T 130677

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานโซล่าเซลล์ – กังหันลม – เครื่องยนต์ดีเซล ณ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา
หน่วยกิตวิทยานิพนธ์	12 หน่วย
โดย	นายอรุณ อินทสะระ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กฤษณพงศ์ กีรติกร
	อ.ธวัชชัย สุวรรณคำ
	อ.รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานด้วยพลังงานสะอาดสำหรับอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

โครงการประกอบด้วยการออกแบบ ติดตั้ง และศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน 3 แห่ง ที่อุทยานแห่งชาติ ตะรุเตา อุทยานแห่งชาติภูกระดึง และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง นับตั้งแต่ปลายปี 2540 งานของผู้วิจัยคือ การติดตั้งระบบทั้ง 3 ระบบ ร่วมกับนักวิจัยในโครงการและวิเคราะห์ข้อมูล

วิทยานิพนธ์นี้เน้นงานระบบผลิตไฟฟ้าที่อุทยานแห่งชาติตะรุเตา งานประกอบด้วย การศึกษาสมรรถนะของระบบที่ติดตั้งครั้งแรก การวิเคราะห์ ศักยภาพของแหล่งพลังงานทดแทน ในช่วงเดือนเมษายน 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2543 ออกแบบระบบใหม่โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บจริงในภาคสนาม และปรับปรุงระบบเมื่อเดือนธันวาคม 2543 และวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบ นับตั้งแต่เริ่มมีการติดตั้งและใช้งานระบบเมื่อต้นปี 2541 จนถึงเดือนธันวาคม 2544

ระบบที่อุทยานแห่งชาติตะรุเตาในช่วงเริ่มต้น ประกอบด้วย ระบบย่อยโซล่าเซลล์ 7.5 kWp กังหันลมผลิตไฟฟ้า 10 kW ระบบย่อยแบตเตอรี่ 234 kWh และมีระบบดีเซลเจนเนอ

T 130677

เรเตอร์ขนาด 48 kVAสำหรับจ่ายพลังงานเสริม ระบบควบคุมการทำงานเป็นแบบผสมผสานแบบสลับแหล่งพลังงาน (Switched Hybrid System)

ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในช่วงเดือนเมษายน 2541 ถึงเดือนธันวาคม 2543 พบว่า

1. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการวัดเฉลี่ยทั้งปี 4.76 kWh/m^2.day และใกล้เคียงกับค่าที่ใช้ออกแบบ สามารถแยกระดับพลังงานออกได้เป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มเดือนที่มีพลังงานแสงอาทิตย์สูง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน และกลุ่มเดือนพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม

2. ความเร็วลมตลอดปีที่อุทยานแห่งชาติตะรุเตาเฉลี่ย 2.48 m/s ต่ำกว่าค่าที่ใช้ออกแบบ เดือนธันวาคมเป็นช่วงเวลาที่มีความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย 4.76 m/s เดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเวลาที่มีความเร็วลมต่ำสุดเฉลี่ย 0.65 m/s

ผลการวิเคราะห์ไวบูลล์พารามิเตอร์แสดงว่า ค่าพารามิเตอร์รูปร่างเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1.77 แสดงว่าความถี่ของลมความเร็วต่ำมากกว่าความเร็วลมสูง ใกล้เคียงกับลักษณะของลมแถบเมดิเตอร์เรเนียน ส่วนพารามิเตอร์ระดับเฉลี่ยทั้งปีมีค่า 2.64 สัมพันธ์กับค่าความเร็วลมเฉลี่ย

ผลจากการศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบในช่วงเดือนเมษายน 2543 พบว่า

