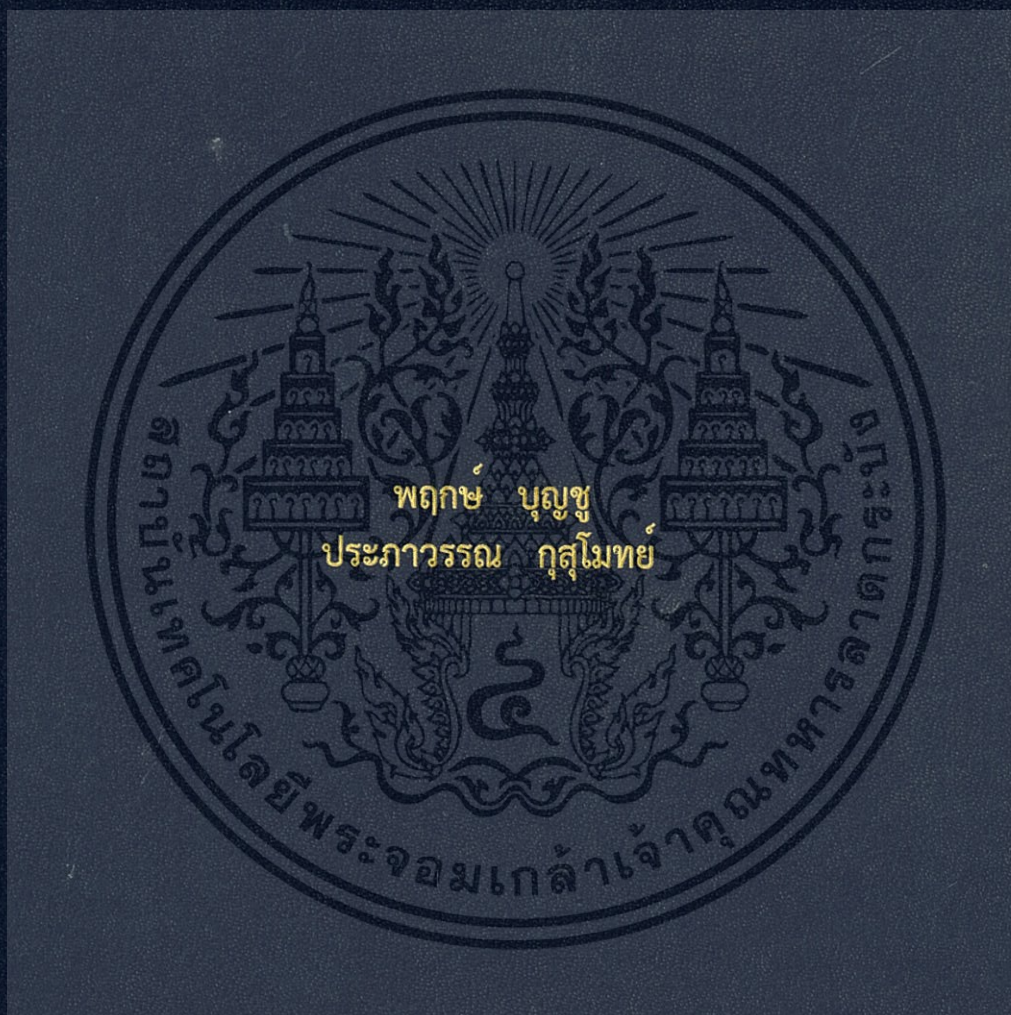


การศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอด LED  
และหลอดไส้

A STUDY OF ENERGY COMSUMPTION COMPARISON  
BETWEEN INCANDESCENT AND LED BULBS



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอด LED  
และหลอดไส้

A STUDY OF ENERGY COMSUMPTION COMPARISON  
BETWEEN INCANDESCENT AND LED BULBS



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 149289  
วัน,เดือน,ปี... 30 ต.ค. 2558

488 824 2/1

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# A STUDY OF ENERGY COMSUMPTION COMPARISON BETWEEN INCANDESCENT AND LED BULBS



PRUIK BOONCHOO  
PRAPHAWAN KUSUMOTH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
IN APPLIED PHYSICS DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอดLEDกับหลอดไส้  
A STUDY OF ENERGY COMSUMPTION COMPARISON  
BETWEEN INCANDESCENT AND LED BULBS

ชื่อนักศึกษา

นายพฤกษ์ บุญชู

รหัสนักศึกษา 55051538

นางสาวประภาวรรณ กุสุโมทย์

รหัสนักศึกษา 55051543

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์





ปีการศึกษา

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.วิจิต ศิริโชติ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุข ประธานกรรมการ	
ดร.พิศาล สุขวิสูตร กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
รศ.วิจิต ศิริโชติ อาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอด LED และหลอดไส้	
ชื่อนักศึกษา	นายพฤษ์ บุญชู	รหัสนักศึกษา 55051538
	นางสาวประภาวรรณ กุสุโมทย์	รหัสนักศึกษา 55051543
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ – พลังงาน	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล)	
ปีการศึกษา	2558	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิชิต ศิริโชติ	

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ ทำการศึกษาการส่องสว่างของหลอดไฟ LED ซึ่งมีการเปรียบเทียบกับความส่องสว่างของหลอดไฟแบบหลอดทั้งสแตนและมีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ ซึ่งจะการบันทึกค่าด้วยเครื่อง Data logger ที่ต้องใช้ Power bank ในการ Activate บันทึกค่าในตลอดช่วงการทำงานของอุปกรณ์การทดลอง เพื่อจะดูว่าหลอดไฟทั้งสองชนิดมีการใช้พลังงานมากน้อยเพียงใด จากการทดลองพบว่าหลอดไฟ LED มีประสิทธิภาพถึง 46 % เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานและหลอดทั้งสแตนมีประสิทธิภาพ 5 % เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งาน สรุปได้ว่าหลอดไฟ LED ประหยัดไฟยิ่งกว่าหลอดทั้งสแตนถึง 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	A STUDY OF ENERGY COMSUMPTION COMPARISON BETWEEN INCANDESCENT AND LED BULBS	
<b>Student</b>	Pruik bunshu	Student ID 55051538
	Prapawan kusumote	Student ID 55051543
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied physics)	
<b>Department</b>	Physics	
<b>Faculty</b>	Science	
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
<b>Academic Year</b>	2015	
<b>Advisor</b>	Associate Professor Wichit Sirichote	

### ABSTRACT

This research project studies the illumination of the LED bulbs, which are compared to the brightness of incandescent bulbs and are powered by solar cells and batteries which are set with a Data logger that Power bank must be used to Activate and save the values in a range of experimental equipment. In order to see how the two types of lamps are used for energy. Trial found that blue LED to effective fai tube 46% compared with battery and incandescent light bulb has a 5% performance compared to batteries is implemented so that power saving LED lamp bulb 10 times better

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความเมตตาของรศ.วิชิต ศิริโชติที่คอยให้คำปรึกษาดูแลอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือแนะนำสิ่งที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำโครงการพิเศษ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ได้รับการศึกษา ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

พฤษัช บุญชู  
ประภาวรณ กุสุโมทย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
หน้าบทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ทางเลือกของแหล่งพลังงาน	3
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	4
2.2.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	5
2.2.2 แนวโน้มในด้านราคาของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.2.3 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน	7
2.2.4 สิ่งที่ต้องใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.3 แบตเตอรี่	8
2.3.1 หลักการประจุแบตเตอรี่	9
2.3.2 เซลล์อิเล็กโทรไลต์	10
2.4 หลอดทังสแตน	11
2.5 หลอด LED	12
2.5.1 ไดโอด	13
2.5.2 หลักการทำงานของหลอด LED	14
2.6 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า	15
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย</b>	<b>16</b>
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.1.1 จัดเตรียมอุปกรณ์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.1.2 เก็บผลการทดลองโดยใช้เครื่อง Data Logger ซึ่งบันทึกผลลงใน SD Card	23
3.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลองและ plot กราฟโดยใช้โปรแกรม MATLAB	23
3.2 อุปกรณ์ในการวิจัย	24
3.2.1 Data Logger	24
3.2.2 SD Card	24
3.2.3 Power bank	24
3.2.4 Inverter	25
3.2.5 หลอด LED	25
3.2.6 หลอดทั้งสแตน	25
3.2.7 แบตเตอรี่	26
3.2.8 โปรแกรม MATLAB	26
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	<b>27</b>
4.1 การทดลองทดสอบประสิทธิภาพของหลอดทั้งสแตน	27
4.2 การทดลองประสิทธิภาพของหลอด LED	31
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>35</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	35
5.1.1 หลอดทั้งสแตน	35
5.1.2 หลอด LED	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่

1.1 ตารางดำเนินงาน

หน้า

1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โซลล่าเซลล์	4
2.2 หลักการทำงานของโซลล่าเซลล์	5
2.3 แบตเตอรี่	8
2.4 หลักการประจุของแบตเตอรี่	9
2.5 เซลล์อิเล็กทรอนิกส์	10
2.6 หลอดทั้งสแตน	11
2.7 หลอด LED	12
2.8 หลอดไดโอด	13
2.9 แผนภาพการทำงานไดโอด	14
2.10 Charger controller	15
3.1 Block diagram of charge controller	16
3.2 microcontroller circuit	16
3.3 Built – in PWM Module	17
3.4 Power FET at battery side	17
3.5 Power FET at Load side	18
3.6 Battery voltages monitor display	18
3.7 Power supply circuit	19
3.8 Charge stated indicators	19
3.9 States diagram of main loop	20
3.10 Board layout and component placement	20
3.11 Charge controller specification	21
3.12 Charging profile	21
3.13 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง	22
3.14 ตัวอย่างไฟล์จาก SD Cardที่เปิดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel	23
3.15 ตัวอย่างการ plot กราฟด้วยโปรแกรม MATLAB	23
3.16 Data logger	24
3.17 SD Card	24
3.18 Power bank	24
3.19 Inverter	25
3.20 หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 หลอดทิ้งสแตน	25
3.22 แบตเตอรี่	26
3.23 โปรแกรม MATLAB	26
3.24 โปรแกรม MATLAB	26
4.1 Charging profile recorded on 25 MAY 2016	27
4.2 Charging profile recorded on 26 - 29 MAY 2016	28
4.3 Charging profile recorded on 30 MAY – 3 JUNE 2016	29
4.4 Charging profile recorded on 4 – 11 JUNE 2016	30
4.5 Charging profile recorded on 13 JUNE 2016	31
4.6 Charging profile recorded on 14 – 17 JUNE 2016	32
4.7 Charging profile recorded on 18 – 22 JUNE 2016	33
4.8 Charging profile recorded on 23 – 30 JUNE 2016	34
5.1 Charging profile for 1 day	35
5.2 หน้าต่างการคำนวณค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟด้วยโปรแกรม Matlab	36
5.3 Charging profile for 1 day	37
5.4 หน้าต่างการคำนวณค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟด้วยโปรแกรม Matlab	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

แสงอาทิตย์จัดเป็นแหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่ปราศจากการก่อกมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมสามารถให้พลังงานได้อย่างมหาศาล และยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่หมดสิ้น หากนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกี่ยวกับพลังงานได้อย่างมากมาย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการประจุแบตเตอรี่โดยใช้โซลาร์เซลล์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟ LED และ หลอดไส้

### 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1.3.1 สามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหลอดไส้และหลอด LED ได้

### 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

- 1.4.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการทดลอง
- 1.4.2 ทดลองการวัดค่าโดยใช้เครื่อง data logger เพื่อวัดค่าและเก็บข้อมูลของ หลอดไฟ LED แบตเตอรี่ และเซลล์แสงอาทิตย์ และนำมาพล็อตกราฟ
- 1.4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 1.4.4 จัดเตรียมเล่มโครงงานพิเศษ

#### ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา											
	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค
ขั้นตอนที่1												
ขั้นตอนที่2												
ขั้นตอนที่3												
ขั้นตอนที่4												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจในการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### 2.1 ทางเลือกของแหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกส่วนใหญ่ได้มาจากฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซ และ ถ่านหิน เมื่อมีการเติบโต ทางเทคโนโลยี และ ทางเศรษฐกิจ จึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล ซึ่งคาดว่า แหล่งพลังงานของโลกที่ได้มาจากฟอสซิลดังกล่าว จะมีสำรองให้ใช้ได้อีกไม่เกิน 50 ปี

