



การศึกษาพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

Investigation Power of Electric on PV Module

นายศาสตราวุธ ทีหลวย

นายประสงค์ คำเวิน

นายกิตติพงษ์ เนตรชัยภูมิ

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
วันรับ...../...../.....
เลขทะเบียน 5.2.0.0.56.....
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

1509 379x

ปท.

๔๗๖ก

๔๖๕๐

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2550



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การศึกษาพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์
Investigation Power of Electric on PV Module

ผู้ดำเนินโครงการ : นายศาดราวุธ ทีหลวย รหัสนิสิต 47360888
: นายประสงค์ คำเวิน รหัสนิสิต 47361241
: นายกิตติพงษ์ เนตรชัยภูมิ รหัสนิสิต 47362801

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ
(ดร.ภาณุ พุททวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วิไลพล)

หัวข้อโครงการ	: การศึกษาพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายศาดราวุธ ทีหลวย รหัสนิสิต 47360888
	: นายประสงค์ คำเวิน รหัสนิสิต 47361241
	: นายกิตติพงษ์ เนตรชัยภูมิ รหัสนิสิต 47362801
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	: อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2550

บทคัดย่อ

การศึกษากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการทำการทดลองเพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ และหาประสิทธิภาพของการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในการผลิตกำลังไฟฟ้า โดยในการทดลองเราใช้แผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Solar Cell) โดยใช้ขนาดคือ ยาว 953 มิลลิเมตร กว้าง 433 มิลลิเมตร ในการทดลองจะวางแผงโซลาร์เซลล์ไว้บริเวณที่โล่งแจ้ง เยื้องทำมุม 17 องศา กับแนวระดับเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงเฉลี่ยมากที่สุด จากการทดลองพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพที่ได้มากที่สุดที่ความต้านทานของ BercoStat เท่ากับ 8 % (6.6 โอห์ม) ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ 6.2 % โดยการทดลองใช้ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ 3 ค่า คือ ที่ 1000, 800, 600 วัตต์ต่อตารางเมตร เก็บข้อมูลในช่วงเวลาระหว่าง 10.00 น - 14.00 น เพราะค่าความเข้มรังสีแสงดวงอาทิตย์จะมีค่าสม่ำเสมอที่สุด จากการทดลองทำให้ทราบว่าหลักการทำงานของเครื่องควบคุมประจุ (Charge controller) คือ เมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟให้แก่โหลดจนแรงดันลดลงถึงค่าหนึ่ง เครื่องควบคุมประจุ (Charge controller) จะตัดการจ่ายกระแสไฟให้แก่โหลด เพื่อที่จะรักษาไม่ให้เกิดความเสียหายแก่แบตเตอรี่ และเครื่องควบคุมประจุ (Charge controller) ยังทำหน้าที่ควบคุมการประจุและการจ่ายไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์อีกด้วย คือเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ได้มาจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าที่มากพอ กระแสที่เหลือนั้นก็就会被นำไปเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ แต่เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีค่าน้อยเครื่องควบคุมประจุ (Charge controller) จะดึงเอากระแสจากแบตเตอรี่มาใช้เพื่อให้เกิดความสมดุลในการทำงานของระบบ

Project Title : Investigation Power of Electric on PV Module
Name : Mr. Satrawut Teelouy Code 47360888
: Mr. Prasong Kramwern Code 47361241
: Mr. Kittipong Netchaiyaphoom Code 47362801
Project Advisor : Mr. Sittichoke Pookpant
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2007

Abstract

This project studied about the efficiency of solar cell, battery output controller and procedure of charge controller. In the experiment Single Crystalline Solar Cell long 953 mm and wide 433 mm, was used. Solar cell was installed at School of Renewable Energy Technology Naresuan University face to south with 17 degree from horizontal following Phitsanulok latitude. Total solar irradiations were 1000, 800, 600 W/m² between 10.00 AM - 2.00 PM was selected in this experiment. The results found that the maximum efficiency of solar cell was 6.2% at 8 Ω (6.6 Ω) Bercostat's resistance, This project also studied about battery output controller, the charge controller automatically shut off when the voltage below 13.6 V to protect the battery damage. Charge controller also controls the electrical supply to balance between battery and solar cell output.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือในด้านการแนะนำในการทำ โครงการจาก อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ให้คำปรึกษาแก่ผู้ดำเนินโครงการตลอดมา ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล และวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ยืมอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการทดลองในการทำโครงการนี้ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนทุกท่านที่ช่วยเหลืองานด้านการทำโครงการและด้านเอกสารให้เสร็จสิ้นโดยเรียบร้อย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในเรื่องการเงินและเป็นกำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดมา และขอขอบพระคุณบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ได้มาให้กำลังใจในการดำเนินงานครั้งนี้

ประโยชน์และคุณค่าที่พึงมีของปริญญาบัณฑิตฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูแด่คุณ แต่ อุปการี นูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

นายศาสตราวุธ ทีหลวย

นายประสงค์ คำเวิน

นายกิตติพงษ์ เนตรชัยภูมิ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 สถานที่เก็บข้อมูล	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	3
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
1.8 รายละเอียดงบประมาณของโครงการ	4
บทที่ 2. หลักการและทฤษฎี	5
2.1 แสงอาทิตย์	5
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้	6
2.3 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์	8
2.3.2 อุปกรณ์ควบคุมประจุไฟฟ้า	12
2.3.3 แบตเตอรี่	15
2.3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3. การทดลอง	19
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	20
การติดตั้งเครื่อง PV Solar	23
3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพของ แผงโซลาร์เซลล์	23
3.1.1 จุดประสงค์การทดลอง	23
3.1.2 วิธีการทดลอง	24
3.2 การทดลองหาประสิทธิภาพของ Chare Controller	25
ในการชาร์ตแบตเตอรี่	
3.2.1 จุดประสงค์การทดลอง	25
3.2.2 วิธีการทดลอง	25
3.3 ศึกษาลักษณะการทำงานของ Charge Controller และ แบตเตอรี่	26
3.2.1 จุดประสงค์การทดลอง	26
3.2.2 วิธีการทดลอง	26
บทที่ 4. ผลการวิจัย	
4.1 การหาค่าตั้งไฟฟ้าของเครื่อง PV Solar	28
4.2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง PV Solar	28
4.3 ผลการทดลอง	29
บทที่ 5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลโครงการ	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก ก	38
ภาคผนวก ข	45
ภาคผนวก ค	47
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	64

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงแหล่งพลังงานทดแทน	6
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์	20
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 16 ตุลาคม 2550	29
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 17 ตุลาคม 2550	30
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 18 ตุลาคม 2550	30
ตารางที่ ก.1 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 16 ตุลาคม 2550	39
ตารางที่ ก.2 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 17 ตุลาคม 2550	40
ตารางที่ ก.3 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 18 ตุลาคม 2550	40
ตารางที่ ก.4 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 16 ตุลาคม 2550	41
ตารางที่ ก.5 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 17 ตุลาคม 2550	41
ตารางที่ ก.6 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 18 ตุลาคม 2550	42
ตารางที่ ข.1 แสดงLatitudes ของประเทศต่างๆ	46
ตารางบันทึกค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และค่าต่างๆที่ได้จากดวงอาทิตย์โดย	47

Data of Data Logger between 16/10/50-18/10/50

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์	8
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.4 แสดงการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	10
รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องควบคุมประจุ	12
รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม	13
รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุแบบขนาน	14
รูปที่ 2.8 แสดงรูปของแบตเตอรี่	15
รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า	17
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของอินเวอร์เตอร์	18
รูปที่ 3.1 แสดงรูปของเครื่อง PV Solar ที่ใช้ทำการทดลอง	19
รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อวงจรต่างๆของเครื่อง PV Solar	23
รูปที่ 3.3 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 1	24
รูปที่ 3.4 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 2	25
รูปที่ 3.5 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 3	26
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 10.00-14.30	29
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงภาพของค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ ของแผงโซลาร์เซลล์	31
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของ แผงโซลาร์เซลล์	32

ลำดับสัญลักษณ์

		หน่วย
AC	ไฟฟ้ากระแสสลับ	-
DC	ไฟฟ้ากระแสตรง	-
C	องศาเซลเซียส	$^{\circ}\text{C}$
F	องศาฟาเรนไฮต์	F
f	ความถี่	Hz
I	กระแสไฟฟ้า	A
P	กำลังไฟฟ้า	W
V	แรงดันไฟฟ้า	V
T	อุณหภูมิ	$^{\circ}\text{C}$



บทที่ 1

บทนำ

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พลังงานแสงอาทิตย์จะได้รับการกล่าวขวัญถึงมากที่สุดว่า จะเป็นความหวังอันสูงส่งของมนุษย์ที่จะช่วยแก้ปัญหาลังงานขาดแคลนได้อย่างแท้จริง ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุดของธรรมชาติ โดยความเป็นจริงแล้วแหล่งพลังงานทุกชนิดยกเว้นชนิดเดียวก็คือ พลังงานจากกระแสน้ำขึ้นน้ำลงล้วนแต่เกี่ยวกันไม่โดยทางตรงก็โดยทางอ้อมกับพลังงานดวงอาทิตย์ทั้งสิ้น พลังงานดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดจากกระบวนการนิวเคลียร์แบบที่เรียกกันว่า นิวเคลียร์ฟิวชั่น กระบวนการเกิดพลังงานบนดวงอาทิตย์เป็นผลจากการรวมตัวของอะตอมไฮโดรเจนเป็นอะตอมฮีเลียม แล้วมีมวลส่วนหนึ่งของอะตอมไฮโดรเจนหายไป มวลส่วนที่หายไปนี่เองที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกไปรอบดวงอาทิตย์ แล้วก็มีส่วนหนึ่งส่วนน้อยเท่านั้นที่เดินทางมาถึงโลก

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวดวงอาทิตย์ พื้นที่ 1 ตารางเมตร มีค่าถึงประมาณ 58,200,000 วัตต์ แต่ที่ผิวโลกบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากันนั้นมีพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเพียงประมาณ 1 กิโลวัตต์เท่านั้น แต่ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์บนผิวโลกที่ดูมีค่าเพียงน้อยนิดนี้ เมื่อคิดเป็นปริมาณของพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงที่เราใช้อยู่แล้ว และความจำเป็นของมนุษย์เราในการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ แล้วไม่น้อยเลย เพราะพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงโลกในช่วงเวลา

1 เดือน นั้นคิดเป็นปริมาณพลังงานก็เท่ากับถ่านหินถึง 18 ล้าน 10^{12} ตันหรือแปลล้านล้านตัน ซึ่งเป็นปริมาณของถ่านหินที่คาดกันว่ามีเหลืออยู่ในโลกทั้งหมดขณะนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ อุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มีผู้คิดประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นเมื่อประมาณสี่สิบปีมาแล้ว โดยใช้แผ่นซิลิคอนบาง(ความหนาเพียง 1/3 มิลลิเมตร) ซิลิคอนเป็นธาตุที่ถลุงจากหินและทราย เมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะให้ไฟฟ้ากระแสตรงออกมา เช่นเดียวกับถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ไฟฟ้าและเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีน้ำหนักเบา และไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดในการผลิตพลังงานไฟฟ้า แม้เซลล์แสงอาทิตย์จะมีราคาแพง แต่ก็มีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าในหมู่บ้านห่างไกลในประเทศไทยด้วย

โครงการวิจัยนี้จัดได้ว่าเป็นผลงานที่ใช้คิดวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป โดยการทดลองจะทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์และประสิทธิภาพของตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ ซึ่งในอนาคตก็อาจปรับปรุงวิธีการทดสอบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และสามารถให้พลังงานทางไฟฟ้ามากยิ่งขึ้นด้วย

สำหรับเครื่องทดสอบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจนำข้อมูลที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆเช่น นำไปติดตั้งกับมอเตอร์ เครื่องทำน้ำร้อน และอื่นๆ โดยเฉพาะในอนาคตได้มีแนวคิดที่จะสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจัดว่าเป็นรากฐานที่สำคัญที่ในการพัฒนาประเทศ การทดสอบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์สามารถขยายฐานทางความคิดและเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้งานได้ ในปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในด้านต่างๆอย่างหลากหลาย เพราะพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยสร้างพลังงานในรูปแบบต่างๆได้มากมาย

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์
2. เพื่อต้องการหาพลังงานที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้าที่เข้าไปในแบตเตอรี่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับประสบการณ์ในการทำงานสูงขึ้นอีกระดับมากกว่าที่เคยศึกษาในระดับมัธยม ซึ่งจะทำให้เราปรับความพร้อมก่อนการทำงานเมื่อจบการศึกษาได้
2. ได้รับประโยชน์จากประสบการณ์ในการทำงานจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ประกอบการโดยตรง
3. ผลงานที่ได้ในการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบอื่นๆ ได้ เช่น นำไฟฟ้าที่ได้ไปใช้กับเครื่องสูบน้ำ ใช้ในบ้าน ใช้กับเครื่องทำน้ำ
4. สามารถนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบไปประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานในรูปแบบอื่นได้
5. ผู้ที่สนใจและผู้ที่ทำการศึกษาสามารถรับทราบข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้อง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของพลังงานไฟฟ้าต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการทดสอบแบบกลางแจ้ง โดยใช้อุปกรณ์จากห้องปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวรในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการทดสอบครั้งนี้จะทำการทดสอบ ณ บริเวณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์
2. ออกแบบและสร้างสร้างรูปแบบการทดสอบ
3. ทดสอบเครื่องและเก็บรวบรวมผลการทดลอง
4. วิเคราะห์และสรุปผล

1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ระยะเวลา การดำเนินงาน	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค
1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์					
2. ออกแบบและสร้างรูปแบบการทดสอบ					
3. ทดสอบเครื่องและเก็บรวบรวมผลข้อมูล					
4. สรุปผลการทำวิจัย					

