วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง

The circuit of LED driver current mode with high efficiency

ศศิชา อวยพร
Sasicha Auiporn
ญาศิกาญจน์ เสริมพงศ์
Yasikarn Sermpong

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ .ศ . 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง

The circuit of LED driver current mode with high efficiency

T143953

โดย

ศศิชา อวยพร รหัส 55011198

ญาศิกาญจน์ เสริมพงศ์ รหัส 55011390

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

b.12800977
i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 143953
วัน.เดือน.ปี 04 ต.ค. 2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง

The circuit of LED driver current mode with high efficiency

ผู้จัดทำ นางสาวศศิชา อวยพร รหัสประจำตัว 55011198

นางสาวญาศิกาญจน์ เสริมพงศ์ รหัสประจำตัว 55011390

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

.....

(รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง
นักศึกษา	นางสาว ศศิชา อวยพร รหัสประจำตัว 55011198
	นางสาว ญาศิกาญจน์ เสริมพงศ์ รหัสประจำตัว 55011390
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในหลักการออกแบบและการสร้างวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง โดยได้ทำการออกแบบระบบส่องสว่างด้วยหลอดไฟแอลอีดี ที่ใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน โดยเลือกใช้หลอดไฟแอลอีดีสีขาวขนาด 3 W ซึ่งขับกระแสให้หลอดไฟแอลอีดีด้วยแหล่งจ่ายกำลังแบบโหมดกระแส และมีระบบการสะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน เข้าประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาดความจุ 7 Ah ด้วยวิธีการประจุแบบพัลส์ และควบคุมการจ่ายกำลังงานจากแบตเตอรี่ด้วยวงจรจัดการกำลังที่ชาญฉลาด สามารถตรวจเช็คค่าความจุคงเหลือของแบตเตอรี่เพื่อให้การใช้งานแบตเตอรี่ไม่เกินขีดจำกัดต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	The circuit of LED driver current mode with high efficiency
Student	Miss. Sasicha Auiporn Student ID. 55011198
	Miss. Yasikarn Sempong Student ID. 55011390
Degree	Bachelor's degree in Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2558
Project Advisor	Assoc.Prof. Jirawath Parnklang

ABSTRACT

The purposes of this thesis are to examine and design high efficiency current mode lighting LED driver circuit. This circuits are design the lighting system by using LED and the solar cell as a source of energy. We select warm white 3 W LED that can drive with current mode circuit. The power source of the system is sunlight energy storage during the daytime to charge 7 Ah lead-acid battery with pulse width modulation technique. We control power supplies with the intelligent circuit of power management. This circuit can be check remaining battery capacity in order not to use more than minimum limit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง (The circuit of LED driver current mode with high efficiency) นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง ที่ให้คำแนะนำตลอดการทำงาน และให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ รวมถึงเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำโครงงานครั้งนี้เป็นอย่างดี ยิ่งนอกจากนี้ต้องขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่สอนวิชาความรู้และให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ ต้องขอขอบคุณและขอบใจครอบครัวและเพื่อนๆของคณะผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจและถามไถ่ความเป็นไปของโครงงานอยู่เสมอทำให้คณะผู้จัดทำมีกำลังใจที่จะทำโครงงานและรายงานฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วง

ศศิชา อวยพร

ญาศิกาญจน์ เสริมพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูปภาพ.....VII

สารบัญตาราง.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 แนวคิดพื้นฐาน.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน.....2

1.4 องค์ประกอบของโครงงานการวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์.....3

2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....3

2.1.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....4

2.1.3 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์.....6

2.1.4 สมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....8

2.1.5 ปัจจัยที่ลดทอนประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์.....9

2.2 วงจรอัดประจุ.....11

2.2.1 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่.....11

2.2.2 การอัดประจุแบบกระแสคงที่.....11

2.2.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.4 การอัดประจุแบบรวม....12

2.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ....12

2.3.1 การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก....13

2.3.2 การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ....15

2.4 วงจรชมิตทริกเกอร์....16

2.5 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด....20

2.5.1 แบตเตอรี่ชนิดที่มีแผ่นธาตุเป็นกริดและสารอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว....20

2.5.2 แบตเตอรี่ชนิดเจล....21

2.5.3 แบตเตอรี่ชนิด Stationary Tubular Plate....21

2.5.4 แบตเตอรี่ชนิดบล็อก....21

2.5.5 พฤติกรรมและลักษณะการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด....21

2.6 ทฤษฎีหลอดไฟแอลอีดี....25

2.6.1 หลักการให้แสงสว่างของหลอดไฟแอลอีดี....25

2.6.2 สีของแอลอีดี....25

2.6.3 แอลอีดีชนิด SMD....26

2.6.4 แอลอีดีชนิด COB....27

บทที่ 3 หลักการออกแบบและสร้างวงจร....28

3.1 การออกแบบการทำงานของวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง....28

3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร....29

3.3 การออกแบบวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger....29

3.3.1 การออกแบบแรงดันอ้างอิง....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.2 การออกแบบเงื่อนไขในการประจุแบตเตอรี่และหยุดประจุแบตเตอรี่ของวงจร.....30
3.3.3 การออกแบบสัญญาณไฟแอลอีดีบอกสถานะของการทำงาน.....31
3.3.4 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานเมื่อแบตเตอรี่เต็มและหยุดการทำงานเมื่อแบตเตอรี่อ่อนของโหลด.....32
3.3.5 การออกแบบวงจรป้องกัน.....33
3.3.6 การออกแบบ Schematicของวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger.....34
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....35
4.1 การทดสอบดึงกระแสของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 12 V 0.27 A.....35
4.2 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR ในสภาวะแบตเตอรี่อ่อน.....36
4.3 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR ในสภาวะแบตเตอรี่เต็ม.....38
4.4 การทดสอบระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR.....39
4.5 การทดสอบคุณสมบัติกระแสและแรงดันที่โหลดภาระ.....40
บทที่ 5 บทสรุป.....42
เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ภาพแสดงหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....5

2.2 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม.....6

2.3 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน.....7

2.4 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน.....7

2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสกับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....8

2.6 ภาพแสดงแบบจำลองคุณลักษณะทางสถิตของเซลล์แสงอาทิตย์.....9

2.7 ผลของอุณหภูมิต่อแรงดันวงจรเปิดและกระแสลัดวงจร.....10

2.8 ผลของความต้านทานอนุกรม ต่อลักษณะกระแสและแรงดัน.....10

2.9 ผลของความต้านทานShuntต่อลักษณะกระแสและแรงดัน.....10

2.10 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่าย.....12

2.11 ลักษณะวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก.....14

2.12 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก.....14

2.13 ลักษณะวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ.....15

2.14 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ.....16

2.15 วงจรชมิตทริกเกอร์เบื้องต้น.....17

2.16 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรชมิตทริกเกอร์.....18

2.17 สัญญาณในวงจรชมิตทริกเกอร์.....19

2.18 การเลื่อนเฟสสัญญาณเอาท์พุทของวงจรชมิตทริกเกอร์.....20

2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับCharge cut-off voltage.....23

2.20 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการอัดและคายประจุ.....24

2.21 กราฟแสดงระดับสีของแอลอีดี.....26

2.22 ภาพแสดงตัวอย่างแอลอีดีชนิด SMD.....27

2.23 ภาพแสดงตัวอย่างแอลอีดีชนิด COB.....27

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.2 การออกแบบแรงดันอ้างอิง.....29

3.3 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้ประจุแบตเตอรี่หรือหยุดประจุแบตเตอรี่.....30

3.4 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันแสดงสถานะไฟแอลอีดี.....31

3.5 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานของโหลด.....32

3.6 การออกแบบวงจรป้องกัน.....33

3.7 ภาพแสดงSchematic ของวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger.....34

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{out} กับ V_{out} ของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 12 V 270 mA.....36

4.2 แรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ในสภาวะแบตเตอรี่อ่อน.....37

4.3 แรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ในสภาวะแบตเตอรี่เต็ม.....39

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่.....40

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{out} กับ V_{out} ของโหลดภาระ.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการทดสอบแผงโซล่าเซลล์ขนาด 18 V 0.27 A เมื่อได้รับแสงอาทิตย์.....35

4.2 ผลการทดสอบแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR ในสภาวะแบตเตอรี่อ่อน.....37

4.3 ผลการทดสอบแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR ในสภาวะแบตเตอรี่เต็ม.....38

4.4 ผลการทดสอบระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 V 7Ah/20HR.....39-40

4.5 การทดสอบคุณสมบัติกระแสแรงดันที่โหลดภาระ.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดพื้นฐาน

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาเรื่องความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในทุกปีโดยแต่ละปีเพิ่มขึ้นถึงปีละกว่า 1,300 เมกะวัตต์และในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นอีก เราจึงต้องคิดค้นหาวิธีแก้ไขปัญหาโดยหนึ่งตัวเลือกที่ดีในการช่วยแก้ไขปัญหาก็คือการเลือกใช้หลอดไฟแบบแอลอีดีแทนหลอดไฟแบบเดิมในปัจจุบัน เนื่องจากการใช้หลอดไฟแบบแอลอีดีมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสามารถให้ความสว่างได้เทียบเท่ากับการใช้หลอดไฟแบบไส้ แต่จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 8 เท่าและมีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไฟแบบไส้ 10 - 15 เท่า หรือเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟแบบคอมเพคฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟแบบตะเกียบแล้วพบว่าหลอดไฟแบบแอลอีดีสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 2 เท่าและมีอายุการใช้งานนานกว่า 2.5 เท่า นอกจากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยการการใช้หลอดไฟแบบแอลอีดีแล้วการนำพลังงานทดแทนที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษมาเป็นแหล่งพลังงานก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหาโดยพลังงานทดแทนที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายคือพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไปและสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นได้ทั้ง พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

หากเราสามารถนำพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานเข้ากับหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างเพื่อเป็นการริเริ่มแนวคิดในการทำหลอดไฟส่องสว่างที่สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าหลอดไฟในปัจจุบัน

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อได้ผ่านการศึกษาและทดสอบการใช้งานของวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างจะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของวงจรส่วนประกอบทั้ง วงจรประจุแบตเตอรี่ที่สามารถควบคุมการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่และขับหลอดไฟแอลอีดี อีกทั้งจะทำให้เกิดทักษะในการนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 องค์ประกอบของโครงงานการวิจัย

1).เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานจ่ายแรงดันไฟฟ้า 18 V

2).วงจรประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาดความจุ 7 Ah ที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ที่ถูกเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าแล้วอีกทั้งยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่และขับกระแสให้หลอดไฟแอลอีดีขนาด 3 W

3).ไฟแอลอีดีขนาด 3 W

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1).ช่วยพัฒนาแนวคิดในการนำพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์กับเทคโนโลยีในปัจจุบันและอนาคต

2).ช่วยพัฒนาแนวคิดในการออกแบบวงจรทั้งวงจรประจุแบตเตอรี่และวงจรควบคุมการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่เพื่อสามารถนำไปต่อยอดในการประยุกต์ใช้กับงานในรูปแบบอื่น

3).ช่วยพัฒนาแนวคิดในการออกแบบชุดวงจรขับหลอดไฟแอลอีดีที่สามารถให้แสงสว่างและประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสร้างจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon) มาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้นทำให้สามารถทำงานได้

2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก (Crystalline Solar Cell) มีความแตกต่างกันตามชนิดของสารกึ่งตัวนำตั้งต้น (Semiconductor Material) เช่น ซิลิคอน (Si) และแกเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GaAs) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ผลึกซิลิคอนมีกรรมวิธีในการผลิตหลายวิธีจึงมีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมขึ้นกับราคาและวัตถุประสงค์การใช้งานได้แก่ แบบผลึกเดี่ยว (Singlecrystalline silicon cell) แบบแผ่นฟิล์มบาง (Silicon ribbon cells) แบบหลายผลึก (Polycrystalline silicon cell) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่มนี้ได้รับการยอมรับในเชิงพาณิชย์และมีประสิทธิภาพ 10 – 15%

2.1.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin film Solar cells) ประกอบด้วย เซลล์ที่ผลิตจากอะมอฟัสซิลิคอน,เซลล์ที่ผลิตจากแคดเมี่ยมเทลลูไลด์ (CdTe) และเซลล์ที่ผลิตจากคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลเนียม (CIGS) มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์และมีประสิทธิภาพ 6 - 10 % ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพจะน้อยกว่าเซลล์ชนิดผลึก แต่ข้อดีคือมีราคาถูกและเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

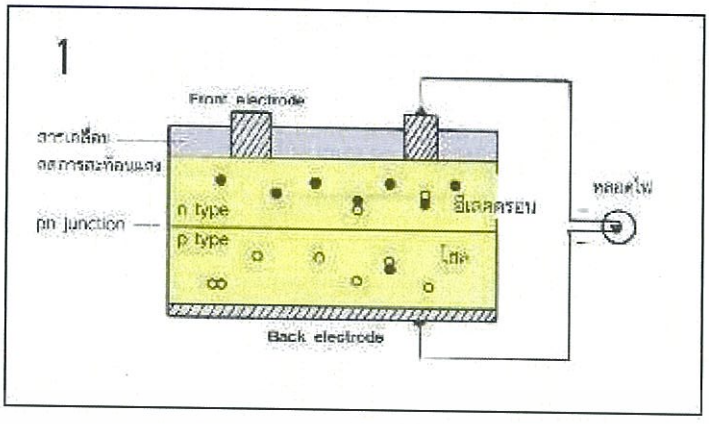
2.1.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

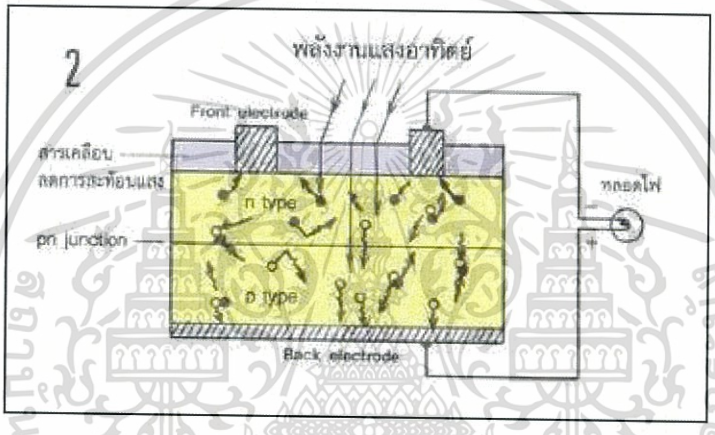
ขั้นตอนที่ 1: n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้ใส่สารฟอสฟอรัสเพื่อควบคุมให้มีการนำไฟฟ้าลงไปมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้ใส่สารโบรอนเพื่อควบคุมให้มีการนำไฟฟ้าลงไปทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

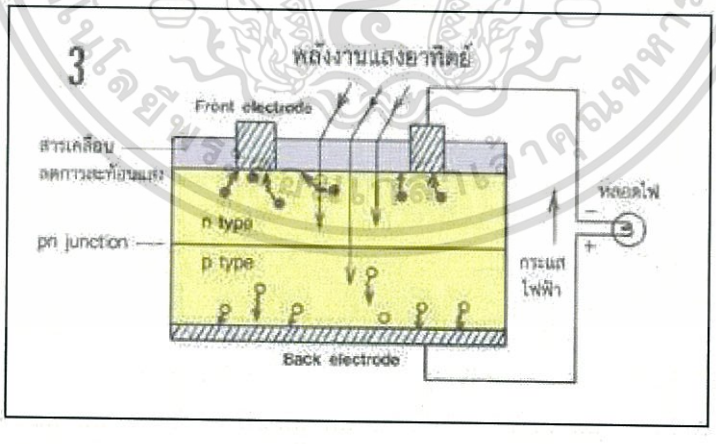
ขั้นตอนที่ 2: เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type