กระบวนการผลิต และใช้พลังงานจาก ฟอสซิล นั้น ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ติดตามมาอย่าง มากมาย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรด และ สภาวะเรือนกระจก ซึ่งมีผลกระทบ เป็น ลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์ และ ความเป็นอยู่ของมนุษย์ การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้าจาก นิวเคลียร์ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน ในการก่อสร้าง และ ถอดทิ้ง ทำลายเตา ปฏิกรณ์สูงมาก แล ยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชน ทั่วไปยอมรับได้

การส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และ การแปรรูปจากมูลฝอย ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาสู่ปัจจุบัน กระบวนการแปรรูป พลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงาน ไฟฟ้า นับเป็นกระบวนการที่สะอาดและไร้มลภาวะ และเมื่อ เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุน เพื่อให้ได้มาซึ่ง พลังงาน โดยรวมถึงผลกระทบที่อาจมีต่อ สิ่งแวดล้อมด้วยแล้ว จะเห็นได้ว่าต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้จาก เซลล์แสง อาทิตย์ มีราคาถูกลงกว่า แหล่ง พลังงานประเภทอื่น และประการสำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นหนึ่งในพลังงาน ที่มีความ ยั่งยืน ไม่มีที่สิ้นสุด

## 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell)

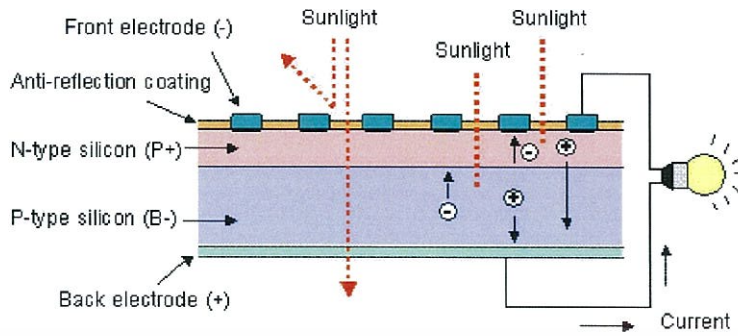
เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงาน ไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของ พลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Proton จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะ กระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ Electron มีการเคลื่อนที่ครบ วงจรก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกรวม (Polycrystalline) และแบบไม่มีรูปผลึก (Amorphus) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า เซลล์ แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell)

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ เช่น สารประกอบแกเลียมอาเซไนด์ แคดเมียมเทลลูไรด์ คอปเปอร์ อินเดียมไดอาเซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยว และผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง ข้อเสียของเซลล์ ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อม และยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานอีกด้วย

## 2.2.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: <http://www.premiumsolarcell.com/solarcell.php>

การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้งานจริง ต้องสร้างรอยต่อของวัสดุกึ่งตัวนำ 2 ชนิดที่เรียกว่าชนิด n และชนิด p เกิดเป็น p-n junction เดิมในขณะที่ยังไม่ถูกแสงด้านวัสดุกึ่งตัวนำชนิด n จะอุดมไปด้วยประจุลบ ส่วนด้านวัสดุกึ่งตัวนำชนิด p จะอุดมไปด้วยประจุบวก ซึ่ง ณ บริเวณรอยต่อสามารถเกิดการแพร่ของประจุลบจากด้าน n ไป p และประจุบวกจากด้าน p ไป n ได้ทำให้เกิดการสะสมของประจุไฟฟ้า ณ บริเวณรอยต่อ กล่าวคือเป็นบวกในฝั่งด้าน n และเป็นลบในฝั่งด้าน p ทำให้บริเวณรอยต่อ p-n junction เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นตั้งนั้นเมื่อแสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ในส่วนต่าง ๆ ของวัสดุกึ่งตัวนำทั้งด้าน n และ p เกิดประจุลบและบวก ประจุลบในด้าน p ก็จะเคลื่อนไปในด้าน n ส่วนประจุบวกก็จะเคลื่อนไปในด้าน p ตามทิศทางของสนามไฟฟ้า ณ บริเวณรอยต่อ p-n junction ซึ่งหากเราต่อขั้วทั้งสองเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกก็จะเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหล กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นกระแสตรงเหมือนกับถ่านไฟฉายทั่วไปแต่ในการใช้งานจริงเราสามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปลี่ยนกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับเพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของเซลล์แสงอาทิตย์ ให้สูงขึ้น เช่น การเคลือบวัสดุลด การสะท้อนแสงที่ผิวหน้า การทำพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ขรุขระเพื่อเพิ่มพื้นที่รับแสง และการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบซ้อนกัน (Tandem Solar Cell) ซึ่งมีผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพขึ้นกว่าเดิมอีกร้อยละ 2-5 (อีกแนวคิดหนึ่งกล่าวเกี่ยวกับการเกิดไฟฟ้าในแผ่นโซล่าเซลล์คือ: ในแสงจะมี อนุภาคทางกลศาสตร์คว้นตัม ที่เรียกว่า โฟตอน อยู่ โฟตอน เป็นอนุภาคที่มีพลังงาน แต่มี โมเมนตัมน้อย (ที่อุณหภูมิห้อง) และยังมี อนุภาคที่ เรียกว่า โฟตอนที่มีพลังงานต่ำแต่ทำให้ โมเมนตัมเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อแสงตกกระทบซิลิกอนซึ่งเป็น indirect (bandgap) semiconductor ก็จะทำให้อิเล็กตรอนจาก valence band มีพลังงานและโมเมนตัมที่จะไปสู่ conduction band ได้ และ จะเหลือ hole ไว้ที่ valence band ตอนนี้เทคโนโลยีของเซลล์ในท้อง

วิจัยกำลังก้าวไปสู่ third generation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

first generation = เซลล์ที่เป็น wafer ปกติจะมีความหนา 400 micron มีปัญหาเรื่องการสูญเสีย silicon มาก ไปในการผลิต เซลล์ในท้องตลาดปัจจุบัน อยู่ใน ชั้นนี้

second generation = จะเป็น thin film บน substrate ซึ่งยังอยู่ใน pilot production line อยู่

third generation = เป็น thin film ที่ทำบน Crystalline Silicon Superlattice ซึ่งเพิ่งเป็นที่สนใจไม่นาน คาดว่าอีก 20-30 ปีจะพร้อมใช้ )

### 2.2.2 แนวโน้มในด้านราคาของเซลล์แสงอาทิตย์

ราคาต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของประเทศ มีราคาประมาณ 1.05 บาท/หน่วย ในขณะที่ราคาต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ผลิต ได้จากโรงไฟฟ้าของ กฟผ. ที่ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอน นั้น มีราคาประมาณ 9.8 บาท/หน่วย เนื่องจากเป็นระบบการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อสนองต่อความต้องการใช้ของประชาชนในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่คุ้มกับการใช้สายส่ง จึงมีค่าการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นหากนำมูลค่าการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังดีเซลเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีราคาประมาณ 8 บาท/หน่วย แล้วจะเห็นได้ว่า ราคาต้นทุนการผลิตมีค่าใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ กฟผ. จะต้องใช้ในการจัดการ กับมลภาวะ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า ด้วยดีเซล

ราคาต้นทุน ของการผลิตไฟฟ้า ที่ใช้พลังงานจาก ฟอสซิล นั้น มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นด้วยปัจจัยต่างๆ ตาม ภาวะการณ์ทางเศรษฐกิจ ที่ส่งผลกระทบต่อ ให้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น ในทางตรงข้าม ราคาต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าด้วย พลังแสงอาทิตย์ มีปัจจัยแปรผันหลักที่ราคา เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากราคาตลาดของ เซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉลี่ยแล้ว จะเห็นว่าแนวโน้มที่จะลดราคาลงอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ จากราคา ต้นทุนการผลิตเมื่อปี พ.ศ. 2533 เซลล์แสงอาทิตย์ มีราคา 4.5-5 US\$/Wp ปัจจุบันมีราคาอยู่ที่ระดับ 3-3.5 US\$/Wp ซึ่งคาดว่าภายใน 10 ปี ข้าง หน้า ราคาต้นทุนจะลดลงเหลือเพียง 1.50-2 US\$/Wp ด้วยสมมติฐานดังนี้

ราคาค่าเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลจะสูงขึ้น และ กระแสต่อต้านการทำลายสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ มี การใช้ พลังงานที่ผลิตได้ จาก เซลล์แสงอาทิตย์ เพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่ เสถียร และ กระบวนการ แปรรูป เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ไร้มลภาวะ จึงพยากรณ์ได้ว่า จากปัจจุบันที่ทั่วโลกมีการใช้ พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 760 MW จะมีอัตราการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 20 ต่อปี ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขที่ภาวะการณ์ดังกล่าว หากรัฐมีนโยบายที่จะให้การส่งเสริม และสนับสนุนการใช้ พลังงานหมุนเวียนในแต่ละประเทศแล้ว คาดว่าในปี พ.ศ. 2553 โลกจะมีปริมาณการใช้เซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 4,000 MW/ปี หรือในทางภาวะการณ์ที่ตรงข้าม หากราคาเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลมีราคาต่ำลง แม้จะไม่มีสนับสนุนการใช้ พลังงานหมุนเวียน จากภาครัฐของประเทศต่างๆ ก็ตาม ปริมาณการใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลกก็จะอยู่ใน ระดับ 600 MW/ปี จำนวน ความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้เอง ที่ทำให้ต้นทุนการผลิต เซลล์แสงอาทิตย์ มีราคาลดลง

### 2.2.3 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน

อายุการใช้งาน เซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่มี ส่วนใดที่เคลื่อนไหว เป็นผลให้ลดการดูแลและบำรุงรักษาระบบดังกล่าว จะมีเพียงในส่วนของการทำความสะอาด แผง เซลล์แสงอาทิตย์ ที่เกิดจาก ฝุ่นละอองเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูแลระบบปรับอากาศ ขนาดเล็กตาม บ้านพัก อาศัยแล้ว จะพบว่างานนี้ดูจะง่ายกว่า

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานแห่งจักรวาล ต้นกำเนิดของพลวัตต่างๆ ที่ขับเคลื่อนโลกของเรา และป็นแหล่งพลังงาน ที่หล่อเลี้ยงทุกสรรพชีวิต บนดาวเคราะห์สีน้ำเงินใบนี้ นำเสียดายที่เรายังไม่ได้ ใช้ความพยายามอย่างเพียงพอ ที่จะ ประยุกต์ใช้ขุมพลังงานอันบริสุทธิ์ และยิ่งใหญ่นี้ให้เกิดประโยชน์ สูงสุด แต่กลับเผาผลาญเชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ สะสมมานับเป็นล้านปีให้หมดไป ในระยะเวลาเพียงไม่กี่ชั่วอายุคน และสิ่งเหล่านั้นก็ยากที่จะย้อนให้กลับคืนมาเหมือนเดิม ซึ่งผลที่ได้คือความสะอาดสบาย และความเจริญก้าวหน้า แต่เราก็ต้องเผชิญกับความเสื่อมโทรม ของสภาวะแวดล้อมที่ กำลังบั่นทอน ทุกสรรพสิ่งบนโลกใบนี้

การเริ่มต้นร่วมมือกันในวันนี้คงยังไม่สาย หากเราจะกลับไปสู่พลังงานที่ให้กำเนิดชีวิต และมี ให้ใช้อย่างเหลือ เพื่อ ซึ่งเป็นอีกหนทางหนึ่ง ที่จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และช่วย ทำให้ปัญหามลภาวะเป็นพิษ เบา บางลงไป อันหมายถึงคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ดี ก็ จะหวน กลับคืนมาสู่มวลมนุษยและสรรพชีวิตบนดาวเคราะห์สี น้ำเงินใบนี้ ดังบทเพลงที่ กพผ. ได้สร้างสรรค์ ให้กับเด็กๆ ได้ร้องขับขาน เพื่อเชิญชวนให้คนไทยทุกคน ร่วมมือกันใช้ พลังงานที่สะอาด เพื่ออนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม

### 2.2.4 สิ่งที่ต้องใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย

- 1) เซลล์แสงอาทิตย์
- 2) เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge Controller)
- 3) แบตเตอรี่ (Battery)
- 4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 แบตเตอรี่



