

ฐานชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์  
Solar Charging Base



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2556

# ฐานชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์

Solar Charging Base



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Solar Charging Base



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์     ฐานชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์  
Solar Charging Base

นักศึกษาผู้จัดทำ     นายจดจำ     ลิมศิริโพธิ์ทอง     รหัสนักศึกษา     53010174  
                                  นายเจษฎา     จิระรุ่งเสถียร     รหัสนักศึกษา     53010258  
                                  นายประภาสน์     สุขเต็ม     รหัสนักศึกษา     53010928  
                                  นายเมธัส     หนูประสิทธิ์     รหัสนักศึกษา     53011309

ปริญญา     วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา     วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา     2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. สาท คำมูล	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ฐานชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์ Solar Charging Base			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจดจำ	ลิมศิริโพธิ์ทอง	รหัสนักศึกษา	53010174
	นายเจษฎา	จิระรุ่งเสถียร	รหัสนักศึกษา	53010258
	นายประภาส	สุขเต็ม	รหัสนักศึกษา	53010928
	นายเมธัส	หนูประสิทธิ์	รหัสนักศึกษา	53011309
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. สาท	คำมูล		
ปีการศึกษา	2556			

### บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอเสาชาร์จพลังงานแสงอาทิตย์โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนและเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่มีวันหมดไป โดยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ ด้วยการติดตั้งบนเสานอาคารหรือลานกว้างที่สามารถรับแสงได้ดี คือมุมเอียงประมาณ 15 องศา หันหน้าแผงไปทางทิศใต้ แรงดันที่ได้ออกมาจากโซลาร์เซลล์จะเป็นแรงดันดีซี จะนำมาต่อกับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่อัตโนมัติ ตัดเมื่อแบตเตอรี่ชาร์จเต็ม และนำแรงดันดีซีไปต่อตรงกับหลอดไฟ LED เพื่อให้แสงสว่างได้โดยตรง และจากแบตเตอรี่ต่อเข้ากับวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้าเอซี แรงดัน 220 โวลต์ 50 Hz เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้บางส่วน เช่น ชาร์จแบตเตอรี่มือถือ ชาร์จแบตเตอรี่โน้ตบุ๊ก

Thesis Title	Solar Charging Tower	
Authors	Mr. Jodjam	Limsiripothong
	Mr. Jedsada	Jirarundgstan
	Mr. Prapath	Suktem
	Mr. Methus	Nuprasit
Thesis Advisor	Asst. Prof. Sart	Kummool
Year	2013	

### ABSTRACT

This project presents about Solar Charging Tower. We are using photovoltaic (Solar Cells) to convert solar energy that is alternative and infinite energy to electrical energy. From the research the angle about 15 degrees to the south-facing panel is the best installation for providing electrical energy in our country. Voltage output of the solar cell is DC voltage. Solar Cells are connected to automatic battery charger and automatically disconnected when battery is fully charged. And we can use DC voltage to light LED directly or connect with inverter circuit for transforming DC voltage to AC voltage (220V 50Hz). Then we use AC voltage with some electric equipment such as mobile's battery charger, laptop's battery charger.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ซึ่งได้รับความกรุณาจาก ผศ. สาท คำมูล อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผศ. เชื้อ นกอยู่ ซึ่งอาจารย์ทั้งสองท่านได้ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองในปริญญาานิพนธ์ ทั้งยังให้คำแนะนำ คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการปรับปรุงแก้ไข การทดลอง ตลอดจนจนอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้สั่งสอนให้ความรู้ ซึ่งได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

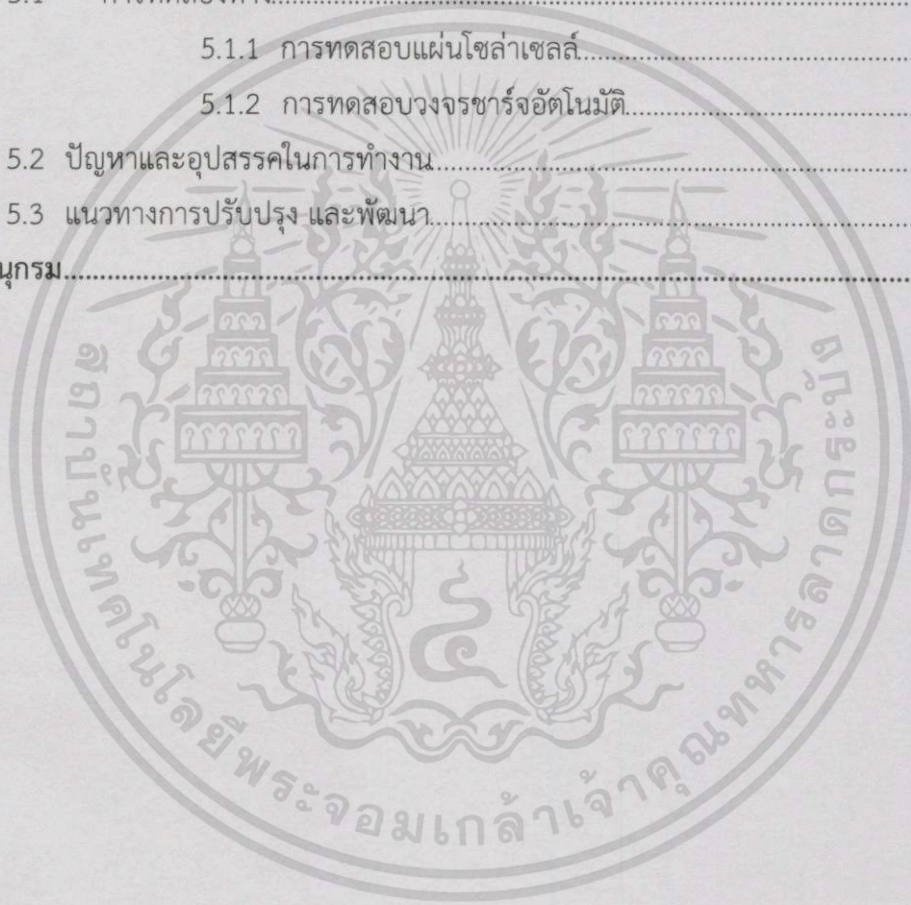
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 PV หรือ Solar Cell.....	2
2.1.1 การทำงานของโซล่าเซลล์.....	2
2.1.2 อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	2
2.1.3 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์ แสงอาทิตย์.....	2
2.1.4 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง หรือไม่.....	2
2.1.5 ถ้ามีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกตกค้างอยู่บนแผงเซลล์ แสงอาทิตย์.....	3
2.1.6 นำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์.....	3
2.1.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรติดตั้งไว้ที่ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด.....	3
2.1.8 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2.2 การเลือกซื้อแผง Solar Cell.....	6
2.2.1 ชนิดของแผงโซล่าเซลล์.....	6
2.2.2 การพิจารณาแผงโซล่าเซลล์.....	9
2.3 รูปแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
2.3.1 ระบบติดตั้งแบบอิสระ.....	10
2.3.2 ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อบนระบบจำหน่าย.....	11
2.3.3 ระบบติดตั้งแบบผสมผสาน.....	12
2.4 Bipolar Junction Transistor (BJT) .....	13
2.4.1 โครงสร้างทรานซิสเตอร์.....	13