ขั้นตอนที่ 3: อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







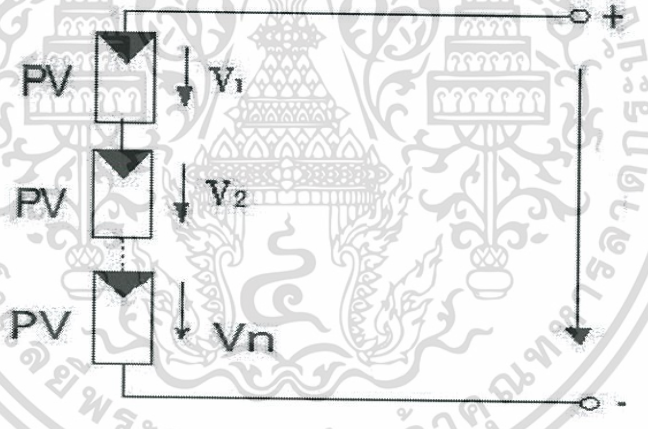
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปจะทำเป็นแผงหรือเรียกว่า โมดูล (PV Module) โดยโมดูล ประกอบไปด้วยเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆเซลล์มาประกอบเข้าด้วยกันแล้วใช้กระจกเป็นแผ่นปิดด้านบน ส่วนด้านล่างจะปิดด้วยวัสดุที่เหมาะสมตามที่โรงงานผลิตซึ่งจะช่วยป้องกันเซลล์แสงอาทิตย์จากความชื้น การขีดข่วน การแตกหักจากการกระแทก ขนาดของแผงโซล่าเซลล์จะบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Volts) ของแผงโซล่าเซลล์จะต้องดูจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแต่ละผู้ผลิตตาม รุ่น ยี่ห้อ นั้นๆ การออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เราสามารถนำแผงโซล่าเซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรม หรือแบบขนาน หรือแบบผสมผสาน เพื่อให้ได้ขนาดแรงดันและกระแสตามความต้องการ โดยการออกแบบเราต้องพิจารณาค่าแรงดันสูงสุดที่แผงโซล่าเซลล์สามารถจ่ายออกมาได้รวมทั้งความสามารถทนแรงดันสูงสุดในระบบของแผงโซล่าเซลล์

2.1.3.1 การต่อโมดูลโซล่าเซลล์ (PV Module) แบบอนุกรม (Series Connection)



รูปที่ 2.2 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

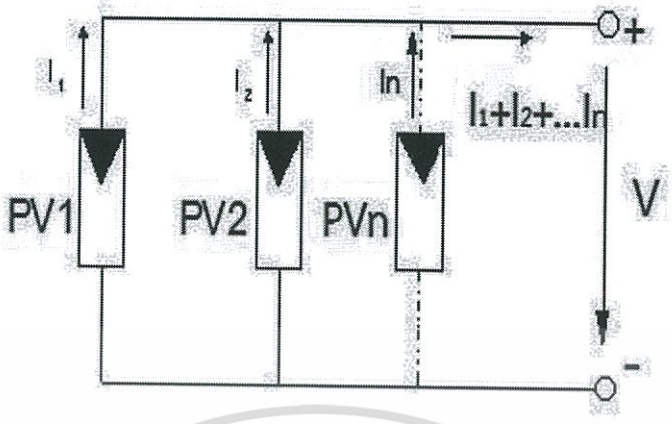
การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรมจะทำให้ได้ค่าแรงดันของโซล่าเซลล์เพิ่มขึ้นตามจำนวนของแผงที่ต่อร่วมกันแต่มีข้อควรระวังคือ หากนำโมดูลโซล่าเซลล์ที่จ่ายกระแสไม่เท่ากันมาต่อร่วมกัน กระแสรวมที่ได้จะมีค่าเท่ากับกระแสของโมดูลโซล่าเซลล์ที่จ่ายกระแสได้ต่ำที่สุดการคำนวณหาค่ากระแส (I) และแรงดัน (V) รวมของระบบสำหรับการต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

แรงดันรวมของระบบ $(V) = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$ (2.1)

กระแสรวมของระบบ $(I) = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$ (2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) แบบขนาน (Parallel Connection)



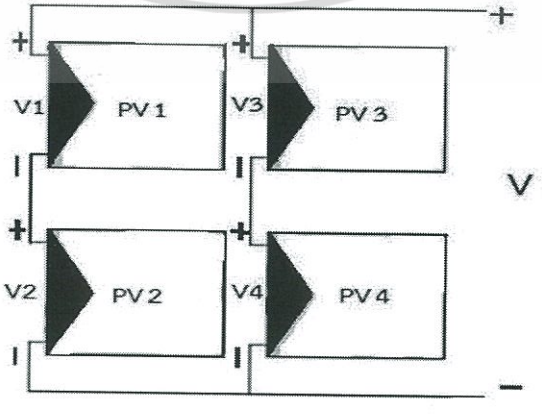
รูปที่ 2.3 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน

การต่อโมดูหรือแผงโซล่าเซลล์แบบขนานจะทำให้ได้ค่าแรงดันของระบบ มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์โมดูลที่นำมาต่อขนานกันแต่ได้ค่ากระแสเพิ่มขึ้นตามจำนวนของโมดูลที่ต่อร่วมกันดังนั้นการต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน ควรจะต้องใช้แผงที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน ในการต่อใช้งานในระบบ มิเช่นนั้นกระแสไฟฟ้าของแผงที่มีค่าแรงดันมากกว่าจะไหลไปเข้าแผงที่มีแรงดันน้อยกว่า จนทำให้แผงที่มีแรงดันน้อยกว่าเป็นโหลดในระบบได้การคำนวณหาค่ากระแส (I) และแรงดัน (V) รวมของระบบสำหรับการต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน

แรงดันรวมของระบบ $(V) = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$ (2.3)

กระแสรวมของระบบ $(I) = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$ (2.4)

2.3.1.3 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) แบบผสมผสาน (Mix Connection)



รูปที่ 2.4 การต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) แบบผสม เป็นการต่อร่วมกันระหว่างแบบอนุกรมกับแบบขนานเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ส่วนการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสยังใช้หลักการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าทั่วๆไป การต่อร่วมกันแบบผสมผสานก็จะต้องหาค่าผลรวมของระบบเป็นส่วนๆไปการคำนวณหาค่ากระแส (I) และแรงดัน (V) รวมของระบบสำหรับการต่อโมดูลหรือแผงโซล่าเซลล์แบบผสมผสาน ดังตัวอย่างเมื่อใช้การต่อแบบอนุกรม 2 ชุด มาต่อขนานกัน 2 ชุด ได้ผลรวมรูปที่ 2.4

แรงดันรวมของระบบ

$$(V) = (V_1 + V_2) = (V_3 + V_4) \quad (2.5)$$

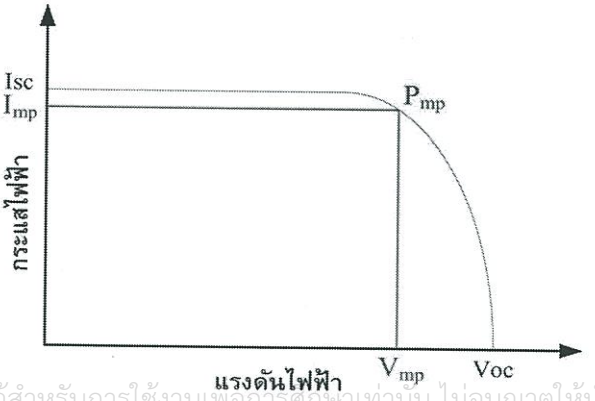
กระแสรวมของระบบ

$$(I) = [\{I(PV_1) = I(PV_2)\} + \{I(PV_3) = I(PV_4)\}] \quad (2.6)$$

2.1.4 สมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.4.1 กระแสและแรงดันไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเป็นกระแสตรง โดยที่แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นกับความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแผงเซลล์ รูปที่ 2.5 แสดงกราฟกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อต่อกับโหลดที่แปรค่าตั้งแต่สภาวะวงจรลัด ถึงสภาวะวงจรเปิดโดยตัดแกนตั้งที่แรงดันเป็นศูนย์จะได้ค่ากระแสที่สภาวะวงจรลัด (Short circuit current : I_{sc}) ส่วนจุดตัดแกนนอนที่กระแสเท่ากับศูนย์จะได้ค่าแรงดันขณะวงจรเปิด (Open circuit voltage : V_{oc}) เมื่อนำค่ากระแสคูณกับแรงดันก็จะได้กำลังของเซลล์แสงอาทิตย์ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเรียกว่า Power at maximum point หรือ P_{max} ส่วนกระแสกับแรงดันที่จุดนี้เรียกว่า กระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Current at maximum point : I_{max}) กับแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Voltage at maximum power point : V_{max}) ตามลำดับ

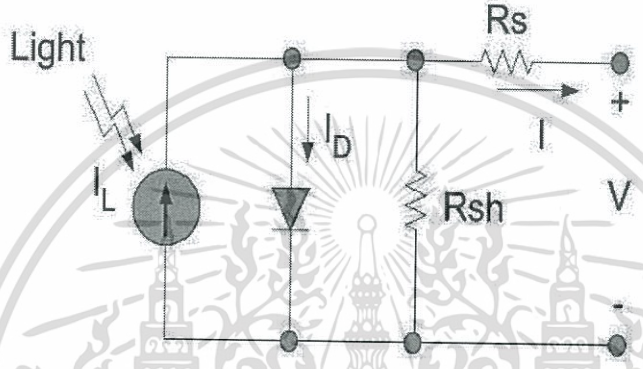


รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์กระแสกับแรงดันไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V Curve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 วงจรสมมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแทนด้วยวงจรสมมูล (Equivalent circuit) ดังรูปที่ 2.6 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อขนานกับไดโอด และ R_{sh} แล้วจึงต่ออนุกรมกับ R_s โดยกำหนดให้แหล่งจ่ายกระแสเป็นแบบกระแสคงที่ ซึ่งแปรผันตามความเข้มแสงความต้านทานอนุกรม (R_s) เป็นค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นจากจุดเชื่อมต่อ(Wiring contact) ระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับเซลล์ ส่วนความต้านทานชั้นท์ (R_{sh}) เกิดขึ้นเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าในลักษณะไบอัสย้อนกลับให้กับไดโอด

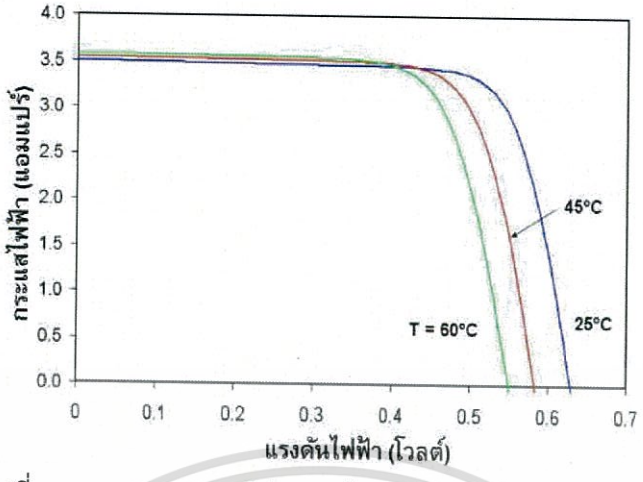


รูปที่ 2.6 ภาพแสดงแบบจำลองคุณลักษณะทางสถิตย์ของเซลล์แสงอาทิตย์

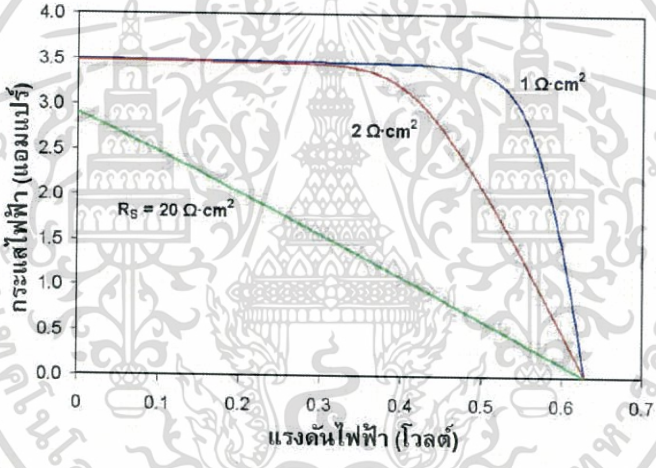
2.1.5 ปัจจัยที่ลดทอนประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นกับทั้งปัจจัยภายนอกและสมบัติของเซลล์ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มของรังสีอาทิตย์ ความต้านทาน Shunt และความต้านทานอนุกรม เป็นต้น โดยที่ประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นั่นคือสภาวะที่อุณหภูมิสูงระยะห่างของแถบพลังงานจะลดลง เป็นผลให้แรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าน้อยลงแต่ไม่ทำให้กระแสลัดวงจรเปลี่ยนแปลงนัก (รูปที่ 2.7) ทั้งนี้กระแสลัดวงจรหรือกระแสสูงสุดจะลดลงเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าน้อย เช่น ในวันที่ท้องฟ้ามืด มีเมฆบดบัง การบังเงาเนื่องจากต้นไม้ เป็นต้น ความต้านทานอนุกรมเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันขาออกมีค่าลดลงแต่ไม่มีผลต่อค่าแรงดันวงจรเปิดหรือกล่าวได้ว่า ความต้านทานอนุกรมทำให้ค่าฟิลด์แฟกเตอร์ลดลง หากค่านี้มีมากๆจะทำให้กระแสลัดวงจรและ IV-curve เป็นเส้นตรงดังรูปที่ 2.8 ค่าความต้านทาน Shunt ลดลงมากจะเป็นผลทำให้แรงดันวงจรเปิดและกระแสลัดวงจรมีค่าลดลงดังรูปที่ 2.9

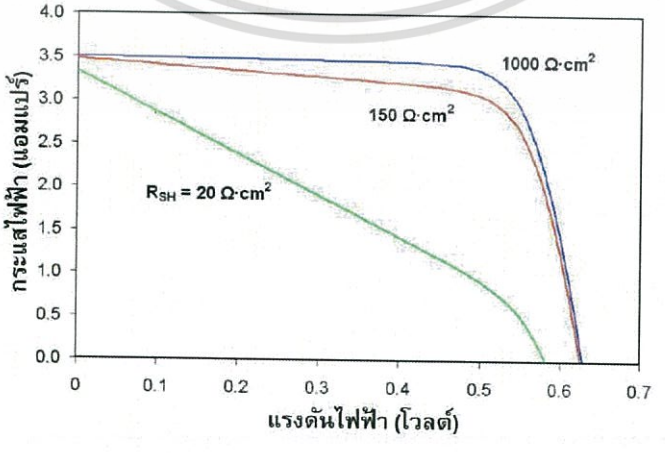
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ผลของอุณหภูมิต่อแรงดันวงจรเปิดและกระแสลัดวงจร



รูปที่ 2.8 ผลของความต้านทานอนุกรมต่อลักษณะกระแสและแรงดัน



รูปที่ 2.9 ผลของความต้านทาน Shunt ต่อลักษณะกระแสและแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรอัดประจุไฟฟ้า

การอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการใช้กระแสค่าต่ำๆ (Trickle Method) วิธีการใช้กระแสที่วิธีการใช้พัลส์ของกระแส และวิธีการใช้กระแสที่มีค่าลดลงเรื่อยๆ (Taper Current) นอกจากนี้การอัดประจุยังสามารถแบ่งเป็นหลายช่วง ได้แก่ในช่วง Soft Start จะเป็นการปรับสภาพแบตเตอรี่ให้พร้อมกับการอัดประจุ โดยในช่วงนี้กระแสจะค่อยๆเพิ่มขึ้นสู่กระแสสูงสุดในเวลาประมาณ 2 นาที ช่วง Fast Charge จะเป็นช่วงหลักของการอัดประจุโดยค่ากระแสเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง C/2 ถึง 4C ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเครื่องอัดประจุ เมื่อจบช่วง Fast Charge แบตเตอรี่จะเต็มถึงประมาณ 80-90% หลังจากนั้นจะเป็นช่วง Topping Charge เพื่อเติมประจุให้เต็มอยู่เสมอ ในสองช่วงนี้กระแสเฉลี่ยจะอยู่ประมาณ C/10 และ C/40 ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละช่วงอาจใช้กระแสที่มีค่าไม่คงที่โดยอาจใช้กระแสที่มีลักษณะเป็นพัลส์หรือเป็นพัลส์บวกสลับกับพัลส์ลบสั้นๆ

วิธีการตรวจสอบว่าแบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุจนเต็มแล้วหรือไม่มีหลายวิธี เช่น การตรวจความเปลี่ยนแปลงของแรงดันของแบตเตอรี่ (Voltage Slope Termination) การตรวจจับอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temperatures Termination) และการจับเวลา (Time Termination) เครื่องอัดประจุไฟฟ้าโดยทั่วไปมักจะใช้มากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อเพิ่มความแม่นยำและป้องกันการอัดประจุเกิน โดยการอัดประจุสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.2.1 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