รูปที่ 2.3 แบตเตอรี่

ที่มา: [http://media.yellowpages.co.th/yellowpages/products/th/52203214/9921392\\_004.jpg](http://media.yellowpages.co.th/yellowpages/products/th/52203214/9921392_004.jpg)

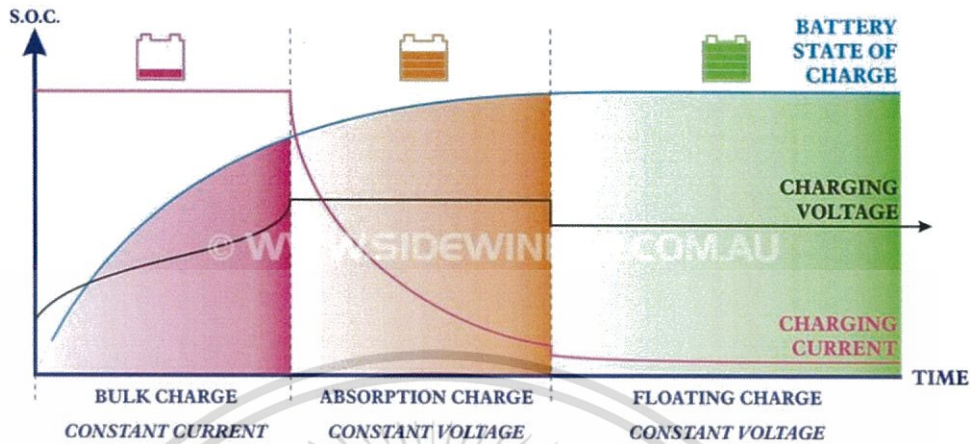
แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เก็บสำรองไฟฟ้า ในเวลาที่แผงโซลาร์ไม่สามารถรับแสงได้ (เวลากลางคืน) แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ควรใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle แต่จะมีราคาสูง ซึ่งเราสามารถเลือกใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอื่นแทนได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ หรือ แบตเตอรี่แห้ง (Sealed Lead Acid Battery) ได้ ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า

ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นขนาด 12 โวลต์ 96.08 Ah หรือมากกว่า ฉะนั้นควรใช้ขนาดรุ่น 12 โวลต์ 105Ah หรือ 125Ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 หลักการประจุของแบตเตอรี่

#### 3 - STAGE CHARGING DIAGRAM

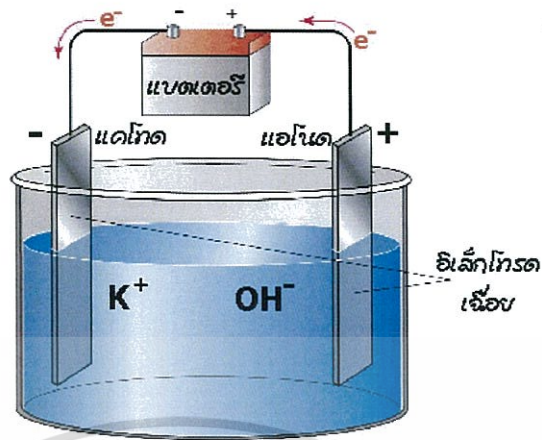


รูปที่ 2.4 หลักการประจุของแบตเตอรี่

ที่มา: [http://www.exploroz.com/Forum/Topic/52354/Battery\\_Chargers.aspx](http://www.exploroz.com/Forum/Topic/52354/Battery_Chargers.aspx)

การประจุแบตเตอรี่จะแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้ ช่วงที่ 1 เรียกว่า Bulk charge คือช่วงเมื่อเริ่มประจุแบตเตอรี่ จะมีการจ่ายกระแสเข้าไปอย่างคงที่ ทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนไปถึงจุดที่ไม่สามารถเกิดแรงดันไฟฟ้าได้อีก ส่วนช่วงที่ 2 เรียกว่า Absorption charge ในช่วงนี้จะมีการดูดกลืนประจุไปเรื่อยๆ และแรงดันไฟฟ้าจะคงที่ ในขณะที่เดียวกันกระแสก็จะตกลงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ไม่สามารถรับประจุอีกแล้ว และ ช่วงที่ 3 เรียกว่า Floating charge แบตเตอรี่จะทำการลดแรงดันไฟฟาลงอยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

### 2.3.2 เซลล์อิเล็กโทรไลต์



รูปที่ 2.5 เซลล์อิเล็กโทรไลต์

ที่มา : [http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/pictures/image\\_Pte/electrolysis.gif](http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/pictures/image_Pte/electrolysis.gif)

อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) คือกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้า (D.C.) จากภายนอกเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น อิเล็กโทรลิซิม และการชุบ (ขบวนการที่ผ่านกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี)

เครื่องมือที่ใช้แยกสารละลายด้วยไฟฟ้าเรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรไลต์ หรืออิเล็กโทรลิติกเซลล์ ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า ภาชนะบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และเครื่องกำเนิดกระแสตรง (D.C) เช่น เซลล์ไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่

ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือแผ่นตัวนำที่จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วต่อกับเซลล์ไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่ แบ่งเป็นแอโนด และ แคโทด

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เพราะมี  $\text{Iron (+)} + \text{Iron (-)}$

$\text{Iron (+)}$  วิ่งไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จึงเรียกขั้วลบว่า แคโทด และเรียกไอออนบวกว่า แคตไอออน (cation)

$\text{Iron (-)}$  วิ่งไปให้  $e^-$  ที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า แอโนด และเรียก  $\text{Iron (-)}$  ว่า แอนไอออน (Anion)

ดังนั้น ที่ Anode มี Anion คือ ไอออนลบ และที่ Cathode มี Cation คือ Ion บวก

Anode (oxidation) ตรงกับขั้วบวก Cathode (Reduction) ตรงกับขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 หลอดทังสเตน



รูปที่: 2.6 หลอดทังสเตน

ที่มา: [http://europa.eu/rapid/exploit/2009/09/MEMO/EN/m09\\_368.eni/Pictures/10000000000002580000024D265C0BC8.jpg](http://europa.eu/rapid/exploit/2009/09/MEMO/EN/m09_368.eni/Pictures/10000000000002580000024D265C0BC8.jpg)

หลอดไฟที่เราเรียกว่า หลอดไส้ ซึ่งเป็นขดลวดทังสเตน เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทังสเตน ขดลวดจะร้อนจนแดงและเปล่งแสงออกมาหลอดชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำคือประมาณ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีราคาถูกหลอดไส้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ หลอดไส้ทังสเตนธรรมดา และหลอดทังสเตนฮาโลเจน หลอดไส้ธรรมดากลายในหลอดจะบรรจุก๊าซเฉื่อยคืออาร์กอนผสมกับไนโตรเจน แต่หลอดทังสเตนฮาโลเจนจะบรรจุก๊าซฮาโลเจนซึ่งจะรวมกับทังสเตนที่ระเหิดออกมาในขณะร้อน เมื่อหลอดเย็นลงทังสเตนจะแยกออกมากลับไปเกาะที่ไส้ตามเดิมทำให้มีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 2 เท่า และปริมาณแสงที่ให้ก็ดีกว่าเพราะทังสเตนไม่ไปจับที่ผนังหลอด จึงไม่ขุ่นมัวเหมือนหลอดไส้ธรรมดา

การที่หลอด ไฟฟ้าให้แสงสว่างได้เป็นไปตามหลักการดังนี้ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอด ซึ่งมีความต้านทานสูง พลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้ไส้หลอดร้อนจัดจนเปล่งแสง ออกมาได้ ซึ่งมีการเปลี่ยนรูปพลังงานดังนี้

พลังงานไฟฟ้า ----> พลังงานความร้อน ----> พลังงานแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 หลอด LED



รูปที่ 2.7 หลอด LED

ที่มา : [http://www.wilko.com/content/ebiz/wilkinsonplus/inv/0342787/0342787\\_l.jpg](http://www.wilko.com/content/ebiz/wilkinsonplus/inv/0342787/0342787_l.jpg)

LED หรือเรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง คงจะคุ้นหูกันมากพอสมควร เนื่องจากเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยขึ้นไปทุกๆวัน ได้เริ่มการผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของ LED มากขึ้น เนื่องจากหลายๆประเทศให้ความสำคัญกับคำว่าประหยัดพลังงานมากขึ้น โดยที่คุ้นๆหูกันก็จะเป็นจำพวก TV LED, หลอดไฟ LED , ไฟ LED ที่ตู้ปลา, ไฟฉาย LED เป็นต้น แต่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มี LED เป็นส่วนเกี่ยวข้องนั้นมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ แต่ที่เห็นหลักๆ และเริ่มมีการใช้งานกันมากขึ้นเรื่อยๆนั้นก็จะเป็นหลอดไฟหรืออุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างโดยอ้างอิงได้จากประเทศออสเตรเลีย ได้มีการสั่งให้ห้ามให้ใช้หลอดไฟแบบเก่าหรือหลอดไส้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เนื่องจากหลอดไส้หรือหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์นั้นเริ่มจะมีข้อเสียที่มากกว่าหลอดไฟ LED หลายอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสารปรอทอยู่ในหัวตัวหลอด ถ้าเกิดทำหลอดไฟแตกแล้วเกิดไปเหยียบเศษของหลอดไฟนั้น โดยไม่ล้างแผลทันที จะทำให้เป็นอันตรายร้ายแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.1 ไดโอด



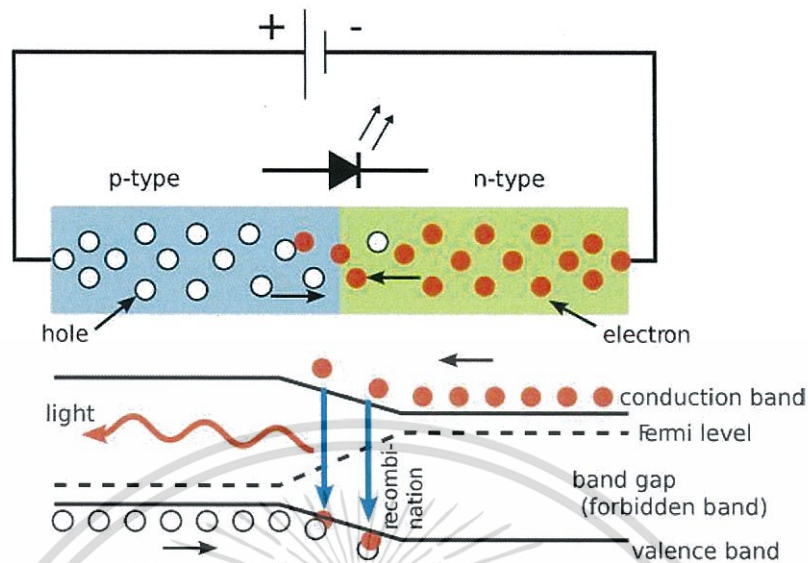
รูปที่ 2.8 ไดโอด

ที่มา : [http://d1gsvnjtkwr6dd.cloudfront.net/large/SC-DI-1N5391\\_LRG.jpg](http://d1gsvnjtkwr6dd.cloudfront.net/large/SC-DI-1N5391_LRG.jpg)

ไดโอดเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของมันได้ ปกติวัสดุสารกึ่งตัวนำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว ถ้าเราใส่สารเจือปนเข้าไป เราสามารถควบคุมการนำไฟฟ้าให้มากหรือน้อยได้ เราเรียกวิธีนี้ว่าการโด๊ป (doping) ส่วนใหญ่หลอด LED ใช้สารอลูมิเนียม อาร์เซไนด์ (aluminium-gallium-arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำ ถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปน พันธะในอะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรง ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ (ประจุไฟฟ้าลบ) หรือมีอยู่น้อย ดังนั้นมันจึงไม่ค่อยจะนำกระแส แต่เมื่อทำการโด๊ป โดยการเติมสารเจือปน ทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป เมื่อเราใส่สารเจือปนแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด N ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้ว มีประจุไฟฟ้าบวกหรือมีหลุมและ โฮล เพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด P โฮล (hole) ในภาษาอังกฤษมีความหมายว่าหลุม โดยเปรียบอิเล็กตรอนอิสระได้กับลูกหิน และประจุบวกเป็นหลุมหรือโฮล ที่ลูกหินจะไหลมาตกนั่นเอง

ไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N ติดเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด P เชื่อมสายไฟเข้ากับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อยังไม่มีกระแสให้แรงดันไฟฟ้าอิเล็กตรอนอิสระจาก N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่ P เกิดโซนดีพลีชัน (depletion) ขึ้น โซนนี้เปรียบเทียบกับกำแพงป้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ถ้าโซนนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะยากขึ้น และอาจทำให้อิเล็กตรอนหยุดการเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าควบคุมให้โซนนี้เล็กลง การเคลื่อนที่ก็จะง่ายขึ้น

## 2.5.2 หลักการทำงานของหลอด LED



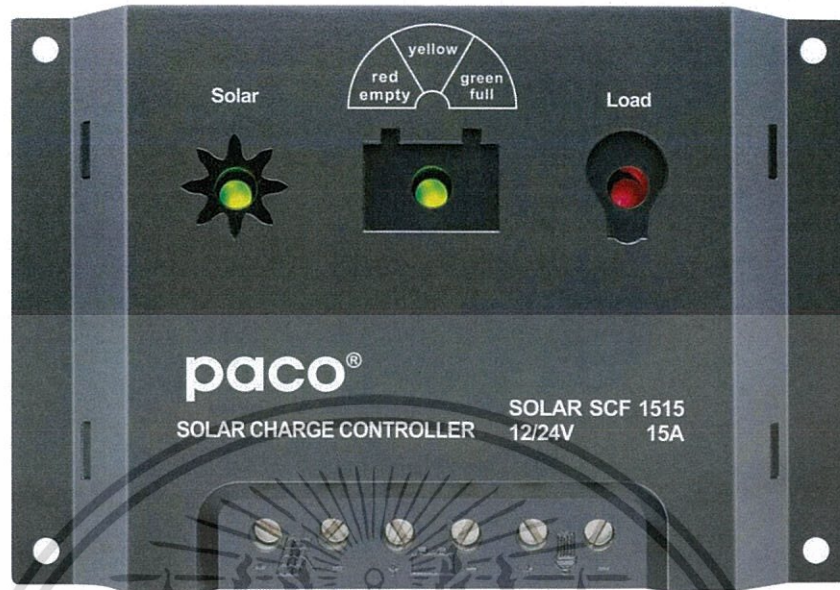
รูปที่ 2.9 แผนภาพการทำงานของไดโอด

ที่มา : [http://dangerousprototypes.com/docs/images/e/ed/PN\\_junction.png](http://dangerousprototypes.com/docs/images/e/ed/PN_junction.png)

เมื่อเปิดสวิตช์ไฟ กระแสไฟฟ้าจะผ่าน driver เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และเปลี่ยนจากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 2.5-3 โวลต์ แล้วจึงจ่ายเข้าตัวชิปของหลอด LED ซึ่งมีเพียงตัวนำแคโทดและแอโนดเท่านั้น โดยหลอด LED จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิแอมป์ ในตัวชิปของ LED ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชั้น p- junction (Positively charged material) ที่อยู่ห่างจากสารกึ่งตัวนำชั้น n- junction (Negatively charged material) เล็กน้อย จุดนี้เรียกว่ารอยต่อ (junction) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด LED ตัวนำแอโนดจะไปดันชั้น p- junction และตัวนำแคโทดไปดันชั้น n- junction ให้มาชนกัน เมื่อ p- junction และ n- junction มาชนกันที่รอยต่อของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด ก็จะจับตัวกันและคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสว่าง ซึ่งเรียกว่า “อิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์” ทำให้เกิดแสงสว่างที่บริเวณด้านหน้าตัวหลอด ซึ่งมีอุณหภูมิในการทำงานที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป แสงสว่างที่ออกมาจะลดลง แสงจากหลอด LED มีลักษณะพุ่งออกในทิศทางเดียว แต่ในกรณีที่ต้องการให้แสงกระจายออกในมุมแคบหรือกว้างเพิ่มขึ้น ก็จะใช้อุปกรณ์ครอบหลอด LED ในลักษณะของเลนส์ (package) ไว้เพื่อบังคับทิศทางของการกระจายแสงหลอด LED สามารถเปิดปิดได้ทันที ไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการจุดติดเหมือนหลอดไส้ที่ต้องเผาไส้หลอด หรือหลอดดิสชาร์จที่ต้องปรับแรงดันก๊าซภายในหลอด LED สามารถปรับความเข้มของแสงได้ด้วยอุปกรณ์หรี่ไฟ (dimmer) โดยขึ้นอยู่กับรุ่นและอุปกรณ์ควบคุมซึ่งจะต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนเลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.10 Charger controller

ที่มา : <http://maruthienergy.ucoz.com/Solar-Charge-Controller-SCF-1515-.jpg>

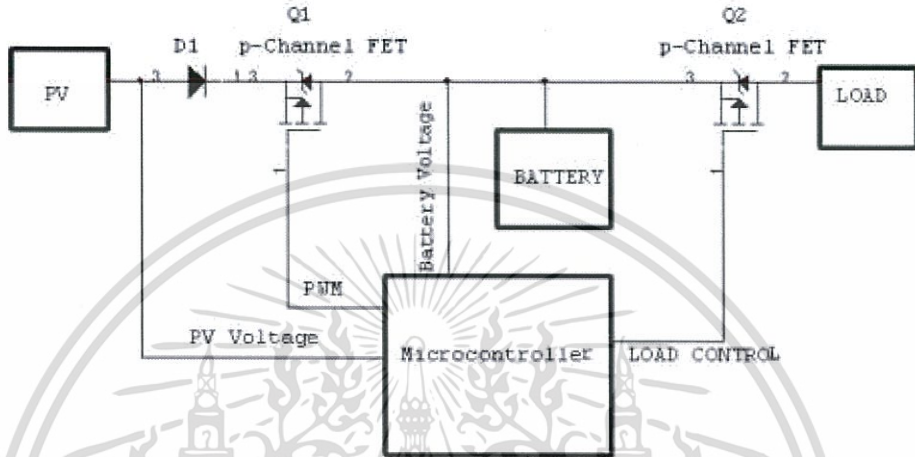
จะทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ จะทำให้ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า กระแสไฟฟ้า (Amp) ที่ไหลผ่านจากแผงโซลาร์เซลล์สู่แบตเตอรี่ ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า ควรจะมีขนาดเกินกระแสไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

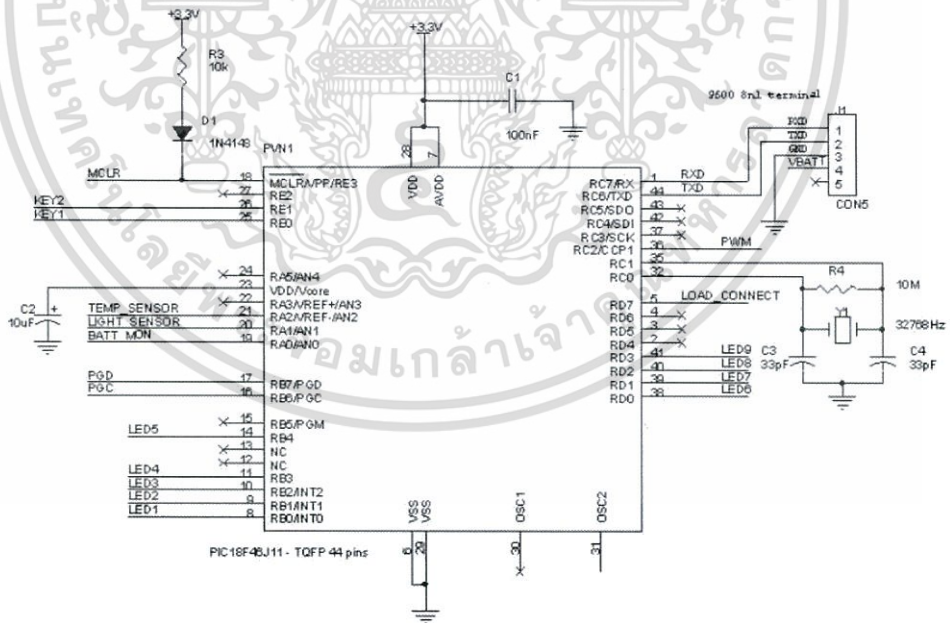
### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการทดลองทดสอบการใช้พลังงานของหลอดLED และหลอดไส้ ก่อนการทำการทดลองจะมีการติดตั้งอุปกรณ์เป็นอันดับแรกและแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ดังรูป



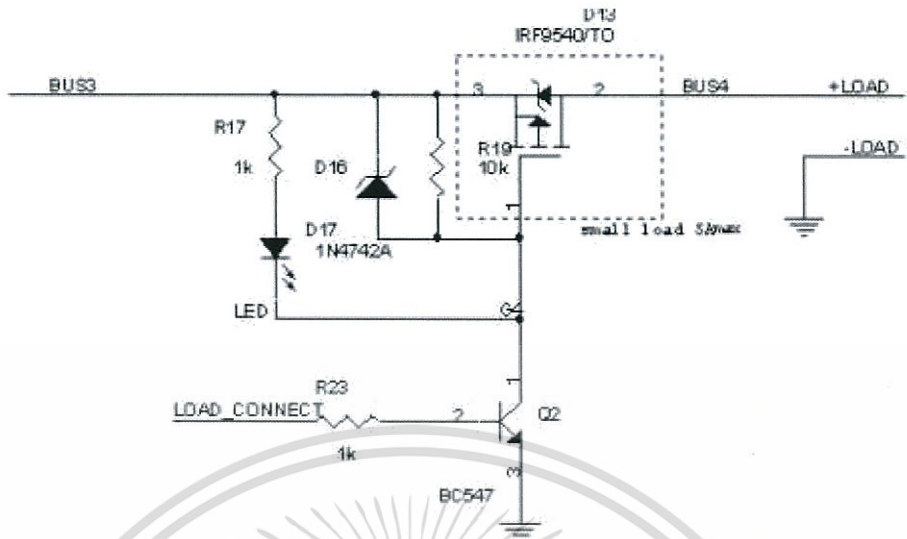
รูปที่ 3.1 Block diagram of charge controller



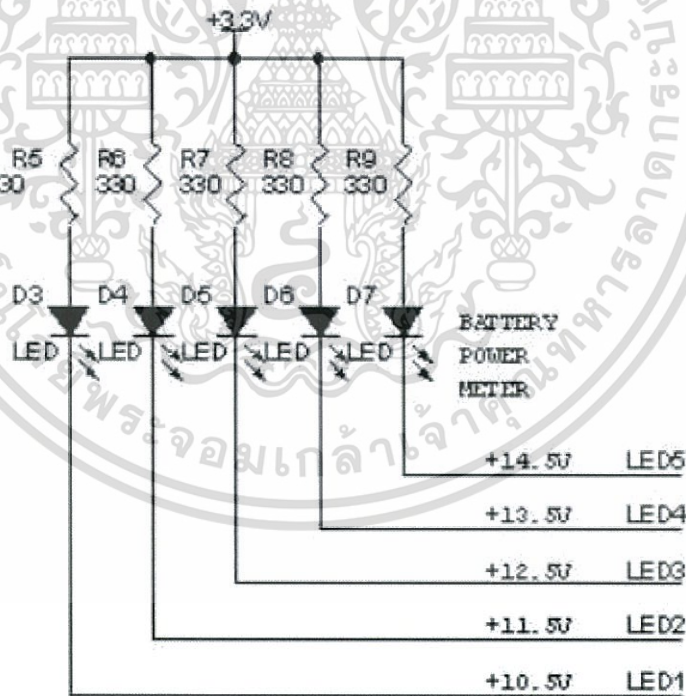
รูปที่ 3.2 microcontroller circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