1.8 รายละเอียดงบประมาณของโครงการ

- ค่าวัสดุอุปกรณ์	1000 บาท
- ค่าเอกสาร	500 บาท
- ค่าเช่าเล่มโครงการ	1500 บาท
- อื่นๆ	1200 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทำโครงการ	4200 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 แสงอาทิตย์

“แสงอาทิตย์” เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไป แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวัน ตลอดจนมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอน เพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนไป

แสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเข้มของแสงโดยเฉลี่ยประมาณ 1,350 วัตต์/ตารางเมตร แต่กว่าจะลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มของแสงลดลงเหลือประมาณ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร (หรือประมาณร้อยละ 70)

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้นๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเสมอ นอกจากนั้น จากการที่โลกเอียง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และเอียงซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นเราจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้นๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

2.2 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้

เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหลือจากการสะท้อน การดูดกลืนของโลกโดยอนุภาคของอากาศ และการกระจายเนื่องจากบรรยากาศแล้ว จะเหลือพลังงานประมาณ 100,000 TW ($100,000 \times 10^{12}$ วัตต์) ในขณะที่อัตราพลังงานที่ใช้กันอยู่มีอยู่เพียง 10 TW เท่านั้นแหล่งทดแทนในรูปแบบต่างๆ แสดงในตาราง 2.1

แหล่งพลังงานทดแทน	พลังงาน(TW)
พลังงานแสงอาทิตย์	100,000
พลังงานลม	300-1,200
พลังงานคลื่น	1-10
พลังงานน้ำ	10-30
พลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง	3
ชีวมวล	30
พลังงานความร้อนใต้พิภพ	30

ตารางที่ 2.1 แสดงแหล่งพลังงานทดแทน

(ที่มา: <http://www.leonics.com>)

จากตาราง ที่ 2.1 เราจะเห็นได้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบ โลกมีค่าสูงมาก ซึ่งเราสามารถนำไปใช้ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ

(ก) การใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์โดยทางอ้อม อาจใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น แสงอาทิตย์ทำให้เกิดการระเหยของน้ำ ทำให้เกิดลม คลื่น กระแสน้ำในมหาสมุทร ใช้ในการผลิตพลังงานปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช

(ข) การใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ประชาชนชาวโลกรู้จักการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่สมัยโบราณแล้วซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง เช่น การตากแห้งพืชผลทางการเกษตร การทำนาเกลือ เป็นต้น

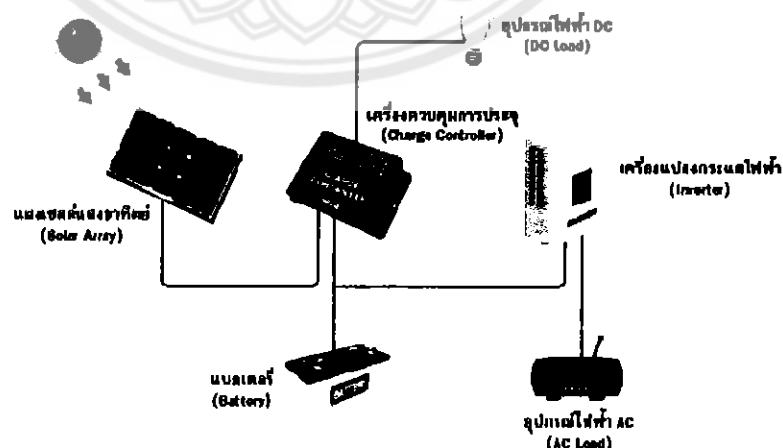
นอกจากใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมแล้ว ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ได้มีความพยายามวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยี เกี่ยวกับการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งานดังนี้

- 1.การนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงความร้อน(Thermal Application) ซึ่งแยกได้เป็น
 - (ก) การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อใช้ค้มน้ำ
 - (ข) การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิปานกลาง เพื่อใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การหุงต้ม และการเผา
 - (ค) การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิสูง เพื่อหลอมเหล็กอุตสาหกรรมอื่นๆ
2. การเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าโดยตรง(Direct Electric Conversion) ได้แก่ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์
- 3.การเปลี่ยนโฟโตเคมีคอล (Photochemical Conversion) ได้แก่ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็น Input Energy สำหรับพลังงานโฟโตเคมีคอล

2.3 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยอาศัยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) แบตเตอรี่ (Battery) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)



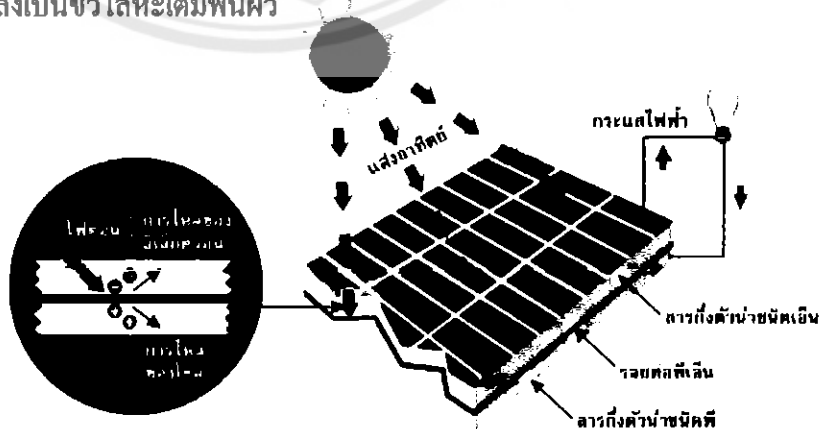
รูปที่ 2.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า
(ที่มา: http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php)

2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์

“เซลล์แสงอาทิตย์” เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดในโลก นำมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Photon จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ Electron มีการเคลื่อนที่ครบวงจร ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดในโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุงและผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้ารับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

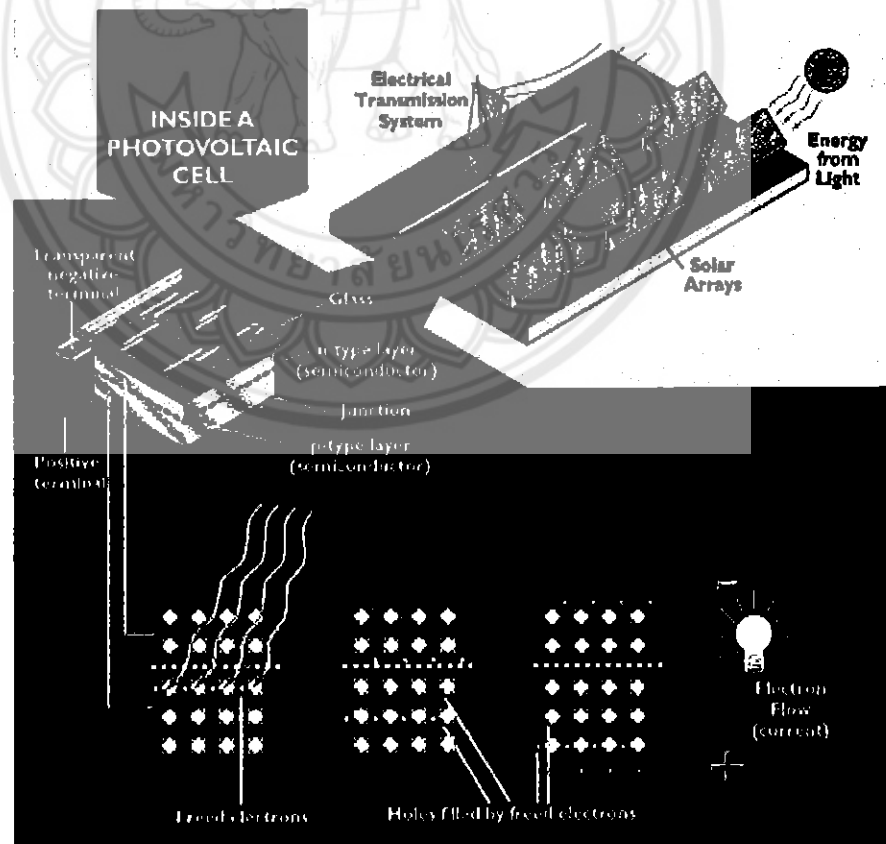


รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา: http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php)

หลักการทํางานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าภายในอะตอมของซิลิกอนจะมีจำนวนอิเล็กตรอน ชั้นนอกสุดของ อะตอมอยู่ 4 ตัวโดยซิลิกอนชั้นบนสุดนั้นจะมีการได้บฟอสฟอรัส (Phosphorous) เข้าไปเพื่อให้อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของอะตอมซิลิกอนมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่ 5 ตัวทำให้อะตอมของซิลิกอนที่ถูกได้บ มีประจุเป็นลบมากขึ้นจึง เรียกว่า สารกึ่งตัวนำ N-type เป็นขั้วลบ ส่วนของซิลิกอน ในชั้นล่างนั้นจะมีการได้บด้วยโบรอน (Boron) ทำให้จำนวนอิเล็กตรอน ชั้นนอกสุดของอะตอมซิลิกอน มีอิเล็กตรอนอยู่ 3 ตัว เป็นผลให้อะตอมของซิลิกอนมีประจุเป็นบวกมากขึ้นจึงมีชื่อเรียกว่า สารกึ่งตัวนำ P-type เป็นขั้วบวก ดังนั้นจึงเกิดความไม่สมดุลของอะตอมขึ้น โดยอะตอมของซิลิกอนที่ถูกได้บ โดย สารฟอสฟอรัส จะมีจำนวน อิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอน ทำให้มีอิเล็กตรอน อิสระเกิดขึ้นหลังจากการได้บ ส่วนอะตอมของซิลิกอนที่ถูก ได้บโดยโบรอนจะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโปรตอน จึงเกิดช่องว่างขึ้นหลังจากการ ได้บ ทำให้อะตอม ต้องหาอิเล็กตรอนมาเติมในช่องว่างให้เต็มที เพื่อที่จะให้อะตอมมีความสมดุล



รูปที่ 2.3 หลักการทํางานของเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา: http://www.geoclties.com/solar_cell2000/12.html)

การที่จะให้อะตอมของซิลิกอนที่ถูกโด๊ปด้วยโบรอน เกิดความสมดุลขึ้นนั้น ก็จะต้องไปดึงเอาอิเล็กตรอนอิสระ ของอะตอมซิลิกอนที่ถูกโด๊ปด้วยฟอสฟอรัส โดยการทำให้อิเล็กตรอนอิสระมีการเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ (junction) ระหว่างสารกึ่งตัวนำ จะทำให้ระยะห่างของ จุดต่อของสารกึ่งตัวนำ มีขนาดแคบมากจนเกือบชิดกัน เมื่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วระยะห่างระหว่างจุดต่อก็จะห่างออกจากกันใหม่อีกครั้ง โดยพื้นฐานอิเล็กตรอนต้องการที่จะเคลื่อนที่ข้ามสิ่งกีดขวาง คือ รอยต่อ ระหว่างสารกึ่งตัวนำ P-N แต่มันไม่มีพลังงานพอที่จะทำได้ พอมันมีแสงสว่างตกกระทบกับผิวของซิลิกอนซึ่งถูกอัดเป็น ชั้นในภาพที่ 2 มันจะทำให้อิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่ข้ามผ่านจุดต่อ ทำให้เกิด การไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้ ก็คือพลังงานไฟฟ้าที่ ผลิตขึ้นมานั่นเอง

เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็น เรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงมีการนำหลายแผงมาต่อกัน ซึ่งมี 2 วิธีดังนี้

1. การต่อแบบอนุกรม ใช้ในกรณีที่ต้องการแรงดันไฟฟ้ามากกว่าที่ได้จากแผงเดียว แต่กระแสจะยังคงเท่ากับที่ได้จากแผงเดียว
2. การต่อแบบขนาน ใช้ในกรณีที่ต้องการกระแสที่มากขึ้น แต่แรงดันไฟฟ้าจะยังคงเท่ากับที่ได้จากแผงเดียว



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา: <http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/greenway12.php>)

ซ้าย: การต่อแบบอนุกรม

ขั้วบวกของแผงหนึ่งต่อกับขั้วลบของอีกแผงหนึ่ง

ขวา: การต่อแบบขนาน

ขั้วที่เหมือนกันของทั้งสองแผงต่อเข้าด้วยกัน

นอกจาก 2 วิธีข้างต้นแล้ว ยังสามารถต่อแผงแบบอนุกรมผสมขนานได้ด้วย (หรือการต่อแบบขนานแล้วจึงต่อแบบอนุกรมก็จะให้ผลเหมือนกัน) หากต้องการทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่เพิ่มขึ้น เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ต้องใช้กระแสมากและใช้แบตเตอรี่มากกว่า 12 โวลต์

แผงที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน (แผงที่มีแรงดันไฟฟ้าและกระแสต่างกัน) เมื่อนำมาต่อกันแบบต่างๆ จะมีผลดังนี้

- การต่อแบบอนุกรม จะให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าแต่ละแผง แต่กระแสที่ได้จะถูกจำกัดลงจนเกือบเท่ากับกระแสจากแผงที่มีปริมาณน้อยที่สุด

- การต่อแผงแบบขนาน จะให้กระแสเท่ากับผลรวมของกระแสแต่ละแผง แต่แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะถูกจำกัดลงจนเกือบเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงต่ำที่สุด

ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

- ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำให้อากาศเสื่อมเป็นพิษ

- เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้

- สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลกและได้พลังงานไฟฟ้าใช้

โดยตรง

- ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ

- ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

- ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

- เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน จึงไม่เกิดการสึกหรอ

- ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

- อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่

- มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว

- เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ

- ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผา

ไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

2.3.2 อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า (Charge Controller)

เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) หน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปด้วยการเบี่ยงเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อมีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็วจนร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องควบคุมประจุ

(ที่มา: <http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/greenway13.php>)

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักจะมีฟังก์ชันพิเศษๆ เข้าไ้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้า

ของแบตเตอรี่รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุมีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิทช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจร โดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหาย

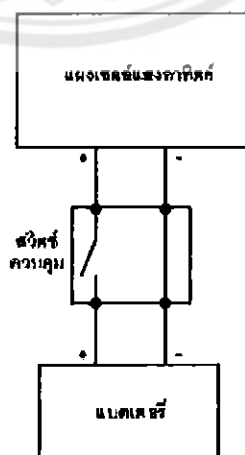
เครื่องควบคุมการประจุจะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1. เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller)

เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม หรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์แม่เหล็กที่เรียกว่า รีเลย์ (Relay) หรือ สวิตช์ซิงทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ก็ได้

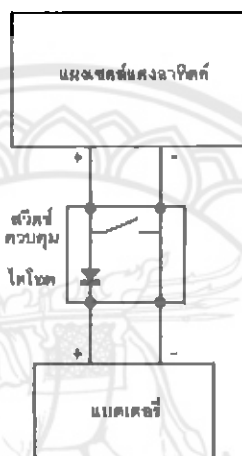


รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม

(ที่มา: <http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/greenway13.php>)

2.เครื่องควบคุมการประจุแบบชั๊นท์ (Shunt charge controller)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุแบบชั๊นท์

(ที่มา: <http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/greenway13.php>)

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิตช์ได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ On-Off ที่จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดและปิดธรรมดาๆ เท่านั้นและแบบ PWM (Pulse Width Modulation) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมสวิตช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิตช์แบบ On-Off

การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกออกแบบขึ้นและกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 โวลต์, 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ ส่วนกระแสสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบ

ส่วนมากแล้วเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องควบคุมการจ่ายประจุจะรวมอยู่ภายในเครื่องเดียวกัน เท่ากับว่าเครื่อง ควบคุมการประจุมีฟังก์ชันการทำงานของเครื่องควบคุมการจ่ายประจุรวมอยู่ด้วย และเรามีข้อสังเกตที่จะบอกได้ว่าเครื่องควบคุมเป็นแบบใด โดยดูจากการต่อวงจรดังนี้ ถ้ามีการต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องควบคุม แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการประจุรวมอยู่ด้วย ถ้ามีการต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการจ่ายประจุรวมอยู่ด้วย และเครื่องควบคุมทั้งหมดต้องต่อไปยังแบตเตอรี่ ในขณะที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้ามากเกินไป และยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเกินไป ลองนึกเปรียบเทียบกับระบบกักเก็บน้ำฝน การเก็บน้ำในถังเก็บน้ำจะต้องไม่เต็มเกินไปหรือน้ำน้อยเกินไป จึงมีการติดตั้งวาล์วเพื่อปิดน้ำที่เข้าถังเมื่อน้ำเต็มเพื่อไม่ให้น้ำล้นออกมาและมีวาล์วอีกตัวหนึ่งที่ควบคุมการจ่ายน้ำออกจากถังเพื่อไม่ให้น้ำที่เหลืออยู่น้อยเกินไป วาล์วเหล่านี้ก็คือตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำ เทียบได้กับเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุนั่นเอง

2.3.3 แบตเตอรี่(Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้



รูปที่ 2.8 แสดงรูปของแบตเตอรี่

(ที่มา: <http://www.leonics.com/html/th/aboutpower/greenway14.php>)

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ โดยสามารถจำแนกแบตเตอรี่ออกได้ 2 กลุ่มสำคัญๆ คือ ตามการใช้งานและประเภทของโครงสร้าง

ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย คุณจะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80% โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย (แบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30% ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงได้) ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่เป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open cell หรือ Unsealed หรือ Flooded cell battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free หรือ Sealed battery)

หลักการทำงานของแบตเตอรี่

ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid battery) แบตเตอรี่แบบ "ตะกั่ว-น้ำกรด" เก็บและคายพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างตะกั่วและน้ำกรด แผ่นที่ให้ประจุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (LEAD PEROXIDE) ส่วนแผ่นลบทำจากตะกั่วเนื้อพรุน เพื่อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำกรดได้มาก แลอยู่ในกรดกำมะถันเจือจาง (H_2SO_4) เมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้ให้ปล่อยกระแสไฟฟ้า กรดกำมะถันเจือจางก็จะแตกตัวเป็นไอออนทำปฏิกิริยากับตะกั่ว แผ่นตะกั่วจะกลายเป็นตะกั่วซัลเฟตทั้งด้านข้างบวกและข้างลบ ออกซิเจนจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ของแผ่นบวก จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนในกรดกำมะถัน ได้น้ำมาส่วนหนึ่ง ประกอบกับ SO_2 ในน้ำกรด ที่ไปจับแผ่นตะกั่วเป็นตะกั่วซัลเฟต ทำให้กรดกำมะถันเจือจางลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือแค่ส่วนที่เป็นน้ำ

นั่นหมายความว่าแบตเตอรี่ของเราจ่ายพลังงานไฟฟ้าจนหมดแล้ว คอนแบตเตอรี่ถูกอัดไฟ ปฏิกริยาทางเคมีนี้จะกลับสู่ทิศทางเดิม หมายถึง SO₂ จะแยกตัวกลับมาเป็นกรดกำมะถันที่เข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่เหลือซัลเฟตเกาะอยู่ที่แผ่นตะกั่ว หมายถึงแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้าเต็มที่แล้ว ความเข้มข้นของน้ำกรดกำมะถันในแบตเตอรี่ จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่คิดว่าแบตเตอรี่มีประจุหรือพลังงานไฟฟ้าอยู่มากน้อยเพียงใด

2.3.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

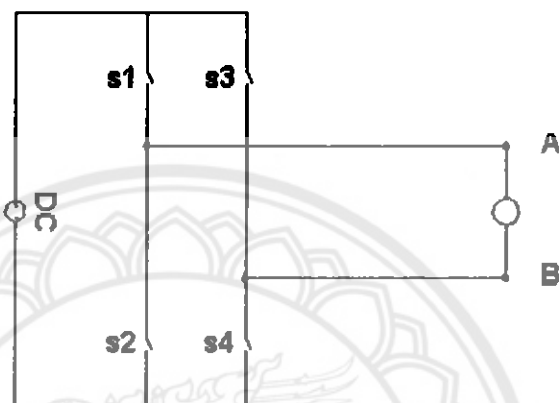


รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า
(ที่มา: <http://www.bksolar.com>)

Inverter เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดย ไฟฟ้ากระแสตรงที่จะ นำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจาก แบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง หรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้น จะเหมือนกับไฟฟ้าที่ได้จากปลั๊กไฟ ตามผนังบ้านทุกอย่าง โดย inverter ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์, พัดลม หรือ อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนไฟฟ้า กระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยจะนำไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับสวิตช์ 4 ตัว และทำการเปิด-ปิด สวิตช์ทั้ง 4 เป็นจังหวะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของอินเวอร์เตอร์

(ที่มา: http://controlresource.co.th/INDEX/itr88_96.htm)

จากรูป

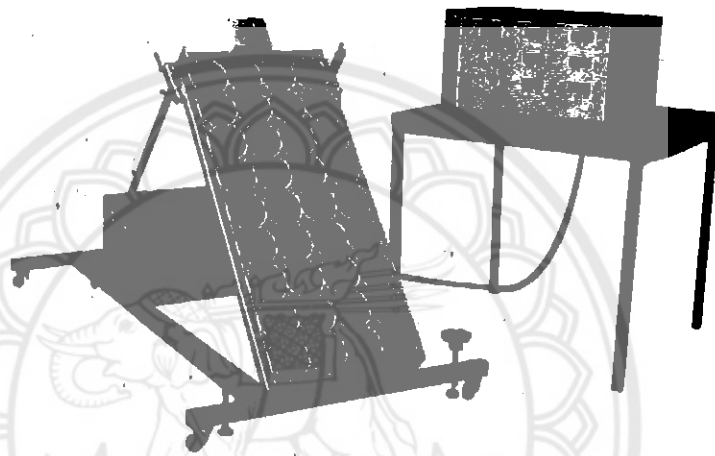
- เมื่อปิดสวิตช์ S1 และ S4 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางจากจุด A ไปยังจุด B
- เมื่อปิดสวิตช์ S2 และ S3 ทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางจากจุด B ไปยังจุด A

ดังนั้นถ้าเปิด-ปิดสวิตช์ S1 และ S4 สลับกับสวิตช์ S2 และ S3 จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นนั่นเอง โดยถ้ามีการควบคุมเวลา ในการเปิด-ปิดสวิตช์ ที่ต่างกัน ก็จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่แตกต่างกันไป

บทที่ 3

การทดลอง

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความสามารถในการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นเราจึงทำการทดลองเพื่อกำหนดประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าและการควบคุมกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

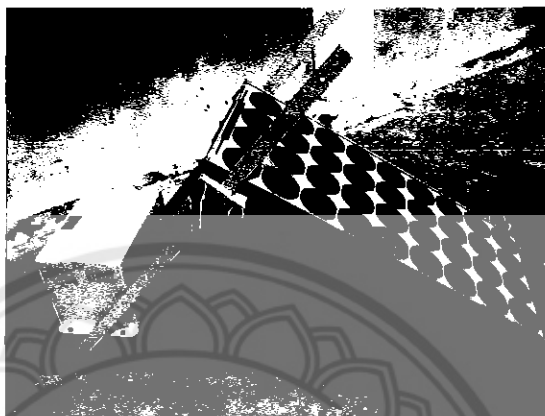


รูปที่ 3.1 แสดงรูปของเครื่อง PV Solar ที่ใช้ในการทดลอง
(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

การทดลองเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์นี้ จำเป็นจะต้องทำการทดลองในที่โล่งแจ้ง ไม่มีเงาของต้นไม้หรืออาคารที่ส่งผลกระทบต่อแสงของดวงอาทิตย์ และควรเลือกทำการทดลองในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส เพื่อให้ได้ผลการทดลองออกมาเป็นจริงมากที่สุด โดยการทดลองจะสามารถแบ่งอุปกรณ์ 2 ชุดด้วยกัน คือส่วนที่จะต้องสัมผัสกับแสงของดวงอาทิตย์ก็คือแผงโซลาร์เซลล์และอีกส่วนที่ไม่สัมผัสกับแสงของดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ควบคุม ศึกษาและสังเกตพลังงานที่ได้จากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะต้องนำไปไว้ในที่ร่มเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ในการทดลองจะต้องมีการเก็บค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองอย่างสม่ำเสมอ โดยการทดลองนั้นจะเลือกใช้ช่วงเวลาของแสงจากดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มแสงสม่ำเสมอ เพื่อที่จะให้ได้ค่าของการทดลองที่มีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ได้ศึกษามา

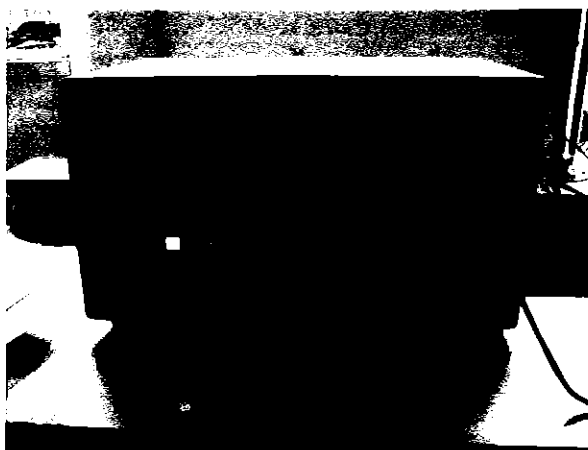
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 1 แผง (958mm x433 mm)



Parameter	Details		
Type	Monocrystalline type BP 140		
Cells	36 off Series Connected 100 mm diameter monocrystalline silicon.		
Overall	Maximum 958 mm Long × 433 mm Wide × 38.5 mm Thick		
Overall Weight of Frame	Hight (when elevated):960 mm	Length:1650 mm	Width:840 mm
Peak Power	40 W		
Voltage at Peak Power	17.1 V		
Open Circuit Voltage	21.6 V		
Nominal	12 V		
Current at Peak Power	3.24 A		
Short circuit current	2.44 A		

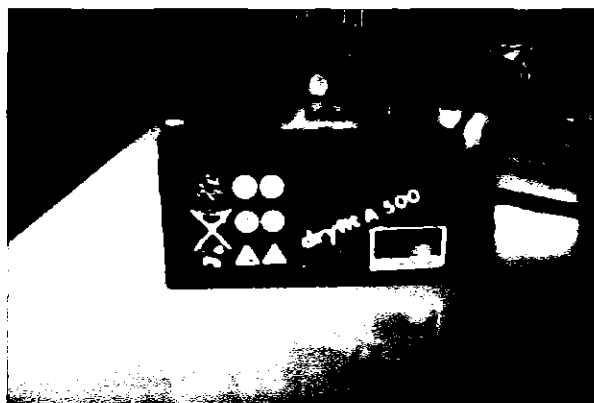
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์