1. ประสิทธิภาพของระบบย่อยโซล่าเซลล์เฉลี่ย 8.77 % ต่ำกว่าประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ในเชิงการค้าเล็กน้อย สาเหตุหนึ่งคือการสูญเสียในการต่อแผงโซล่าเซลล์เข้าด้วยกันเป็นระบบย่อย แต่ประสิทธิภาพของระบบย่อยโซล่าเซลล์ของโครงการนี้มีค่าใกล้เคียงกับระบบย่อยโซล่าเซลล์ในระบบสูบน้ำและระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่มีรายงานการศึกษาภายในประเทศ ตามที่รายงานมาแล้ว

ค่าความสามารถในการผลิตพลังงานของระบบโซล่าเซลล์ (PV system yield) มีค่าเฉลี่ย 4.12 ที่พลังงานแสงอาทิตย์รายวัน 7.02 kWh/m^2 และเปลี่ยนแปลงตามพลังงานแสงอาทิตย์รายวันในลักษณะเส้นตรงแบบแปรตรง

2. ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางกำลังของกังหันลมสัมพันธ์กับความเร็วลมในลักษณะเส้นตรงเฉลี่ยในช่วงความเร็วลม 2.5 ถึง 8.0 m/s มีค่าเฉลี่ย 0.3 ซึ่งสูงกว่าค่าที่ใช้ออกแบบ

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบกังหันลม พบว่ามีค่าต่ำกว่าที่ออกแบบ หรือจำลองการทำงานโดยโปรแกรม windKMUTT เนื่องจากพลังงานลมที่ได้จากการวัดจริงต่ำกว่าพลังงานลมที่ใช้ในการออกแบบ

3. แบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบ ออกแบบไว้ที่สัดส่วนการดึงประจุไม่เกิน 60 % (Deep cycle) ในการใช้งานจริงแสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบ

4. ระบบแปลงพลังงาน พบว่าประสิทธิภาพของระบบแปลงพลังงานกับพิกัดกำลังไฟฟ้าทำงานสัมพันธ์กันแบบลอการิธึม และมีค่าใกล้เคียงกับระบบแปลงพลังงานแบบเดียวกันในเชิงการค้า คือมีค่า 80 %ที่กำลังไฟฟ้าทำงานมากกว่า 15 % ของพิกัด

ลักษณะการทำงานของระบบที่ติดตั้งครั้งแรกพบว่า การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าในโครงการในช่วงแรกของงานวิจัย ตรงกับข้อกำหนดในการออกแบบ ที่กำหนดให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนจ่ายพลังงานให้กับภาระไฟฟ้าทั้งระบบได้อย่างเพียงพอ ในช่วงฤดูร้อนที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูง ส่วนในช่วงฤดูฝนที่มีความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ ออกแบบให้มีการเดินเครื่องดีเซลเจนเนอเรเตอร์เสริม เพื่อจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าในบางวัน ช่วงต่อมาภาระทางไฟฟ้าของระบบมีค่าสูงขึ้นประมาณ 30 % ส่งผลให้ระบบมีความมั่นคงในการจ่ายพลังงานลดลง และระบบดีเซลเจนเนอเรเตอร์ทำงานมากกว่าที่ออกแบบไว้

ในช่วงสุดท้ายของงานวิจัย ได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบใหม่เมื่อกลางเดือนเมษายน 2544 โดยเพิ่มระบบย่อยโซล่าเซลล์อีก 30 % จากการเก็บข้อมูลช่วงกลางเดือนเมษายน 2544 พบว่าระบบสามารถผลิตพลังงานได้เพิ่มขึ้น 44 % ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานได้ตรงกับข้อกำหนดในการออกแบบ และมีความมั่นคงในการจ่ายพลังงานเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบพบว่า การประเมินผลประโยชน์ที่จะได้รับในรูปมูลค่าปัจจุบันเมื่อใช้อัตราดอกเบี้ย 10% พิจารณาจนถึงการสิ้นสุดอายุโครงการ ถือว่าคุ้มค่าในการลงทุนเนื่องจากเป็นบวก B/C Ratio มากกว่า 1 และค่า IRR มากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่นำมาลงทุนในโครงการ