การอัดประจุแบบนี้ต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็ม (Fully Charge) เสมอ โดยจะต้องระวังในเรื่องการอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาท์พุทมีเสถียรภาพพร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้นโดยใช้ Constant Current Regulation และในตอนท้ายของการอัดประจุกระแสจะลดลงอย่างอัตโนมัติ

2.2.2 การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)

การอัดประจุวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิเหมือนการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ แต่มีข้อเสียที่ต้องระวังเรื่องเวลาการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอัดประจุด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสสูงๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้น การอัดประจุด้วยอัตรากระแสสูงทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไปส่งผลให้อายุของแบตเตอรี่มีค่าลดลง

2.2.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered Current Charging)

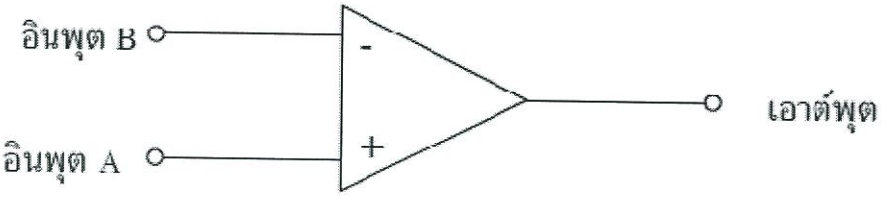
เป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายไม่ซับซ้อน ราคาถูก ซึ่งวงจรการอัดประจุนี้ประกอบด้วยหม้อแปลง วงจรเรียงกระแส และค่าความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับจำกัดกระแส การอัดประจุวิธีนี้สามารถใช้แทนการอัดประจุแบบกระแสคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลายๆลูกในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ Trick Charge ได้ด้วย

2.2.4 การอัดประจุแบบรวม (Combination Charging : Two-Step)

วิธีการนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Two-Rate โดยการนำเอาการอัดประจุแบบกระแสคงที่และแบบแรงดันคงที่รวมเข้าด้วยกัน โดยในการอัดประจุขั้นแรกนั้นจะใช้วิธการอัดประจุเร็ว และขั้นที่สองจะใช้การอัดประจุด้วยกระแสต่ำ การสวิตซ์จากขั้นแรกไปขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ การควบคุมเวลาในการอัดประจุ และ การตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน โดยมากจะใช้ออปแอมป์ (Op-Amp) มาเป็นตัวแสดงผลซึ่งสภาวะเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจะสามารถบอกได้ว่าสัญญาณอินพุทสองสัญญาณ สัญญาณใดมีค่ามากหรือน้อยกว่ากัน ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจึงเป็นวงจรที่มีอินพุทเป็นสัญญาณอนาลอก (Analog) และมีเอาท์พุตเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่ายแสดงดังในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 จะได้ว่าแรงดันเอาท์พุตของวงจร (V_o) จะมีค่าเป็น

$$V_o = (V_{inA} - V_{inB})A_{vol} \tag{2.7}$$

โดยที่A_{vol}คืออัตราขยายแรงดันเปิดลูป (Open-Loop Voltage Gain) ของออปแอมป์ส่วนV_{inA}และ V_{inB}เป็นค่าแรงดันจากอินพุต A และ B ตามลำดับเมื่อเทียบกับจุดกราวด์จะได้ว่าถ้าV_{inA}มีค่ามากกว่า V_{inB}เทอมในวงเล็บในสมการ (2.7) จะมีค่าเป็นบวกและออปแอมป์ในอุดมคติจะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นค่าบวกอนันต์ (Infinity) ถ้าV_{inA}มีค่าน้อยกว่าV_{inB}แล้วเทอมในวงเล็บของสมการตัวนี้จะมีค่าเป็นลบและออปแอมป์ในอุดมคติจะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นค่าลบอนันต์แต่ในทางปฏิบัติแรงดันเอาต์พุตนี้ถูกจำกัดโดยแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงและวงจรภายในของออปแอมป์ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงประมาณ 1โวลต์และเรียกค่าแรงดันนี้ว่าแรงดันอิ่มตัว (Saturation Voltage : V_{SAT}) ดังนั้นถ้าสมมติว่าแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงมีค่าเป็น ±15 โวลต์แล้วV_{SAT+} ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ±14โวลต์และ V_{SAT-}จะมีค่าเท่ากับ –14 โวลต์แต่ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงมีขั้วเดียว (Unipolar) เช่น +30 โวลต์จะได้ค่า V_{SAT+} ประมาณ +29 โวลต์และจะมีค่าและ V_{SAT-}ประมาณ +1 โวลต์ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณจึงมีสองสภาวะคือ

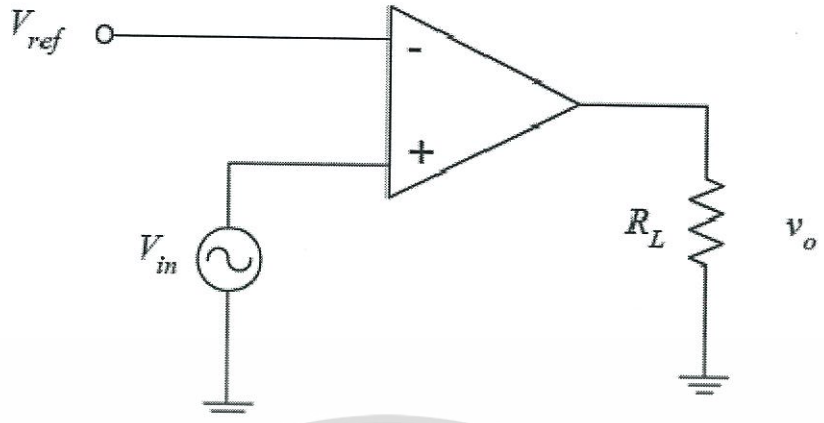
$$V_{out} = \begin{cases} V_{SAT^+} \; ; V_{inA} > V_{inB} \\ V_{SAT^-} \; ; V_{inA} < V_{inB} \end{cases} \tag{2.8}$$

ในการเปรียบเทียบสัญญาณของวงจรเปรียบเทียบสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้คือ

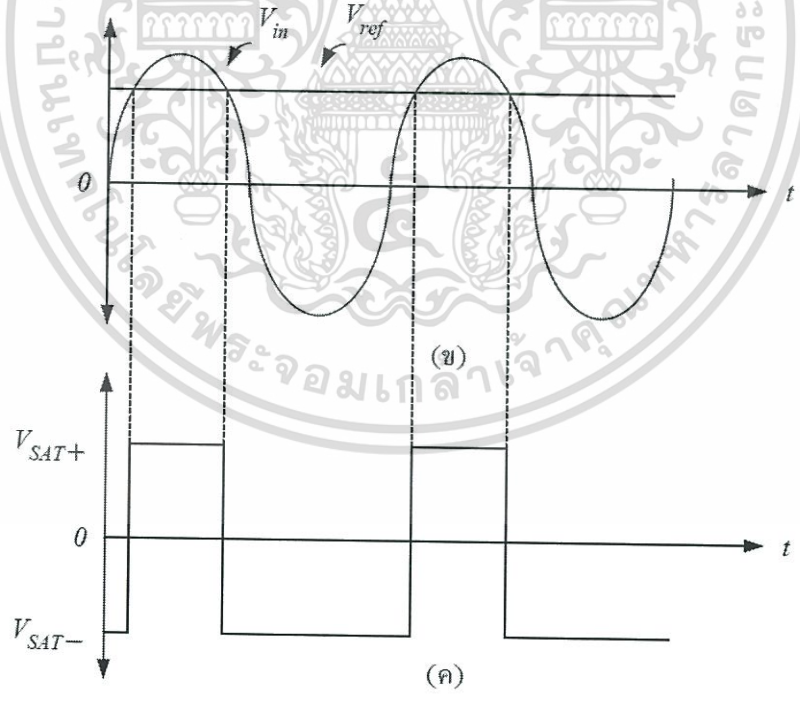
2.3.1 การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก

ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวกแสดงดังในรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้แรงดันอ้างอิงV_{ref} ป้อนเข้าที่อินพุทขั้วลบส่วนสัญญาณที่มาจากแหล่งกำเนิด V_{in} ป้อนเข้าที่อินพุทขั้วบวกถ้าสมมุติให้สัญญาณอินพุทและสัญญาณV_{ref} มีลักษณะดังรูปที่ 2.12 (ข) จะทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ลักษณะวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก



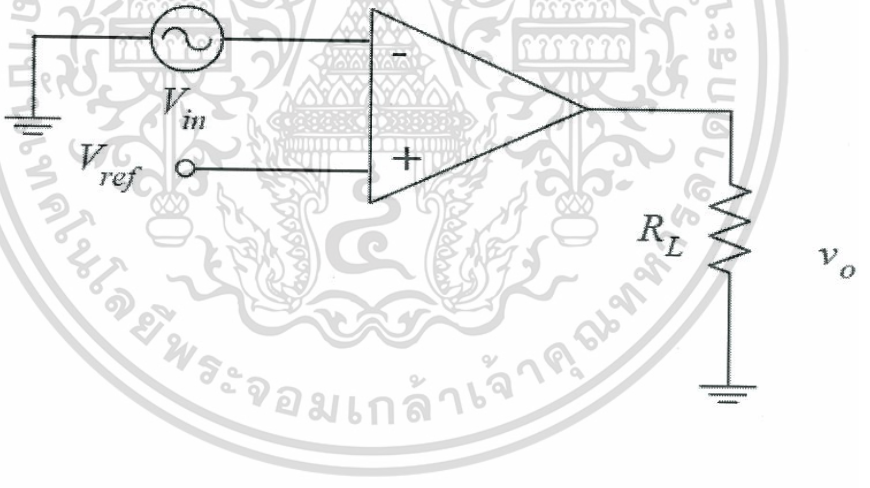
รูปที่ 2.12 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปนี้จะพบว่าแรงดันเอาต์พุตมีการเปลี่ยนสภาวะจาก V_{SAT-}ไปเป็นV_{SAt+}หรือจาก V_{SAT+}ไปเป็น V_{SAT-} ตรงจุดที่แรงดันอินพุต V_{in} มีค่าเท่ากับสัญญาณแรงดันV_{ref}และเมื่อสังเกตสัญญาณเอาต์พุตจะพบว่าเมื่อ $V_{in} > V_{ref}$จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT+}และเมื่อ $V_{in} < V_{ref}$จะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT-}ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณในกรณีนี้จึงเรียกว่าวงจรตรวจจับผ่านศูนย์แบบไม่กลับเฟส (Noninverting Zero Crossing Detector)

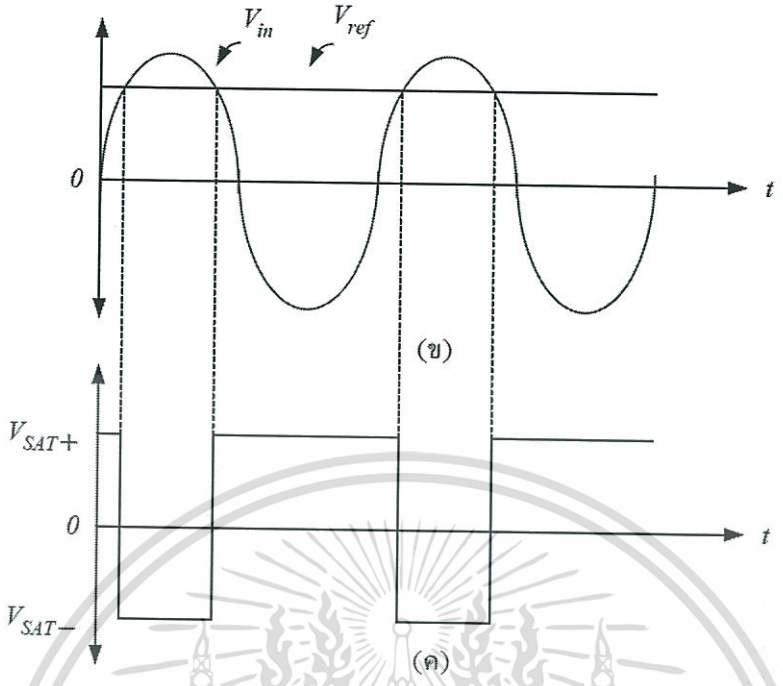
2.3.2 การเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ

ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบแสดงดังในรูปที่ 2.13 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้แรงดันอ้างอิงV_{ref} ป้อนเข้าที่อินพุตขั้วบวกส่วนสัญญาณที่มาจากแหล่งกำเนิด V_{in}ป้อนเข้าที่อินพุทขั้วลบถ้าสมมติให้สัญญาณอินพุทและสัญญาณV_{ref} มีลักษณะดังรูปที่ 2.14 (ข) จะทำให้ได้สัญญาณเอาท์พุตมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ค)



รูปที่ 2.13 ลักษณะของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าที่ขั้วลบ

จากรูปนี้จะพบว่าแรงดันเอาต์พุตมีการเปลี่ยนสภาวะจาก V_{SAT+} ไปเป็น V_{SAT-} หรือจาก V_{SAT-} ไปเป็น V_{SAT+} ตรงจุดที่แรงดันอินพุต Vin มีค่าเท่ากับสัญญาณแรงดันVrefและเมื่อสังเกตสัญญาณเอาต์พุตจะพบว่าเมื่อ Vin>Vrefจะให้ค่าเอาต์พุตเป็นV_{SAT-}และเมื่อ Vin <Vrefจะให้ค่าเอาต์พุตเป็น V_{SAT+} ดังนั้นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณในกรณีนี้จึงเรียกว่าวงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบกลับเฟส (Inverting Comparator) และในกรณีนี้ถ้าหากให้สัญญาณแรงดันอ้างอิงVrefมีค่าเป็น 0 โวลต์วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแบบนี้จะเรียกว่าวงจรตรวจจับผ่านศูนย์แบบกลับเฟส (Inverting Zero Crossing Detector)

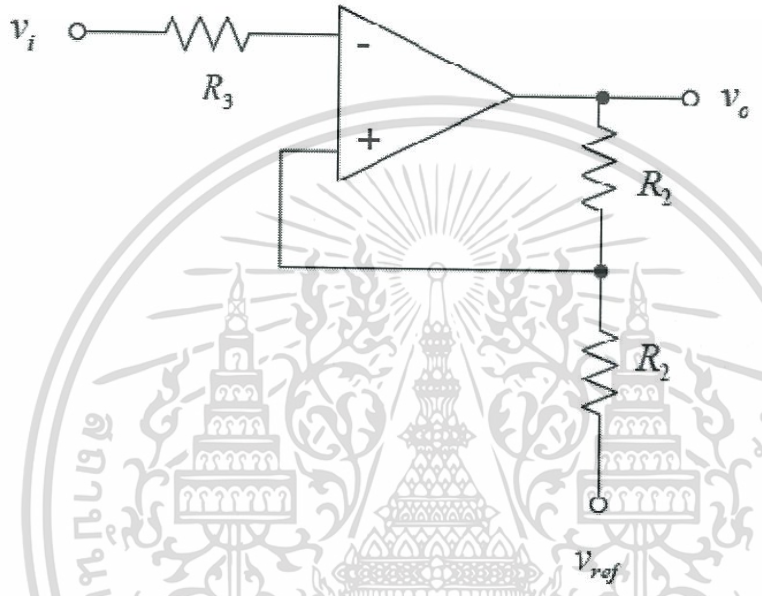
2.4 วงจรชมิตทริกเกอร์

วงจรชมิตทริกเกอร์เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันสัญญาณอีกแบบหนึ่งซึ่งมีการต่อป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) วงจรนี้อาจจะเรียกอีกอย่างว่าวงจร Regenerative Comparator แรงดันอินพุตถูกป้อนเข้าที่ขั้วขาเข้ากลับเฟส (-) และแรงดันป้อนกลับจะป้อนเข้าที่ขั้วขาไม่กลับเฟส (+) แรงดันอินพุต V_{in} ก็จะมีการกระตุ้นแรงดันเอาต์พุต V_o ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ขั้วอินพุตทั้งสองโดยที่ระดับแรงดันเหล่านี้คือแรงดันเทรสโฮลด์ด้านสูง (Upper threshold voltage ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{UT}) และแรงดันเทรสโฮลด์ด้านต่ำ (Lower threshold voltage , V_{LT}) ผลต่างของระดับแรงดันทั้งสองนี้เรียกว่าความกว้างของฮิสเตอรีซิส (Hysteresis width) เราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันเหล่านี้ได้โดยสมมติว่าแรงดันเอาต์พุต V_o เท่ากับ V_{SAT+}ดังนั้นแรงดันที่ขั้วขาไม่กลับเฟสจะมีค่าเป็น