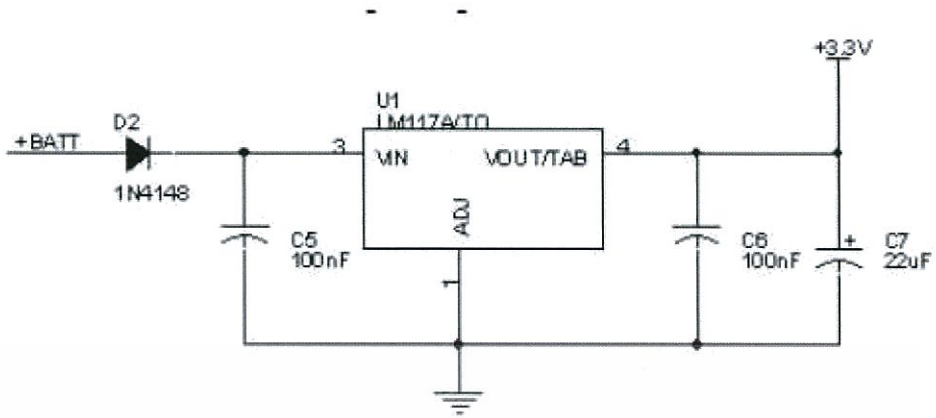


รูปที่ 3.5 Power FET at Load side

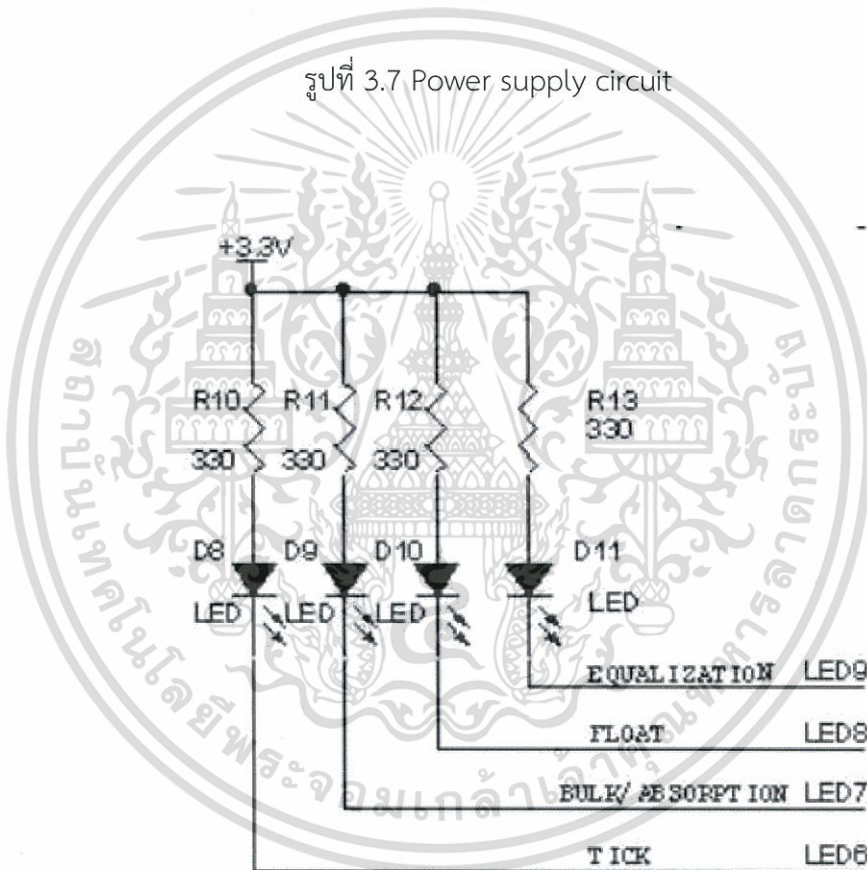


รูปที่ 3.6 Battery voltages monitor display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

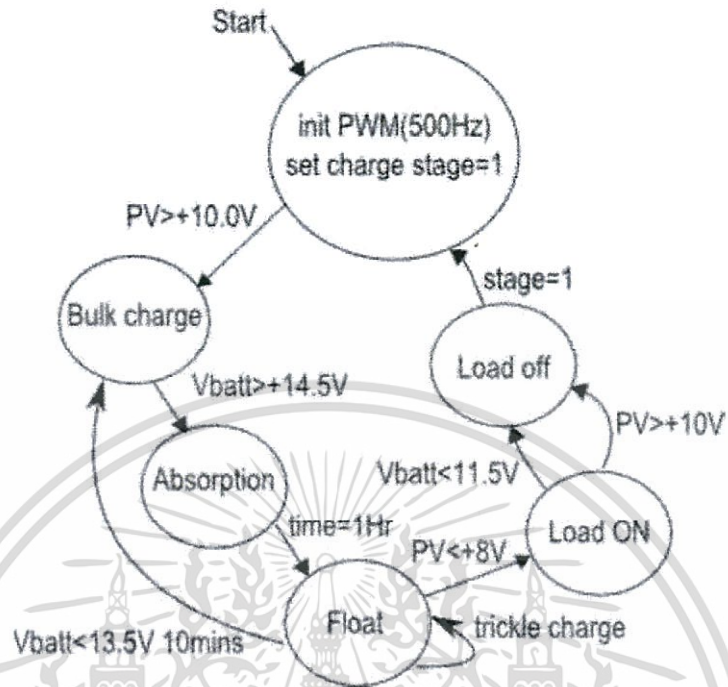


รูปที่ 3.7 Power supply circuit

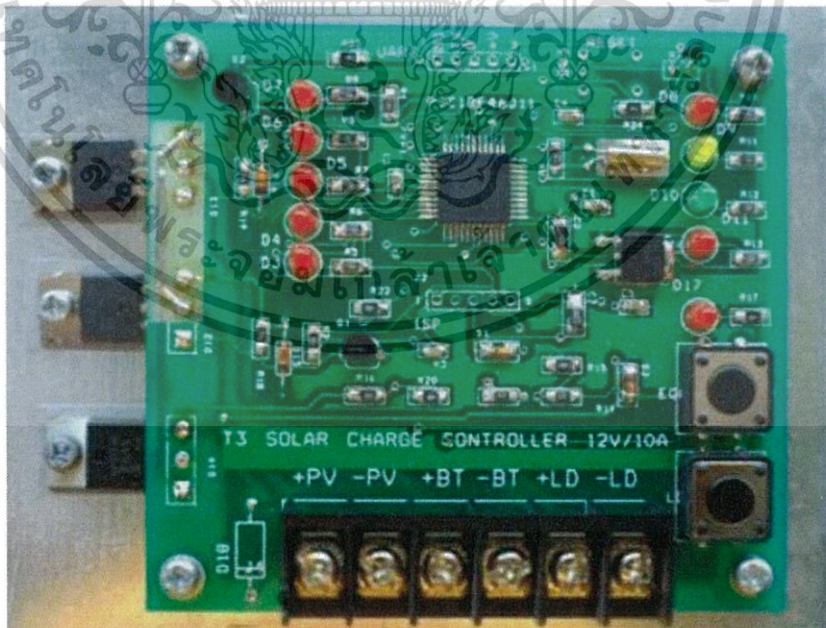


รูปที่ 3.8 Charge stated indicators

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 States diagram of main loop

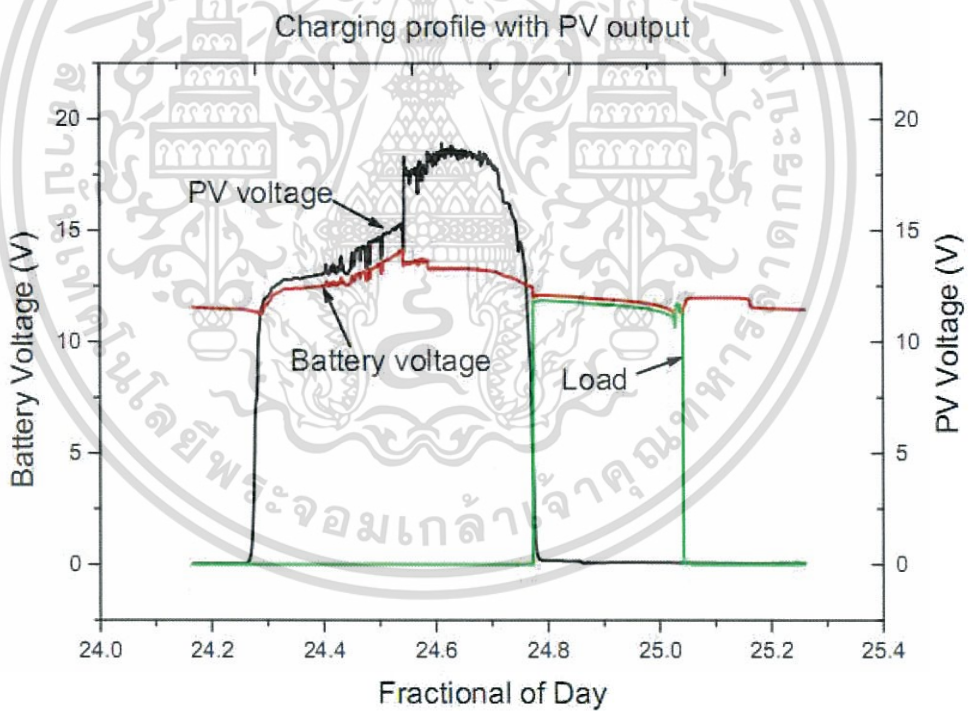


รูปที่ 3.10 Board layout and component placement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Battery	+12V flood type
PV panel	+20V <sub>oc</sub> I <sub>sc</sub> 10A
Bulk Voltage	+14.5V
Absorption period	1 hour
Float Voltage	+13.8V
Low Voltage Disconnect	+11.5V
Load power max	50W

รูปที่ 3.11 Charge controller specification



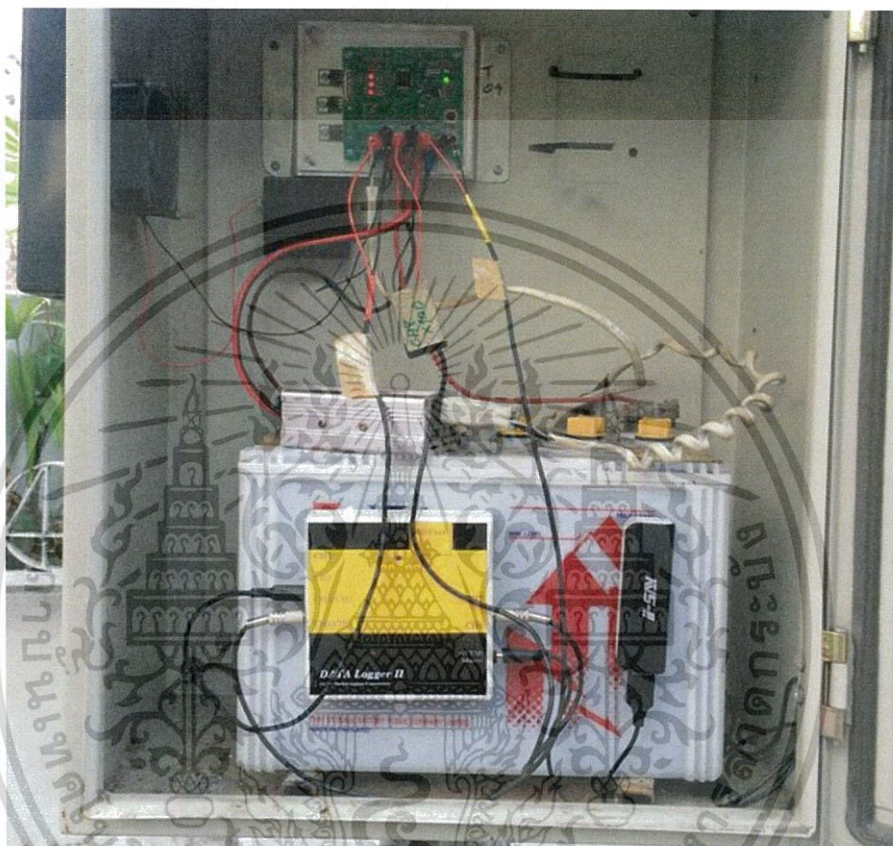
รูปที่ 3.12 Charging profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินงานวิจัยในโครงการพิเศษนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

### 3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1.1 จัดเตรียมอุปกรณ์



รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่นำอุปกรณ์ต่างๆมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้อุปกรณ์พร้อมใช้งานสำหรับทำโครงการพิเศษโดยอุปกรณ์ที่กล่าวไว้ด้านบนจะถูกต่อไว้ดังภาพ โดยการทดลองจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 V ที่ประจุได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนในด้านการบันทึกค่าทั้งหมดจะทำหน้าที่โดยเครื่อง Data logger โดยมี SD card เก็บข้อมูลอยู่ โดยที่ใช้ Power bank ในการทำให้เครื่องบันทึกข้อมูลทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 เก็บผลการทดลองโดยใช้เครื่อง Data logger ซึ่งบันทึกลงใน SD Card