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 กระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์.....	14
2.4.3 หลักการทำงาน.....	17
2.4.4 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	17
2.4.5 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP.....	17
2.4.6 การจัดโครงสร้างของทรานซิสเตอร์พื้นฐาน.....	18
2.5 หม้อแปลงไฟฟ้า.....	20
2.5.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	20
2.5.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	21
2.5.3 ชนิดของหม้อแปลงแบ่งตามจำนวนรอบของขดลวด.....	21
2.6 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบออสซิลเลเตอร์ (Astable multivibrator circuit).....	22
2.6.1 การทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบออสซิลเลเตอร์.....	22
2.6.2 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน.....	25
2.7 หน้าที่ของไดโอดในแผงโซลาร์เซลล์.....	25
2.7.1 การนำไดโอดมาใช้กับแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีการประยุกต์การใช้งานอยู่ สองอย่างด้วยกัน.....	26
2.8 แบตเตอรี่.....	27
2.8.1 แบตเตอรี่ใช้แล้วทิ้ง, เซลล์ปฐมภูมิ.....	27
2.8.2 แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้, เซลล์ทุติยภูมิ.....	28
2.8.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ต้องการในระบบพลังงานแสงอาทิตย์.....	28
2.8.4 เซลล์แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	28
2.8.5 รูปแบบการประจุแบตเตอรี่.....	28
2.8.6 ลักษณะการใช้งานการประจุแบตเตอรี่.....	30
2.9 อินเวอร์เตอร์.....	31
2.9.1 ประเภทของอินเวอร์เตอร์.....	31
2.9.2 การอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว.....	31
2.9.3 การควบคุมแรงดันของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว.....	32
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....</b>	<b>37</b>
3.1 วงจรชาร์จอัตโนมัติ.....	37
3.1.1 การทำงานของวงจรชาร์จอัตโนมัติ.....	37
3.1.2 หลักการประจุแบตเตอรี่.....	38
3.2 อินเวอร์เตอร์.....	40
3.2.1 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์.....	40
3.3 แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้.....	41
3.3.1 เสปคของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้.....	41
3.4 การคำนวณหาความจุแบตเตอรี่และระยะเวลาที่สามารถใช้งานโหลดได้.....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	43
4.1 การทดลอง.....	43
4.1.1 การทดลองแผ่นโซล่าเซลล์ต่อกับโหลด.....	43
4.1.2 การทดลองหากระแสและแรงดันเมื่อทำการชาร์จเข้าแบตเตอรี่.....	43
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป.....	49
5.1 การทดลองทาง.....	49
5.1.1 การทดสอบแผ่นโซล่าเซลล์.....	49
5.1.2 การทดสอบวงจรชาร์จอัตโนมัติ.....	49
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....	49
5.3 แนวทางการปรับปรุง และพัฒนา.....	49
บรรณานุกรม.....	50



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1.1 แสดงการต่อวงจรใช้ไฟดีซีและเอซีจากโซล่าเซลล์.....	3
2.1.2 แสดงผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อโซล่าเซลล์.....	4
2.1.3 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อโซล่าเซลล์.....	5
2.2.1 แผงโซล่าเซลล์ชนิดอะมอฟิส.....	6
2.2.2 ก้อนวาฟเฟอร์ก่อนจะตัดออกเป็นแผ่นเซลล์.....	7
2.2.3 แผงโซล่าเซลล์ชนิดผลึกผสม.....	7
2.2.4 แผงโซล่าเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว.....	8
2.3.1 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบอิสระ.....	10
2.3.2 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อบรรยากาศ.....	11
2.3.3 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบผสมผสาน.....	12
2.4.1 โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	13
2.4.2 โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด PNP.....	13
2.4.3 สัญลักษณ์ NPN.....	14
2.4.4 สัญลักษณ์ PNP.....	14
2.4.5 ความสัมพันธ์ของกระแสระหว่างขา C และ E.....	15
2.4.6 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของทรานซิสเตอร์.....	16
2.4.7 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	17
2.4.8 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP.....	18
2.4.9 ตัวอย่างวงจร Common-base.....	18
2.4.10 ตัวอย่างวงจร Common-emitter.....	19
2.4.11 ตัวอย่างวงจร Common-collector.....	19
2.6.1 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์.....	23
2.6.2 แสดงสภาวะคายประจุของ C1 ผ่านทรานซิสเตอร์ Q2.....	23
2.6.3 ส่วนประกอบของรูปที่ 2.6.1 สภาวะการคายประจุของ C2 ผ่านทรานซิสเตอร์ Q1.....	24
2.7.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า.....	25
2.7.2 การต่อบายพาสไดโอด.....	27
2.8.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในการอัดประจุแบบคงที่.....	29
2.8.2 กราฟแสดงการประจุแบบแรงดันคงที่.....	29
2.8.3 กราฟแสดงค่าแรงดันและกระแสของเครื่องประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่.....	30