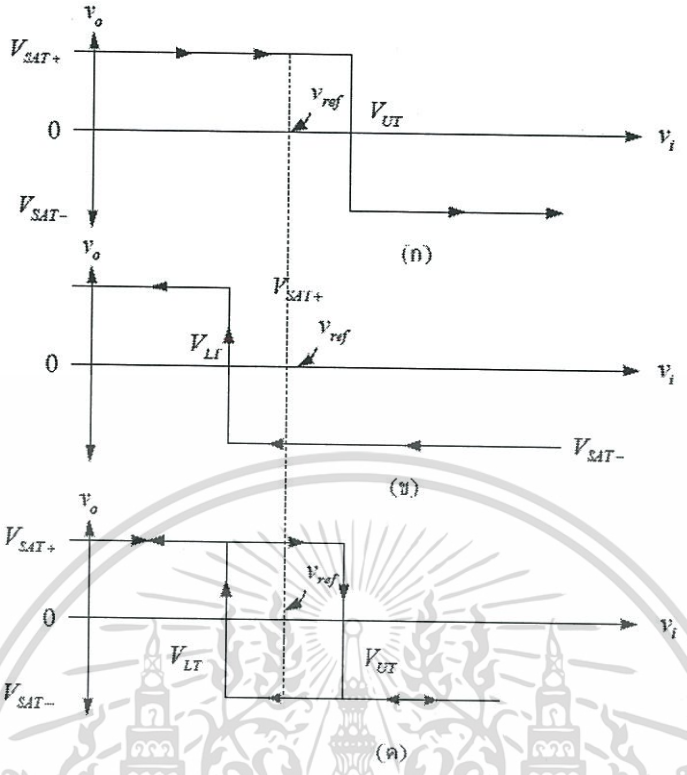
$$V_{ref} + \frac{R_2}{R_1+R_2}(V_{SAT^+} - V_{ref}) = V_{UT} \quad (2.9)$$



รูปที่ 2.15 วงจรชมิตทริกเกอร์เบื้องต้น

เมื่อใดก็ตามที่แรงดันอินพุต V_in มีค่าน้อยกว่า V_{UT}แรงดันเอาต์พุตV_oก็ยังคงมีค่าเป็น V_{SAT+} เมื่อ V_{in} มาถึงจุดที่มากกว่า V_{UT}เอาต์พุตจะเปลี่ยนเป็น V_{SAT-} และแรงดันเอาต์พุตจะยังคงรักษาระดับแรงดันอยู่ที่ค่านี้ตราบเท่าที่ $V_{in} > V_{UT}$ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143953



รูปที่ 2.16 ลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรชมิตทริกเกอร์

เมื่อแรงดันเอาต์พุต V_o เท่ากับ V_{SAT-}แรงดันที่ขั้วขาไม่กลับเฟสจะมีค่าเป็น

$$V_{ref} + \frac{R_2}{R_1+R_2}(V_{SAT^-} - V_{ref}) = V_{LT} \qquad (2.10)$$

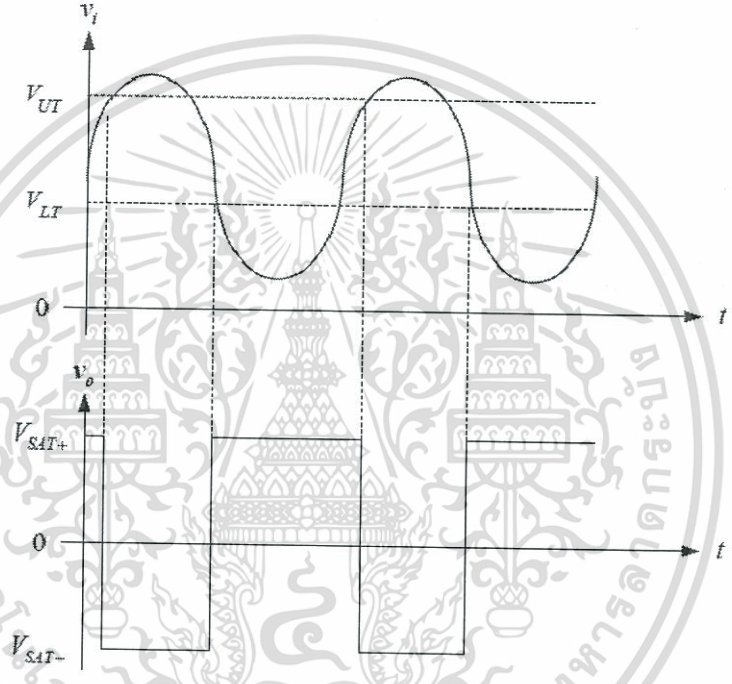
และแรงดันอินพุต Vi จะต้องมีค่าน้อยกว่า V_{LT}เพื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุตจาก V_{SAT-} เป็น V_{SAT+} ตามที่แสดงในรูปที่ 2.19 (ข) จะสังเกตเห็นได้ว่าเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจากV_{SAT-}เป็น V_{SAT+} เกือบจะทันทีลักษณะสมบัติการส่งถ่ายของวงจรชมิตทริกเกอร์ที่สมบูรณ์แสดงดังรูปที่2.19 (ค)

เป็นที่น่าสังเกตว่า V_{LT} จะมีค่าน้อยกว่า V_{UT} ความแตกต่างของทั้งสองสัญญาณนี้คือความกว้างของฮิสเตอรีซิส V_Hในกรณีที่ขนาดของ V_{SAT+} มีขนาดเท่ากับ V_{SAT-} สามารถหาค่า V_Hได้จากสมการ (2.11)

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{2R_2V_{SAT}}{R_1+R_2} \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าแรงดันสูงสุดจากยอดถึงยอดของ V_{in} มีค่าน้อยกว่า V_Hวงจรชมิตทริกเกอร์ก็จะตอบสนองให้แรงดันเอาต์พุตในทิศทางเดียวเท่านั้นอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือจากสมการ (2.11) จะพบว่าค่าความกว้างฮิสเตอรีซิส V_Hเป็นอิสระต่อV_{ref}ตัวต้านทานR3 ต่อไว้เพื่อชดเชยกระแสกระแสอินพุตไบอัสของออปแอมป์โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ R1//R2 นอกจากนี้ยังสามารถสร้างวงจรชมิตทริกเกอร์แบบไม่กลับเฟสโดยการสลับสัญญาณอินพุต V_{in} กับสัญญาณV_{ref}จากวงจรในรูปที่ 2.15 ประโยชน์ที่สำคัญของวงจรชมิตทริกเกอร์คือใช้เป็นวงจรที่เปลี่ยนแรงดันอินพุตที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาช้า (Slowly Varying Input Voltage)ให้เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สัญญาณในวงจรชมิตทริกเกอร์

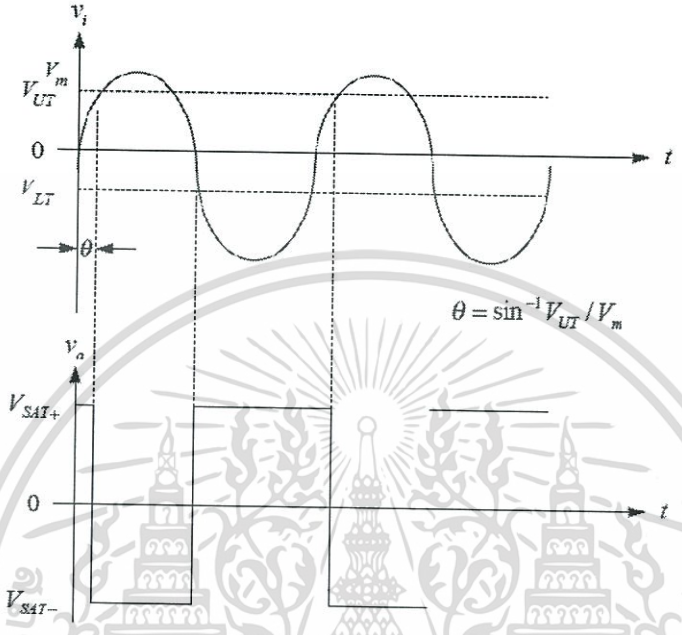
ถ้าวงจรชมิตทริกเกอร์ในรูปที่ 2.15 มีแรงดันV_{ref}เท่ากับศูนย์โวลต์จากสมการที (2.9) และ (2.10) ก็จะได้ว่า

$$V_{UT} = -V_{LT} = \frac{R_2 V_{SAT}}{R_1 + R_2} \qquad (2.12)$$

หากสัญญาณอินพุตเป็นความถี่รูปคลื่นซายน์โดยมีความถี่ f =1/T จะได้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่เอาต์พุทของวงจรชมิตทริกเกอร์แต่อย่างไรก็ตามเส้นแนวตั้งของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้จะไม่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกับที่สัญญาณรูปคลื่นซายน์ผ่านระดับศูนย์โวลต์พอดีแต่เส้นแนวตั้งนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นมุมθโดยที่ $\theta = \sin^{-1}V_{UT}/V_m$เมื่อ$V_m$คือแอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปคลื่นซายน์ดังแสดงรูปร่างสัญญาณไว้ในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเลื่อนเฟสสัญญาณเอาท์พุทของวงจรชมิตทริกเกอร์

2.5 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีแผ่นธาตุและชนิดของสารอิเล็กโทรต์ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ใช้สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่ แบตเตอรี่แบบที่มีแผ่นธาตุเป็นกริด (Grid Plate) และมีสารอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว แบตเตอรี่แบบเจล แบตเตอรี่แบบ tubular plate และแบตเตอรี่แบบบล็อก (OGi Block)

2.5.1 แบตเตอรี่ชนิดที่มีแผ่นธาตุเป็นกริด (Grid Plate) และสารอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว

แบตเตอรี่ชนิดนี้นิยมใช้งานในรถยนต์ สำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ซึ่งต้องการกระแสสูงในช่วงเริ่มสตาร์ท โดยการออกแบบให้มีแผ่นธาตุบางจำนวนหลายแผ่นเพื่อเพิ่มกระแสแก่แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้กับการคายและการอัดประจุที่กระแสสูงในช่วงเวลาสั้นๆแต่ไม่เหมาะสำหรับลักษณะการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งต้องการการคายและการอัดประจุที่กระแสไม่สูงนักแต่รอบเวลายาวนานหลายชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องมีการดัดแปลงแบตเตอรี่เพื่อให้ใช้ได้ดีกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์โดยเพิ่มความหนาของแผ่นธาตุ เพิ่มสารเคลือบแผ่นกริดและลดความเข้มข้นสารละลายกรด

2.5.2 แบตเตอรี่ชนิดเจล

อิเล็กโทรไลต์แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกทำให้เป็นเจลโดยการเพิ่มสารบางอย่างที่ช่วยในการจับตัว แบตเตอรี่ชนิดนี้มีข้อบกพร่องคือเสียหายได้ง่ายหากมีการอัดประจุเกินพิกัดจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าอย่างดี โดยไม่ให้เกินค่าที่ทำให้เกิดก๊าซเนื่องจากไม่สามารถระบายก๊าซออกได้และการตรวจสอบสภาวะการอัดประจุทำได้วิธีเดียวคือ การวัดแรงดันไฟฟ้า เจลแบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่ชนิดสารอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว จะพบว่าที่การคายประจุ 50% จะมีอายุการใช้งานถึง 1000 รอบ

2.5.3 แบตเตอรี่ชนิด Stationary Tubular Plate (Type OPzS and OPzV)

แบตเตอรี่ชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้งานประมาณ 15-20 ปี และระบบขนาดใหญ่ที่มีการทำงานตลอดทั้งปีแต่แบตเตอรี่จะมีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่ราคาสูงมาก โดยมีทั้งชนิดอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว (OPzs) และชนิดเจล (OPzV) ความแตกต่างจากแบตเตอรี่ชนิดอื่นที่การออกแบบอิเล็กโทรดด้านขั้วบวก (Positive Electrode) เป็นแบบหลอดซึ่งแข็งแรงทนทาน ทำใหมีอายุการใช้งานยาวนาน จะพบว่าที่การคายประจุ 50% จะมีอายุการใช้งานถึง 4500 รอบ ซึ่งสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นทุกชนิด

2.5.4 แบตเตอรี่ชนิดบล็อก (OGi Block)

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอิเล็กโทรดด้านขั้วบวกจะเป็นแผ่นแบนซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างแผ่นกริดและแผ่นที่มีลักษณะเป็นท่อ (Tubular Plate) เป็นส่วนประกอบของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดชนิดบล็อกซึ่งสามารถอัดประจุด้วยกระแสไฟฟ้าที่ต่ำได้และมีประสิทธิภาพการอัดประจุสูงประมาณ 95-98% และต้องการการบำรุงรักษาน้อยมากเพียง 2-3 ปีต่อครั้ง แบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีอายุการใช้งานถึง 3500 รอบ

2.5.5 พฤติกรรมและลักษณะการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

การใช้งานหรือเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดอย่างถูกต้องและเหมาะสมนั้นจำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมและลักษณะการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดนี้ก่อน โดยมีประเด็นหลักที่ควรพิจารณาทั้งหมด 6 ประเด็น ได้แก่

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5.1 ความจุของแบตเตอรี่

คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกไปหรือคายประจุได้จนกระทั่งหยุดจ่ายพลังงานหรือหยุดคายประจุ โดยความจุปกติของแบตเตอรี่ (Nominal Capacity : C_n) มีค่าเท่ากับค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ขณะคายประจุ (I_n) คูณด้วยเวลาทั้งหมดในการคายประจุจนหมด (t_n) ดังสมการที่ (2.13)

$$C_n = I_n \times t_n \tag{2.13}$$

ค่าความจุของแบตเตอรี่จะไม่คงที่โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าขณะคายประจุจนหมดและกระแสไฟฟ้าขณะคายประจุ

2.5.5.2 กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่

จากหลักการเดียวกันกับความจุของแบตเตอรี่ ค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับระเวลาในการอัดหรือการคายประจุ โดยค่ากระแสไฟฟ้าทั่วไปของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีดังต่อไปนี้

- ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดขณะอัดประจุ (Maximum Charge Current)

$$I_{20} = C_{20} / 20h \tag{2.14}$$

- ค่ากระแสไฟฟ้าปานกลางขณะอัดประจุ (Medium Charge Current)

$$I_{50} = C_{50} / 50h \tag{2.15}$$

- ค่ากระแสไฟฟ้าปานกลางขณะคายประจุ (Medium Discharge Current)

$$I_{120} = C_{120} / 120h \tag{2.16}$$

2.5.5.3 แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่

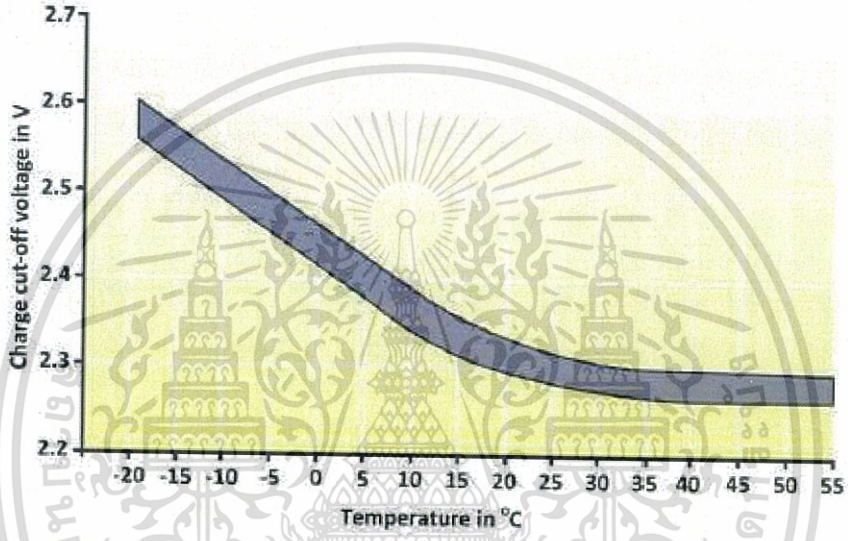
ค่าแรงดันไฟฟ้าโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด คือ ประมาณ 2 V ต่อเซลล์ ส่วนใหญ่จะมีทั้งหมด 6 เซลล์ โดยที่ต่อกันแบบอนุกรมอยู่ภายในกล่องและแรงดันรวมประมาณ 12 V ต่อแบตเตอรี่หนึ่งตัว ซึ่งค่าแรงที่แท้จริงจะเปลี่ยนแปลงเสมอขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานและเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับแบตเตอรี่จำเป็นต้องจำกัดค่าแรงดันไฟฟ้าใน 2 สภาวะ คือ จำกัดค่าแรงดันสูงสุดในสภาวะการอัดประจุ และ จำกัดค่าแรงดันต่ำสุดในสภาวะการคายประจุนอกจากนี้ยังจำเป็นต้องจำกัดค่าแรงดันเพื่อป้องกันการเกิดก๊าซในสภาวะการอัดประจุอีกด้วย