Sample	Date	Time	FracDay	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	V1	V2	VBATT	V7	
1	0 0/0/16	0:00	0	0.123283	0.273906	0.366052	0.412364	0.376625	6.531	0.006531	0.011132	0.028463	3.283	435.856	468.995	400.06
2	1 0/0/16	0:00	0	0.123283	0.216312	0.292036	0.339156	0.190797	9.619	0.009619	0.007935	0.075875	3.283	3.341	2.462	400.06
3	2 0/0/16	0:00	0	0.123281	0.1588	0.218113	0.26608	0.004736	12.724	0.012724	0.00474	0.123283	3.322	3.331	2.462	0.01
4	3 0/0/16	0:00	0	0.123282	0.158824	0.218168	0.266118	0.004628	12.719	0.012719	0.00474	0.123282	3.322	3.331	2.452	0.01
5	4 0/0/16	0:00	0	0.123281	0.158765	0.218135	0.266264	0.004531	12.716	0.012716	0.004742	0.12328	3.322	3.331	2.452	0.01
6	5 0/0/16	0:01	0.000694	0.123281	0.158955	0.218139	0.26627	0.004439	12.714	0.012714	0.004742	0.123278	3.322	3.331	2.452	0.01
7	6 0/0/16	0:01	0.000694	0.123278	0.159038	0.218324	0.266204	0.004349	12.714	0.012714	0.004742	0.123278	3.322	3.331	2.452	0.01
8	7 0/0/16	0:01	0.000694	0.123277	0.158958	0.218475	0.266393	0.00426	12.713	0.012713	0.004742	0.123278	3.322	3.331	2.452	0.01
9	8 0/0/16	0:01	0.000694	0.123276	0.158906	0.218532	0.266393	0.004174	12.712	0.012712	0.004742	0.123277	3.322	3.331	2.452	0.01
10	9 0/0/16	0:01	0.000694	0.123277	0.158903	0.218547	0.266454	0.004088	12.712	0.012712	0.004742	0.123277	3.312	3.331	2.452	0.01
11	10 0/0/16	0:02	0.001389	0.123277	0.158949	0.218513	0.266409	0.003996	12.709	0.012709	0.004742	0.123276	3.312	3.331	2.452	0.01
12	11 0/0/16	0:02	0.001389	0.123276	0.158999	0.218355	0.266308	0.003897	12.708	0.012708	0.004742	0.123275	3.312	3.331	2.452	0.01
13	12 0/0/16	0:02	0.001389	0.123276	0.159013	0.218374	0.266241	0.003792	12.708	0.012708	0.004745	0.123277	3.312	3.331	2.442	0.01
14	13 0/0/16	0:02	0.001389	0.12328	0.159063	0.218426	0.266381	0.003681	12.707	0.012707	0.004746	0.123278	3.312	3.331	2.442	0.01
15	14 0/0/16	0:02	0.001389	0.123277	0.159056	0.218464	0.266478	0.00356	12.707	0.012707	0.004743	0.12328	3.312	3.322	2.442	0.01
16	15 0/0/16	0:03	0.002083	0.123277	0.159184	0.218657	0.266373	0.003433	12.707	0.012707	0.004742	0.123277	3.312	3.322	2.442	0.01
17	16 0/0/16	0:03	0.002083	0.123276	0.159203	0.21868	0.266369	0.003304	12.707	0.012707	0.004745	0.123276	3.312	3.322	2.442	0.01
18	17 0/0/16	0:03	0.002083	0.123277	0.159065	0.218507	0.266309	0.003174	12.707	0.012707	0.004745	0.123274	3.312	3.322	2.442	0.01
19	18 0/0/16	0:03	0.002083	0.123276	0.159048	0.218621	0.26654	0.003045	12.703	0.012703	0.004745	0.123274	3.312	3.322	2.442	0.01
20	19 0/0/16	0:03	0.002083	0.123275	0.15919	0.218784	0.26658	0.00292	12.701	0.012701	0.004745	0.123275	3.312	3.322	2.442	0.01
21	20 0/0/16	0:04	0.002778	0.123273	0.159045	0.218811	0.26671	0.002801	12.706	0.012706	0.004745	0.123273	3.312	3.322	2.442	0.01
22	21 0/0/16	0:04	0.002778	0.12327	0.158971	0.21864	0.266693	0.002684	12.707	0.012707	0.004747	0.123274	3.312	3.322	2.442	0.01
23	22 0/0/16	0:04	0.002778	0.123269	0.159015	0.218728	0.26669	0.002573	12.706	0.012706	0.004746	0.123273	3.312	3.322	2.442	0.01
24	23 0/0/16	0:04	0.002778	0.123271	0.159083	0.218728	0.266611	0.002469	12.708	0.012708	0.004745	0.12327	3.312	3.322	2.442	0.01
25	24 0/0/16	0:04	0.002778	0.123273	0.159087	0.218736	0.266575	0.00237	12.707	0.012707	0.004746	0.123271	3.312	3.322	2.442	0.01
26	25 0/0/16	0:05	0.003472	0.12327	0.159257	0.218885	0.266834	0.002274	12.702	0.012702	0.004746	0.123271	3.302	3.322	2.442	0.01
27	26 0/0/16	0:05	0.003472	0.123271	0.159086	0.218715	0.266703	0.002183	12.703	0.012703	0.004746	0.12327	3.302	3.322	2.442	0.01
28	27 0/0/16	0:05	0.003472	0.12327	0.158966	0.21865	0.266645	0.0021	12.705	0.012705	0.004746	0.123268	3.302	3.322	2.442	0.01

รูปที่ 3.14 ตัวอย่างไฟล์จาก SD Card ที่เปิดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ขั้นตอนนี้เป็น การนำไฟล์จาก SD Card ที่อยู่ใน Data logger มาทำการตรวจสอบความถูกต้อง โดยเริ่มทำการเก็บค่าการประจุแบตเตอรี่เวลา 6.00 น. จนถึง 18.00 น. รวมระยะเวลา 12 ชั่วโมง

### 3.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลองและ plot กราฟโดยใช้โปรแกรม MATLAB

The screenshot shows the MATLAB environment. The 'Current Folder' pane displays a file named 'ข้อมูล (1).csv'. The 'Workspace' pane shows three variables: 'b' (34896x1 double), 'i4' (28877x1 double), and 's' (34896x1 double). The 'Command Window' contains the following MATLAB code:

```

>> plot(b)
>> plot(b1)
>> hold on
>> plot(i4)
>> hold on
>> plot(s)
>> plot(b1)
>> hold on
>> plot(i4)
>> hold on
>> hold on
>> plot(s)
>> title('Charging profile with PV output')
>> ylabel('Battery Voltage (V)')
>> xlabel('Fractional of day')
>> legend('PV Voltage', 'Load', 'Battery Voltage')
>> plot(b)
>> hold on
>> plot(s)
>> plot(b)
>> hold on
>> plot(i4)
>> hold on
>> plot(s)
>> title('Charging profile with PV output')
>> ylabel('Battery Voltage (V)')
>> xlabel('Fractional of day')
>> legend('PV Voltage', 'Load', 'Battery Voltage')
>>

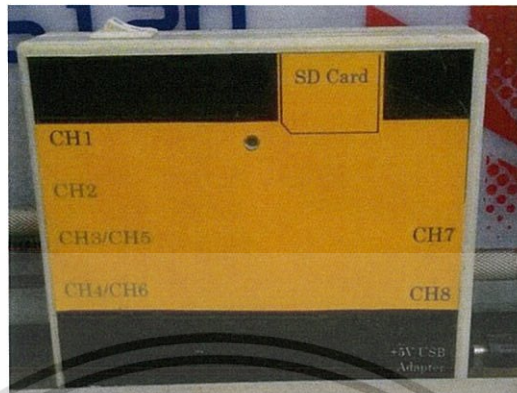
```

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการ plot กราฟด้วยโปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 อุปกรณ์ในการวิจัย

### 3.2.1 Data logger



รูปที่ 3.16 Data logger

### 3.2.2 SD Card



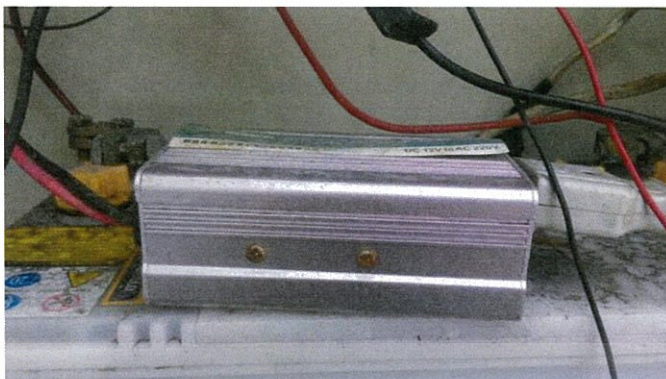
รูปที่ 3.17 SD Card

### 3.2.3 Power bank



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 3.18 Power bank นุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 Inverter



รูปที่ 3.19 Inverter

### 3.2.5 หลอด LED 12V



รูปที่ 3.20 หลอดไฟที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.6 หลอดทั้งสแตน ขนาด 220V 50W



รูปที่ 3.21 หลอดทั้งสแตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2.7 แบตเตอรี่ 12V 60Ah



รูปที่ 3.22 แบตเตอรี่

## 3.2.8 โปรแกรม MATLAB



MATLAB

รูปที่ 3.23 โปรแกรม MATLAB

## 3.2.9 โปรแกรม Excel



รูปที่ 3.24 โปรแกรม Excel

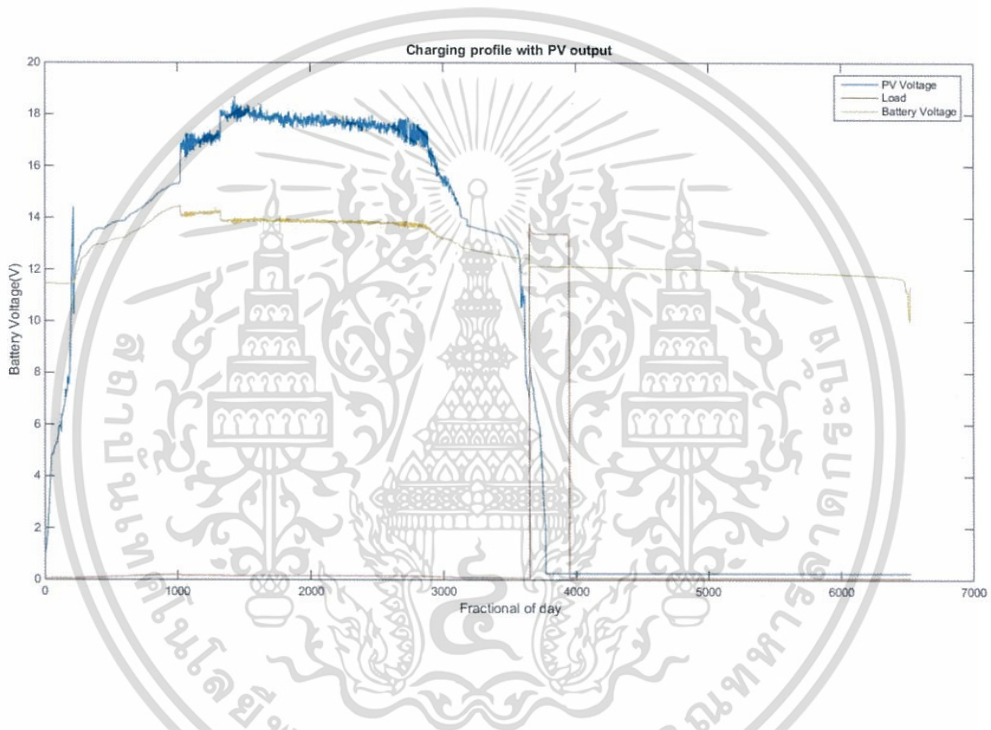
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 4.1 การทดลองทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟ

การทดลองแบบ 1 วัน จะมีการตั้งค่าให้หลอดไฟเริ่มทำงานในเวลา 18.00 น. ได้กราฟการทดลองเป็นดังนี้