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.9.1 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดียวแบบบริดจ์เต็ม.....	32
2.9.2 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันแบบพัลส์เดียว.....	33
2.9.3 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์.....	34
2.9.4 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์.....	36
3.1.1 แสดงวงจรซาร์จัตโนมติ.....	38
3.1.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในการอัดประจุแบบกระแสคงที่.....	38
3.1.3 กราฟแสดงการประจุแบบแรงดันคงที่.....	39
3.2.1 วงจรอินเวอร์เตอร์.....	40
3.3.1 แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้.....	41
4.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส(A) กับเวลา.....	44
4.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า(Volt) กับเวลา.....	44
4.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า(watt)กับเวลา.....	45
4.1.4 วิธีการต่อวงจรการทำผลการทดลอง.....	45
4.1.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส(A)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่.....	47
4.1.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า(V)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่.....	47
4.1.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง(Watt)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่.....	48

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.2.1 ตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยว.....	9
4.1 แสดงการบันทึกข้อมูลการวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้ทุกๆครึ่งชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00 - 17.00 น. ....	43
4.2 แสดงผลการทดลองวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เข้าแบตเตอรี่ทุกๆครึ่งชั่วโมงตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.30 น. ....	46



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันความต้องการทางไฟฟ้ามีเพิ่มมากขึ้นทุกวันซึ่งทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ เพราะพลังงานที่ได้มาจากเชื้อเพลิง เช่น จากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านหิน เชื้อเพลิงเหล่านี้ยิ่งใช้มากเท่าไรก็ยิ่งหมดเร็วเท่านั้นระหว่างที่ใช้งานก็ต้องนำเชื้อเพลิงเหล่านี้ไปเผาไหม้เสียก่อนจึงจะเกิดพลังงานได้ การเผาไหม้ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซที่สำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลภาวะหรือภาวะเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อนขึ้น

พลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญเป็นพลังงานที่มีตามธรรมชาติเป็นพลังงานสะอาดที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่มีวันหมดซึ่งสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้งานได้ด้วยโซลาร์เซลล์

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานของโซลาร์เซลล์
2. ศึกษาวงจรชาร์จ้อัตโนมัติและควบคุมประจุ

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาระบบพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์เซลล์
2. สร้างวงจรชาร์จและควบคุมประจุ

### 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงานของโซลาร์เซลล์
2. ศึกษาการทำงานของวงจรชาร์จ้อัตโนมัติ
3. นำวงจรที่สร้างมาต่อวงจรรวม
4. ทำการทดลอง

## ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 PV หรือ Solar Cell

คือ อุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์หรือแสงสว่างได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์สร้างจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เมื่อดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสตรง จะสามารถทำงานได้

#### 2.1.1 การทำงานของโซล่าเซลล์

เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้

#### 2.1.2 อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ จะใช้หลักการโฟโตอิเล็กทริกของสารกึ่งตัวนำ โดยใช้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาหรือของวัตถุ ทำให้อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานถึง 20-25 ปี

#### 2.1.3 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่วไปแล้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกบนพื้นที่ 1 ตารางเมตรจะได้รับพลังงานประมาณ 1,000 วัตต์ ซึ่งใน 1 วันเราสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ประมาณ 4-5 ชั่วโมง และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 10-16% ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหมายความว่า เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 ตารางเมตรสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 100-160 วัตต์ และใน 1 วันสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 500-800 วัตต์

#### 2.1.4 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงหรือไม่

สภาพอากาศเย็นจะทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และทำงานได้ดีกว่าในสภาวะที่อุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อน สาเหตุคือ เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ กลไกการทำงานบางอย่าง ไม่เอื้ออำนวยต่อการทำงานในสภาวะอากาศที่อุณหภูมิสูง สำหรับในฤดูหนาว ซึ่งสภาพ

อากาศเย็น แต่เซลล์แสงอาทิตย์กลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อยกว่าในฤดูร้อน ทั้งนี้เพราะช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า, ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำกว่า และมีเมฆปกคลุมบดบังแสงอาทิตย์มากกว่าฤดูร้อน

### 2.1.5 ถ้ามีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกตกค้างอยู่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การที่มีสิ่งสกปรกตกค้างบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่ว่าจะเป็น ฝุ่น, มูลนก, ใบไม้ หรือละอองของเขม่า เป็นต้น สิ่งสกปรกเหล่านี้จะบดบังแสงที่มากกระทบบนผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ลดลง ดังนั้น ถ้าพบว่าสิ่งสกปรกตกค้างอยู่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ใช้น้ำสะอาดล้างทำความสะอาด ห้ามใช้น้ำยาอื่น ๆ ล้าง หรือใช้กระดาษทรายขัดผิวหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เด็ดขาด ซึ่งการทำความสะอาดเช่นนี้ควรทำเป็นระยะๆ หรือเมื่อสังเกตเห็นว่าสิ่งสกปรกตกค้างบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.1.6 นำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต้องมีการติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย เพื่อทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

### 2.1.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรติดตั้งไว้ที่ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

สถานที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่ เช่น บนหลังคาบ้าน, อาคารสำนักงาน และโครงสำหรับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรหลีกเลี่ยงการถูกบดบังจากร่มเงาเช่น ต้นไม้ และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ฯลฯ รวมถึงควรหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปในทิศที่รับแสงอาทิตย์ช่วงเวลากลางวัน เพื่อให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด สำหรับระบบที่ติดตั้งแบบอิสระควรติดตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ใกล้กับแบตเตอรี่ เพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากสายไฟน้อยที่สุด



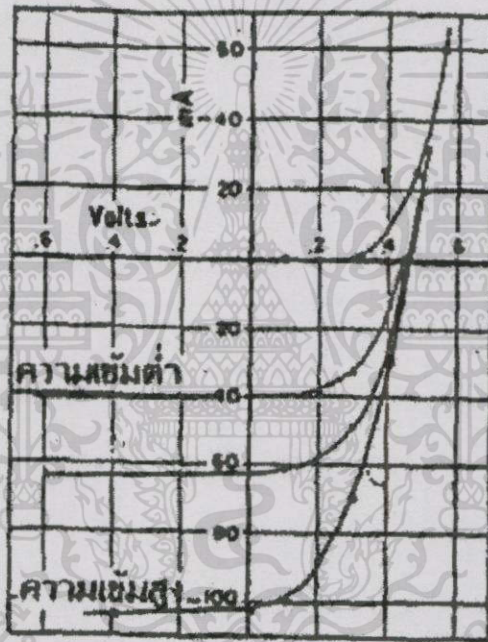
รูปที่ 2.1.1 แสดงการต่อวงจรใช้ไฟดีซีและเอซีจากโซล่าเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.8 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