2.5.5.4 การอัดและคายประจุ

กระบวนการอัดประจุ ค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

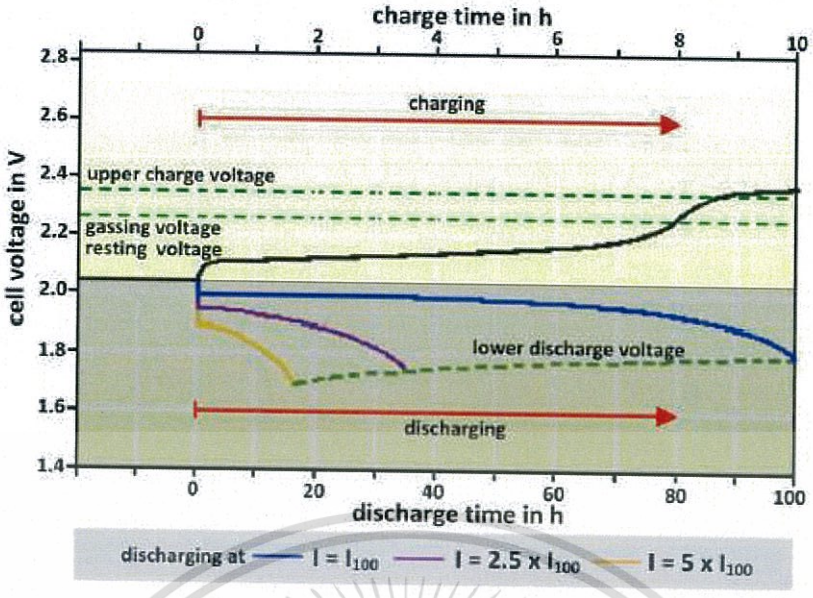
จะเริ่มเกิดก๊าซ (Gassing Voltage) นั่นคือ น้ำถูกแยกตัวออกเป็นออกซิเจนและไฮโดรเจน เรียก OXY-Hydrogen Gas ซึ่งสามารถจุดติดไฟและระเบิดได้ง่าย ดังนั้นผู้ผลิตเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่จึงควรจำกัดแรงดันไฟฟ้าตอนอัดประจุไม่ให้เกินค่าๆหนึ่งเป็นค่าแรงดันปลดออกเมื่ออัดประจุ หรือ Charge Cut-Off Voltage นอกจากนี้เนื่องจากค่าแรงดันที่เริ่มเกิดก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแบตเตอรี่ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ควรต้องมีการวัดอุณหภูมิเพื่อนำมาคำนวณหาค่า Charge Cut-Off Voltage อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ กับ Charge Cut-Off Voltage

กระบวนการคายประจุ เมื่อเริ่มต้นแรงดันไฟฟ้าจะตกลงอย่างทันทีเนื่องจากแรงดันส่วนหนึ่งตกคร่อมบนตัวต้านทานภายในของแบตเตอรี่เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร จากนั้นแรงดันไฟฟ้าจะค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องและจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใกล้สิ้นสุดกระบวนการหรือ Discharge Cut-Off Voltage หากปล่อยให้แรงดันไฟฟ้าลดลงต่อไปจนกระทั่งต่ำกว่าค่า Discharge Cut-Off Voltage จะทำให้ความเข้มข้นของกรดจะมีค่าสูงมากจนเกิดเป็นผลึกซัลเฟต หรือเรียกว่า เกิดซัลเฟชัน ซึ่งควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดสภาวะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการอัดและการคายประจุ

2.5.5.5 สภาวะการอัดประจุ

การทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่จำเป็นต้องทราบจำนวนเวลาที่ระบบยังสามารถจ่ายไฟให้แก่ภาระทางไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาที่ไม่มีแดดเพื่อเตรียมมาตรการรองรับการขาดแคลนไฟฟ้าดังนั้นมีอยู่ 2 วิธีที่จะทำให้ทราบปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ (State of Charge)

วิธีที่ 1 : สำหรับแบตเตอรี่ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว สามารถทราบได้จากค่าความหนาแน่นของกรดซึ่งวัดโดยไฮโดรมิเตอร์ โดยแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะมีค่าต่างกัน

วิธีที่ 2 : สำหรับแบตเตอรี่ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นแบบเจลซึ่งไม่สามารถวัดค่าความหนาแน่นของกรดได้ จึงต้องวัดระดับแรงดันไฟฟ้าแทนอย่างไรก็ตามจำเป็นต้องทราบระดับแรงดันวงจรเปิดขณะเริ่มต้น (Resting Voltage) ก่อนทุกครั้งเพื่อใช้อ้างอิงเป็นค่าเริ่มต้นที่สภาวะการประจุเป็น 0% และต้องปล่อยแบตเตอรี่ไว้โดยไม่ต้องต่อวงจรไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมงก่อนทำการวัดแรงดัน

2.5.5.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีจุดบกพร่องเนื่องจากอายุการใช้งานค่อนข้างสั้น โดยที่การใช้งานระหว่าง 100-800 รอบจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3-8 ปี สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอถึงแม้ว่าจะไม่มีการคายประจุใดๆจากแบตเตอรี่ กระบวนการทางเคมีก็ยังคงเกิดขึ้นและเป็นเหตุให้เกิดการคายประจุภายในตัวแบตเตอรี่เองทั้งนี้ไม่ควรให้เกิดการคายประจุเกิน 3% ต่อเดือน จากกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในแบตเตอรี่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ประกอบด้วย การแบ่งชั้นของกรด (Acid Stratification) การเกิดซัลเฟชัน (Sulfation) การกัดกร่อน (Corrosion) การเกิดเป็นตะกอน (Sludging) และการสูญเสียน้ำ (Drying out)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีหลอดไฟแอลอีดี

ไฟแอลอีดี เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงหัวใจหลักของ ไฟแอลอีดี คือ ชิพสารกึ่งตัวนำที่วางอยู่บนฐานรอง Anvil ซึ่งต่ออยู่กับขั้วลบ และขั้วบวกต่ออยู่กับขาอีด้านหนึ่งซึ่งเชื่อมกันด้วยลวดทองคำขนาดเล็กมาก ทั้งหมดถูกเคลือบด้วย epoxy ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์และตัวป้องกันความชื้น ไฟแอลอีดีส่วนมากทำมาจาก (Gallium Arsenide Phosphide ;GaAsP) หรือสารแกลเลี่ยมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide ; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n แทนสาร Si และ Ge สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรงการเกิดแสงที่ตัวแอลอีดี นี้เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมินิเซนต์ (Electroluminescence)

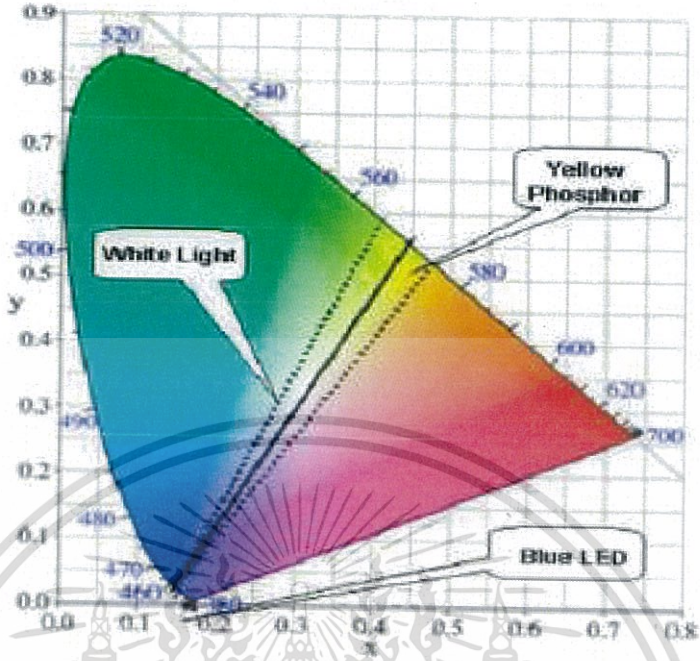
2.6.1 หลักการให้แสงสว่างของหลอดไฟแอลอีดี

เมื่อเปิดสวิตช์ไฟ กระแสไฟฟ้าจะผ่านขับเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและเปลี่ยนจากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 2.5-3 โวลต์ แล้วจึงจ่ายเข้าตัวชิพของหลอดแอลอีดี ซึ่งมีเพียงตัวนำแคโทดและแอโนดเท่านั้น โดยหลอดแอลอีดีจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิแอมป์ ในตัวชิพของแอลอีดีประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำขั้วประจุบวกชนิด P (Positively changed material) ที่อยู่ห่างจากสารกึ่งตัวนำขั้วประจุลบชนิด N (Negatively changed material) เล็กน้อยจุดนี้เรียกว่ารอยต่อ (junction) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดแอลอีดี ตัวนำแอโนดจะไปดันขั้วประจุบวกและตัวนำแคโทดไปดันขั้วประจุลบให้มาชนกัน เมื่อประจุบวกและประจุลบมาชนกันที่รอยต่อของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด ก็จะจับตัวกันและคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสว่าง ซึ่งเรียกว่า “อิเล็กโตรลูมิเนสเซนต์” ทำให้เกิดแสงสว่างที่บริเวณด้านหน้าตัวหลอด ซึ่งมีอุณหภูมิในการทำงานที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปแสงสว่างที่ออกมาจะลดลง แสงจากหลอดแอลอีดีมีลักษณะพุ่งออกในทิศทางเดียว แต่ในกรณีที่ต้องการให้แสงกระจายออกในมุมแคบหรือกว้างเพิ่มขึ้น ก็จะใช้อุปกรณ์ครอบหลอดแอลอีดีในลักษณะของเลนส์ (package) ไว้เพื่อบังคับทิศทางของการกระจายแสงหลอดแอลอีดีสามารถเปิดปิดได้ทันที ไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการจุดติดเหมือนหลอดไส้ที่ต้องเผาไส้หลอด หรือหลอดดิสชาร์จที่ต้องปรับแรงดันก๊าซภายในหลอดแอลอีดี สามารถปรับความเข้มของแสงได้ด้วยอุปกรณ์หรี่ไฟ (dimmer) โดยขึ้นอยู่กับรุ่นและอุปกรณ์ควบคุม

2.6.2 สีของแอลอีดี

แอลอีดีสีขาวโดยทั่วไปจะประกอบด้วย แอลอีดีสีน้ำเงินและTopping ด้วย Phosphor สีเหลืองการเพิ่ม Phosphor สีเหลืองจะทำให้อุณหภูมิสีไปทาง Warm White ถ้าใส่ Phosphor สีเหลืองจำนวนน้อยก็จะได้สี Cool White แสงจะออกมากขึ้น ตาของคนเราค่อนข้างจะไวต่อความยาวคลื่นในช่วงสี Warm ดังนั้นกระบวนการวาง Phosphor ที่ไม่คงที่ เช่น หนาไปหรือคุณภาพของ Phosphor เองก็จะทำให้เกิดการไม่คงที่ของสี Warm White ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

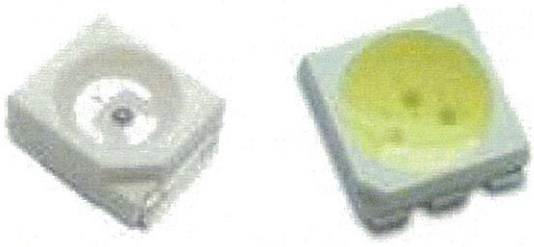


รูปที่ 2.21 กราฟแสดงระดับสีของแอลอีดี

2.6.3 แอลอีดีชนิด SMD

SMD ย่อมาจาก Surface Mount Device คือ อุปกรณ์ที่ไม่ต้องเสียบขาลงไปในรูแล้วค่อยบัดดกรี โดยปกติหลอดชนิดนี้สามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายแรงดันกระแสไฟตรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยสามารถกำหนดแรงดันเข้าไปผ่านตัวต้านทาน จึงทำให้มีลักษณะเข้มหรืออ่อนของแสงได้และประสิทธิภาพในการให้แสงก็ยังดีกว่าหลอดธรรมดา หรือหลอดไส้ที่ใช้กันในรถและหลอดไม่ร้อน เทคโนโลยี SMD ให้แสงสว่างสูงก็จริงแต่ก็มีข้อควรระวัง คือ ชิพแอลอีดีจะปล่อยความร้อนออกมาควบคู่กับการให้แสงสว่าง ดังนั้นการออกแบบหลอดไฟแอลอีดีที่ใช้เทคโนโลยี SMD จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีระบบSink อลูมิเนียมเพื่อทำหน้าที่ระบายความร้อน จากภายในชิพแอลอีดีออกสู่ภายนอก ซึ่งถ้าหากชิพแอลอีดีSMD ได้รับการออกแบบเรื่องการระบายความร้อนอย่างเหมาะสมแล้วจะทำให้ แอลอีดีSMD มีอายุการใช้งานยาวนานมากถึงกว่า 50,000 ชั่วโมงเลยทีเดียว ปัจจุบัน ทางวงการรถยนต์จึงนำมาประดับตกแต่งกันมากขึ้นครับ เช่น ไฟหรี่ไฟDaylight ไฟเพดาน ไฟส่องแผนที่ ไฟห้องสัมภาระ ไฟถอยหลัง ไฟห้องโดยสารและอื่นๆ

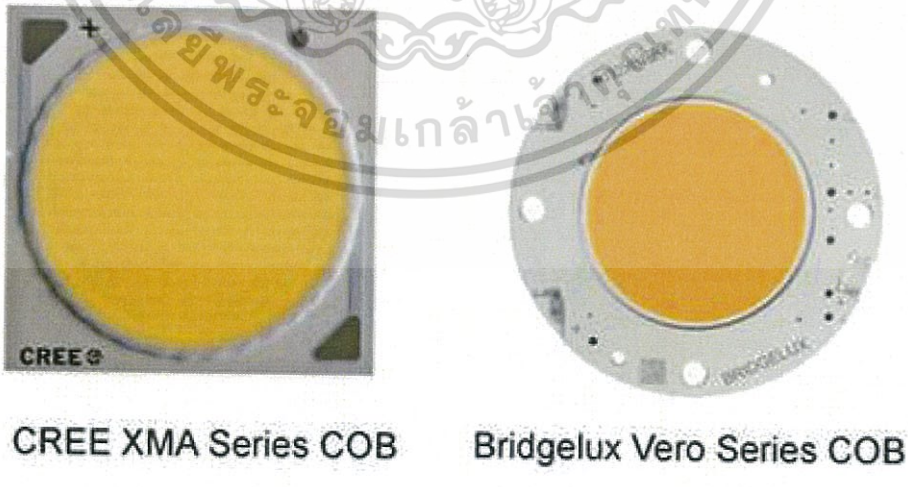
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ภาพแสดงตัวอย่างแอลอีดีชนิด SMD

2.6.4 แอลอีดีชนิด COB

COB ย่อมาจาก Chip On Board คือรูปแบบชิพแอลอีดีสมัยใหม่ที่มีการนำเอาชิพหลายๆตัวมารวมกันไว้ในแผ่นเดียว เพื่อเพิ่มค่าความสว่างและลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งสะดวกต่อการระบายความร้อนและนำไปใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น Cree ตระกูล CXA หรือ BridgeLux ตระกูล Vero เทคโนโลยี COB ให้แสงสว่างสูงมากแต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องความร้อนที่ปล่อยออกมาจาก ภายในชิพCOB ซึ่งมีความจำเป็นต้องมีการออกแบบให้มี Sink อลูมิเนียมขนาดใหญ่เพื่อทำหน้าที่ระบายความร้อนจากภายในชิพแอลอีดีออกสู่ภายนอก