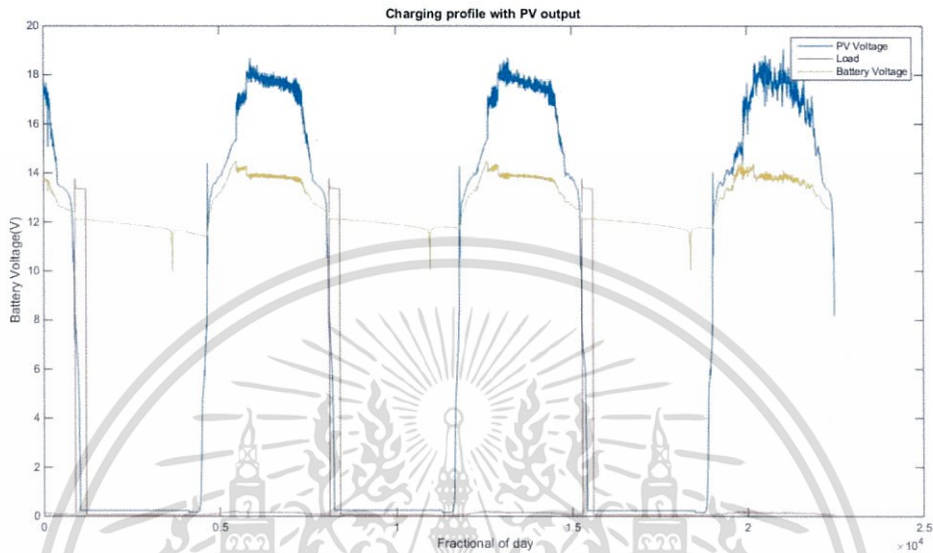


รูปที่ 4.1 Charging profile recorded on 25 MAY 2016

จากกราฟจะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่เส้นสีเหลืองถูกประจุเข้าโดยการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เส้นสีฟ้า ตั้งแต่หกโมงเช้าจนสิ้นสุดที่หกโมงเย็น และจะพบว่าเมื่อเวลา 18.00 น. หลอดไฟฟ้าเส้นสีแดงเริ่มทำงานทันที และในช่วงเวลานี้แบตเตอรี่ก็จะคายประจุไปเรื่อยๆ และกราฟเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะลดลงตามไปด้วยเนื่องจากในช่วงเวลานั้นไม่มีความเข้มแสงเหลืออยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองแบบ 3 วัน ในการทดลองจะมีการเริ่มประจุแบตเตอรี่ในช่วงเวลา 12.00 น. และปล่อยทิ้งไว้ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 3 วัน เพื่อจะดูว่าหลอดไฟจะมีความทำงานเองจริงได้กราฟทดลองเป็นดังนี้

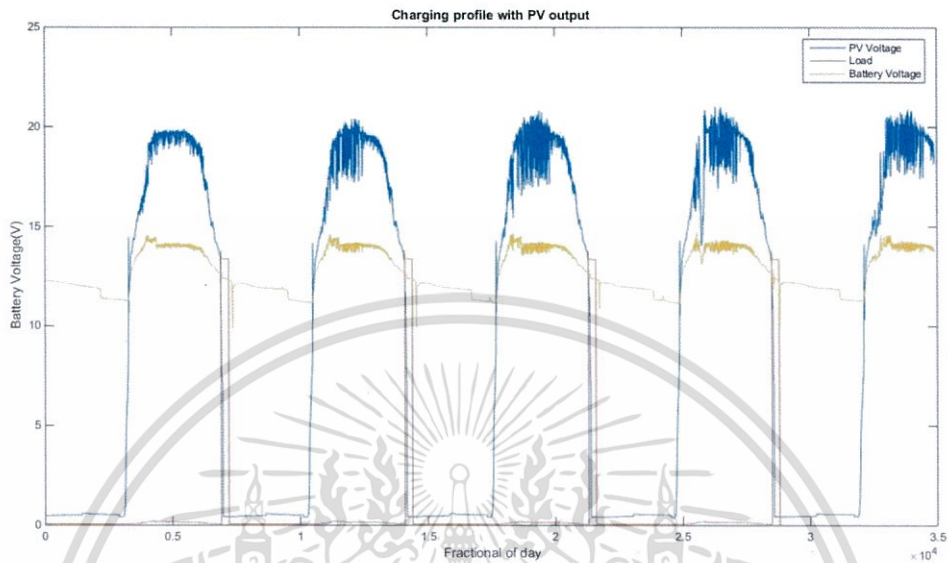


รูปที่ 4.2 Charging profile recorded on 26 - 29 MAY 2016

จากกราฟเห็นได้ชัดว่าหลอดไฟยังคงมีความทำงานเหมือนในครั้งแรกที่ทำการทดลอง และยังมีช่วงเวลาในการสว่างใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแบบ 4 วัน ในการทดลองครั้งนี้เริ่มเก็บผลในช่วงเวลากลางคืนคือ เวลา เที่ยงคืน และ  
 ทิ้งให้ Data logger บันทึกผลเป็นเวลา 4 วัน ซึ่งได้กราฟการทดลองเป็นดังนี้

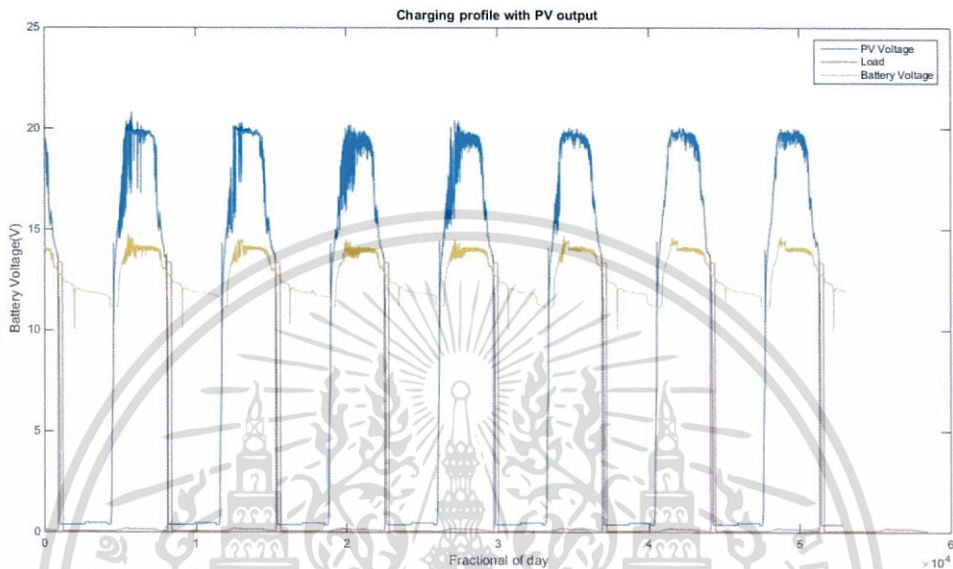


รูปที่ 4.3 Charging profile recorded on 30 MAY – 3 JUNE 2016

จากกราฟยังคงเห็นได้ว่าหลอดไฟยังคงทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแบบ 1 อาทิตย์ ในการทดลองนี้ถูกตั้งให้เริ่มเก็บผลเวลา 12.00 น. และปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 อาทิตย์ เพื่อจะดูให้แน่ชัดว่าหลอดไฟสว่างได้ช่วงเวลาเท่ากันหรือไม่ซึ่งได้กราฟผลการทดลองดังนี้



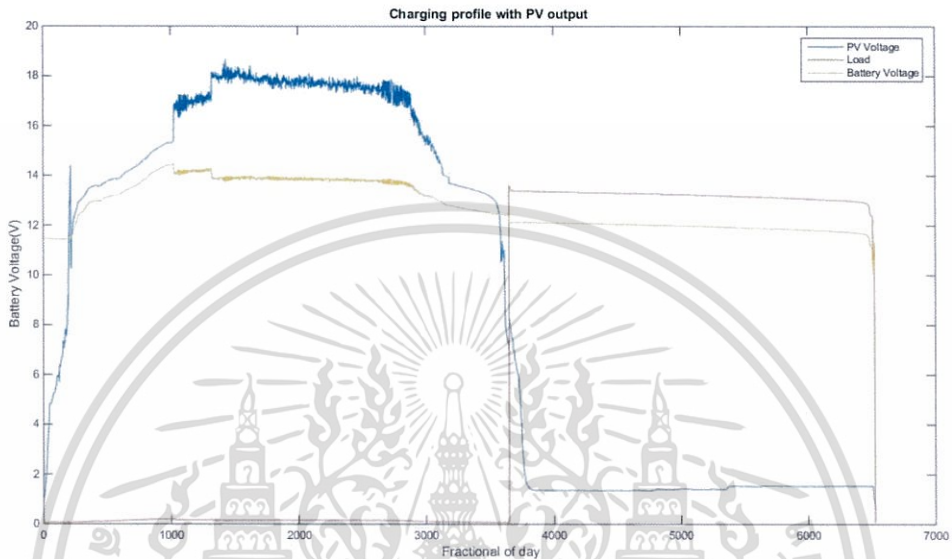
รูปที่ 4.4 Charging profile recorded on 4 – 11 JUNE 2016

จากกราฟจะเห็นว่าหลอดไฟทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามความสามารถของหลอดและยังคงสว่างได้ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดลองทดสอบประสิทธิภาพของหลอด LED

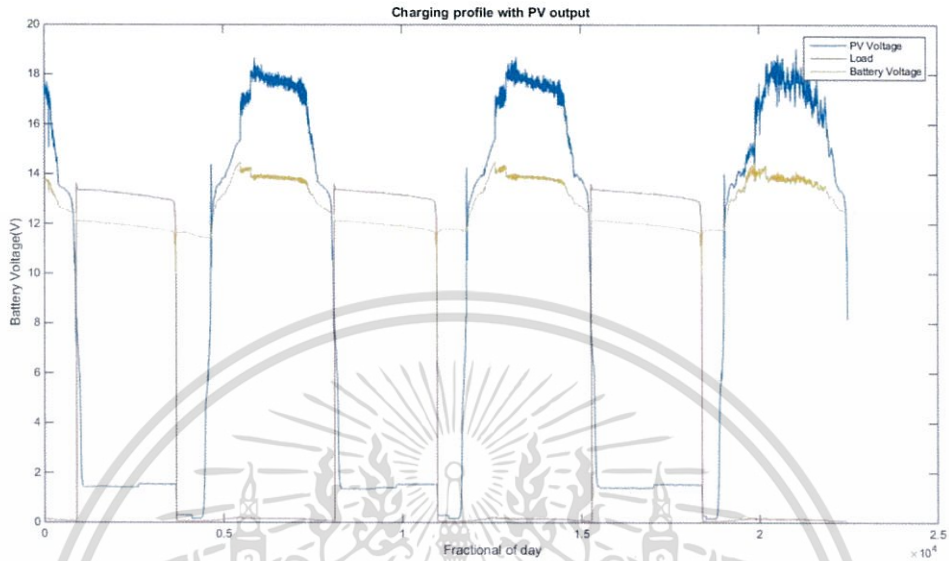
ทดลองแบบ 1 วัน ในการทดลองของหลอด LED มีขั้นตอนเหมือนกันกับการทดลองของหลอดไส้ทุกประการเพียงแต่จะไม่มีการใช้อินเวอร์เตอร์ร่วมด้วยได้กราฟผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.5 Charging profile recorded on 13 JUNE 2016

จากกราฟจะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่เส้นสีเหลืองถูกประจุเข้าโดยการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เส้นสีฟ้า ตั้งแต่หกโมงเช้าจนสิ้นสุดที่หกโมงเย็น และจะพบว่าเมื่อเวลา 18.00 น. หลอดไฟฟ้าเส้นสีแดงเริ่มทำงานทันที และในช่วงเวลานี้แบตเตอรี่ก็จะคายประจุไปเรื่อยๆและกราฟเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะลดลงตามไปด้วยเนื่องจากในช่วงเวลานั้นไม่มีความเข้มแสงเหลืออยู่เลย

ทดลองแบบ 3 วัน เริ่มเก็บผลในเวลา 12.00 น. ปถ่ายทิ้งไว้ทั้งหมด 3 วันได้กราฟผลการทดลองดังนี้