### 1.) ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศา กับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง



รูปที่ 2.1.2 แสดงผลของความเข้มแสงที่มีผลต่อโซลาร์เซลล์

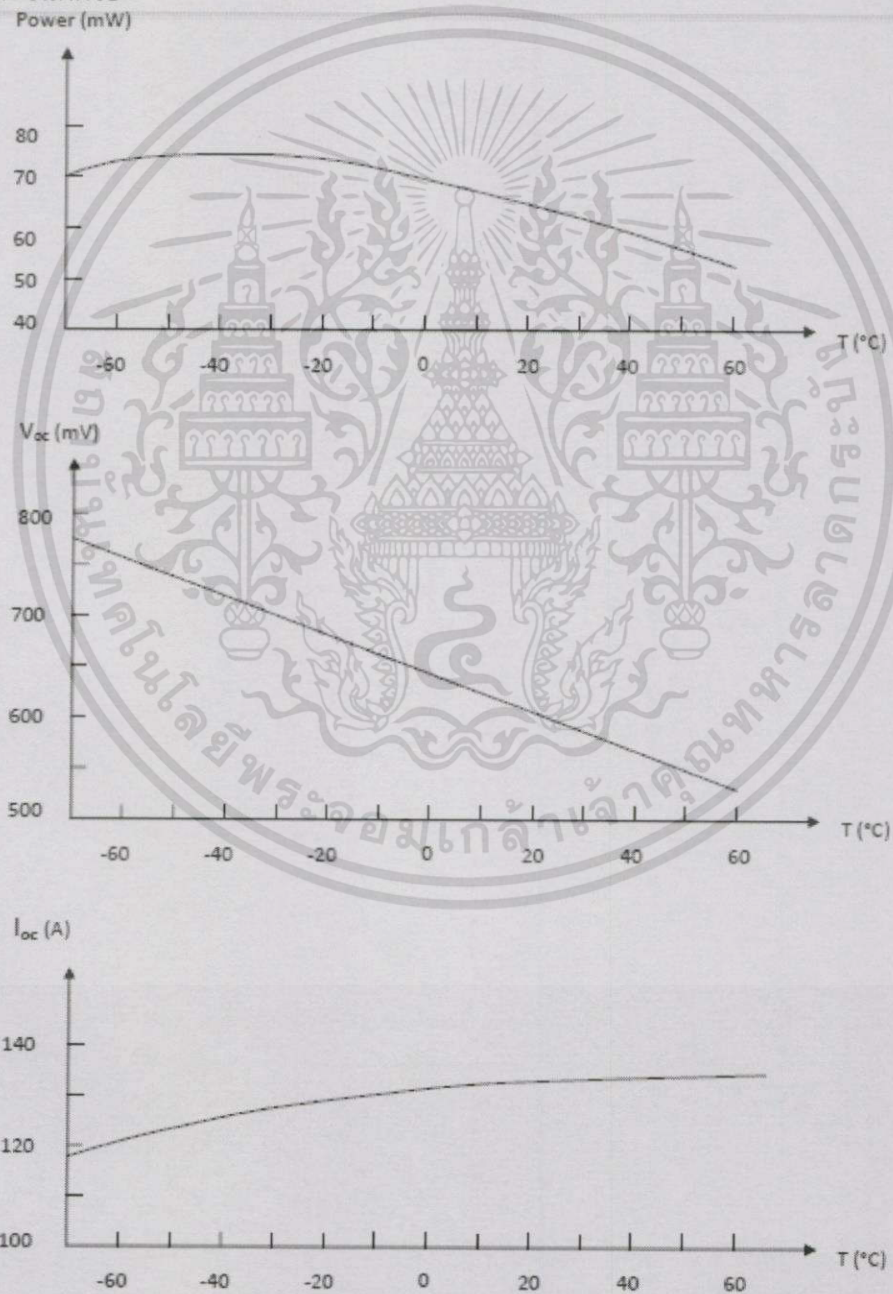
### 2.) อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 °C ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 °C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 °C ก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 °C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 °C เช่น อุณหภูมิ 30 °C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5%×5 °C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

( $21\text{ V} \times 2.5\%$ ) เหลือเพียง  $20.475\text{ V}$  ( $21\text{ V} - 0.525\text{ V}$ ) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง  $1,200\text{ W}$  ต่อ ตารางเมตร ณ อุณหภูมิ  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง  $1,000\text{ W}$  ต่อ ตารางเมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย



รูปที่ 2.1.3 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การเลือกซื้อแผง Solar Cell

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยแผงโซลาร์เซลล์หรือเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) กำลังมีความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสถานะน้ำมันที่มีราคาเพิ่มสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามแผงโซลาร์เซลล์มีราคาต่ำลง และมีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น การเลือกซื้อแผงโซลาร์เซลล์เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์มีหลายตัวแปรที่ควรพิจารณาทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมต่อการใช้งานอีกทั้ง ยังมีเรื่องของคุณภาพของวัสดุ และความประณีตในการประกอบแผงโซลาร์เซลล์ด้วย บทความนี้จะช่วยให้ทราบถึงความแตกต่างและลักษณะของแผงโซลาร์เซลล์ที่ช่วยให้ตัดสินใจเลือกซื้อแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

### 2.2.1 ชนิดของแผงโซลาร์เซลล์

โดยทั่วไปแผงโซลาร์เซลล์จะทำมาจากซิลิกอน(Silicon) สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ แบบอะมอร์ฟัส(Amorphous) และชนิดเรียงผลึก(Multi array) ซึ่งแบบชนิดเรียงผลึกยังสามารถแบ่งย่อยๆ ได้อีกสองแบบ คือแบบผสม(Poly crystalline) และผลึกเดี่ยว(Mono crystalline) เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจ จำเป็นที่ต้องทราบชนิดและความเหมาะสมของการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์ดังกล่าว

