติดตั้งจริง**
Rated capacity	5.10kW	5.10kW
Mean output	0.80 kW	0.82 kW
Mean output	19.2 kWh/d	25 kWh/d
Capacity factor	15.7 %	15.7 %
Total production	7,019 kWh/yr	9,125 kWh/yr

6. สรุป

จากข้อมูลที่จัดเก็บได้ของระบบโฟโตโวลตาอิก ขนาด 5 กิโลวัตต์สูงสุด ซึ่งมีการติดตั้งและทดสอบจริง ประมาณ 2 เดือนพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการจำลองระบบ คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขณะเวลาเที่ยงหรือบ่าย ขณะที่ อากาศค่อนข้างแจ่มใส ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบสูงมาก ประมาณ 850 วัตต์ ขณะที่ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน เฉลี่ยแล้วมีค่าถึง 20 หน่วยต่อวัน อย่างไรก็ดีค่าที่ต่ำสุดที่สามารถวัดได้มีค่าประมาณ 10 กว่าหน่วยต่อวัน ขณะที่ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดของวันมีค่าประมาณ 26 หน่วยต่อวัน

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบ ถ้าระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้แบบนี้ตลอดวัน จะสามารถขายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบจำหน่ายได้ถึงปีละ 100,375 บาทต่อปี โดยการสนับสนุนการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของระบบพลังงานทดแทน (adder) [2] จะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบโฟโตโวลตาอิก ที่ราคา 8 บาท ขณะที่ ถ้าไม่มีการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จ่ายคืนให้กับการไฟฟ้าจะได้เพิ่ม อีก 3 บาทต่อหน่วย

7. ข้อเสนอแนะ

ทางด้านการผลิตกำลังไฟฟ้าของระบบ จากข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าของระบบตลอดระยะเวลาในการดำเนินการ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบมีประสิทธิภาพค่อนข้างดี สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงมากกว่า ร้อยละ 20 ทางด้านการจัดเก็บข้อมูลทางด้านพลังงานไฟฟ้าต่อวัน เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวที่ได้นำเสนอนี้ ยังมีระยะเวลาในการจัดเก็บค่อนข้างน้อยจำเป็นต้องมีการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มเติมต่อไปอีก ทั้งนี้ อาจจะมีการนำเสนอผลการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อไปในอีก 1-2 ปีข้างหน้า ผลจากสิ่งสกปรก ฝุ่นผง ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต้องติดตั้งอยู่กลางแจ้ง ใกล้กับถนนทำให้เกิดความสกปรก จากฝุ่นค่อนข้างมาก ต่อไปอาจจะต้องมีการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติม

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุนทางด้านการใช้งานระบบพลังงานทดแทน พลังงานแสงอาทิตย์ ค่าการลงทุนส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นถ้ามีการสนับสนุนการใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไปในอนาคต จะทำให้ราคาของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ลดลง น่าลงทุน ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

1. National Renewable Energy Laboratory, “Getting Started Guide for Homer Version 2.1” http://www.nrel.gov/homer.
2. ประกาศส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมากจากพลังงานหมุนเวียน ตามมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติลงวันที่ 9 มีนาคม 2552 (Online), 2551. Available: http://www.pea.co.th/vspp/vspp.htm
3. องอาจ แสดใหม่ และสมชัย หิรัญวโรดม “การจำลองและวิเคราะห์ก่อนการติดตั้งจริงของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ 10 kWp สำหรับมอเตอร์ปั๊มน้ำพุ 3 เฟสเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า” การประชุมวิชาการพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 1 18 – 19 กุมภาพันธ์ 2553 หน้า 1-60
4. สถานีพลังงานแสงอาทิตย์สันกำแพง (Online), 2536. Available : http://www2.egat.co.th/re/egat_pv/egatpv_sankampaeng/egatpv_sankampaeng.htm