Title	: A MATHEMATICAL MODEL FOR SMALL-SCALE BIOMASS SOLAR THERMAL POWER PLANT
Author	: Mr. Loh Heng Chew
Major Adviser	: Assoc. Prof. Dr. Wattanapong Rakwichian
Adviser	: Assist. Prof. Dr. Mathanee Sanguansermsri
	: Assist. Prof. Dr. Suchart Yammen
Type of Degree	: Doctor of Philosophy Degree in Renewable Energy (Ph.D. in Renewable Energy), Naresuan University, 2006

Abstract

The purpose of this study is to create a mathematical model for a proposed small-scale (20 kW_e) biomass-hybrid parabolic trough solar power plant (BSPP), which can be used as a simulation tool for performance analysis and parametric study. Since a BSPP is a relatively complex and costly system, a mathematical model will be useful for preliminary analysis, prior to the design and construction of the actual power plant.

The study is carried out in three parts as follow. First, to develop a semi-analytical mathematical model for a proposed BSPP using thermodynamic analysis based on mass and energy transfer balances. Second, to measure and collect data in order to validate the mathematical model. Third, to demonstrate the usefulness of the model as a tool for analysis and performance simulation of the proposed power plant.

The findings from the study are: (i) The BSPP model is adequate to predict the fluid exit temperature of a parabolic trough collector which is an important parameter of a solar thermal power plant. The average % deviation between predicted and measured values is found to be less than 6%. (ii) The model can be applied for the parametric study of two other important parameters, namely the collector fluid mass flux & collector area. For clear sky condition in solar mode, the optimal collector area is found to be 210 m^2 and the corresponding optimal heat transfer fluid (HTF) mass flux is evaluated to be 0.154 – 0.368 kg/s. Similarly for partly cloudy condition in solar mode, the optimal collector size is found to be 355 m^2 while the corresponding optimal HTF mass flux is

0.276 – 0.610 kg/s. (iii) The model can also be used for the sensitivity testing of parameters. A +/- 10% change in the value of the direct irradiance, collector area, fluid mass flux and concentration ratio is found to result in a corresponding % change in power output of the power plant of about +/- 11.0%, +/- 9.5%, +/- 0.6% and +/- 0.2% respectively. (iv) The levelized electricity cost (LEC) of operating the BSPP in pure solar mode is found to be about 2.3 times that of operating in a hybrid mode. This means that besides being technically feasible, it is also more economical to operate a solar trough power plant under Thailand's climatic conditions when it can be hybridized with biomass energy that is derived from the gasification of an agricultural residue such as rice husk.

ชื่อเรื่อง : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจากชีวมวลและความร้อนจากแสงอาทิตย์
ผู้วิจัย : Mr. Loh Heng Chew
ประธานที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร
กรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี
: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
ประเภทสารนิพนธ์ : วิทยานิพนธ์ วท.ด. (พลังงานทดแทน) มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2549

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (ขนาด 20 กิโลวัตต์) จากชีวมวลและความร้อนจากแสงอาทิตย์ (BSPP) ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะและตัวแปรต่างๆของระบบ เนื่องจาก BSPP เป็นระบบที่ซับซ้อนและมีราคาสูง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะมีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์เบื้องต้นในการออกแบบและการก่อสร้าง BSPP

ในการศึกษาจะจำแนกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับ BSPP โดยใช้สมดุลมวลและสมดุลพลังงานในการวิเคราะห์ด้านอุณหพลศาสตร์ ส่วนที่สอง เป็นการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ส่วนที่สาม เป็นการสาธิตการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อจำลองการทำงานและศึกษาสมรรถนะของ BSPP

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ (ก) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ BSPP สามารถทำนายอุณหภูมิด้านขาออกของของไหลของรางพาราโบลิก ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับระบบ เมื่อนำผลที่ได้จากการทำนายมาเปรียบเทียบกับค่าจากการทดสอบพบว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 6 (ข) แบบจำลองสามารถทำนายความเหมาะสมของตัวแปรที่สำคัญอีก 2 ตัวได้ คือ อัตราไหลของของไหล และพื้นที่ของแผงรับรังสีอาทิตย์ จากการทำนายหาค่าอัตราการไหลและพื้นที่ของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่สภาวะที่ท้องฟ้าแตกต่างกัน 2 สภาวะได้แก่ สภาวะท้องฟ้าแจ่มใส และในสภาวะที่มีเมฆบางส่วนพบว่าพื้นที่เหมาะสมของแผงรับรังสีอาทิตย์ เท่ากับ 210 และ 355 ตารางเมตร โดยอัตราการไหลที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.154 – 0.368 และ 0.276 – 0.610 กิโลกรัมต่อวินาที ตามลำดับ (ค) ศึกษาผลกระทบของตัวแปร 4 ตัว ซึ่งมีผลกระทบต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าด้วยระบบรางพาราโบลิก ได้แก่ รังสีอาทิตย์ พื้นที่ของแผงรับรังสีอาทิตย์ อัตราการไหล

และค่าสัดส่วนการร่วมแสง โดยทำการปรับค่าบวก และลบร้อยละ 10 จากสภาวะที่เหมาะสม จากการจำลองพบว่ารังสีอาทิตย์ พื้นที่ของแผงรับรังสีอาทิตย์ อัตราการไหล และค่าสัดส่วนการร่วมแสง พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ผลิตได้จากโรงไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลง +/- ร้อยละ 11 +/- ร้อยละ 9.5 +/- ร้อยละ 0.6 และ+/- ร้อยละ 0.2 ตามลำดับ (ง) จากการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าราคาต่อหน่วยไฟฟ้า (LEC) ของระบบโรงไฟฟ้าที่ใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียวมีค่าสูงกว่าระบบที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานอื่นๆ เช่น พลังงานจากเตาชีวมวล อยู่ 2.3 เท่า กล่าวคือมีความว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เมื่อใช้ผสมผสานกับพลังงานสำรองอื่นๆ เช่น พลังงานเตาชีวมวล เป็นต้น