#### 2.2.1.1 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดอะมอร์ฟัส

แผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบบางๆ ลักษณะโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นสีดำ ตามรูปที่ 2.2.1



รูปที่ 2.2.1 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดอะมอร์ฟัส

โดยส่วนใหญ่อะมอร์ฟัสจะผลิตแรงดันโวลต์สูงประมาณ 36-60 โวลต์ และมีแอมป์ต่ำ จึงทำให้เหมาะสำหรับที่จะใช้กับระบบทำงานที่ต้องการแรงดันสูง เช่น ระบบปั้มน้ำ หรือระบบไฟฟ้าสองส่วที่มีระยะของสายไฟยาวๆ การใช้งานของแผงอะมอร์ฟัสต้องมีการเลือกใช้อุปกรณ์ร่วมที่เหมาะสม เช่น เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับแรงดันของแผง โดยทั่วไปไม่นิยมใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เพียงลูกเดียวเพราะจะทำให้สูญเสียแรงดันไปโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าแผงอะมอร์ฟัสมีแรงดันทำงานที่ 48-60 โวลต์ควรต่อแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ต่อแบบอนุกรมให้มีแรงดันที่ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลต์ ซึ่งการต่อแบตเตอรี่ลักษณะนี้จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแผงโซลาร์เซลล์ได้สูงสุด ข้อเสียของแผงชนิดนี้คืออายุการใช้งานประมาณ 5-6 ปีซึ่งถือว่าไม่มาก แต่แผงชนิดนี้จะมีราคาไม่แพงสามารถผลิตได้ในประเทศไทย ข้อควรพิจารณาคือประสิทธิภาพของแผงชนิดนี้ไม่สูงประมาณ 5-8 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นดังนั้นการติดตั้งแผงชนิดนี้จึงต้องอาศัยพื้นที่มาก

### 2.2.1.2 แผงชนิดเรียงผลึก

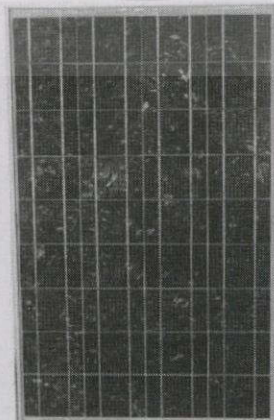
แผงโซลาร์เซลล์นี้ทำมาจากการเรียงตัวของวาฟเฟอร์(wafers) หรือที่นิยมเรียกว่าเซลล์(Cell) และนำมาเข้ากรอบโดยมีกระจกใสปิดอยู่ด้านหน้า วาฟเฟอร์ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำซึ่งอาจจะทำจากผลึกเดี่ยวหรือผลึกผสม ดังรูปที่ 2.2.2

รูปที่ 2.2.2 ก่อนวาฟเฟอร์ก่อนจะตัดออกเป็นแผ่นเซลล์

แรงดันการใช้งานของแผงชนิดนี้อยู่ระหว่าง 16-20 V แต่จะมีกระแสสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนวัตต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำวาฟเฟอร์มีความแตกต่างกันจึงสามารถแบ่งชนิดของแผงโซลาร์เซลล์ที่เป็นแบบเรียงผลึกได้เป็น 2 แบบ คือ

#### 1.) แบบผลึกผสม (Poly crystalline)

แผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้ทำมาจากซิลิคอน 2 ชนิดขึ้นไปมาทำการละลายด้วยความร้อนสูงและทำให้เย็นตัวกลายเป็นก้อนวาฟเฟอร์จากนั้นนำมาตัดเป็นแผ่น ซึ่งจะมีลักษณะเป็นผลึกสีออกน้ำเงิน เมื่อสังเกตจะเห็นอย่างชัดเจนว่าแผ่นเซลล์นั้นมีวัสดุที่ใช้ทำมากกว่าหนึ่งอย่าง โดยทั่วไปลักษณะของเซลล์จะมีหลายรูปแบบทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต รูปที่ 2.2.3 แสดงตัวอย่างของแผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกผสม



รูปที่ 2.2.3 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้โดยทั่วไปจะนิยมใช้มากกว่าแผงชนิด อะมอฟิส เนื่องจากมีอายุการใช้งานที่คงทนกว่า ปกติสามารถใช้งานได้อย่างน้อยอายุประมาณ 20 ปี การใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายกว่า เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้มีโวลต์คงที่คือประมาณ 17-18 V ดังนั้นจึงง่ายสำหรับการนำไปใช้งานทั่วไป โดยการใช้งานที่แรงดันนี้สามารถชาร์จเข้ากับแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 V ได้เลย แต่ควรใส่ไดโอดเพื่อป้องกันกระแสไหลย้อนกลับมายังแผง ซึ่งอาจทำให้แผงโซลาร์เซลล์เสียหายได้ สำหรับประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้จะอยู่ที่ประมาณ 12-15 เปอร์เซ็นต์

## 2.) แบบผลึกเดี่ยว (Mono crystalline)

โซลาร์เซลล์ที่เป็นแบบผลึกเดี่ยวมีแนวโน้มว่าจะได้รับความสนใจจากผู้ใช้งานสูงเนื่องจากโซลาร์เซลล์ชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ และราคาไม่แตกต่างจากโซลาร์เซลล์ชนิดผสม เซลล์ผลึกเดี่ยวสามารถทำได้จากนำซิลิคอนมาแยกผลึกให้เหลือแต่ชนิดของผลึกที่ต้องการ จากนั้นทำการหล่อเป็นก้อนวาฟเฟอร์และทำการตัดออกเป็นแผ่นบางๆและนำเซลล์มาเรียงเป็นแผงโซลาร์เซลล์ แสดงดังรูปที่ 2.2.4



