วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสุรศักดิ์ น้อยทับทิม

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เป้าหมายในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม MATLAB DESING AND ANALYSIS OF PV HYBRID SYSTEM FOR TARGET AREA IN THAILAND BY MATLAB
ชื่อนักศึกษา	นายสุรศักดิ์ น้อยทับทิม
รหัสประจำตัว	114960402004-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง
วัน เดือน ปี ที่สอบ	25 เมษายน 2553
สถานที่สอบ	ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย)

.... กรรมการ

(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

.... กรรมการ

(ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล)

.... กรรมการ

(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เป้าหมายในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม MATLAB
นักศึกษา	นายสุรศักดิ์ น้อยทับทิม
รหัสประจำตัว	114960402004-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เป้าหมายในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อช่วยในการออกแบบขนาดของระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสมกับระดับความต้องการพลังงานโหลด และสามารถวิเคราะห์ค่าพลังงานในการผลิตและจ่ายพลังงานของแต่ละอุปกรณ์ บอกถึงระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในส่วนของความน่าจะเป็นในการสูญเสียโหลดของระบบได้อย่างถูกต้อง เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบที่เหมาะสม

การออกแบบใช้เทคนิคการจำลองการทำงานของระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์แบบรายชั่วโมง ด้วยการนำข้อมูลสถิติความยาวนานแสงแดดในแต่ละวันของพื้นเป้าหมายที่ติดตั้งระบบจำนวน 5 ปี แล้วหาค่าเฉลี่ยจำนวนชั่วโมงความยาวนานแสงแดดในแต่ละวันตลอดปี เพื่อทำการประมาณค่ารังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบจากความสัมพันธ์เชิงเส้นอังสตอม สำหรับใช้ในการคำนวณค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงตลอดปีที่ตกกระทบบนพื้นเอียง แล้วทำการวิเคราะห์หาขนาดของระบบที่เหมาะสมโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น และวิเคราะห์ระดับความน่าเชื่อถือของระบบในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในส่วนของความน่าจะเป็นในการสูญเสียโหลด

การทดสอบโปรแกรมโดยการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบรายชั่วโมง โดยรวมทั้งวัน 17.410 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ต่อเป็นระบบโซล่าเซลล์ แบตเตอรี่ (PV-Battery System) ซึ่งให้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 4.84 กิโลวัตต์พีค (kW_{peak}) และแบตเตอรี่ขนาด 36.19 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) โดยมีระดับความน่าเชื่อถือในการจ่ายพลังงานให้กับโหลดเท่ากับ 100% ซึ่งแสดงว่าระบบสามารถจ่ายโหลดได้โดยไม่มีการสูญเสียโหลด

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผสมผสาน

Thesis Title :	DESIGN AND ANALYSIS OF PV HYBRID SYSTEM FOR TARGET AREA IN THAILAND BY MATLAB
Student Name :	Mr. Surasak Noituptim
Student ID :	114960402004-4
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Academic Year :	2009
Thesis Advisor :	Dr. Boonyang Plangklang

ABSTRACT

This thesis proposes the design and analysis of PV-Hybrid system for Thailand by using program MATLAB. The Utility of this software is used for finding of sizing and categorizing of optimal system in target area of Thailand. The reliability level is measured in term of loss of load probability (LOLP).

In this thesis, we use hourly simulation technique methods. The first step of sizing, the long term duration of sunshine data recorded for five years are used to calculate the daily mean maximum duration sunshine in a year. These data are used to estimate the global radiation on horizontal surface from linear relation in Angstrom equation. Next, these data are used as initial input to the design of systems. Finally, we solve the sizing of photovoltaic system by linear programming model and LOLP is calculated for the reliability level.

To simulate the proposed program, we use an example hourly simulation load 17.410 kWh/day. The system configuration in this case is PV-Battery System. The results of sizing system as: the photovoltaic array 4.84 kW_{peak}, Battery 36.19 kWh, and the system reliability is 100% respectively. This can prove that the proposed software is able to be used for design and analysis of PV-Hybrid system in Thailand.