TE 130677

Thesis Title	PV-Wind-Diesel Generator Hybrid System for Power Generation at the Tarutao National Park.
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Arun Intasara
Supervisors	Dr. Krissanapong Kirtikara Mr. Tawatchai Suwannakum Mr. Roongrojana Songprakorp
Degree of Study	Master of Engineering
Department	Energy Management Technology
Academic Year	2001

Abstract

This thesis was a part of the research project on hybrid power generation systems from clean energy for national parks and wild life sanctuaries. The research was implemented by King Mongkut's University of Technology Thonburi and funded by the Energy Conservation Fund, the National Energy Policy Office. The overall project consisted of the design, installation, testing and evaluation of the 3 hybrid systems at the Tarutao National Park, the Pukadung National Park and the Huaykakang Wildlife Sanctuary. The project started at end of 1997.

This thesis focused on the system at the Tarutao National Park. The work consisted of 4 main parts. First, the performance of the initial system between April1998 until 2001 was analysed, the sizing of which are based on solar radiation data at Satun Province for the photovoltaic system and the wind data at Phuket Airport for the wind generator. The second part is on an analysis of potential renewable energy (solar and wind) of the site, based on on-site monitoring during April 1998 – December 2000. The equipment were put in place at the time of the original system installation. Thirdly, a new system was designed using the newly obtained data and, subsequently, installed in December 2000. Finally, economic analyses were made on the original and new systems.

The first system of the Tarutao National Park consisted of a 7.5 kWp PV array, one 10 kW wind turbine generator, a 234 kWh batterry system and a 48 kVA diesel generator. Operation of the first hybrid system was that of a switched hybrid system.

TE 130677

Meteorological data between April 1998 – December 2000 showed that the daily average of solar radiation was 4.76 kWh/m^2 day and close to the designed value used in the original system. The solar energy level can be divided into 2 groups, i.e. high monthly value during November – April and low monthly value during May -- October. The average wind speed was 2.48 m/s, lower than the desired value. December has the highest average wind speed of 4.76 m/s while May has the lowest average wind speed of 0.65 m/s. Weibull parameter analysis of wind data showed that the yearly average value was 1.77, indicating that at the site low velocity wind speed predominated. Its value is comparable to that of the Mediterranean wind condition. The parameter level is 2.64 and is a measure of an average wind speed value.

System performance and efficiency analyses showed that

1. The PV array efficiency was 8.77 %, less than typical values of commercial PV panels. One of the reasons was losses in connecting PV modules. However, the array efficiency is close to those of water pumping systems and hybrid systems previously reported in Thailand.

The average energy production capacity (PV system yield) was 4.12 at the daily solar energy of 7.02 kWh/m^2. Electrical outputs varied linearly with solar radiation over the range of observation.

2. The power coefficient of wind turbine and the wind speed are linearly related over the wind speed of 2.5 to 8.0 m/s. Its value was 0.3, higher than the designed value.

Upon considering the actual electricity output from the wind generator, it was lower than that of the designed or predicted value based on simulation using the windKMUTT program, because of the lower wind velocity.

3. The 60% depth of discharge of the battery system was observed and was close to the designed value.

4. The efficiency of the energy conversion system, i.e. inverters and battery chargers, was 80% if operated over 15% of rated values.

The initial system at first performed close to the designed condition. In the hot season when solar radiaiton was high, electricity was adequately produced by renewable subsytems. In the rainy season when radiation was low, the diesel generator was run to augment the required energy. Later on, the electrical load was increased by 30%, the renewable subsystems became less reliable. The generator had to operate longer.

In the last part of the project, a new system was designed and installed in April 2001. Solar array wattage was increased by 30%. Based on available data, the array could deliver an increase in energy of 44%. The system then performed according to the design. Renewable subsystems become more reliable.

Economic analysis based on the Net Present Value, at the discount rate of 10%, showed that it is greater than one, the benefit to cost ratio (B/C) is more than 1 and the IRR is higher than the interest rate.