รูปที่ 2.2.4 แผงโซลาร์เซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว

แผ่นเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดและรูปร่างของเซลล์ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต การนำไปใช้งานเหมือนกับแผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกผสม ซึ่งสามารถพิจารณาคุณสมบัติแผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้ได้ตามตารางที่ 2.2.1

## ตารางที่ 2.2.1 ตารางคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์แบบผลึกเดี่ยว

Electricity Performance Parameter					Module size	Installation Size(mm)			Weight
Wp(W)	Vmp(V)	Imp(A)	Isc(A)	Voc(V)	L x W x H(mm)	A/A1	B	Hole size	(Kg)
165	36.0+0.5	4.78-0.20	5.35-0.20	44.0-0.5	1573x824x46.50	1200/600	788	10-7.0	~15.0
90	18.0+0.5	4.79-0.20	5.22-0.20	22.0-0.5	1196x534x25	930/465	495	6-6.4	~7.0
85	18.5+0.5	4.66-0.20	5.09-0.20	22.0-0.5	1196x534x25	930/465	495	6-6.4	~7.0
80	17.5-0.5	4.53-0.20	4.91-0.20	22.0-0.5	1196x534x25	930/465	495	6-6.4	~7.0
75	17.5-0.5	4.34-0.20	4.94-0.2	22.0-0.5	1196x534x25	930/465	495	6-6.4	~7.0
53	17.5-0.5	3.12-0.20	3.50-0.20	21.0-0.5	786x531x25	600	495	4+6.4	~5.0
40	17.5-0.5	2.34-0.20	2.62-0.20	21.0-0.5	626x531x25	415	495	4+6.4	~3.6
20	17.5-0.5	1.20-0.20	1.34-0.20	21.0-0.5	621x281x25	415	245	4-6.4	~2.2
15	18.5-0.5	0.82-0.20	0.88-0.20	22.0-0.5	421x301x25	220	264	4+6.4	~1.5
10	17.5-0.5	0.60-0.20	0.66-0.20	21.0-0.5	356x301x25	190	264	4+6.4	~1.4
5	18.0-0.5	0.29-0.20	0.33-0.20	21.0-0.5	291x205x25				~0.9

### 2.2.2 การพิจารณาแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์ที่ขายโดยทั่วไปมีหลายเกรดให้เลือกแต่ส่วนใหญ่ราคาจะเท่ากันเนื่องจากผู้บริโภคยังขาดความรู้เรื่องการเลือกซื้อแผงโซลาร์เซลล์ทั่วไป วาฟเฟอร์ที่อยู่ด้านในของแผงจะมีคุณภาพหรือคุณสมบัติใกล้เคียงกันแต่จะแตกต่างกันในส่วนรายละเอียดของการเข้ากรอบและวัสดุที่ใช้ทำกรอบนั้นเองสำหรับการพิจารณาเบื้องต้นควรพิจารณาถึงการรับรองของแผงโซลาร์เซลล์ดังกล่าว ได้รับการรับรองจากสถาบันที่น่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด โดยปกติแผงโซลาร์เซลล์จะได้รับการตรวจสอบรับรอง IEC61215 ของมหาวิทยาลัย Arizona สหรัฐอเมริกา แต่การรับรองผลของสถาบันนี้มีราคาสูงมากจึงทำให้ผู้ผลิตขอใบรับรองเฉพาะรุ่นที่มีขนาดกำลังวัตต์สูงๆ ด้วยเหตุนี้อาจจะไม่มีใบรับรองทุกรุ่นแต่สามารถพิจารณาจากใบรับรอง CE ได้ นอกจากนี้เพื่อให้ได้แผงโซลาร์เซลล์ที่ดี มีอายุการใช้งานได้นาน ควรพิจารณาเบื้องต้นดังนี้

- 1.) แผงโซลาร์เซลล์ที่ดีควรมีกรอบที่แข็งแรงมีความหนาพอสมควร เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง
- 2.) กระจกที่ใช้ปิดแผงควรเป็นกระจกติดเงา หรือสามารถช่วยลดการสะท้อนของแสงได้ กระจกชนิดนี้จะช่วยให้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
- 3.) การเชื่อมต่อเซลล์ภายในของแต่ละเซลล์ต้องมีความเรียบร้อย ขนาดของเซลล์ภายในแผงควรที่จะเท่ากัน (เนื่องจากขนาดของเซลล์ที่ต่างกันจะทำให้สามารถผลิตแรงดันที่ต่างกัน จึงอาจจะทำให้แผงโซลาร์เซลล์มีอายุการใช้งานที่สั้นลง
- 4.) การประกอบเข้ากรอบต้องมีความเรียบร้อย มีการป้องกันน้ำซึมเป็นอย่างดี ไม่มีรอยซ่อมแซม
- 5.) ด้านหลังแผงมีกล่องสำหรับเชื่อมต่อสะดวกต่อการต่อใช้งาน ต้องมีความแข็งแรง มีระบบป้องกันน้ำป้องกันฝนได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) นอกจากนี้แผงที่ติดตั้งภายในกล่องสำหรับต่อสายไฟควรจะต้องประกอบด้วยไดโอดเพื่อป้องกันการย้อนกลับของกระแสไฟจากแบตเตอรี่มายังแผงโซลาร์เซลล์

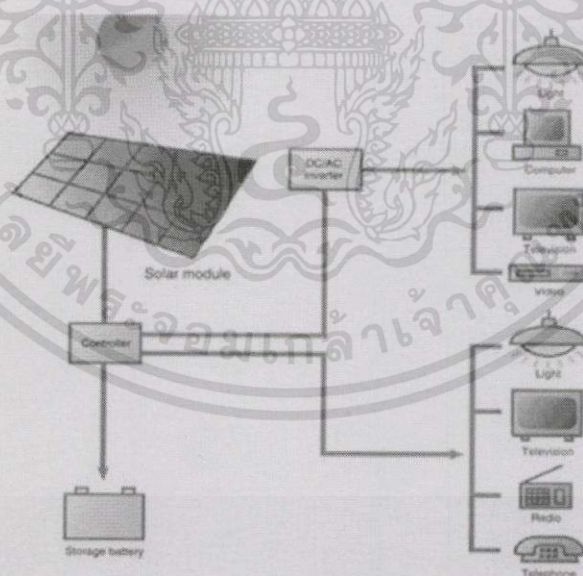
จากความรู้ในการเลือกแผงโซลาร์เซลล์เพียงเท่านี้จะทำให้สามารถเลือกแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้มาตรฐานและมีอายุการใช้งานที่ยืนยาว นอกจากการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ที่ดีแล้วสิ่งที่จำเป็นอีกอย่างคือแบตเตอรี่