Keywords : Design PV hybrid system, Analysis Software

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการดำเนินการออกแบบและวิจัยโปรแกรมการออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานจนสำเร็จไปได้อย่างลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม ขอขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้า ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศกรรมศาสตร์ทุกท่าน ขอขอบคุณหัวหน้าและเพื่อนๆ สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ข้าพเจ้ารู้สึกถึงความกรุณาของทุก ๆ ท่านเหล่านี้เป็นอย่างยิ่งที่มีความกรุณาด้วยดีเสมอมา จึงขอประกาศขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุรศักดิ์ น้อยทับทิม

25 เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.5 ขั้นตอนการวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 บทนำ 5
2.2 โครงสร้างและการทำงานของระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ 6
2.3 วิธีการคำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ 8
2.4 แบบจำลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 14
2.5 แบบจำลองแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 15
2.6 วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น 20
2.7 โปรแกรมและการออกแบบระบบไฟฟ้าผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ 26
2.8 สรุป 38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 40
3.1 บทนำ 40
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของโปรแกรม 40
3.3 ระบบโฟโตโวลตาอิกที่ใช้ในโปรแกรมการอออกแบบและวิเคราะห์ 46
3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์โปรแกรม 46
3.5 การแสดงผลการทำงาน 52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 สรุป 57

บทที่ 4 ผลการทดลอง 58

4.1 บทนำ 58

4.2 ข้อมูลสำหรับใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์หาขนาดของระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ 58

4.3 ผลการออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ 59

4.4 ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ 74

4.5 สรุป 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 86

5.1 สรุปผลการทดลอง 86

5.2 ข้อเสนอแนะ 87

เอกสารอ้างอิง 88

ภาคผนวก

ก คู่มือการใช้โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เป้าหมายในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม MATLAB 90

ข โปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่เป้าหมายในประเทศไทย ด้วยโปรแกรม MATLAB 100