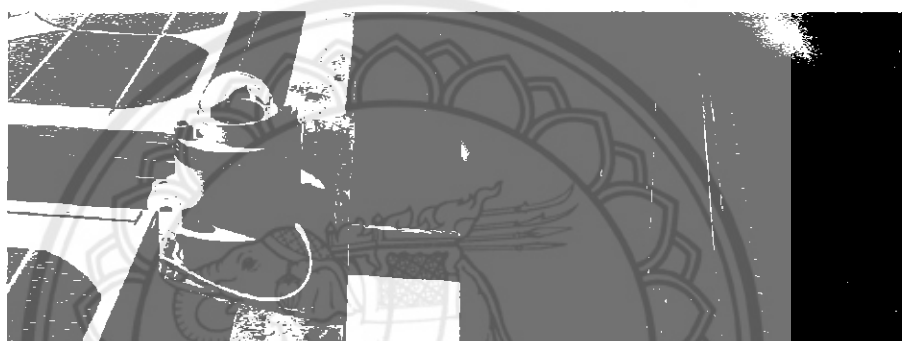
2. Control cabinet (530mm Wide; 320mm High; 450mm Depth) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งจะสามารถอ่านค่าของ Battery Volt Battery Amp Output Volt Output Amp Array Volt และ Array Amp ซึ่งค่าเหล่านี้จะนำไปใช้ในการสรุปผลการทดลองในรูปแบบต่างๆได้



3. Bercostat Variable Resistor อุปกรณ์ชนิดนี้เป็น Load ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับ Heater สามารถปรับค่าได้โดยจะปรับได้ตั้งแต่ 0%-100% (3.6 – 5.4 โอห์ม) Load ชนิดนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน



4. แบตเตอรี่ ขนาด 12 V 1.2 Ah ใช้เพื่อเก็บกระแสไฟฟ้า

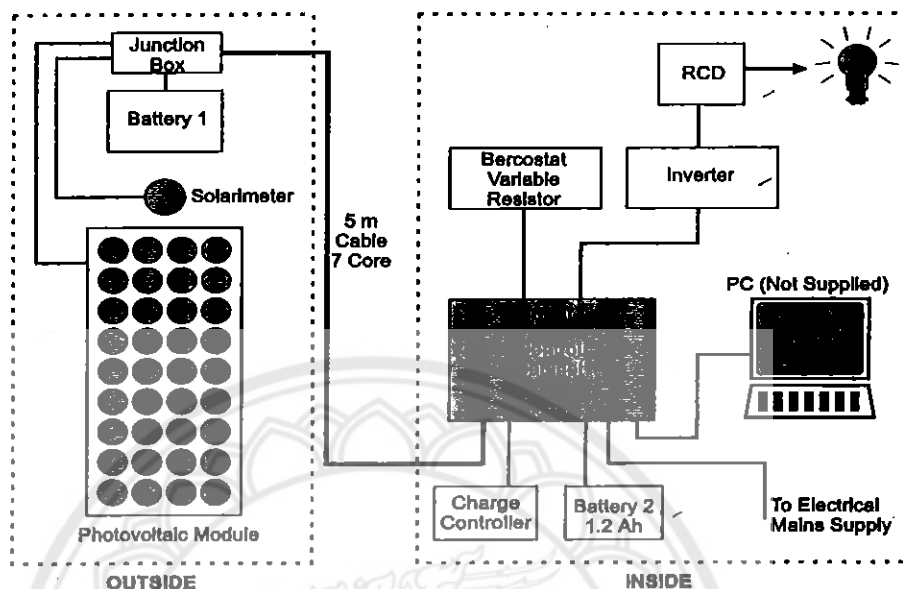


5. Pyranometer ใช้เพื่อวัดความเข้มแสง ติดตั้งสูงกว่าพื้นดิน 10 เมตร ในที่โล่ง ไม่มีแสงเงาบัง



6. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

การติดตั้งเครื่อง PV Solar



รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อวงจรต่างๆของเครื่อง PV Solar

(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

3.1 การทดลองหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

3.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์และในเวลาเดียวกันก็สามารถหาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

การเชื่อมต่อเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์(โซลาร์เซลล์)ไว้ในที่ที่เหมาะสม โดยไม่มีเงาของอาคารและต้นไม้มาบดบัง หมุนแผ่นรับแสงไปทางทิศใต้หรือหันไปทางดวงอาทิตย์
2. ปรับแผงโซลาร์ซึ่งสามารถปรับได้โดยให้แสงอยู่ ณ จุดกึ่งกลางของแผงโซลาร์
3. ขระคียบของแผ่นรับแสงให้ถูกต้องตามตารางที่ ข.1 ที่แสดงมุมต่างๆและใช้ให้เหมาะสมกับมุมของประเทศต่างๆ ในที่ใช้มุมในการวางแผงโซลาร์เซลล์เซลล์คือ 16.7° เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์ตั้งฉากกับแสงอาทิตย์
4. วาง Control cabinet ไว้ในร่มหรือที่ที่สามารถป้องกันสภาพแวดล้อมได้ ต่อสายไฟ Charge controller ไปยังช่องด้านหลังของ Control cabinet และเชื่อมต่อแบตเตอรี่ 2 ไปยังช่องด้านหลังของ Control cabinet

5. ตรวจสอบ SW1 และ SW2 ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF และ ต่อเครื่อง PV Solar ไปยัง

Control cabinet

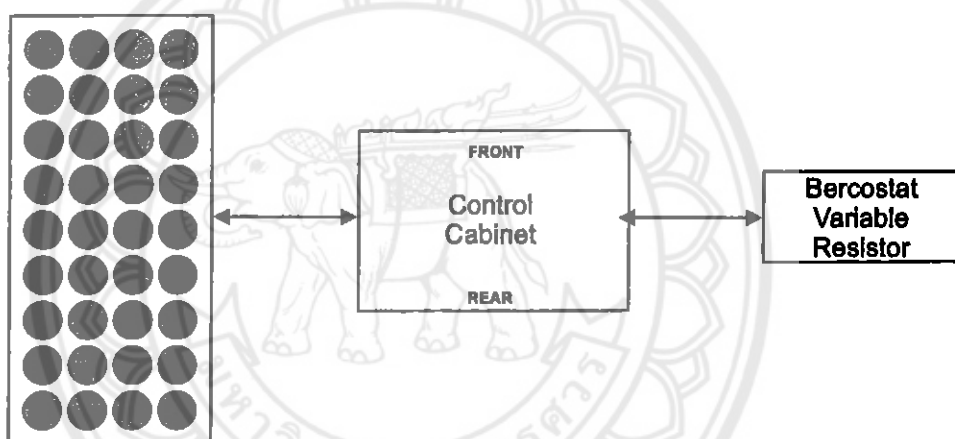
6. ถ้ามีการใช้คอมพิวเตอร์ให้ต่อ เครื่อง PC ไปยังช่องด้านหลัง Control cabinet

7. เปิดสวิทช์ของ Control cabinet ซึ่งจะมีแสงส่งสัญญาณเตือน ที่ตัวเครื่องจะมีแสงไฟ และ Solarimeter ใช้อ่านค่าของ Volts และ Amps

8. หลังจากการใช้งาน ปิดสวิทช์ Electrical supply เก็บอุปกรณ์ต่างสายไฟและทำความสะอาด

สะอาด

3.1.2 วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.3 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 1

(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ใน Set up
2. สร้างตารางผลการทดลอง
3. เชื่อมต่อ Bercostat เข้ากับช่องของ Output 1 บน control cabinet โดยปรับหน้าปัดไปที่ค่า 100 %
4. สับสวิทช์ SW 1 ของ control cabinet ไปที่ DIRECT บันทึกค่าเงื่อนไขสถานะแวดล้อม อุณหภูมิ วันที่ มุม และเวลา ที่ทำการทดลอง รวมทั้งค่า ARRAY VOLTS, ARRAY AMPS และค่า ความเข้มของแสงแดด เพื่อให้ค่าดังกล่าวมีค่าไม่คาดเคลื่อนควรอ่านค่าหลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที
5. การอ่านค่า Solarimeter mV, Array voltage, Array current เนื่องจากค่าดังกล่าวนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความเข้มของแสง ดังนั้นในการอ่านค่าจึงควรให้ค่า

5200056

ม/ร.
ศ/ว/บ.ก.
ฉ.ร.

/ ๖๐๙๖๖๖๖

ตั้งกล่าวหุคการเปลี่ยนแปลงโดยการกดปุ่ม HOLD บน control cabinet เมื่อค่าตัวเลขต่างๆ
หุคแล้วจึงทำการอ่านค่า และหลังจากอ่านค่าเสร็จแล้วกดปุ่ม HOLD อีกครั้งเพื่อให้ระบบ
ได้แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงต่อไป

6. หมุนเปลี่ยนค่าของ Bercostat เป็น 90 % แล้วทำการทดลองตามข้อ 5

7. ทำการทดลองตามข้อ 6 แต่ปรับค่าของ Bercostat ลดลงครึ่งละ 10 % จนกระทั่ง
ถึง 0 %

8. เก็บรวบรวมข้อแล้วทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

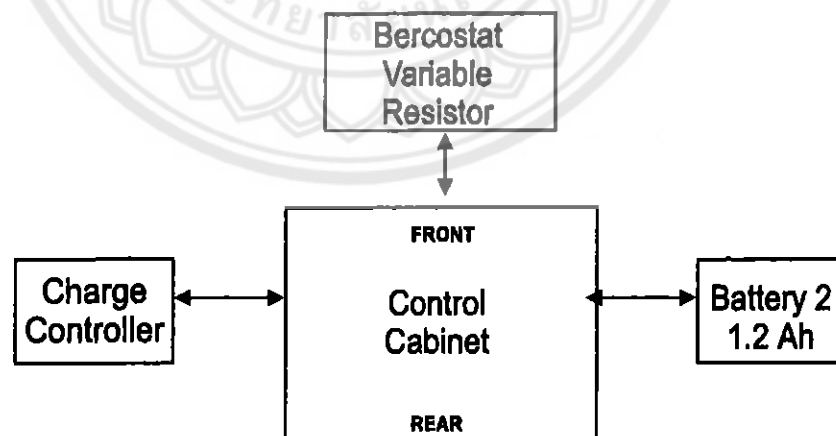
3.2 การทดลองหาประสิทธิภาพของ Chare Controller ในการชาร์ตแบตเตอรี่

3.2.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของ Charge Controller
2. เพื่อหาหลักการทำงานและความสัมพันธ์ของ Charge Controller กับแบตเตอรี่

3.2.2 วิธีการทดลอง

1. ต่อดวงจรดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 2

(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

2. เชื่อมต่อ Bercostat variable resistor ไปยัง output2 เซ็ตหน้าปัด Bercostat ที่ 100%
3. Switch SW1 to Battery1 และ SW2 to Battery2 บันทึกค่า Battery volts และ Battery Current หลังจาก 5 วินาทีเพื่อให้ค่าคงที่ เช่นเดียวกันอ่านค่า Output volts และค่า Output amps
4. ปรับค่า Bercostat 22 % โดยใช้ให้สอดคล้องกับกระแสไฟ 1 A
5. บันทึกค่า Battery volts Battery amps Output volts และค่า Output amps ทุก 1 ถึง 2 นาทีระยะเวลาขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บไฟฟ้าของแบตเตอรี่

Note; Battery amps จะแสดงค่าออกมาเป็นค่าทางลบ จนกระทั่งกระแสไฟฟ้าไหลไม่เหลือใน Battery; Battery volts และ Output volts อาจจะแตกต่างกันพอสมควร

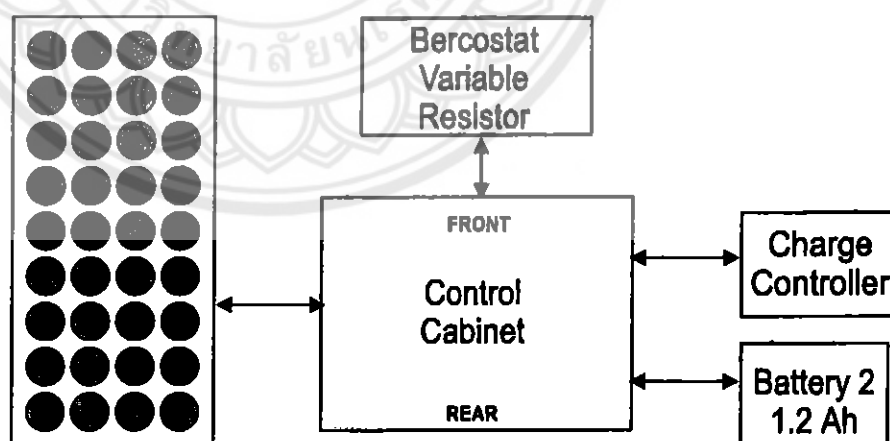
6. ทำการทดลองและการเก็บข้อมูล

3.3 ศึกษาลักษณะการทำงานของ Charge Controller และ แบตเตอรี่

3.3.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อดูพฤติกรรมหรือลักษณะการทำงานของ Charge Controller และ แบตเตอรี่
2. เพื่อทราบหลักการทำงานของ Charge Controller

3.3.2 วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.5 แสดงแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ตามการทดลองที่ 3

(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ใน Set up
2. สับ SW 1 ไปที่ Battery แล้วสับ SW 2 ไปที่ Battery 2
3. บันทึกค่า ของ Array Volt, Array Amps, Battery Volt and Battery Amps หลังจากตั้งเครื่องไป 5 นาที
4. เชื่อมต่อ Bercostat Variable Resistor ไปยัง Output ที่ 2 ตั้งค่าไว้ที่ 100 %
5. เมื่อ Float Mode Led เปิดขึ้นแรงดันของแบตเตอรี่ จะมีค่าประมาณ 13.6 V
6. ลดค่าความต้านทาน ลงมาที่ 10% โดยปรับที่ Bercostat Variable Resistor แล้วบันทึกในตารางที่ ข.4
7. ลดค่าความต้านทานที่ละ 1 % แล้วบันทึกค่า จนกระทั่งลดลงมาที่ 8% Float Mode Led จะดับลง แล้วบันทึกค่า
8. เพิ่มค่าความต้านทานไปที่ 12 % แล้วบันทึกค่า รอจน Float Mode Led เปิดขึ้นอีกครั้ง แล้วบันทึกค่าอีกครั้ง