รูปที่ 2.23 ภาพแสดงแอลอีดีชนิด COB

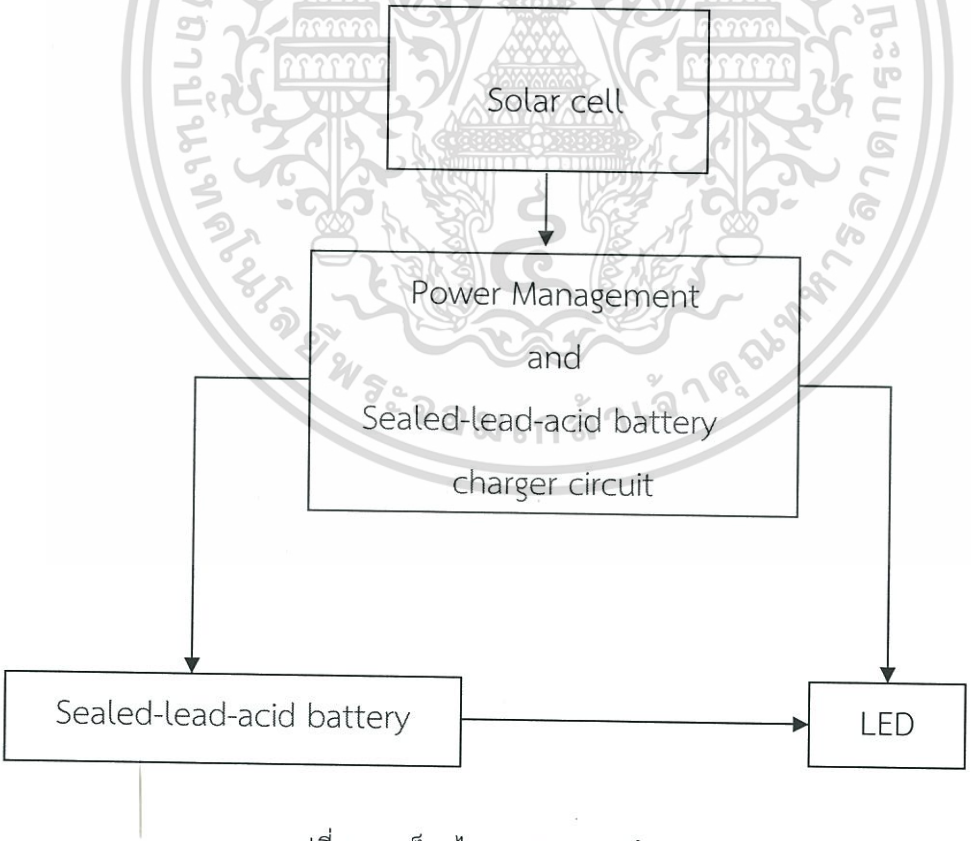
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและสร้างวงจร

3.1 การออกแบบการทำงานของวงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสหลอดไฟแอลอีดีส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง

ภาพรวมของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ โดยเริ่มจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนหนึ่งแผงเซลล์ขึ้นไปจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่วงจร Power Management and Sealed-lead-acid battery Charger ที่ทำหน้าที่ประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาดความจุ 7 Ah ด้วยวิธีการประจุแบบพัลส์และควบคุมการจ่ายกำลังงานจากแบตเตอรี่ด้วยวิธีจัดการกำลังที่ชาญฉลาดสามารถตรวจเช็คค่าความจุคงเหลือของแบตเตอรี่เพื่อให้การใช้งานแบตเตอรี่ไม่เกินขีดจำกัดต่ำสุดอีกทั้งยังทำหน้าที่ขับกระแสให้กับหลอดไฟแอลอีดี



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร

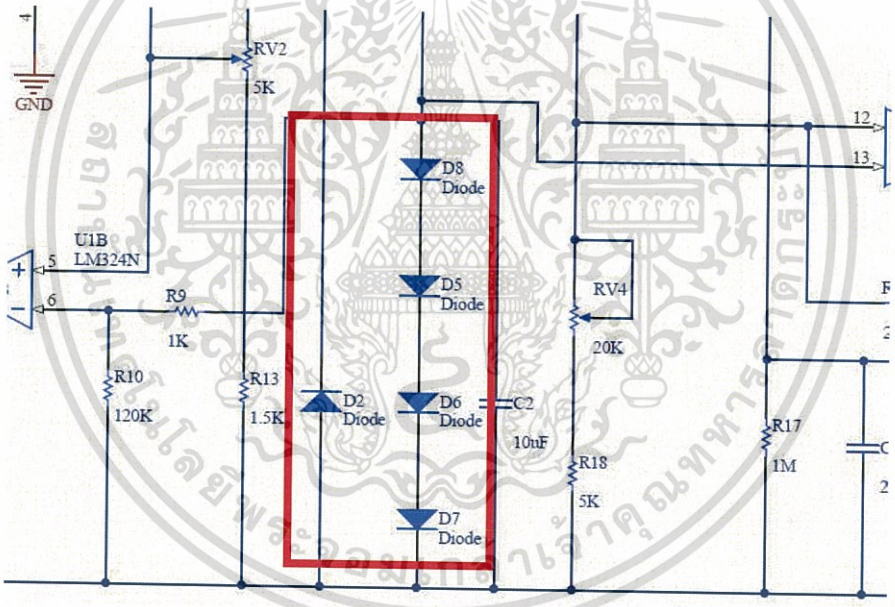
3.2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถจ่ายแรงดันสูงสุด 18 Vและจ่ายกระแสสูงสุด 0.27 A

3.2.2 วงจรประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาดความจุ 7 Ah ที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ที่ถูกเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าแล้วอีกทั้งยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่และขับกระแสให้หลอดไฟแอลอีดีขนาด 3 W

3.2.3 หลอดไฟแอลอีดีขนาด 3 W

3.3 การออกแบบวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger

3.3.1 การออกแบบแรงดันอ้างอิง

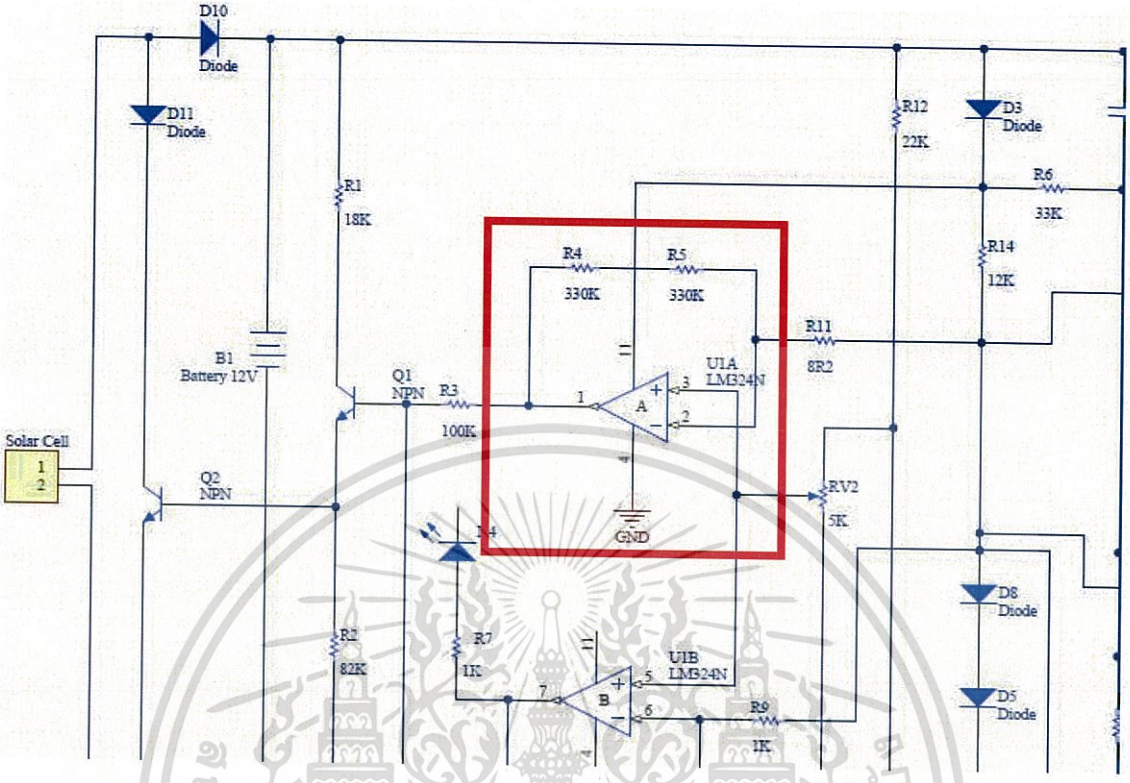


รูปที่ 3.2 การออกแบบแรงดันอ้างอิง

การออกแบบแรงดันอ้างอิง เนื่องจากเราต้องการให้แรงดันตรงจุดที่เราต้องการมีค่าคงที่หรือสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง เราจึงเลือกนำไดโอดเบอร์ 1N4148 ทั้งหมด 4 ตัวมาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันตกคร่อมตามค่าที่ต้องการ ซึ่งแรงดันที่ได้นี้จะนำไปเป็นแรงดันอ้างอิงในวงจรเปรียบเทียบแรงดันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การออกแบบเงื่อนไขในการประจุแบตเตอรี่และหยุดประจุแบตเตอรี่ของวงจร

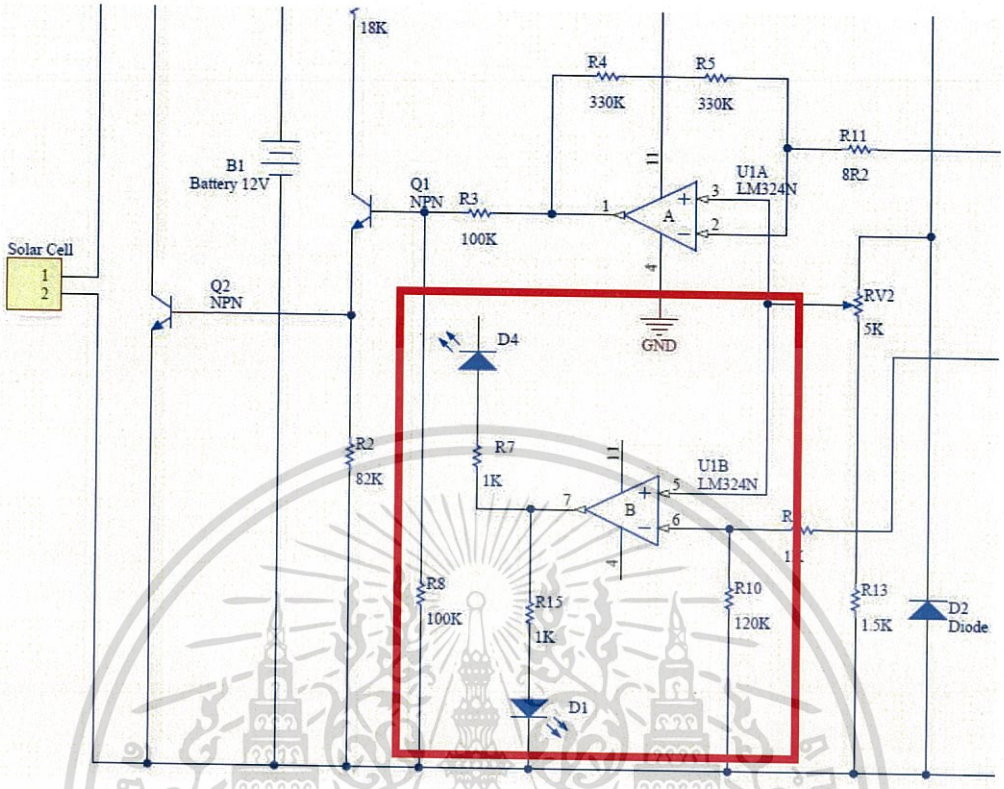


รูปที่ 3.3 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้ประจุแบตเตอรี่หรือหยุดประจุแบตเตอรี่

การออกแบบในส่วนนี้ได้เลือกใช้ IC เบอร์ LM 324 ซึ่งเป็นออปแอมป์ที่จะมาช่วยในการกำหนดเงื่อนของวงจร โดยทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ โดยสังเกตจากรูปที่ 3.3 ในขณะที่แบตเตอรี่เต็ม ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ขา 3 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ขา 2 ทำให้เอาท์พุทที่ขา 1 ของออปแอมป์ที่ได้มา มีค่าเป็น High หรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยงของจร ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ ที่Q1 และ Q2 ทำงาน โดยกระแสจะไม่ไหลผ่านเข้าแบตเตอรี่ แต่จะไหลผ่านทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวแทน แต่เมื่อขณะที่แบตเตอรี่อ่อน ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ขา 3 จะมีค่า V_{in+} น้อยกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ขา 2 ทำให้เอาท์พุทที่ได้มีค่าเป็น Low หรือมีค่าประมาณกราวน์ ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ไม่ทำงาน ทำให้กระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ เป็นการเริ่มการประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การออกแบบสัญญาณไฟแอลอีดีบอกสถานะของการทำงาน

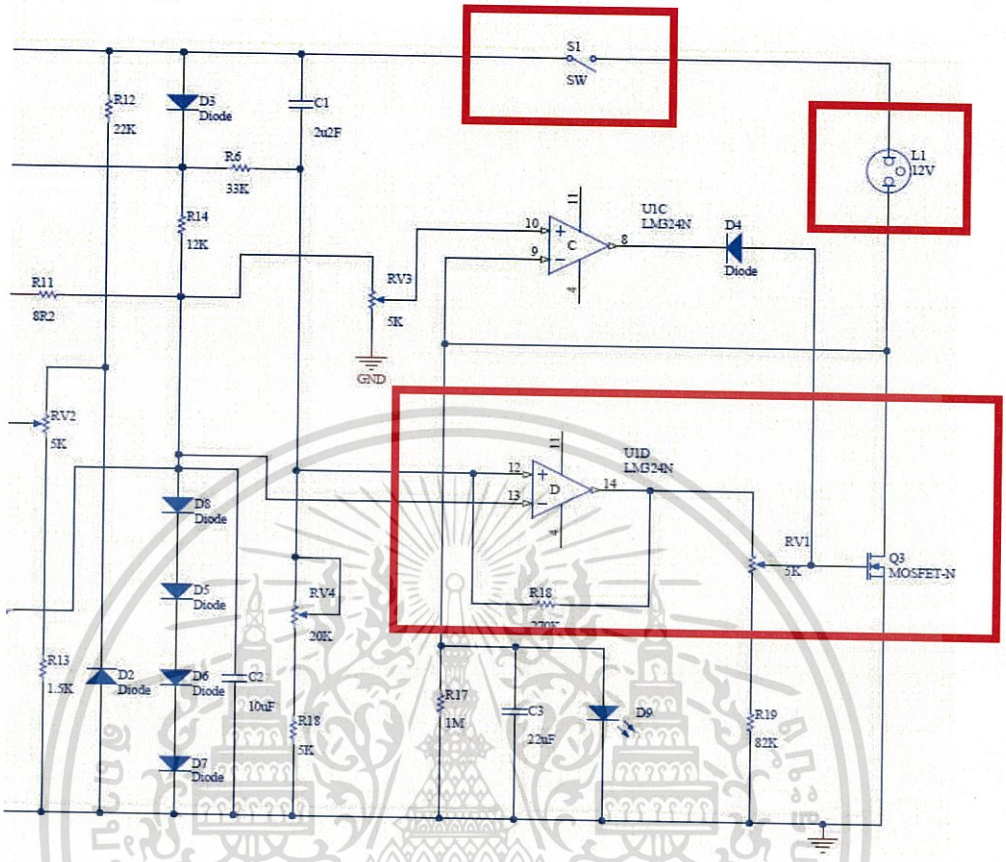


รูปที่ 3.4 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันแสดงสถานะไฟแอลอีดี

การออกแบบของวงจรในส่วนนี้ใช้ IC เบอร์ LM 324 ซึ่งเป็นออปแอมป์ทำหน้าที่ในการเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อให้บ่งบอกสถานะว่าขณะใดที่แบตเตอรี่ทำการประจุหรือขณะใดที่แบตเตอรี่เต็มแล้ว โดยการออกแบบสังเกตจากรูปที่ 3.4 ในกรณีที่แบตเตอรี่เต็มอินพุทที่ขา5 ของออปแอมป์ จะมีค่า V_{in+} มากกว่า V_{in-} ที่ขา 6 ของออปแอมป์ทำให้เอาท์พุทที่ขา 7 ออก High จะมีค่าแรงดันตกคร่อมประมาณไฟเลี้ยงของวงจรทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่แอลอีดีสีแดง (D1) แต่จะไม่มีแรงดันตกคร่อมที่แอลอีดีสีเขียว (D4) ทำให้ไฟแอลอีดีสีแดงติดบ่งบอกถึงสถานะแบตเตอรี่เต็มพร้อมใช้งาน ในกรณีที่แบตเตอรี่อ่อนอินพุทที่ขา 5 ของออปแอมป์ จะมีค่า V_{in+} น้อยกว่า V_{in-} ที่ขา 6 ของออปแอมป์ ทำให้เอาท์พุทที่ขา 7 ของออปแอมป์มีค่าเป็น Low หรือมีค่าแรงดันตกคร่อมประมาณกราวน์ จึงทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมแอลอีดีสีแดง (D1) แต่มีแรงดันตกคร่อมที่แอลอีดีสีเขียว (D4) ทำให้ไฟแอลอีดีสีเขียวติดบ่งบอกถึงสถานะกำลังชาร์จแบตเตอรี่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานเมื่อแบตเตอรี่เต็มและหยุดการทำงานเมื่อแบตเตอรี่อ่อนของโหลด

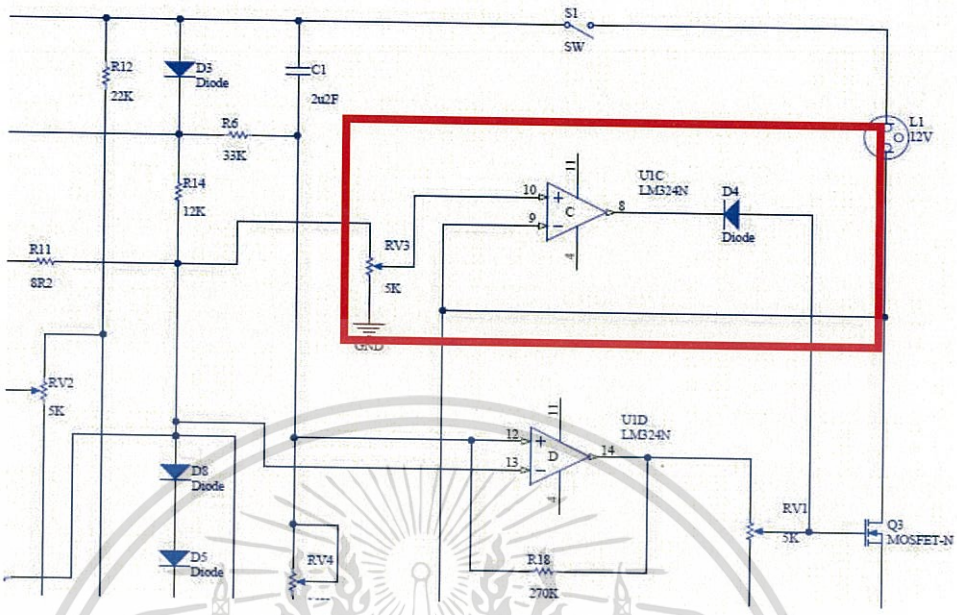


รูปที่ 3.5 การออกแบบเงื่อนไขการทำงานของโหลด

การออกแบบในส่วนนี้นั้น เราใช้ออปแอมป์มาเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันเช่นเดียวกัน สังเกตจากรูปที่ 3.5 ซึ่งเมื่อแบตเตอรี่เต็ม ขาอินพุทของออปแอมป์ที่ขา 12 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า ค่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของออปแอมป์ที่ขา 13 ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทที่เราได้ที่ขา 14 ของออปแอมป์มีค่าเป็น High หรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยง ซึ่งจะทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ขา G ของมอสเฟตเราทำการปรับค่าแรงดันที่ขา V_{gs} ของมอสเฟตให้มีกระแสไหลผ่านโหลดได้ตามที่เราต้องการ ซึ่งในขณะนั้นมอสเฟตจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ On ในกรณีที่แบตเตอรี่อ่อนขาอินพุทของออปแอมป์ที่ขา 12 จะมีค่า V_{in+} น้อยกว่า V_{in-} ที่ขาอินพุทของแอมป์ที่ขา 13 ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทที่เราได้ที่ขา 14 ของออปแอมป์นั้นมีค่าเป็น Low หรือมีค่าประมาณกราวน์ ซึ่งแสดงว่าจะไม่มีแรงดันตกคร่อมที่ขา G ของมอสเฟตดังนั้นมอสเฟตจึงทำงานเป็นสวิตช์ในโหมด Off ทำให้ไม่มีกระแสสามารถไหลผ่านโหลดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การออกแบบวงจรป้องกัน

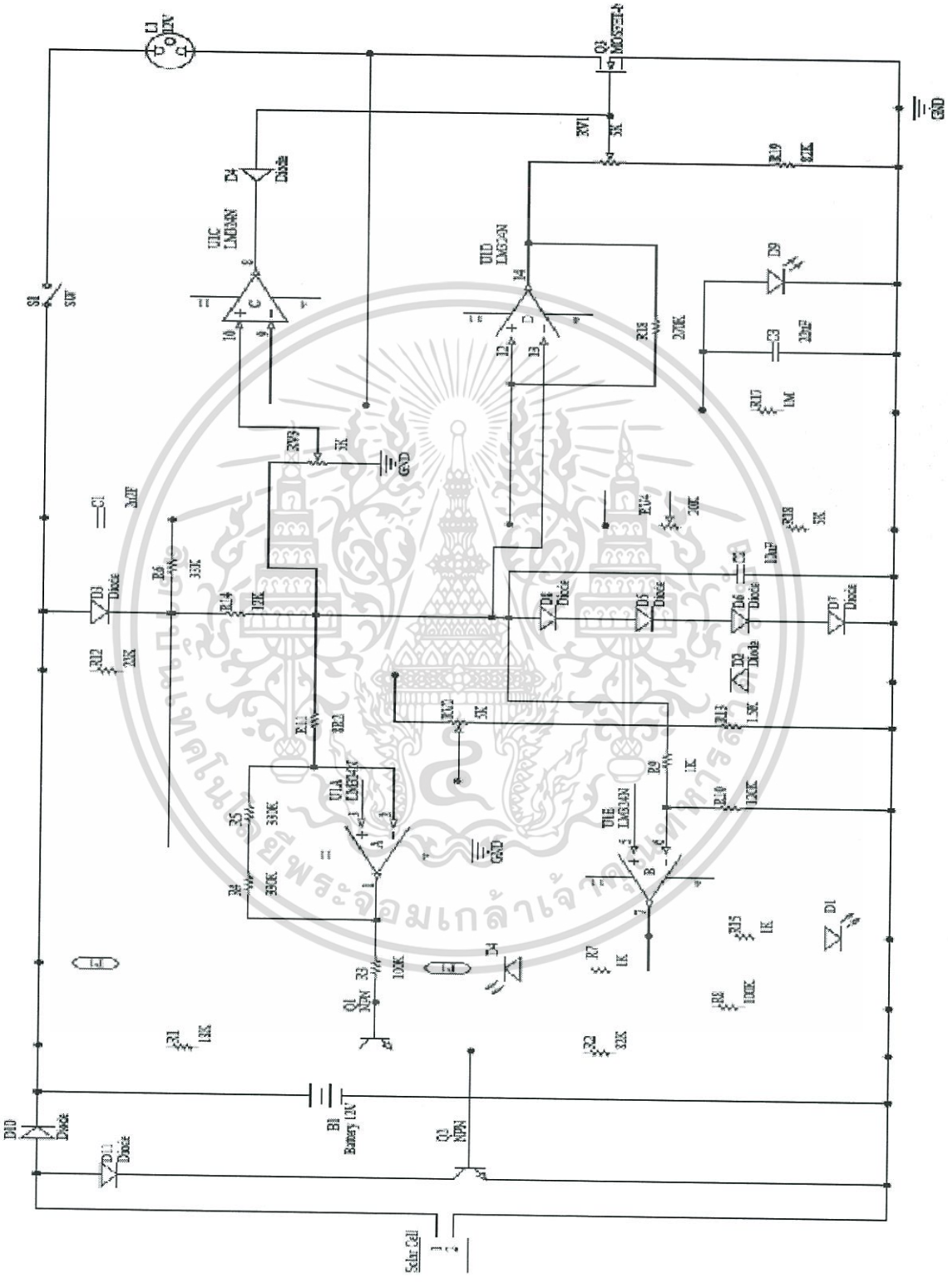


รูปที่ 3.6 การออกแบบวงจรป้องกัน

เนื่องจากในการทำงาน หากเกิดเหตุขัดข้องหรือโหลดเสียหายซึ่งอาจจะทำให้เกิดกระแสลัดวงจรได้ เราจึงได้นำวงจรเปรียบเทียบแรงดันมาช่วยในส่วนนี้ โดยสังเกตจากรูปที่ 3.6 ในการทำงานปกตินั้นที่ขาอินพุทของออปแอมป์ขา 10 จะมีค่า V_{in+} มากกว่า V_{in-} ที่ขา 9 ของออปแอมป์ ทำให้เอาท์พุทที่เราได้ที่ขา 8 ของออปแอมป์นั้นมีค่าเป็น High หรือมีค่าประมาณไฟเลี้ยงซึ่งในส่วนนี้ไดโอดD4 จะไม่ทำงานทำให้ไม่มีกระแสไหล แต่เมื่อใดก็ตามที่โหลดเกิดการลัดวงจรขึ้นแรงดันอินพุทที่ขา 9 ของออปแอมป์จะมีค่า V_{in-} มากกว่า V_{in+} ที่ขา 10 ของออปแอมป์ ทำให้เอาท์พุทที่ขา 8 ของออปแอมป์นั้นมีค่าเป็น Low หรือมีค่าประมาณกราวน์ ซึ่งไดโอด D4 จะทำงานโดยจะทำให้กระแสที่ไหลลัดวงจรจากโหลดที่มาจากแบตเตอรี่นั้นมาผ่านไดโอดและลงกราวน์ไปเพื่อไม่ให้วงจรได้รับความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การออกแบบ Schematic ของวงจรPower Management and Sealed lead acid battery Charger



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงSchematic ของวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบการดึงกระแสของแผงโซล่าเซลล์ ขนาด 18 V 0.27 A

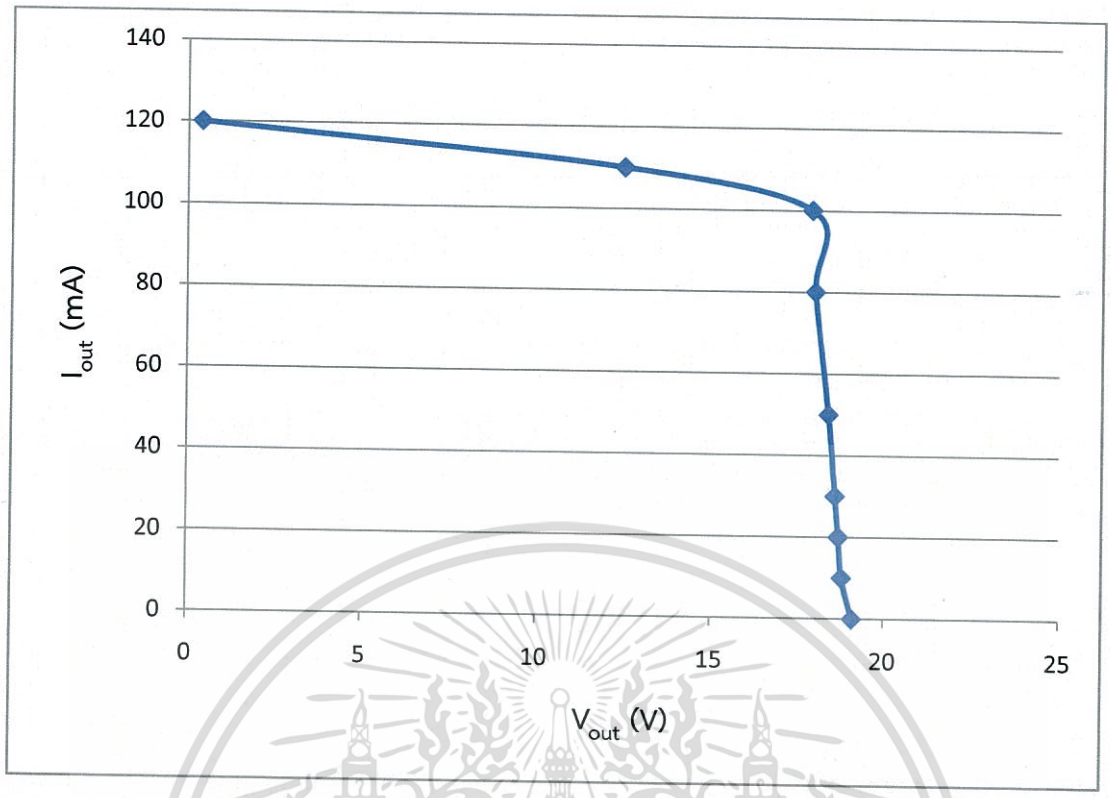
1. นำแผ่น Solar Cell ไปรับแสงอาทิตย์ ในเวลา 12.00 นาฬิกา โดยหันหน้าแผงโซล่าเซลล์ไปทางทิศใต้ ทำมุม 10-15 องศา

2. ต่อโหลดเพื่อทำการวัดค่าแรงดันและกระแสเอาท์พุท แล้วบันทึกค่าผลการทดสอบลงในตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบแผงโซล่าเซลล์ขนาด 18 V 0.27 A เมื่อได้รับแสงอาทิตย์

Output Current I_{out} (mA)	Output Voltage V_{out} (V)
0	19.10
10	18.80
20	18.70
30	18.60
40	18.50
50	18.40
60	18.20
70	18.20
80	18.10
90	18.00
100	17.90
110	12.50
120	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{out} กับ V_{out} ของแผงโซล่าเซลล์ขนาด 18 V 270 mA พบว่าเมื่อดึงกระแสโหลด 0 – 120 mA โดยเพิ่มค่าทีละ 10 mA ค่าแรงดันที่เอาท์พุทของวงจรมีค่าลดลงเมื่อกระแสโหลดเพิ่มขึ้นตามคุณสมบัติของกราฟ IV Characteristics โดยค่ากระแสสูงสุดที่ได้คือ 120 mA จะส่งผลให้แรงดันที่เอาท์พุทของวงจรมีค่าลดลงเหลือ 0.40 mA

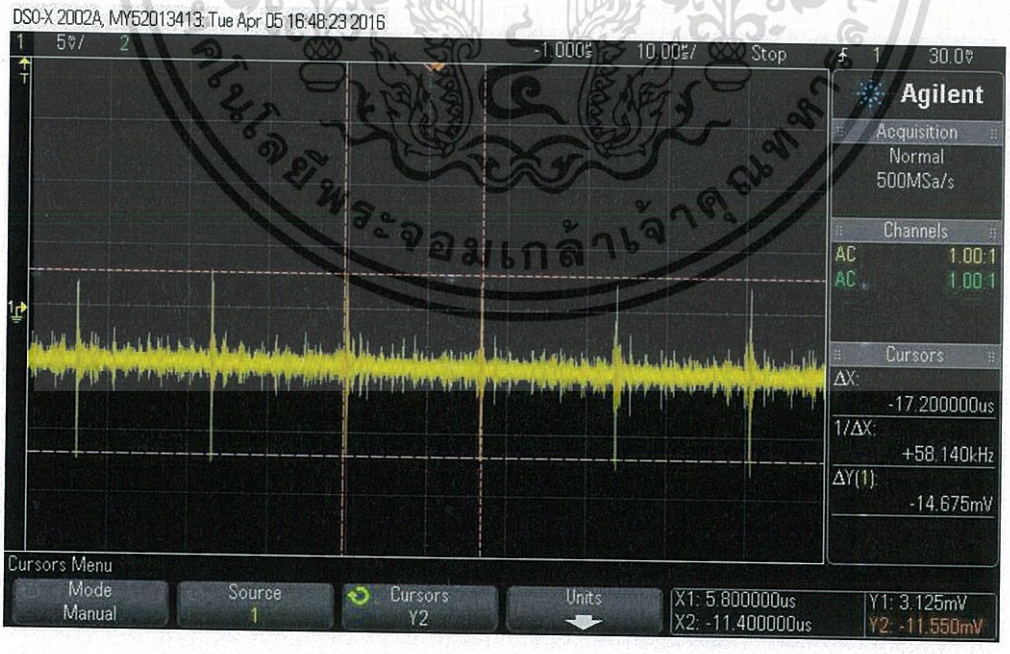
4.2 การทดสอบการประจุแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR ในสภาวะแบตเตอรี่อ่อน