ค ข้อมูลเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 124

ง ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ 137

ประวัติผู้เขียน 156

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นดิน	13
2.2 ตารางซิมเพล็กซ์ 1	24
2.3 ตารางซิมเพล็กซ์ 2	25
2.4 ตารางซิมเพล็กซ์ 3	25
2.5 ตารางซิมเพล็กซ์ 4	26
2.6 ตารางซิมเพล็กซ์ 5	27
2.7 คุณภาพไฟฟ้าของระบบ ที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน	29
3.1 ปริมาณความต้องการโหลดกระแสสลับ	47
3.2 รูปแบบไฟล์ข้อมูลโหลด	48
3.3 รูปแบบไฟล์ข้อมูลความยาวนานแสงอาทิตย์จำนวน 1 ปี	49
3.4 รายละเอียดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	49
3.5 รายละเอียดแบตเตอรี่	50
3.6 รายละเอียดเครื่องควบคุม	51
4.1 ปริมาณความต้องการโหลดกระแสสลับ	58
4.2 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์จังหวัดปทุมธานี (14’ 2, 100’ 34)	59
4.3 การเปรียบเทียบพลังงานอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียงในแต่ละเดือน ที่มุมเอียง 14.20°	76
4.4 การเปรียบเทียบพลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ในแต่ละเดือน ที่มุมเอียง 14.20°	78
4.5 เปรียบเทียบปริมาณและสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบผสมผสาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 4,840 วัตต์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 1,348 วัตต์ ที่ขนาดของแบตเตอรี่แตกต่างกัน	83
4.6 การเปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง	84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าปี 2552	5
2.2 ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์	
2.2 (ก) ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่ออนุกรม	7
2.2 (ข) ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์แบบสวิทซ์เลือก	7
2.2 (ค) ระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อขนาน	8
2.3 การคายประจุของแบตเตอรี่	16
2.4 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ขณะประจุ	19
2.5 ขอบเขตคำตอบที่เป็นไปได้	23
2.6 ความสัมพันธ์ของความจุแบตเตอรี่ และพลังงานสูงสุดของ PV	29
2.7 ส่วนเพิ่มเติมและเอาออกของส่วนประกอบของโปรแกรม	30
2.8 ส่วนประกอบของโครงสร้างระบบ	31
2.9 ส่วนประกอบของโครงสร้างระบบที่เลือกแล้ว	31
2.10 ความต้องการโหลดจำนวน 24 ชั่วโมง	32
2.11 ไดอะแกรมของโครงสร้างของระบบ	32
2.12 ไดอะแกรมโครงสร้างของระบบเมื่อทำการป้อนรายละเอียดครบถ้วน	34
2.13 พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน	35
2.14 ผลการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า	35
2.15 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยรายเดือน	36
2.16 พลังงานที่ผลิตได้เฉลี่ยรายเดือนของแผงโซล่าเซลล์	36
2.17 ผลการวิเคราะห์การทำงานของแบตเตอรี่	37
2.18 หน้าต่างสำหรับเข้าดูข้อมูลผลการวิเคราะห์	37
2.19 การวิเคราะห์พลังงานรายชั่วโมง	38
3.1 แผนผังการวิเคราะห์ของโปรแกรม	40
3.2 แผนผังการวิเคราะห์ระบบของโปรแกรม	43
3.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	46
3.4 ส่วนการรับข้อมูลโหลด	47
3.5 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียงที่มุม 14.20 องศาเหนือ	48
3.6 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Shell รุ่น SM110-12P	50
3.7 ข้อมูลแบตเตอรี่ยี่ห้อ MK-Battery รุ่น 8G22NF	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 ข้อมูลเครื่องควบคุมยี่ห้อ Genius รุ่น G-12-150C	52
3.9 ระบบโซล่าเซลล์และแบตเตอรี่ (PV-Batt System)	52
3.10 ค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียงเฉลี่ยรายวัน	53
3.11 ข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Shell รุ่น SM110-12P	53
3.12 ข้อมูลแบตเตอรี่ยี่ห้อ MK-Battery รุ่น 8G22NF	54
3.13 ข้อมูลเครื่องควบคุมยี่ห้อ Genius รุ่น G-12-150C	54
3.14 รายละเอียดค่าความต้องการโหลดรายชั่วโมง	55
3.15 (ก) ผลการวิเคราะห์ขนาดของระบบโดยโปรแกรมตามสมการ Schmid's Formula	55
3.15 (ข) ผลการวิเคราะห์ขนาดของระบบโดยโปรแกรม	56
3.16 พลังงานของระบบที่จ่ายให้กับโหลด	56
3.17 พลังงานที่จ่ายโดยแบตเตอรี่	56
3.18 พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	57
4.1 ปริมาณการใช้พลังงานของโหลดบ้านพัก	58
4.2 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์	59
4.3 ลักษณะส่วนต่างๆ สำหรับรับข้อมูลของโปรแกรม	
4.3 (ก) โครงสร้างระบบไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์	60
4.3 (ข) ปริมาณโหลด	60
4.3 (ค) สถานะของโหลดรายชั่วโมง	61
4.3 (ง) ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์	61
4.3 (จ) สถานะพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน รายเดือน รายชั่วโมง	62
4.3 (ฉ) คุณสมบัติของแผงโซล่าเซลล์	62
4.3 (ช) คุณสมบัติของแบตเตอรี่	63
4.3 (ซ) คุณสมบัติของเครื่องควบคุมไฟฟ้า	63
4.4 ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม	64
4.5 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	64
4.6 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	65
4.7 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 14 พฤศจิกายน 2552	65
4.8 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	66
4.9 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552	66
4.11 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	67
4.12 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	67
4.13 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552	68
4.14 สัดส่วนการผลิตพลังงานของระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่	68
4.15 โครงสร้างระบบโฟโตโวลตาอิกและแบตเตอรี่ (PV-Battery System)	69
4.16 ค่าความต้องการพลังงานโหลด	69
4.17 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันที่ ละติจูดที่ 14.20 องศาเหนือ และลองจิจูด ที่ 100.34 องศาตะวันออก	70
4.18 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	70
4.19 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	71
4.20 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 14 พฤศจิกายน 2552	71
4.21 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	72
4.22 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	72
4.23 พลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552	72
4.24 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	73
4.25 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	73
4.26 พลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552	73
4.27 พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้	74
4.28 เปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	75
4.29 เปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	75
4.30 เปรียบเทียบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง 14.20° วันที่ 14 พฤศจิกายน 2552	76
4.31 เปรียบเทียบพลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552	77
4.32 เปรียบเทียบพลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.33 เปรียบเทียบพลังงานผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552 77

4.34 เปรียบเทียบพลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 2 มกราคม 2552 79

4.35 เปรียบเทียบพลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2552 79

4.36 เปรียบเทียบพลังงานของแบตเตอรี่ที่มุมเอียง 14.20° วันที่ 16 พฤศจิกายน 2552 79

4.37 ผลการออกแบบและวิเคราะห์โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นกรณีเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 80

4.38 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนการผลิตพลังงานของระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่อง กำเนิดไฟฟ้า และแบตเตอรี่ โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น 81

4.39 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนการผลิตพลังงานของระบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และแบตเตอรี่ โดยโปรแกรม HOMER 83