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดลองเพื่อหาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะทำให้ได้ทราบถึงกำลังไฟฟ้าที่ได้ และสามารถที่จะทำให้ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ประสิทธิภาพของ Charge Controller และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่อีกด้วย

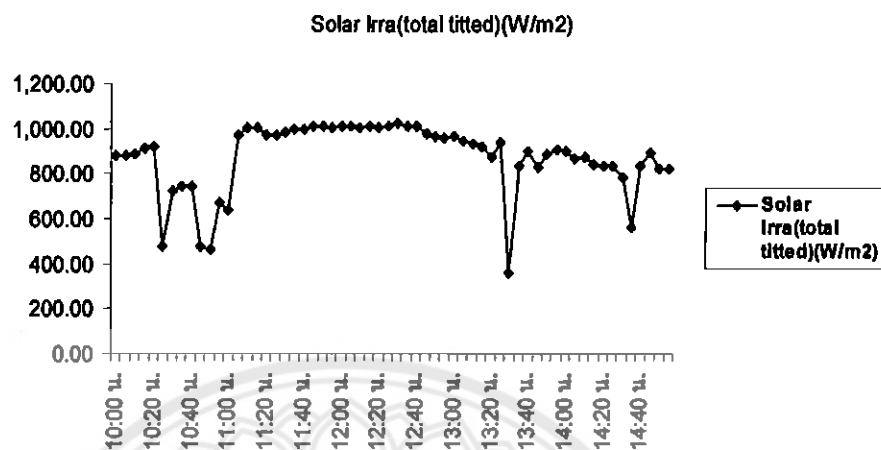
4.1 การหาลำดับไฟฟ้าของเครื่อง PV Solar

จากการทดลองเป็นการหาลำดับพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่อง PV Solar โดยเป็นการเก็บข้อมูลของกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ Charge Controller และแบตเตอรี่ ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า สามารถที่จะนำมาหาพลังงานไฟฟ้าได้ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำมาหาประสิทธิภาพของ แผงโซลาร์เซลล์ Charge Controller และแบตเตอรี่

4.2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง PV Solar

จากการทดลองหาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่อง PV Solar ผลที่จะได้ตามมาก็คือ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆที่มีอยู่ในเครื่อง PV Solar ซึ่งการจะหาค่าของ ประสิทธิภาพนั้นจะต้องทราบพลังงานไฟฟ้าที่ระบบได้จากอุปกรณ์ และพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสูญเสียไป ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบนั้นๆได้

4.3 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 10.00-14.30

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มของแสงรังสีดวงอาทิตย์มีค่าต่างกันไม่มากนักในเวลา 10.00-14.30 น. ดังนั้นเราจะใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณหาค่าในช่วงเวลาที่เราทำการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1

Bercostat position	Array current I (amperes)	Array Voltage V(volts)	P (watt) = IV	Radiation Intensity (W.m ²)	Radiation Intensity(w)	efficiency (%)
100	0.250	13.541	3.385	600	248.89	1.36
90	0.279	13.580	3.783	600	248.89	1.52
80	0.306	13.497	4.132	600	248.89	1.66
70	0.349	13.475	4.704	600	248.89	1.89
60	0.390	13.387	5.227	600	248.89	2.10
50	0.458	13.195	6.048	600	248.89	2.43
40	0.551	13.106	7.218	600	248.89	2.90
30	0.689	12.797	8.811	600	248.89	3.54
25	0.780	12.671	9.881	600	248.89	3.97
20	0.940	12.318	11.573	600	248.89	4.65
15	1.150	11.843	13.614	600	248.89	5.47
10	1.344	11.145	14.983	600	248.89	6.02
8	1.531	10.093	15.456	600	248.89	6.21
5	1.553	8.495	13.191	600	248.89	5.30
0	1.635	5.845	9.557	600	248.89	3.84
Ambient Temperature (°C)= 29.92			Tilt Angle (degrees) = 17		Date : 16/10/50	
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight					Time : 10.35-10.45	

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 16 ตุลาคม 2550

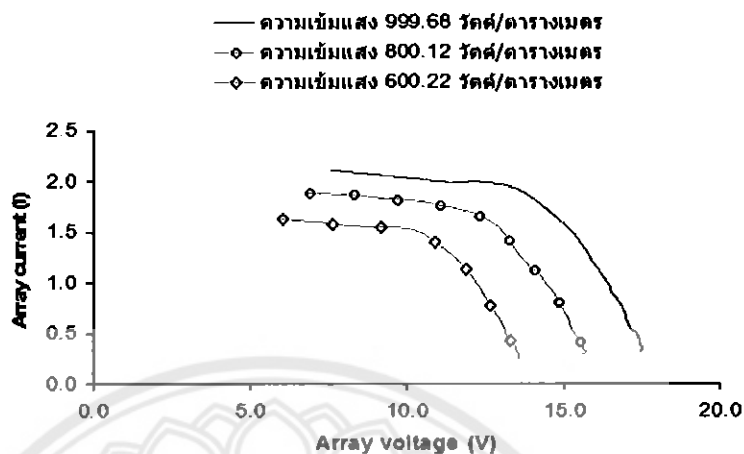
Bercostat position	Array current I (amperes)	Array Voltage V(volts)	P (watt) = IV	Radiation Intensity (W.m ²)	Radiation Intensity(w)	efficiency (%)
100	0.323	17.478	5.640	999.68	414.68	1.36
90	0.360	17.529	6.303	999.68	414.68	1.52
80	0.395	17.422	6.884	999.68	414.68	1.66
70	0.451	17.393	7.837	999.68	414.68	1.89
60	0.504	17.279	8.708	999.68	414.68	2.10
50	0.592	17.032	10.077	999.68	414.68	2.43
40	0.711	16.917	12.026	999.68	414.68	2.90
30	0.889	16.518	14.680	999.68	414.68	3.54
25	1.007	16.356	16.463	999.68	414.68	3.97
20	1.213	15.900	19.283	999.68	414.68	4.65
15	1.484	15.287	22.683	999.68	414.68	5.47
10	1.735	14.386	24.964	999.68	414.68	6.02
8	1.977	13.028	25.752	999.68	414.68	6.21
5	2.004	10.965	21.978	999.68	414.68	5.30
0	2.111	7.544	15.924	999.68	414.68	3.84
Ambient Temperature (°C)= 30.99			Tilt Angle (degrees) = 17		Date : 17/10/50	
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight					Time : 11.35-11.45	

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 17 ตุลาคม 2550

Bercostat position	Array current I (amperes)	Array Voltage V(volts)	P (watt) = IV	Radiation Intensity (W.m ²)	Radiation Intensity(w)	efficiency (%)
100	0.289	15.635	4.513	800	331.85	1.36
90	0.322	15.681	5.044	800	331.85	1.52
80	0.353	15.585	5.509	800	331.85	1.66
70	0.403	15.560	6.272	800	331.85	1.89
60	0.451	15.457	6.969	800	331.85	2.10
50	0.529	15.236	8.064	800	331.85	2.43
40	0.636	15.133	9.624	800	331.85	2.90
30	0.795	14.776	11.748	800	331.85	3.54
25	0.900	14.632	13.174	800	331.85	3.97
20	1.085	14.224	15.431	800	331.85	4.65
15	1.327	13.676	18.152	800	331.85	5.47
10	1.552	12.869	19.977	800	331.85	6.02
8	1.768	11.654	20.608	800	331.85	6.21
5	1.793	9.809	17.588	800	331.85	5.30
0	1.888	6.749	12.743	800	331.85	3.84
Ambient Temperature (°C)= 31.66			Tilt Angle (degrees) = 17		Date : 18/10/50	
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight					Time : 13.25-13.35	

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์ในวันที่ 18 ตุลาคม 2550

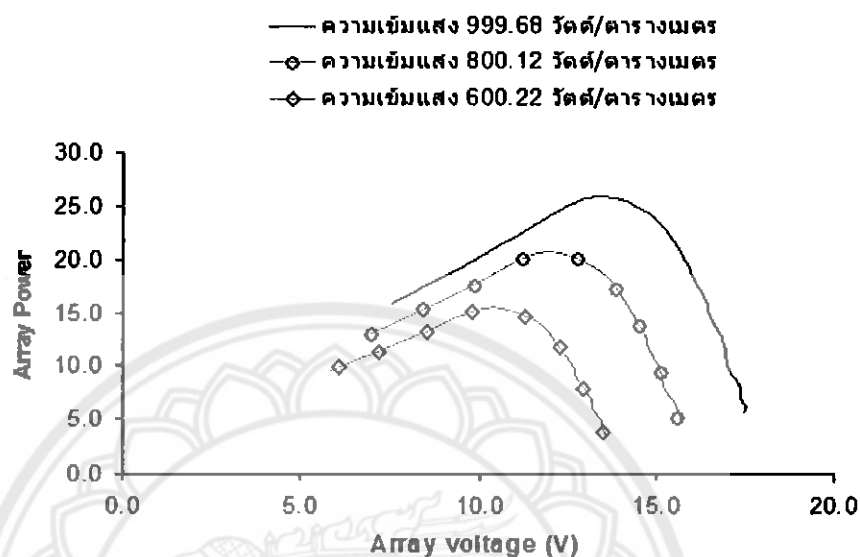
ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงภาพของค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ของแผงโซลาร์เซลล์

จากกราฟแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ความเข้มแสง 600.22 วัตต์ต่อตารางเมตร 800.12 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 999.68 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามการปรับค่าความต้านของ Bercostat โดยแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการปรับค่า ตัวต้านทานบน Bercostat ที่ Bercostat เท่ากับ 100 % จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่มาก แต่ตรงกันข้ามกับกระแสไฟฟ้าซึ่งวัดได้น้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อปรับค่า Bercostat ลดลง ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ก็จะลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของ Bercostat ไปด้วยเช่นกัน

ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

กราฟที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ที่ความเข้มแสงเฉลี่ยประมาณ 600.22 วัตต์ต่อตารางเมตร 800.12 วัตต์ต่อตารางเมตร 999.68 วัตต์ต่อตารางเมตร จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าแรงดันเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อถึงค่าแรงดันประมาณ 15 โวลต์ 20 โวลต์ และ 25 โวลต์ ของแต่ละค่าความเข้มแสง ซึ่งมีค่าความต้านที่ปรับจาก Bercostat ประมาณ 6.6โอห์ม กำลังไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุด ซึ่งประสิทธิภาพของแผงจะมีค่าสูงสุดประมาณ 6.21 %

ผลการทดลองที่ 2

Time (Minutes)	Output		Battery	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
Bercostat=22%				
0	11.74	1	11.74	-1
2	11.68	1	11.54	-0.99
5	11.52	0.99	11.4	-0.99
8	11.43	0.99	11.5	-1.01
12	11.26	1	11.31	-1
15	10.83	1	11.36	-1
18	0	0	12.01	0
Ambient Temperature(⁰ C) =31.39		Tilt Angle (degrees) =17		Date:17/10/50
Conditions (bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight				Time:12.50

: แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 17 ตุลาคม 2550

จากผลการทดลองจะเห็นว่า แบตเตอรี่เริ่มจ่ายกระแสให้แก่โหลดที่แรงดันไฟฟ้า 11.74 โวลต์ และแรงดันแบตเตอรี่จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่ง เวลาผ่านไปประมาณ 15 นาที แบตเตอรี่จะถูกตัดการจ่ายกระแสให้แก่โหลดโดยการควบคุมของเครื่องควบคุมประจุซึ่งจะเห็นจากค่าแรงดันและค่ากระแสของโหลดมีเท่ากับ 0 จะเห็นได้ว่าเครื่องควบคุมประจุทำหน้าที่ควบคุมการตัดกระแสเพื่อรักษาไม่ให้แบตเตอรี่และอุปกรณ์ที่ใช้งานเกิดความเสียหายเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงถึง 11.36 โวลต์

ผลการทดลองที่ 3

Bercostat (%)	Array		Battery		Output	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
10	15.76	1.65	13.43	0.14	13.15	1.61
9	15.64	1.68	13.29	0.15	13.01	1.65
8	14.93	1.89	14.48	0.1	14.16	1.88
12	15.02	1.79	14.44	0.28	13.56	1.46
12	16.12	1.62	13.86	0.18	13.57	1.46
Ambient Temperature (°C)=30.06				Tilt Angle (degrees)=17		Date16/10/50
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight						Time : 13.51

: แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 16 ตุลาคม 2550

จากตารางผลการทดลองจะเห็นว่า ที่ความต้านทานของ Bercostat 10- 8% เครื่องควบคุมประจุจะประจุกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์มาเก็บไว้ในแบตเตอรี่พร้อมทั้งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลดด้วย จนกระทั่งความต้านทานของ Bercostat มีค่า 12 % ทำให้แรงดันของแบตเตอรี่มีค่า 14.44 โวลต์ ซึ่งจะสังเกตได้จากไฟ Float Mode คับลงเพราะเมื่อความต้านทานของ Bercostat มีค่า 12 % ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ที่จ่ายไปยังโหลดไม่เพียงพอจึงดึงพลังงานไฟฟ้าที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่มาช่วยจ่ายไปยังโหลด มีผลเมื่อไฟ Float Mode เปิดขึ้นระบบจะทำการจ่ายกระแสไฟจากแบตเตอรี่และจากแผงโซลาร์เซลล์ควบคู่กันไป โดยขณะที่กระแสที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์มีเพียงพอสำหรับการจ่ายให้โหลดก็จะใช้กระแสจากแผงโซลาร์เซลล์โดยตรง แต่ถ้ากระแสไม่พอเพียงระบบจะดึงเอากระแสที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่มาจ่ายทดแทนเพื่อให้เพียงพอกับกระแสที่โหลดต้องการ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงถึงค่าหนึ่งเครื่องควบคุมประจุก็จะอัดกระแสให้แบตเตอรี่จนเต็มอีกครั้ง ซึ่งจะวนครบรอบการทำงานต่อไป