## 2.3 รูปแบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีรูปแบบที่หลากหลายต่างกัน แต่ทั้งหมดจะมีรูปแบบการใช้งานหลัก ๆ อยู่ 3 รูปแบบ ดังนี้

### 2.3.1 ระบบติดตั้งแบบอิสระ (Stand alone system)

เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าเข้าถึง หลักการทำงานของระบบติดตั้งแบบอิสระแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน โดยในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งได้รับแสงแดดจะสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลด พร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อม ๆ กัน ส่วนในช่วงเวลากลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นพลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงกล่าวได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบอิสระนี้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน



รูปที่ 2.3.1 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบอิสระ

#### 2.3.1.1 รายละเอียดของระบบติดตั้งอิสระประกอบด้วย

1.) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

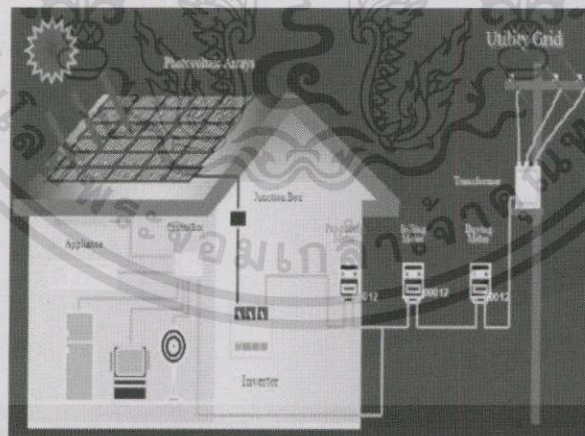
2.) เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

3.) แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อไว้ในตอนที่ไม่มีแสงอาทิตย์เช่นกรณีที่มีคริมหรือตอนกลางคืน

4.) เครื่องแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น หากเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการไฟฟ้าที่แรงดัน 220Vac 50Hz เครื่องแปลงไฟฟ้าจะเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220Vac 50Hz เพื่อให้สามารถใช้งานได้ เป็นต้น ส่วนในกรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าต้องการแรงดันกระแสตรง ก็สามารถใช้งานโดยตรงจากแบตเตอรี่ได้เลย

### 2.3.2 ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อบรรณำหน่ย (Grid connected system)

เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน การลงทุนไม่สูงมากเท่าแบบติดตั้งอิสระ แต่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระบบสายส่งไฟฟ้าอยู่แล้ว ระบบนี้จะไม่มีการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วก็จ่ายเข้าระบบได้เลย ทำให้ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการดูแลรักษาแบตเตอรี่ แต่หากระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง ระบบนี้ก็จะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบด้วย เนื่องจากเป็นมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับช่างไฟฟ้าที่จะซ่อมบำรุงระบบ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่บังคับใช้ทั่วโลก



รูปที่ 2.3.2 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อบรรณำหน่ย

#### 2.3.2.1 รายละเอียดของระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อบรรณำหน่ย ประกอบด้วย

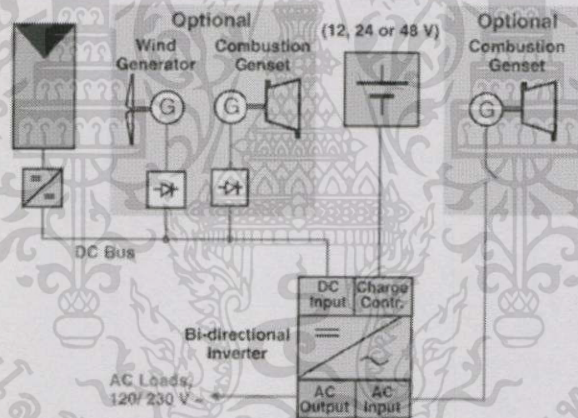
1.) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) เครื่องแปลงกระแสสลับชนิดเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าที่ได้จากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดและแรงดันเท่ากับระบบไฟฟ้าหลัก เช่น ระบบไฟฟ้าหลักมีแรงดัน 220Vac 50Hz ก็จะต้องใช้เครื่องแปลงไฟฟ้าเป็นรุ่นที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 220Vac 50Hz ด้วย ซึ่งระบบแบบต่อร่วมระบบจำหน่ายนี้มีการติดตั้งใช้งานกันมากในปัจจุบันเนื่องจากการส่งเสริมจากทางภาครัฐ ทำให้ในปัจจุบันจะเห็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ต่าง ๆ กันมาก

### 2.3.3 ระบบติดตั้งแบบผสมผสาน (Hybrid system)

เป็นระบบซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในพื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ตามเกาะต่าง ๆ และเหมาะสมสำหรับออกแบบให้เป็นแหล่งไฟฟ้าหลักได้เลยเนื่องจากจะใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจากหลายๆ แหล่งมาช่วยจ่ายกระแสไฟฟ้า ทำให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพมากขึ้น เช่น มีแหล่งจ่ายจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากชุดกังหันลมผลิตไฟฟ้า จากชุดเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.3.3 แบบเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตั้งแบบผสมผสาน

#### 2.3.3.1 รายละเอียดของระบบติดตั้งแบบผสมผสาน ประกอบด้วย

- 1.) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
- 2.) เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่
- 3.) แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อไว้ใช้ในตอนที่ไม่มีแสงอาทิตย์เช่นกรณีที่พักผ่อนหรือตอนกลางคืน
- 4.) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิด 2 ทิศทาง จะทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นกระแสสลับเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า และในขณะเดียวกันหากแรงดันชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตเตอรี่ต่ำลง หรือไม่มีแสงอาทิตย์สำหรับประจุลงแบตเตอรี่ เครื่องแปลงก็จะทำหน้าที่ในการเป็นเครื่องประจุแบตเตอรี่โดยอัตโนมัติ เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ที่จ่ายกระแสเข้ามาและเมื่อเครื่องยนต์ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์เครื่องแปลงไฟฟ้าทำการประจุไฟฟ้าจนแบตเตอรี่เต็มแล้ว เครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าก็จะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์เครื่องแปลงไฟฟ้าก็จะกลับมาทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยอัตโนมัติทันที ทำให้ระบบสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