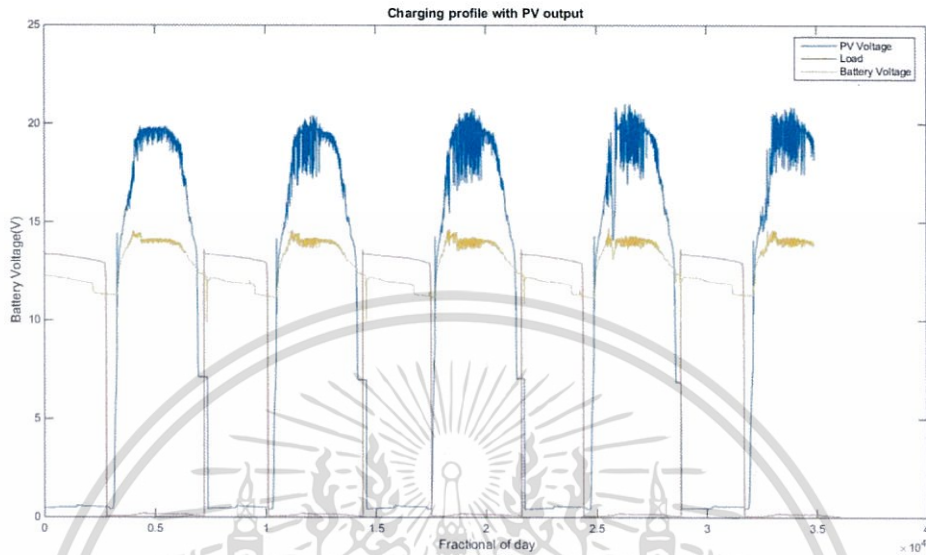


รูปที่ 4.6 Charging profile recorded on 14 – 17 JUNE 2016

จากกราฟพบว่าการทำงานของหลอดไฟยังคงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแบบ 4 วัน ในการทดลองนี้เริ่มเก็บผลตั้งแต่ เที่ยงคืน และทิ้งไว้เป็นเวลา 4 วันได้  
กราฟการทดลองดังนี้

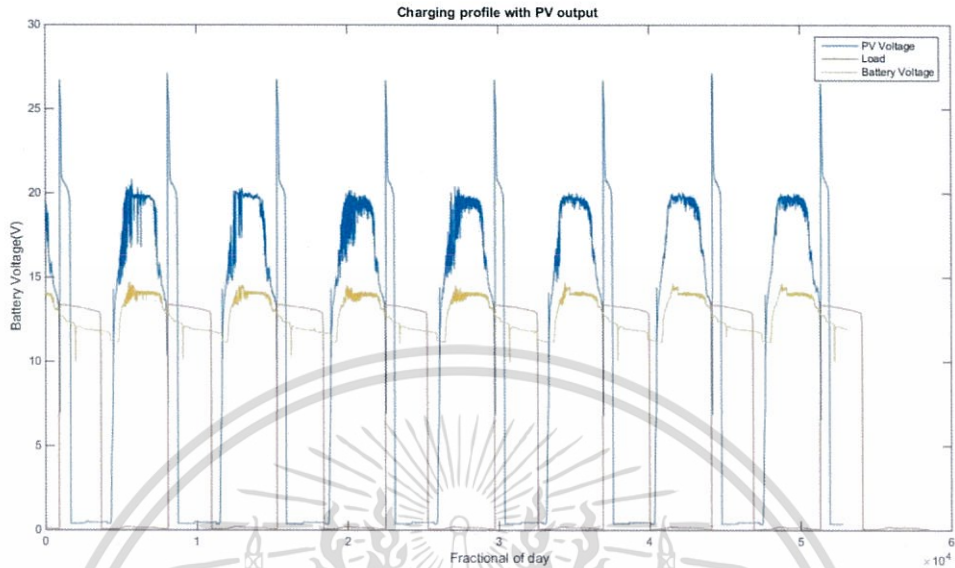


รูปที่ 4.7 Charging profile recorded on 18 – 22 JUNE 2016

จากกราฟจะเห็นว่าที่จุดเริ่มต้นมีกราฟของหลอดไฟขึ้น ที่เป็นแบบนี้เพราะว่าก่อนการทดลอง  
ครั้งนั้นได้ประจุแบตเตอรี่ไว้ จึงทำให้เกิดไฟสว่างขึ้นมา และยังคงสว่างในช่วงเวลาเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแบบ 1 อาทิตย์ เริ่มเก็บผลเวลา 12.00 น. ทั้งไว้ 1 อาทิตย์ได้กราฟการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.8 Charging profile recorded on 23 – 30 JUNE 2016

จากกราฟจะเห็นว่าหลอดไฟทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามความสามารถของหลอดและ  
ยังคงสว่างได้ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

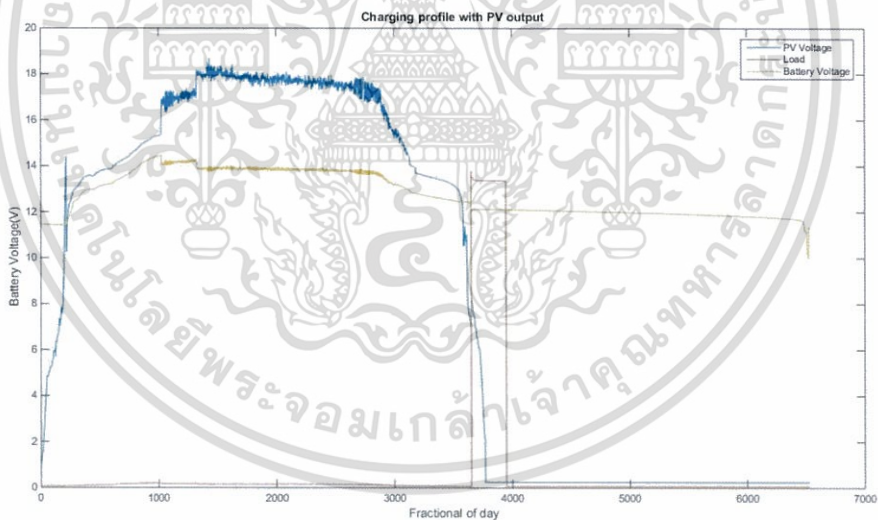
ต้องการหาประสิทธิภาพของทั้งหลอด LED และหลอดทั้งสแตนจะคำนวณได้จากสูตร

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

$E_{out}$  คือพื้นที่ใต้กราฟของหลอดไฟ

$E_{in}$  คือพื้นที่ใต้กราฟของแบตเตอรี่

#### 5.1.1 หลอดทั้งสแตน



รูปที่ 5.1 Charging profile for 1 day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพด้วยโปรแกรม MatLabตามสมการแล้วจะได้

```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> load('matlab1.mat')
>> area1=trapz(s3)

area1 =

      8.3248e+04

>> area2=trapz(i4)

area2 =

      4.6509e+03

>> (area2/area1)*100

ans =

      5.5868
  
```

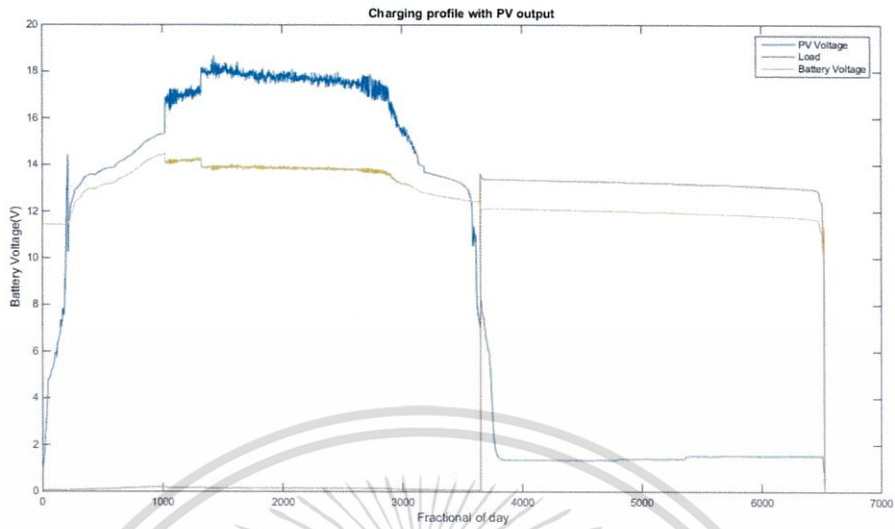
รูปที่ 5.2 หน้าต่างการคำนวณค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟด้วยโปรแกรม Matlab

จากหน้าต่างโปรแกรมจะเห็นได้ว่า

$$\eta_{\text{INCANDESCENT}} = 5.5868 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.1.2 หลอด LED



รูปที่ 5.3 Charging profile for 1 day

เมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพด้วยโปรแกรม MatLabตามสมการแล้วจะได้

Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

```
>> load('matlab1.mat')
```

```
>> area1=trapz(s4)
```

```
area1 =  
8.3248e+04
```

```
>> area2=trapz(i4)
```

```
area2 =  
3.8404e+04
```

```
>> (area2/area1)*100
```

```
ans =  
46.1320
```

```
>>
```

รูปที่ 5.4 หน้าต่างการคำนวณค่าประสิทธิภาพของหลอดไฟด้วยโปรแกรม Matlab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหน้าต่างโปรแกรมจะเห็นได้ว่า

$$\eta_{LED} = 46.1320 \%$$

การวิเคราะห์การใช้พลังงานของหลอดไฟฟ้ทั้งสองชนิดคือ หลอดประหยัดไฟ LED กับ หลอดไส้โดยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งเก็บพลังเข้าสู่แบตเตอรี่ขนาด 12 V โดยประจุเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และหลอดไฟทั้งสองชนิดมีการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันแต่แบตเตอรี่ชนิดเดียวกันและเริ่มเปิดสวิตช์พร้อมกันในช่วงเวลา 18.00 น. โดยมีการเขียนคำสั่งลงใน SD Card โดยผ่านเครื่อง Data logger และหลอดไฟทั้งสองชนิดจะเริ่มทำงานในเวลาที่กำหนด

เมื่อหลอดไฟทั้งสองชนิดทำงานไปเรื่อยๆ ในขณะที่เดียวกันเครื่อง Data-locker ก็จะบันทึกค่าการใช้พลังงานไปเรื่อยๆ

จากการเขียนกราฟโดยใช้โปรแกรม MATLAB และวิเคราะห์กราฟได้ดังนี้ หลอดไส้ทำงานในเวลา 18.00 น. จนถึงเวลา 18.06 น. ดังนั้นหลอดไส้สามารถนำพลังจากแบตเตอรี่มาใช้ได้ 6 นาที

หลอด LED เริ่มทำงานในเวลา 18.00 น. จนถึงเวลา 23.00 น. ดังนั้นหลอด LED สามารถนำพลังงานจากแบตเตอรี่ได้มาใช้ได้ 5 ชั่วโมง

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า หลอดไฟ LED มีการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าหลอดไส้เมื่อเทียบเวลากัน และหลอด LED มีประสิทธิภาพในการทำงานประมาณ 46 % ในขณะที่หลอดไส้มีประสิทธิภาพประมาณ 5 % จึงกล่าวได้ว่าหลอดไฟฟ้ที่เหมาะสมสำหรับบ้านที่ต้องการการประหยัดไฟควรหันมาใช้หลอด LED และในอนาคตอาจจะมีหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ เพราะเทคโนโลยีก้าวล้ำไปมาก

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงงานพิเศษมีการใช้อุปกรณ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆในการทดลองส่วนเป็นของเก่า ซึ่งมีผลต่อการทดลองเป็นอย่างมาก อย่างเช่นแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ทำให้มีการประจุไฟได้ไม่คงที่และประจุเต็มเร็วเกินไป และมีการคายประจุอย่างรวดเร็ว จึงทำให้หลอดไฟฟ้ทั้งสองชนิดนั้นสว่างได้ไม่นานเท่าที่ควร

## เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2548). เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์. 10, พฤษภาคม, 2559, จาก: <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>
- [2] Premiumsolarcell. (2553). หลักการทำงานของโซลาร์เซลล์ (Solar Cell). 5, มิถุนายน, 2559, จาก: <http://www.premiumsolarcell.com/solarcell.php>
- [3] Wichit Sirichote. (2001). Build Your Own Microcontroller Projects. 5, May, 2016 from: <http://www.kswichit.com/personal/OT012.pdf>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้