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

การทดลองที่ 1

จากผลการทดลองจะพบว่า ค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ความต้านทานค่าหนึ่งที่เหมาะสม ซึ่งเท่ากับ 8% ของ Bercostat หรือประมาณ 6.6 โอห์ม โดยค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะมีค่าประมาณ 6.21% โดยการทดสอบที่ความเข้มแสงที่ต่างกัน 3 ค่าได้แก่ 1000, 800, 600 วัตต์ต่อตารางเมตร

การทดลองที่ 2

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมประจุหรือ Charge controller เมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟให้แก่โหลดจนแรงดันลดลงถึงประมาณ 1.1 โวลต์ เพื่อที่จะรักษาสภาพของแบตเตอรี่เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมประจุจะตัดการจ่ายกระแสให้โหลด ดังนั้นค่ากระแสของแบตเตอรี่จะเป็น 0 และ เมื่อไม่มีการจ่ายกระแสให้โหลด เอาต์พุตมีค่าแรงดันและกระแสเป็น 0 ด้วย

การทดลองที่ 3

นอกจากนี้เครื่องควบคุมประจุยังทำหน้าที่ควบคุมการประจุไฟและจ่ายไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์มีค่าเพียงพอต่อการจ่ายกระแสให้โหลด กระแสบางส่วนก็ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ แต่เมื่อกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ไม่เพียงพอต่อการจ่ายให้โหลด เครื่องควบคุมประจุจะดึงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาจ่ายให้โหลดควบคู่ไปกับกระแสจากแผงโซลาร์เซลล์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการทดลองค่าความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์จะมีค่าไม่คงที่เพื่อให้ได้ค่าที่มีความใกล้เคียงและถูกต้องควรทำการทดลองในสถานที่ที่เป็นลานโล่งแจ้ง มีความเข้มแสงที่สม่ำเสมอ เวลาที่แนะนำคือ ช่วง 10.00-14.00 ของวัน

2. ควรใช้ในการทดลองเวลานานพอสมควร เพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ ที่ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

3. กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่มาก ถ้าต้องการให้ได้ประสิทธิภาพของการผลิตกำลังไฟฟ้าให้มากขึ้นก็สามารถเพิ่มจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ให้มากยิ่งขึ้น

4. ใน 1 ชั่วโมง ดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนมุมไป 15 องศา ดังนั้นจะทำให้แผงโซลาร์เซลล์รับแสงได้ไม่เต็มที่ทุกช่วงเวลาดังนั้นควรหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะสามารถเปลี่ยนมุมของแผงโซลาร์เซลล์ไปตามการหมุนของดวงอาทิตย์ได้

บรรณานุกรม

1. คุณิต เครื่องาม, ดร. เอกสารเผยแพร่ความรู้ ชุมชนน่ารู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. พ.ศ.2540. หน้า 1-8
2. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์. หอรัษฎากรพิพัฒน์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ. เล่มที่ 20. พ.ศ.2538. หน้า 145 - 163
3. ยุทธ อัครมาส, ผศ.ฟิสิกส์ของระบบเซลล์สุริยะ. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. พ.ศ.2530. หน้า 61 - 64 , 247 - 258
4. T. Jackson, Renewable energy. Summary paper for the renewable series, Energy Policy. September 1992, pp. 861 - 883
5. Wolfgang Palz, Solar Electricity. Butterworths, London, 1978, pp. 347 - 489



การทดลองที่ 2

Time (Minutes)	Output		Battery	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
Bercorstat=100%				
0	11.96	0.29	11.62	-0.23
Bercorstat=22%				
0	11.68	1	11.74	11
2	11.54	1	11.56	-1
5	11.34	1	11.5	-1.01
8	11.32	1.01	11.6	-0.99
12	11.1	0.91	11.2	-1
15	10.10	0.9	11.42	-1
18	0	0	11.8	0
Ambient Temperature(⁰ C) =31.22		Tilt Angle (degrees) =17		Date:16/10/50
Conditions (bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight				Time:12.40

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 16 ตุลาคม 2550

Time (Minutes)	Output		Battery	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
Bercorstat=22%				
0	11.74	1	11.74	-1
2	11.68	1	11.54	-0.99
5	11.52	0.99	11.4	-0.99
8	11.43	0.99	11.5	-1.01
12	11.26	1	11.31	-1
15	10.83	1	11.36	-1
18	0	0	12.01	0
Ambient Temperature(^o C) =31.39		Tilt Angle (degrees) =17		Date:17/10/50
Conditions (bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight				Time:12.50

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 17 ตุลาคม 2550

Time (Minutes)	Output		Battery	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
Bercorstat=22%				
0	11.64	1	11.62	-1
2	11.52	1	11.56	-1
5	11.48	1.1	11.38	-1
8	11.36	0.99	11.40	-1
12	11.04	1	11.16	-1.01
15	10.78	1	11.58	-1
18	0	0	12.01	0
Ambient Temperature(^o C) =30.98		Tilt Angle (degrees) =17		Date:18/10/50
Conditions (bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight				Time:10.46

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการทดลองที่ 2 ของวันที่ 18 ตุลาคม 2550

การทดลองที่ 3

Bercostat (%)	Array		Battery		Output	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
10	15.76	1.65	13.43	0.14	13.15	1.61
9	15.64	1.68	13.29	0.15	13.01	1.65
8	14.93	1.89	14.48	0.1	14.16	1.88
12	15.02	1.79	14.44	0.28	13.56	1.46
12	16.12	1.62	13.86	0.18	13.57	1.46
Ambient Temperature (°C)=30.06				Tilt Angle (degrees) =17		Date16/10/50
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight						Time : 13.51

ตารางที่ ก.4 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 16 ตุลาคม 2550

Bercostat (%)	Array		Battery		Output	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
10	15.68	1.65	14.42	0.12	13.15	1.71
9	15.62	1.58	13.68	0.16	13.11	1.65
8	14.43	1.43	14.59	0.17	14.61	1.88
12	15.42	1.78	13.42	0.25	13.59	1.52
12	16.08	1.68	14.26	0.19	13.48	1.51
Ambient Temperature (°C)=31.19				Tilt Angle (degrees) =17		Date17/10/50
Conditions (Bright/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight						Time : 13.45

ตารางที่ ก.5 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 17 ตุลาคม 2550

Bercostat (%)	Array		Battery		Output	
	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)	Voltage (volts)	Current (amperes)
10	15.78	1.66	13.46	0.13	13.26	1.64
9	15.69	1.67	13.28	0.15	14.01	1.68
8	14.84	1.84	14.48	0.11	14.23	16.88
12	15.04	1.74	13.62	0.3	13.40	14.46
12	16.20	1.63	13.86	0.18	13.40	14.48
Ambient Temperature (°C)=31.17				Tilt Angle (degrees) =17		Date18/10/50
Conditions (Brigh/Dull/Hazy/etc.) = Bright Sunlight						Time : 12.14

ตารางที่ ก.6 แสดงผลการทดลองที่ 3 ของวันที่ 18 ตุลาคม 2550

การคำนวณ

จากการทดลองที่ 1 ตารางที่ 4.1

ที่ Bercostat เท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ ความเข้มแสงอาทิตย์ = 600W/m^2

หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ออกจากแผงโซลาร์เซลล์

ได้จาก

$$\begin{aligned}
 P &= IV \\
 &= 0.25\text{ A} \times 13.541\text{ V} \\
 &= 3.385\text{ W}
 \end{aligned}$$

หาพื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์ได้จาก

$$\begin{aligned}
 A &= 0.958\text{ m} \times 0.433\text{ m} \\
 &= 0.414814\text{ m}^2
 \end{aligned}$$

หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์

$$\begin{aligned} P &= \text{พื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์} \times \text{ความเข้มของแสงอาทิตย์} \\ &= 0.414814 \text{ m}^2 \times 600 \text{ W/m}^2 \\ &= 248.89 \text{ W} \end{aligned}$$

หาประสิทธิภาพที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงโซลาร์เซลล์}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์}} \times 100 \\ &= \frac{3.385}{248.890} \times 100 \\ &= 1.36 \% \end{aligned}$$

ดังนั้นที่ Bercostat = 100 % ความเข้มแสงที่ 600 W/m^2

จะได้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ = 1.36%

ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปตามกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ที่ถูกปรับโดยเครื่อง Bercostat และความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้ ณ เวลาที่ทำการเก็บข้อมูล ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดจะอยู่ที่ Bercostat ประมาณ 8 % - 10 %

จากการทดลองที่ 1 ตารางที่ 4.1

ที่ Bercostat เท่ากับ 8 เปอร์เซนต์ ความเข้มแสงอาทิตย์ = 600 W/m^2

หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงโซลาร์เซลล์

$$\begin{aligned} \text{ได้จาก} \quad P &= IV \\ &= 1.531 \text{ A} \times 10.093 \text{ V} \\ &= 15.456 \text{ W} \end{aligned}$$

หาพื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์ได้จาก

$$\begin{aligned} A &= 0.958 \text{ m} \times 0.433 \text{ m} \\ &= 0.414814 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

หาค่าตั้งไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์

$$\begin{aligned} P &= \text{พื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์} \times \text{ความเข้มของแสงอาทิตย์} \\ &= 0.414814 \text{ m}^2 \times 600 \text{ W/m}^2 \\ &= 248.89 \text{ W} \end{aligned}$$

หาประสิทธิภาพที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงโซลาร์เซลล์}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์}} \times 100 \\ &= \frac{15.456}{248.89} \times 100 \\ &= 6.21 \% \end{aligned}$$

ดังนั้นที่ Bercostat = 8 % ความเข้มแสงที่ 600 W/m^2

จะได้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ = 6.21%

ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ได้จากค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำการเก็บ

ข้อมูล



ภาคผนวก ข

ตารางแสดง Latitudes ของประเทศต่างๆ

Latitudes of Various Cities		
Country	City	Latitude
Australia	Melbourne	37° South
China	Hong Kong	22° North
Egypt	Cairo	30° North
France	Paris	48° North
India	Calcutta	22° North
Iran	Tehran	30° North
Japan	Tokyo	35° North
Pakistan	Karachi	24° North
South Africa	Johannesburg	26° South
Thailand	Bangkok	13° North
United Kingdom	London	51° North
United States	New York	40° North

ตารางที่ ข.1 แสดงLatitudes ของประเทศต่างๆ
(ที่มา: จากคู่มือ TE4 Photovoltaic Cells User Guide)

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และค่าต่างๆที่ได้จากดวงอาทิตย์โดย

Data of Data Logger between 16/10/50-18/10/50



Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total tilted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
16/10/2007 6:12	2.30	1.92	2.39	25.31	-0.01
16/10/2007 6:17	5.93	4.29	6.22	25.30	0.03
16/10/2007 6:22	12.58	12.03	12.87	25.33	0.10
16/10/2007 6:27	19.45	18.98	19.11	25.30	0.14
16/10/2007 6:32	21.49	20.88	21.58	25.27	0.09
16/10/2007 6:37	24.57	23.64	24.50	25.20	0.14
16/10/2007 6:42	23.15	22.47	23.11	25.19	0.05
16/10/2007 6:47	32.35	32.16	31.89	25.16	0.18
16/10/2007 6:52	43.93	43.56	43.18	25.13	0.09
16/10/2007 6:57	51.65	52.09	50.21	25.11	0.07
16/10/2007 7:02	58.11	59.56	54.07	25.10	0.00
16/10/2007 7:07	57.66	59.90	52.65	25.06	0.07
16/10/2007 7:12	63.45	64.79	59.18	24.99	-0.29
16/10/2007 7:17	79.85	82.72	75.39	24.97	-0.15
16/10/2007 7:22	108.89	113.10	101.28	25.00	-0.08
16/10/2007 7:27	103.11	106.47	98.57	25.08	-0.15
16/10/2007 7:32	144.77	157.54	111.39	25.13	-0.07
16/10/2007 7:37	139.30	153.79	110.50	25.21	0.01
16/10/2007 7:42	257.16	304.28	134.38	25.48	-0.43
16/10/2007 7:47	300.24	354.24	145.57	25.87	-1.52
16/10/2007 7:52	314.46	373.15	147.55	26.16	-1.77
16/10/2007 7:57	261.54	310.87	147.69	26.24	-2.85
16/10/2007 8:02	292.27	331.35	162.02	26.48	-2.84
16/10/2007 8:07	191.02	214.38	159.21	26.50	-2.57

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
16/10/2007 8:12	309.77	350.95	215.04	26.45	-2.42
16/10/2007 8:17	413.28	469.47	219.69	26.54	-2.30
16/10/2007 8:22	209.61	222.54	190.54	26.72	-1.17
16/10/2007 8:27	222.83	235.09	202.87	26.60	-0.96
16/10/2007 8:32	263.96	282.56	232.25	26.86	0.33
16/10/2007 8:37	268.02	296.05	218.34	27.14	-0.70
16/10/2007 8:42	301.92	342.56	182.32	27.29	58.35
16/10/2007 8:47	528.75	611.50	150.61	27.76	159.78
16/10/2007 8:52	536.87	621.15	145.09	28.22	136.54
16/10/2007 8:57	572.71	659.33	160.60	28.07	124.61
16/10/2007 9:02	564.89	651.38	147.60	28.39	113.37
16/10/2007 9:07	594.43	685.88	151.13	28.35	116.73
16/10/2007 9:12	567.78	651.61	174.10	28.48	98.57
16/10/2007 9:17	632.18	725.35	173.82	28.93	99.91
16/10/2007 9:22	655.03	751.57	172.07	28.99	113.31
16/10/2007 9:27	686.25	784.06	197.04	29.09	109.28
16/10/2007 9:32	709.72	803.20	225.35	29.22	104.18
16/10/2007 9:37	355.29	406.75	214.46	29.35	72.84
16/10/2007 9:42	723.41	829.71	186.54	29.58	118.23
16/10/2007 9:47	710.72	814.14	167.94	29.04	125.12
16/10/2007 9:52	724.15	830.02	158.42	28.81	129.93
16/10/2007 9:57	741.03	846.38	154.21	29.01	126.06
16/10/2007 10:02	752.69	859.14	152.59	29.00	123.27
16/10/2007 10:07	763.64	871.80	152.96	29.17	122.07