1. ป้อนแรงดันไฟขนาด 10 V – 15 V โดยปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 V ให้วงจร
2. ต่อแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับวงจรทางด้านอินพุทแล้วทำการต่อโหลดเข้ากับวงจรทางด้านเอาท์พุท
3. นำมิเตอร์วัดค่าแรงดันเอาท์พุทที่แบตเตอรี่แล้วทำการบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR ในสภาวะแบตเตอรี่อ่อน

Power Supply V_{in} (V)	Battery V_{out} (V)
10	9.60
10.5	10.0
11	10.06
11.5	10.50
12	10.85
12.5	10.90
13	11.40
13.5	11.70
14	12.10
14.5	12.90
15	13.30



รูปที่ 4.2 แรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ในสภาวะที่แบตเตอรี่อ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

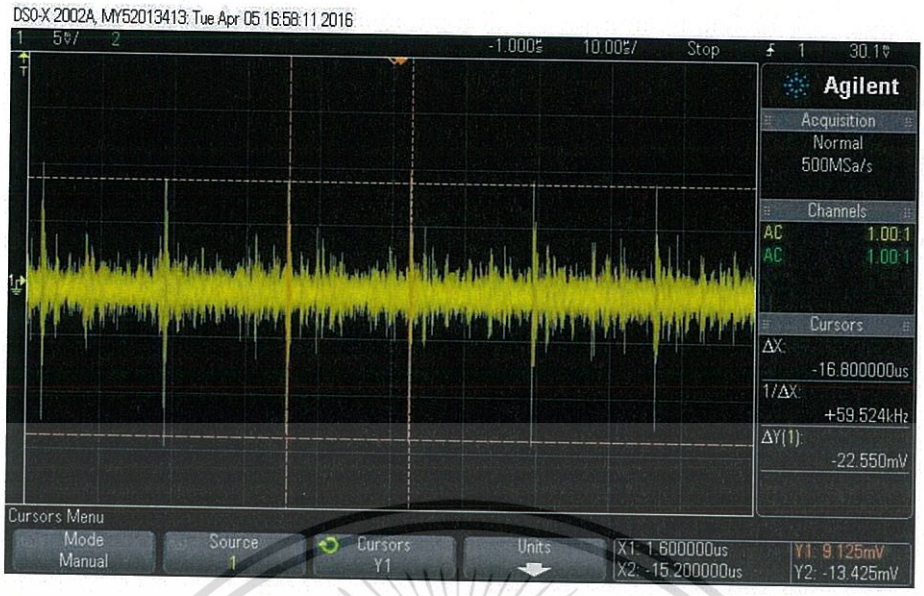
4.3 การทดสอบการประจุของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR ในสภาวะแบตเตอรี่เต็ม

1. ป้อนแรงดันไฟขนาด 10 V – 15 V โดยปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 V ให้วงจร
2. ต่อแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับวงจรทางด้านอินพุทแล้วทำการต่อโหลดเข้ากับวงจรทางด้านเอาท์พุท
3. นำมิเตอร์วัดค่าแรงดันเอาท์พุทที่แบตเตอรี่แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR

Power Supply V_{in} (V)	Battery V_{out} (V)
10	12.70
10.5	12.70
11	12.70
11.5	12.70
12	12.70
12.5	12.70
13	12.70
13.5	12.70
14	13.09
14.5	13.53
15	14.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ในสภาวะที่แบตเตอรี่อ่อน

4.4 การทดสอบระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR

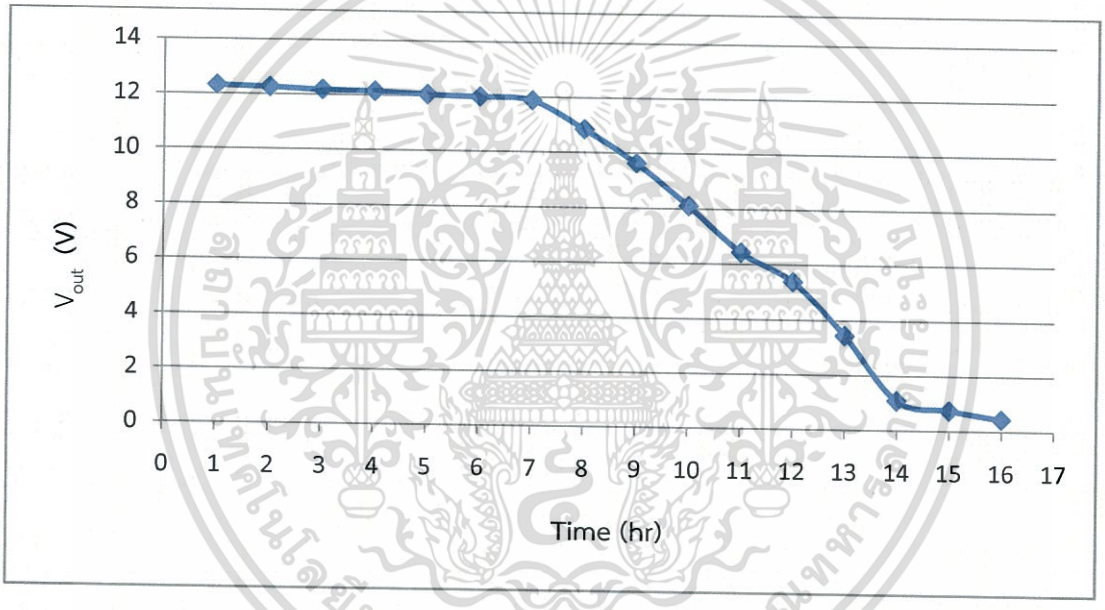
1. ต่อแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับวงจรทางด้านอินพุทแล้วทำการต่อโหลดเข้ากับวงจรทางด้านเอาท์พุท
2. ปรับค่าให้โหลดดึงกระแสอยู่ที่ 0.36 A ทำการจับเวลาและวัดค่าแรงดันเอาท์พุทแล้วทำการบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง

ตารางที่ 4.4 การทดสอบระยะเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR

Time (hr)	Output Voltage V_{out} (V)
1	12.30
2	12.25
3	12.17
4	12.13
5	12.04
6	11.98
7	11.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	10.84
9	9.62
10	8.09
11	6.42
12	5.37
13	3.43
14	1.08
15	0.74
16	0.43



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดันเอาท์พุทของแบตเตอรี่ 12 V 7 Ah/20 HR พบว่าแบตเตอรี่ใช้เวลาประมาณ 16 ชั่วโมงในการคายประจุ โดยในระยะเวลา 6 ชั่วโมงแรกแรงดันเอาท์พุทจะค่อยๆลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปแรงดันเอาท์พุทเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดและเมื่อเริ่มเข้าชั่วโมงที่ 15-16 กระแสเอาท์พุทและแรงดันเอาท์พุทลดลงจนหมดไป

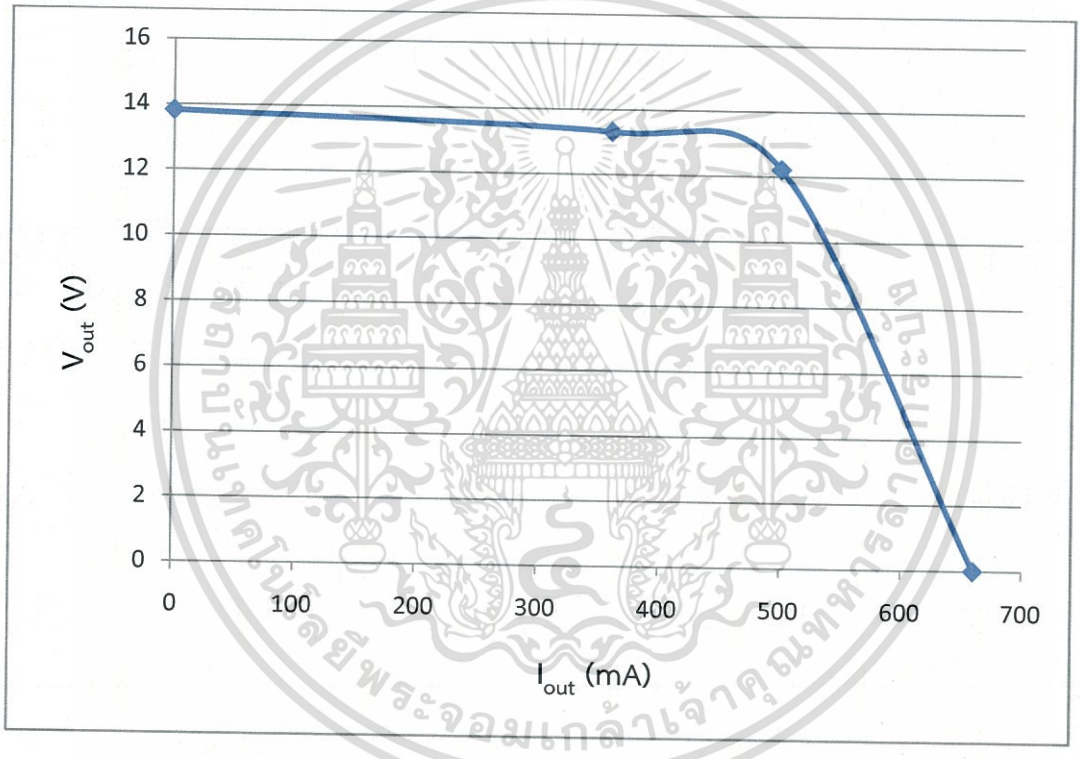
4.5 การทดสอบคุณสมบัติกระแสและแรงดันที่โหลดภาระ

1. ทำการเปลี่ยนโหลดภาระเป็นโหลดเทสเตอร์
2. ทำการปรับจูลวงจรให้กระแสไหลได้ 360 mA ซึ่งเป็นค่ากระแสโหลดสูงสุด และป้อน V_{Load} 12 V
3. วัดค่ากระแสและแรงดันเอาท์พุทแล้วทำการบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดสอบคุณสมบัติกระแสและแรงดันที่โหลดภาระ

Output Current I_{out} (mA)	Output Voltage V_{out} (V)
0	13.80
360	13.30
500	12.20
660	0



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{out} กับ V_{out} ของโหลดภาระ พบว่าเมื่อทำการปรับจูลวงจรให้กระแสไหลได้ 360 mA ซึ่งเป็นค่ากระแสโหลดสูงสุดที่ได้จากการคำนวณการจ่ายโหลดภาระของแบตเตอรี่และทำการวัดค่าแรงดันเอาท์พุทได้ 13.30 V แล้วทำการวัดกระแสขณะลัดวงจรได้ค่ากระแส 660 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

จากการทดลองแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 18 โวลท์ 0.27 แอมป์ โดยทำการทดลองดึงกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลา 12.00-13.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 0.12 แอมป์ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบว่าการประจุกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างเช่น สภาพอากาศและเงาของต้นไม้หรืออาคาร หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในพื้นที่ที่มีสภาวะแดดจัดหรือไม่อยู่ในร่มเงาของต้นไม้หรืออาคารจะทำให้เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกระแสได้สูงสุด

เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานกับวงจรที่ทำหน้าที่ประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดและขับกระแสให้หลอด LED พบว่าเมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงอยู่ที่ประมาณ 9.62 โวลท์ หรือในสภาวะแบตเตอรี่หมดวงจรก็จะเริ่มทำการประจุไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่สามารถใช้งานได้นานประมาณ 16 ชั่วโมง และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าแก่โหลดภาระได้สูงสุด 0.36 แอมมป์ ในส่วนของการขับกระแสให้แก่หลอด LED สามารถควบคุมแรงดันและกระแสเอาท์พุทได้โดยมีการป้อนกลับของสัญญาณเอาท์พุท โดยได้ทำการควบคุมกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทของวงจรให้เท่ากับ 0.36 แอมป์ และแรงดันเอาท์พุท 12 โวลท์ จ่ายให้กับหลอด LED COB ขนาด 3 วัตต์ จากการทดลองทั้งหมดของโครงงานนี้ พบว่าโครงงานชิ้นนี้สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริงและสามารถนำไปพัฒนาในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ต่อไปเพื่อให้เกิดการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, **เอกสาร การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์**

[2] http://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์แสงอาทิตย์

[3] **http://ledprocenter.com/led**

[4] มนตรี ศิริปรัชญานันท์ , **การให้กำเนิดสัญญาณและการคูณและหารความถี่สัญญาณสามเหลี่ยม**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

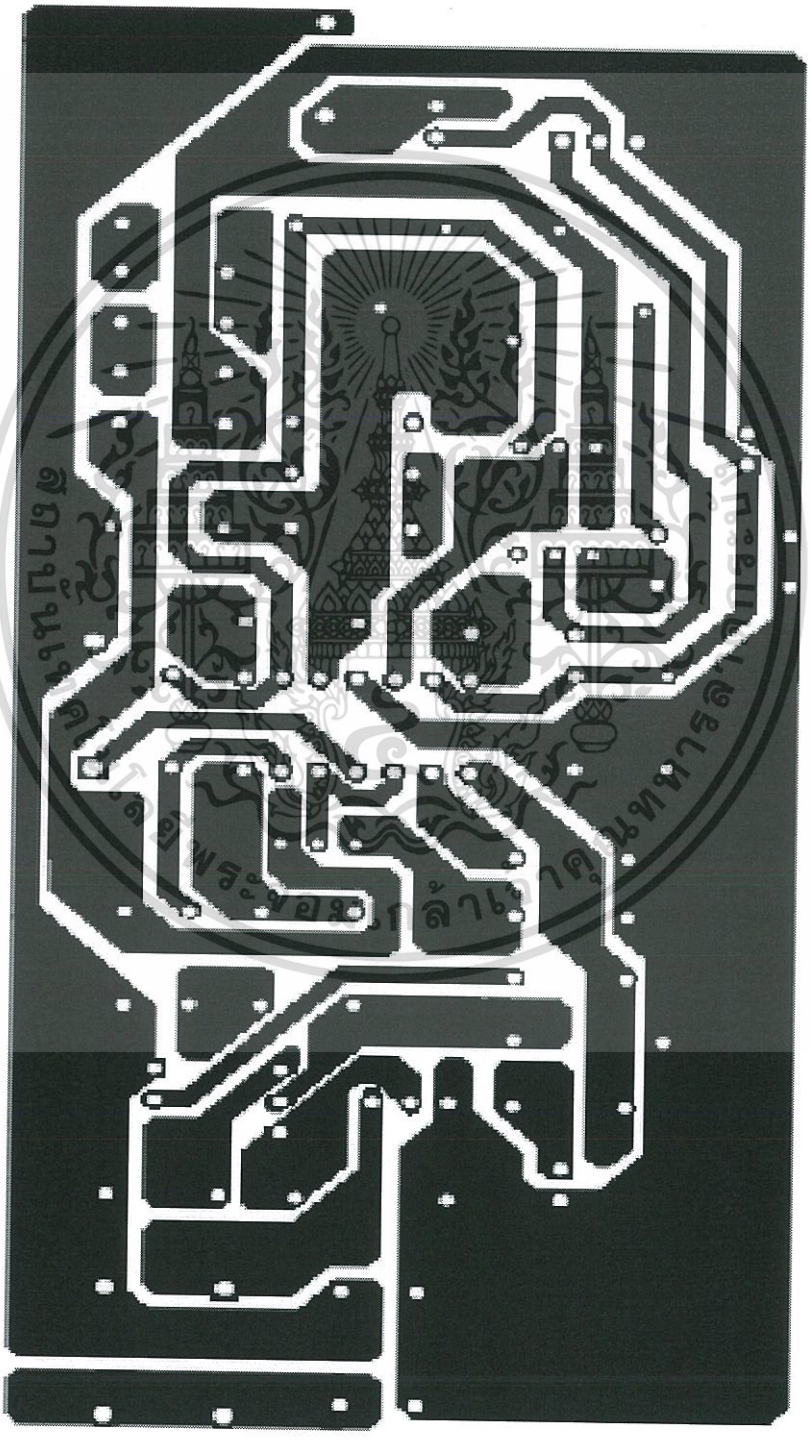
[5] http://www.klcbright.com/ledgeneralknowledge.php

[6] ZENsTrio, **เอกสาร LED : The next generation of Lighting Technology** , วิทยาลัยเทคนิคลำปาง, 2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ภาพแสดงลาย PCB ของวงจร Power Management and Sealed lead acid battery Charger



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้