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่มวลอากาศ (Air Mass) เท่ากับศูนย์
AM	มวลอากาศ (Air Mass)
Ah^G	กระแสต่อชั่วโมงที่ประจุให้กับแบตเตอรี่
Ah^C	กระแสต่อชั่วโมงที่แบตเตอรี่คายประจุ
B	ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นบรรยากาศ
C	ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นบรรยากาศ
C10	ความจุของแบตเตอรี่ที่ 10 ชั่วโมง
D	วันในรอบปี (1 ม.ค. = 1 , 31 ธ.ค. = 365)
$D(\beta)$	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยอ้อมที่ตกกระทบบนพื้นเอียง
D_C	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบกระจายที่ตกกระทบพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส
D_D	รังสีอาทิตย์แบบกระจายที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ
EOT	สมการเวลา (Equation of Time)
f_d	ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์
G	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบ
G_O	ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่นอกชั้นบรรยากาศโลก เท่ากับ 1,387 วัตต์ต่อตารางเมตร
G_S	ความเข้มรังสีอาทิตย์มาตรฐาน เท่ากับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร
G_C	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส
G_D	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ
$G(\beta)$	ความเข้มรังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นเอียง
$G\beta$	พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นเอียง β องศา
h	มุมชั่วโมงดวงอาทิตย์(-180° ถึง + 180° ที่เวลาเที่ยงวันสุริยะมุมชั่วโมงเท่ากับ 0°)
I_b	กระแสแบตเตอรี่
I_{10}	กระแสคายประจุต่อชั่วโมง (ที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง)
I_C	ความเข้มรังสีอาทิตย์แบบโดยตรงที่ตกกระทบบนพื้นราบในสภาพท้องฟ้าแจ่มใส
I_D	รังสีอาทิตย์แบบโดยตรงที่ตกกระทบพื้นราบในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ
I	กระแสด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์
I_O	กระแสอิ่มตัวไดโอด
I_{PV}	กระแสด้านออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
I_L	กระแสที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้
I_{ref}	กระแสอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

I_{SC}	กระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
k	ค่าคงที่ของ Boltz Mann's ($1.38x10^{-23}$)
K_d	ค่าตัวประกอบความกระจ่าง
L	ละติจูด
L_O	ลองจิจูด
LST	เวลามาตรฐานท้องถิ่น
LOLP	ค่าความเป็นไปได้ในการสูญเสียโหลด
m	ค่ามวลอากาศ
N_C	จำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่
R_S	ความต้านทานอนุกรมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
R_{sh}	ค่าความต้านทานขนานของเซลล์แสงอาทิตย์
R_B	ค่าตัวประกอบความเข้มรังสีอาทิตย์โดยตรง
r_d	อัตราส่วนรังสีอาทิตย์แบบกระจายกับรังสีอาทิตย์รวมในสภาพท้องฟ้ามีเมฆ
SOC	สถานะการประจุแบตเตอรี่
S	จำนวนชั่วโมงความยาวนานแสงแดดในแต่ละวัน
S_d	จำนวนชั่วโมงความยาวนานแสงแดดในแต่ละวันจากการคำนวณ
S_m	ค่าเฉลี่ยชั่วโมงความยาวนานแสงแดด
T	อุณหภูมิแวดล้อม
T_C	อุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์
T_B	อุณหภูมิแบตเตอรี่
T_{ref}	อุณหภูมิอ้างอิงของเซลล์แสงอาทิตย์
V_{mp}	แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังงานสูงสุด
V_{bch}	แรงดันแบตเตอรี่ขณะประจุ
V_{bdis}	แรงดันแบตเตอรี่ขณะคายประจุ
V_b	แรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่
V_{OC}	แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปิดวงจร
V_{PV}	แรงดันด้านออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
V_{ref}	แรงดันอ้างอิงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
W_{bch}	พลังงานที่แบตเตอรี่ได้รับ
W_{bdis}	พลังงานที่แบตเตอรี่คายประจุ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

W_{PV}	พลังงานด้านออกของแผงเซลล์
z	มุมซีนิธ
α	ค่าสัมประสิทธิ์ของกระแสเนื่องจากอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
β	มุมระหว่างพื้นเอียงกับพื้นราบ
δ	มุมระหว่างดวงอาทิตย์กับเส้นศูนย์สูตรโลก (-23.45 $^{\circ}$S + 23.45 $^{\circ}$N)
ψ	มุมของแนวลำแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นราบกับพื้นเอียง
ρ_g	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของพื้นดิน
η_{ch}	ประสิทธิภาพการประจุแบตเตอรี่
ν	ค่าสัมประสิทธิ์ของกระแสเนื่องจากอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์