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total tilted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
16/10/2007 10:12	780.98	889.31	155.77	29.34	118.64
16/10/2007 10:17	808.87	915.69	171.73	29.36	120.49
16/10/2007 10:22	839.88	945.61	191.86	29.63	116.52
16/10/2007 10:27	824.39	930.49	181.50	29.76	114.23
16/10/2007 10:32	832.61	944.31	191.79	29.99	109.50
16/10/2007 10:37	613.58	689.60	280.33	29.92	61.70
16/10/2007 10:42	455.55	505.52	381.03	29.82	14.52
16/10/2007 10:47	440.14	471.04	406.16	29.88	4.50
16/10/2007 10:52	467.80	486.31	443.34	29.76	-3.00
16/10/2007 10:57	543.40	564.99	495.60	30.07	-7.61
16/10/2007 11:02	606.08	626.94	534.13	30.45	-13.09
16/10/2007 11:07	707.70	737.05	544.35	30.47	6.39
16/10/2007 11:12	550.75	567.69	502.03	30.36	-1.32
16/10/2007 11:17	649.97	679.64	560.79	30.43	4.20
16/10/2007 11:22	657.62	690.40	548.14	30.52	37.28
16/10/2007 11:27	728.21	770.04	560.03	30.41	19.32
16/10/2007 11:32	996.68	1,058.67	612.40	30.42	19.67
16/10/2007 11:37	676.20	715.02	529.53	30.59	20.39
16/10/2007 11:42	550.16	574.68	481.43	30.53	8.68
16/10/2007 11:47	773.40	817.05	598.09	30.44	-6.52
16/10/2007 11:52	583.53	589.68	544.88	30.49	22.85
16/10/2007 11:57	691.82	709.10	561.33	30.57	5.25
16/10/2007 12:02	676.01	691.19	560.63	31.33	-7.38
16/10/2007 12:07	1,070.20	1,161.35	669.81	31.19	12.81

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
16/10/2007 12:12	1,006.37	1,068.96	646.91	31.69	60.45
16/10/2007 12:17	926.47	964.65	637.76	31.27	52.50
16/10/2007 12:22	1,174.86	1,261.02	692.36	31.34	76.96
16/10/2007 12:27	639.53	647.05	524.17	31.20	20.94
16/10/2007 12:32	651.20	701.90	512.48	31.49	12.57
16/10/2007 12:37	900.76	939.00	622.04	31.56	44.08
16/10/2007 12:42	564.57	575.16	521.61	31.22	27.45
16/10/2007 12:47	758.48	783.68	615.70	31.27	22.52
16/10/2007 12:52	781.07	819.00	638.46	31.42	3.96
16/10/2007 12:57	546.61	565.35	510.30	31.24	41.91
16/10/2007 13:02	490.96	509.30	431.29	30.88	29.18
16/10/2007 13:07	330.32	337.06	317.37	30.39	22.21
16/10/2007 13:12	1,018.25	1,117.31	719.51	30.48	66.78
16/10/2007 13:17	468.52	504.53	404.21	30.67	27.66
16/10/2007 13:22	835.18	891.34	640.04	30.66	-4.29
16/10/2007 13:27	943.56	1,020.95	734.61	31.09	24.80
16/10/2007 13:32	636.88	694.91	531.02	31.43	30.38
16/10/2007 13:37	523.93	564.49	439.81	31.10	22.76
16/10/2007 13:42	539.25	576.67	454.33	30.98	23.56
16/10/2007 13:47	679.32	740.71	565.16	30.85	40.34
16/10/2007 13:52	463.18	493.59	406.37	31.06	9.66
16/10/2007 13:57	424.76	446.92	384.86	31.13	8.55
16/10/2007 14:02	396.80	410.68	365.56	30.70	25.19
16/10/2007 14:07	401.99	419.78	362.87	30.49	9.91

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total fitted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
16/10/2007 14:12	320.42	326.68	313.89	30.45	16.45
16/10/2007 14:17	331.49	330.47	317.70	30.29	10.57
16/10/2007 14:22	324.56	324.40	307.69	30.21	14.94
16/10/2007 14:27	295.19	294.25	277.40	30.25	0.29
16/10/2007 14:32	302.09	308.67	280.23	30.26	14.64
16/10/2007 14:37	295.14	307.25	270.69	30.31	-0.67
16/10/2007 14:42	335.00	357.31	301.58	30.35	13.62
16/10/2007 14:47	303.05	327.00	271.29	30.40	9.54
16/10/2007 14:52	306.20	333.88	269.71	30.35	15.79
16/10/2007 14:57	286.03	311.10	247.70	30.61	-2.78
16/10/2007 15:02	238.84	254.19	217.20	30.39	12.57
16/10/2007 15:07	286.05	309.11	253.34	30.25	8.26
16/10/2007 15:12	259.27	279.19	225.00	30.24	0.54
16/10/2007 15:17	509.52	567.78	467.22	30.65	2.90
16/10/2007 15:22	530.37	590.79	492.86	31.25	9.66
16/10/2007 15:27	499.47	558.55	462.57	31.60	3.06
16/10/2007 15:32	475.92	524.83	414.64	31.55	4.62
16/10/2007 15:37	257.12	277.83	223.56	31.16	10.95
16/10/2007 15:42	292.83	310.24	256.80	30.85	11.73
16/10/2007 15:47	423.35	463.23	395.64	30.89	14.13
16/10/2007 15:52	377.63	418.19	357.90	31.13	21.85
16/10/2007 15:57	352.28	391.37	343.41	31.11	10.66
16/10/2007 16:02	426.20	470.24	395.10	31.32	11.49
16/10/2007 16:07	400.89	436.79	379.99	31.94	10.90

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradlance (W/m2)
16/10/2007 16:12	391.96	423.46	377.50	32.01	7.93
16/10/2007 16:17	200.86	206.01	195.56	32.01	8.67
16/10/2007 16:22	183.62	189.67	178.30	31.48	6.32
16/10/2007 16:27	169.12	175.84	158.49	31.02	6.50
16/10/2007 16:32	182.77	189.23	175.40	30.32	7.74
16/10/2007 16:37	210.80	214.84	191.72	29.51	7.07
16/10/2007 16:42	233.59	250.01	230.53	28.88	4.20
16/10/2007 16:47	212.14	214.55	201.36	28.46	3.60
16/10/2007 16:52	228.36	243.98	217.80	28.24	1.84
16/10/2007 16:57	220.01	236.97	207.28	28.44	0.92
16/10/2007 17:02	140.22	142.95	131.69	28.71	0.96
16/10/2007 17:07	148.53	152.41	136.40	28.85	0.43
16/10/2007 17:12	152.23	163.73	141.97	29.06	1.11
16/10/2007 17:17	130.27	140.40	121.05	29.24	0.83
16/10/2007 17:22	100.58	105.69	92.97	29.28	0.92
16/10/2007 17:27	78.56	79.77	74.67	29.16	0.89
16/10/2007 17:32	48.63	49.88	45.01	29.09	0.81
16/10/2007 17:37	34.65	35.98	32.10	29.05	0.36
16/10/2007 17:42	23.27	23.93	21.90	29.03	0.31
16/10/2007 17:47	11.20	11.32	10.68	28.99	0.38
16/10/2007 17:52	3.06	3.39	2.74	28.89	0.09
16/10/2007 17:57	0.66	0.88	0.63	28.81	-0.11
17/10/2007 6:07	0.89	0.82	0.88	24.81	-0.25
17/10/2007 6:12	2.74	2.82	2.89	24.86	-0.31

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 6:17	7.57	7.91	7.38	24.88	-0.39
17/10/2007 6:22	13.86	16.51	13.71	24.91	-0.32
17/10/2007 6:27	16.22	20.71	16.23	24.95	-0.42
17/10/2007 6:32	21.70	12.66	21.78	24.98	-0.36
17/10/2007 6:37	31.48	35.90	29.62	25.04	-0.33
17/10/2007 6:42	42.98	47.99	39.51	25.09	-0.32
17/10/2007 6:47	52.75	56.21	49.80	25.17	-0.32
17/10/2007 6:52	63.93	66.74	60.46	25.21	-0.36
17/10/2007 6:57	68.04	68.31	68.11	25.26	-0.19
17/10/2007 7:02	72.58	71.03	73.09	25.25	-0.29
17/10/2007 7:07	81.68	81.07	80.51	25.25	-0.21
17/10/2007 7:12	97.39	96.45	96.23	25.38	-0.22
17/10/2007 7:17	121.32	116.76	120.99	25.54	0.14
17/10/2007 7:22	116.39	112.41	115.17	25.58	-0.10
17/10/2007 7:27	117.39	118.25	114.75	25.70	-0.22
17/10/2007 7:32	115.14	118.18	110.36	25.77	-0.26
17/10/2007 7:37	112.48	114.19	108.71	25.87	-0.21
17/10/2007 7:42	123.38	124.29	120.62	25.94	-0.18
17/10/2007 7:47	130.61	129.77	126.77	26.03	-0.34
17/10/2007 7:52	130.74	127.56	128.74	26.06	-0.01
17/10/2007 7:57	176.61	179.19	155.00	26.26	0.57
17/10/2007 8:02	188.70	191.99	176.09	26.44	-0.09
17/10/2007 8:07	189.06	197.58	174.40	26.49	-0.43
17/10/2007 8:12	179.65	188.58	166.47	26.46	-0.91

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 8:17	164.55	168.98	156.51	26.44	-0.76
17/10/2007 8:22	148.93	151.13	142.70	26.36	-0.78
17/10/2007 8:27	146.57	146.05	143.88	26.31	-1.20
17/10/2007 8:32	153.03	153.46	149.36	26.28	-0.81
17/10/2007 8:37	182.54	182.43	177.22	26.35	-0.48
17/10/2007 8:42	234.21	233.58	226.40	26.46	-0.26
17/10/2007 8:47	257.27	261.35	247.72	26.55	-0.07
17/10/2007 8:52	305.75	313.46	287.55	26.66	-0.18
17/10/2007 8:57	287.41	297.85	268.78	26.81	-0.25
17/10/2007 9:02	255.59	269.40	241.87	26.97	-0.64
17/10/2007 9:07	262.88	277.77	250.45	26.98	-1.01
17/10/2007 9:12	362.50	389.72	329.15	26.94	-0.62
17/10/2007 9:17	500.19	544.24	395.88	27.15	-0.22
17/10/2007 9:22	746.49	853.16	360.62	27.38	-1.71
17/10/2007 9:27	774.12	884.69	296.57	27.98	215.14
17/10/2007 9:32	707.55	811.67	227.21	28.45	173.84
17/10/2007 9:37	675.90	774.35	214.26	28.87	125.78
17/10/2007 9:42	663.62	758.83	218.91	28.61	149.60
17/10/2007 9:50	519.55	573.45	239.39	29.01	87.34
17/10/2007 9:55	726.59	831.22	261.20	28.85	73.07
17/10/2007 10:00	775.56	880.02	269.52	28.94	128.91
17/10/2007 10:05	776.37	882.79	252.16	29.10	133.14
17/10/2007 10:10	785.00	887.66	261.82	29.03	129.25
17/10/2007 10:15	812.27	914.73	279.90	29.18	132.28

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 10:20	820.16	918.37	309.84	29.36	96.61
17/10/2007 10:25	435.72	478.34	285.73	29.64	29.79
17/10/2007 10:30	614.43	725.02	376.29	29.51	67.44
17/10/2007 10:35	673.10	740.58	427.83	29.40	48.75
17/10/2007 10:40	667.76	744.92	460.68	29.40	39.59
17/10/2007 10:45	459.36	473.97	407.51	29.53	2.04
17/10/2007 10:50	447.09	462.27	415.76	29.50	1.15
17/10/2007 10:55	629.88	670.56	504.41	29.64	17.47
17/10/2007 11:00	593.14	641.04	411.04	29.90	29.14
17/10/2007 11:05	871.42	972.24	377.82	29.78	108.95
17/10/2007 11:10	900.44	1,001.58	386.26	29.98	109.65
17/10/2007 11:15	899.93	1,006.32	369.98	29.99	130.59
17/10/2007 11:20	863.58	970.13	353.40	30.21	114.84
17/10/2007 11:25	867.00	974.13	367.55	30.69	106.54
17/10/2007 11:30	877.89	986.49	382.67	30.84	99.89
17/10/2007 11:35	887.77	997.35	387.02	30.99	112.33
17/10/2007 11:40	886.60	996.99	398.14	31.04	104.50
17/10/2007 11:45	899.61	1,011.72	427.46	30.91	119.33
17/10/2007 11:50	901.29	1,014.02	443.27	30.88	110.35
17/10/2007 11:55	891.91	1,003.48	456.04	30.75	122.06
17/10/2007 12:00	898.80	1,010.63	474.72	30.57	112.81
17/10/2007 12:05	899.76	1,011.35	494.93	30.99	95.59
17/10/2007 12:10	894.32	1,005.38	512.59	31.26	95.25
17/10/2007 12:15	899.03	1,008.98	532.31	31.63	107.95

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 12:20	892.53	1,002.04	549.70	31.33	110.79
17/10/2007 12:25	897.80	1,009.86	586.99	31.29	106.04
17/10/2007 12:30	908.30	1,021.93	599.85	30.99	97.84
17/10/2007 12:35	898.76	1,011.22	613.21	31.45	56.26
17/10/2007 12:40	904.52	1,011.99	653.19	32.13	81.01
17/10/2007 12:45	879.39	981.41	629.19	32.09	98.67
17/10/2007 12:50	867.34	968.10	631.73	31.39	-7.77
17/10/2007 12:55	860.80	958.56	643.32	31.36	41.72
17/10/2007 13:00	864.52	964.15	659.59	31.57	5.22
17/10/2007 13:05	847.90	943.64	663.06	31.81	324.19
17/10/2007 13:10	837.80	934.80	666.35	31.32	245.74
17/10/2007 13:15	824.77	921.59	667.52	31.46	227.37
17/10/2007 13:20	779.26	871.51	637.86	31.19	207.30
17/10/2007 13:25	841.60	939.80	693.07	31.30	167.80
17/10/2007 13:30	347.47	361.41	270.79	31.66	29.15
17/10/2007 13:35	752.91	832.09	626.72	31.62	151.39
17/10/2007 13:40	809.66	902.64	694.76	31.54	230.40
17/10/2007 13:45	742.43	827.76	648.96	31.19	203.03
17/10/2007 13:50	799.12	889.40	716.96	31.67	212.02
17/10/2007 13:55	820.35	904.21	744.96	31.64	206.61
17/10/2007 14:00	816.61	901.34	743.59	31.40	196.23
17/10/2007 14:05	784.15	867.93	723.82	31.19	159.38
17/10/2007 14:10	788.17	875.04	735.43	31.50	234.61
17/10/2007 14:15	753.25	839.73	704.61	31.81	368.27

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (dlffuse) (W/m2)	Amblent Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 14:20	746.02	834.71	701.33	31.82	368.58
17/10/2007 14:25	740.05	831.80	693.79	32.17	346.69
17/10/2007 14:30	697.16	785.77	644.26	32.12	286.88
17/10/2007 14:35	493.77	560.48	440.15	31.80	168.36
17/10/2007 14:40	755.76	836.70	716.12	31.61	232.72
17/10/2007 14:45	820.24	893.54	770.83	31.62	238.35
17/10/2007 14:50	746.89	823.81	711.75	32.10	238.14
17/10/2007 14:55	752.18	822.03	685.81	32.33	208.92
17/10/2007 15:00	314.51	341.58	280.71	31.85	22.99
17/10/2007 15:05	577.51	641.73	523.48	31.20	165.88
17/10/2007 15:10	584.80	656.82	555.41	31.09	195.74
17/10/2007 15:15	546.06	619.58	519.41	31.02	213.84
17/10/2007 15:20	522.46	592.76	498.30	31.12	204.21
17/10/2007 15:25	497.21	564.99	473.68	31.30	209.56
17/10/2007 15:30	473.54	538.28	450.72	31.02	202.17
17/10/2007 15:35	452.62	514.18	430.30	31.04	202.90
17/10/2007 15:40	428.92	487.00	407.62	31.05	169.98
17/10/2007 15:45	409.79	464.93	388.04	31.05	355.29
17/10/2007 15:50	392.79	450.10	380.22	30.95	367.99
17/10/2007 15:55	273.44	312.96	132.92	30.87	194.34
17/10/2007 16:00	367.22	418.97	129.55	30.82	122.03
17/10/2007 16:05	346.09	395.74	130.68	30.90	8.59
17/10/2007 16:10	334.57	381.85	135.88	30.98	292.15
17/10/2007 16:15	202.54	219.90	139.86	31.11	20.32

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total fitted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
17/10/2007 16:20	159.37	177.54	129.62	30.86	16.27
17/10/2007 16:25	280.22	317.79	128.37	30.85	25.26
17/10/2007 16:30	265.66	301.51	125.55	31.08	23.97
17/10/2007 16:35	224.73	252.52	116.30	30.88	8.55
17/10/2007 16:40	223.32	254.32	112.32	30.76	22.70
17/10/2007 16:45	205.09	231.72	109.64	30.78	3.91
17/10/2007 16:50	180.20	205.17	95.72	30.83	1.77
17/10/2007 16:55	89.59	93.71	81.41	30.89	1.69
17/10/2007 17:00	67.27	72.39	60.74	30.65	1.66
17/10/2007 17:05	109.80	126.36	60.72	30.38	1.00
17/10/2007 17:10	94.73	108.73	57.76	30.29	0.95
17/10/2007 17:15	71.99	81.91	51.40	30.30	0.80
17/10/2007 17:20	48.40	51.36	45.99	30.00	1.19
17/10/2007 17:25	48.04	50.06	45.22	29.75	0.65
17/10/2007 17:30	56.71	59.58	49.34	29.61	0.29
17/10/2007 17:35	43.93	47.41	38.15	29.59	0.42
17/10/2007 17:40	30.52	32.76	28.39	29.54	0.34
17/10/2007 17:45	15.35	15.69	15.42	29.36	0.32
17/10/2007 17:50	6.16	6.30	6.31	29.13	0.54
17/10/2007 17:55	1.36	1.76	1.64	28.89	0.32
18/10/2007 6:10	1.04	0.90	1.11	25.11	-0.78
18/10/2007 6:15	3.32	3.10	3.45	25.09	-0.59
18/10/2007 6:20	7.08	6.74	7.28	25.06	-0.67
18/10/2007 6:25	14.54	14.71	14.70	25.02	-0.64

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradlance (W/m2)
18/10/2007 6:30	23.02	26.93	22.96	25.04	-0.54
18/10/2007 6:35	33.29	40.80	32.88	25.12	-0.36
18/10/2007 6:40	42.62	53.89	41.32	25.25	-0.42
18/10/2007 6:45	56.45	66.97	48.74	25.39	-0.36
18/10/2007 6:50	72.37	83.27	56.67	25.57	-0.39
18/10/2007 6:55	88.16	101.97	64.72	25.80	-0.44
18/10/2007 7:00	103.17	119.94	73.29	26.01	-0.52
18/10/2007 7:05	119.88	140.07	81.55	26.29	-0.90
18/10/2007 7:10	137.90	161.89	90.31	26.59	-1.03
18/10/2007 7:15	154.27	182.01	97.78	26.80	-1.14
18/10/2007 7:20	165.89	196.30	102.61	27.08	-0.76
18/10/2007 7:25	184.36	216.14	111.65	27.48	-1.25
18/10/2007 7:30	204.19	240.91	121.08	27.38	-1.48
18/10/2007 7:35	215.08	251.14	134.29	27.38	-0.95
18/10/2007 7:40	224.58	259.80	148.71	27.41	-1.62
18/10/2007 7:45	193.25	218.42	150.49	27.16	-2.31
18/10/2007 7:50	198.86	219.69	158.40	27.12	-1.82
18/10/2007 7:55	271.38	311.89	168.32	27.04	-1.60
18/10/2007 8:00	306.13	352.94	187.03	27.36	-0.70
18/10/2007 8:05	353.72	403.55	208.87	27.60	-1.62
18/10/2007 8:10	336.27	388.99	190.03	27.79	-3.63
18/10/2007 8:15	298.40	343.94	198.79	27.93	-2.43
18/10/2007 8:20	252.55	281.35	229.20	28.04	-2.41
18/10/2007 8:25	396.93	450.47	246.93	28.36	-1.76

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

1TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradlance (W/m2)
18/10/2007 8:30	267.85	300.38	226.70	28.36	-4.20
18/10/2007 8:35	204.92	226.01	189.01	27.98	-4.49
18/10/2007 8:40	187.06	210.44	170.26	27.94	-2.45
18/10/2007 8:45	205.55	235.57	184.30	28.13	-2.11
18/10/2007 8:50	362.67	400.91	271.65	28.35	-0.99
18/10/2007 8:55	477.02	522.94	364.71	28.85	-1.04
18/10/2007 9:00	503.31	571.88	352.76	29.19	-2.17
18/10/2007 9:05	565.10	636.34	353.91	29.23	3.16
18/10/2007 9:10	630.05	711.25	323.79	29.48	3.56
18/10/2007 9:15	429.35	472.19	351.30	29.69	260.33
18/10/2007 9:20	704.40	796.61	333.77	29.28	363.33
18/10/2007 9:25	624.70	670.77	283.49	29.33	76.56
18/10/2007 9:30	209.98	238.54	191.60	28.97	24.72
18/10/2007 9:35	646.04	740.81	231.49	28.49	246.74
18/10/2007 9:40	662.72	760.92	235.90	28.86	241.41
18/10/2007 9:45	659.96	753.22	225.27	29.48	357.65
18/10/2007 9:50	687.17	782.30	242.77	30.43	360.75
18/10/2007 9:55	345.54	378.82	275.74	30.33	61.16
18/10/2007 10:00	414.47	489.43	315.83	30.41	302.57
18/10/2007 10:05	618.68	615.44	353.01	30.40	58.90
18/10/2007 10:10	778.50	831.74	365.10	30.61	209.07
18/10/2007 10:15	854.63	940.00	337.68	30.81	394.84
18/10/2007 10:20	855.50	947.24	321.87	31.05	410.14
18/10/2007 10:25	878.52	970.67	346.51	30.79	383.01

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total titted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
18/10/2007 10:30	335.25	350.18	315.16	30.93	23.01
18/10/2007 10:35	456.04	483.57	363.97	30.49	80.28
18/10/2007 10:40	634.05	716.69	302.44	30.41	376.01
18/10/2007 10:45	974.00	1,071.45	371.74	30.98	411.81
18/10/2007 10:50	947.86	1,043.77	340.87	31.40	427.79
18/10/2007 10:55	958.74	1,044.99	366.17	31.42	411.84
18/10/2007 11:00	967.62	1,059.02	371.30	31.24	426.40
18/10/2007 11:05	997.89	1,085.70	410.67	31.02	404.06
18/10/2007 11:10	512.09	554.32	363.02	31.08	149.52
18/10/2007 11:15	952.66	1,059.92	332.94	30.59	410.73
18/10/2007 11:20	609.76	703.91	331.14	30.97	377.05
18/10/2007 11:25	636.56	694.83	339.48	30.96	344.57
18/10/2007 11:30	348.94	374.59	299.55	31.04	39.24
18/10/2007 11:35	284.54	305.64	265.57	30.38	37.14
18/10/2007 11:40	379.78	395.66	374.86	29.80	24.77
18/10/2007 11:45	594.43	655.23	327.37	29.99	42.45
18/10/2007 11:50	264.22	293.40	230.35	30.43	11.80
18/10/2007 11:55	210.10	226.05	200.64	30.02	25.01
18/10/2007 12:00	216.59	227.64	209.80	29.91	18.94
18/10/2007 12:05	301.33	313.88	284.97	29.71	2.28
18/10/2007 12:10	394.47	403.57	319.97	30.06	-8.37
18/10/2007 12:15	1,008.92	1,104.78	367.16	30.72	335.57
18/10/2007 12:20	1,002.31	1,095.95	381.89	31.39	348.95
18/10/2007 12:25	1,015.21	1,110.32	418.12	31.34	382.61

Data of Data Logger between 16/10/2007 and 18/10/2007

TIME_READ	Solar Irra (global hor) (W/m2)	Solar Irra (total tilted) (W/m2)	Solar Irra (diffuse) (W/m2)	Ambient Temp(C)	Direct Irradiance (W/m2)
18/10/2007 12:30	845.20	971.66	373.03	31.65	307.01
18/10/2007 12:35	951.32	1,063.17	334.28	31.29	399.32
18/10/2007 12:40	326.43	363.25	271.86	31.17	40.78
18/10/2007 12:45	299.59	333.80	266.12	30.75	52.23
18/10/2007 12:50	214.76	239.84	184.64	30.38	41.27
18/10/2007 12:55	186.66	207.62	157.50	30.02	30.66
18/10/2007 13:00	183.92	195.99	174.45	29.78	19.35
18/10/2007 13:05	220.82	234.25	211.65	29.77	8.12
18/10/2007 13:10	889.64	991.72	262.93	30.00	378.76
18/10/2007 13:15	869.00	977.98	240.97	30.96	404.19
18/10/2007 13:20	829.57	934.23	216.18	31.48	413.17
18/10/2007 13:25	819.26	921.41	208.90	31.66	427.76
18/10/2007 13:30	816.18	915.53	207.42	31.61	420.57
18/10/2007 13:35	810.27	905.90	210.33	31.69	433.62
18/10/2007 13:40	826.09	915.72	228.94	31.72	431.02
18/10/2007 13:45	845.00	924.79	280.13	31.70	411.14



ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อผู้เขียน นายศาสตราวุธ ทีหลวย
วัน เดือน ปี เกิด 29 พฤศจิกายน 2528
สถานที่เกิด จังหวัด พินธุโลก
การศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนพรหมพิรามวิทยา อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพินธุโลก
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนพรหมพิรามวิทยา อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพินธุโลก
ที่อยู่ปัจจุบัน 261 หมู่ 4 ตำบลมะดะดัง อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพินธุโลก
65180 โทรศัพท์ 08-50188252

ชื่อผู้เขียน นายประสงค์ คำเวิน
วัน เดือน ปี เกิด 18 พฤษภาคม 2528
สถานที่เกิด จังหวัดเพชรบูรณ์
การศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านตะกุงจั่น อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนคงขุวิทยาคม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่อยู่ปัจจุบัน 166/3 หมู่ 8 ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์
27150

ชื่อผู้เขียน นายกิตติพงษ์ เนตรชัยภูมิ
วัน เดือน ปี เกิด 3 ตุลาคม 2528
สถานที่เกิด จังหวัดเลย
การศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
การศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนหนองกองพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
ที่อยู่ปัจจุบัน 61 หมู่ 18 ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
62000 โทรศัพท์ 08-060691030