## 2.4 Bipolar Junction Transistor (BJT)

ทรานซิสเตอร์(Transistor) คือสิ่งประดิษฐ์ทำจากสารกึ่งตัวนำมี 3 ขา กระแสหรือแรงดันเคลื่อนเพียงเล็กน้อยที่ขาหนึ่งจะควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ หมายความว่าทรานซิสเตอร์เป็นทั้งเครื่องขยายและสวิตช์ทรานซิสเตอร์

### 2.4.1 โครงสร้างทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n ต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน(Doping) จำนวน 3 ชั้น ทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ชั้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิด N 2 ชั้นเรียกว่าชนิด NPN และชนิดที่มีสาร P 2 ชั้นเรียกว่าชนิด PNP ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.4.1 และ 2.4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.4.1 โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



รูปที่ 2.4.2 โครงสร้างทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

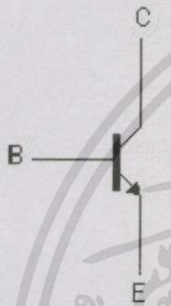
ขาทั้ง 3 ที่ต่อใช้งานของทรานซิสเตอร์ มีชื่อเรียกดังนี้

- ขาคอลเล็คเตอร์ (Collector) เรียกย่อๆ ว่า ขาซี (C) เป็นโครงสร้างที่มีชั้นสารขนาดใหญ่ที่สุด มักจะถูกโดดเป็นฐาน

- ขาอิมิตเตอร์ (Emitter) เรียกย่อๆ ว่า ขาอี (E) เป็นโครงสร้างที่มีชั้นสารขนาดรองลงมาและอยู่คนละด้านกับคอลเล็คเตอร์

- ขาเบส (Base) เรียกย่อๆ ว่า ขาบี (B) เป็นโครงสร้างที่มีชั้นสารขนาดแคบสุด เมื่อเทียบกับอีกสองส่วนและอยู่ระหว่างกลางของสารทั้งสอง

การดูจากสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ขาเบส (B) จะอยู่ตอนกลาง ขาที่มีหัวลูกศรกำกับไว้คือ ขาอิมิตเตอร์ (E) ถ้าเป็นรูปลูกศรชี้เข้าเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP รูปลูกศรชี้ออกเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ดังแสดงในรูปที่ 2.4.3 และ 2.4.4



รูปที่ 2.4.3 สัญลักษณ์ NPN



รูปที่ 2.4.4 สัญลักษณ์ PNP

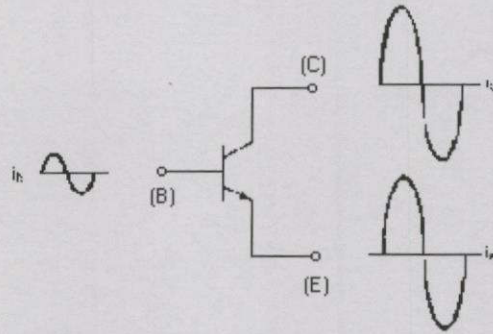
## 2.4.2 กระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ (Transistor Current and Voltage)

เนื่องจากทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีขั้ว 3 ขั้วคือ ขั้วคอลเล็คเตอร์, ขั้วเบส และขั้วอิมิตเตอร์จึงมีกระแสและแรงดันทรานซิสเตอร์หลายค่าดังนี้

### 2.4.2.1 กระแสของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งถูกควบคุมด้วยกระแสเบส (Base Current:  $I_B$ ) กล่าวคือเมื่อ  $I_B$  มีการเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อยก็จะทำให้กระแสอิมิตเตอร์ (Emitter Current:  $I_E$ ) และกระแสคอลเล็คเตอร์ (Collector Current:  $I_C$ )

เปลี่ยนแปลงไปด้วยนอกจากนี้ถ้าเราเลือกบริเวณการทำงาน (Operating Region) หรือทำการไบอัสที่รอยต่อของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตำแหน่งให้เหมาะสม ก็จะได้  $I_E$  และ  $I_C$  ซึ่งมีขนาดมากขึ้นเมื่อเทียบกับ  $I_B$



รูปที่ 2.4.5 ความสัมพันธ์ของกระแสระหว่างขา C และ E

จากรูปที่ 2.4.5 เมื่อจ่ายสัญญาณกระแส AC ที่ขั้วเบส ( $I_B$ ) หรือที่ด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ก็จะได้รับสัญญาณเอาต์พุตที่ขั้วอิมิตเตอร์และที่ขั้วคอลเลคเตอร์ มีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีสมการดังนี้

$$I_E = I_C + I_B \quad \text{----- (2.4.1)}$$

#### อัตราขยายเบต้าและอัลฟา

อัตราขยายทางกระแสของทรานซิสเตอร์ได้แก่ อัตราขยายในวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ ซึ่งเป็นวงจรที่นิยมใช้งานมากที่สุด ค่าอัตราขยายนี้ได้มาจากอัตราส่วนของกระแสคอลเล็กเตอร์ ( $I_C$ ) เทียบกับกระแสเบส ( $I_B$ ) เราเรียกค่า อัตราขยายกระแส (Current Gain) นี้ว่าค่าเบต้า ( $\beta_{dc}$ ) เช่นหากกระแสขาเข้าเป็นกระแสเบสกระแสออกเป็น กระแสคอลเล็กเตอร์ หากกระแสเข้าเท่ากับ 1 mA กระแสออกเท่ากับ 100 mA เรียกว่าอัตราขยายเท่ากับ 100 เท่า ดังนั้นหากค่าอัตราขยายสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{----- (2.4.2)}$$

โดยทั่วไปแล้วค่าอัตราขยาย  $\beta_{dc}$  จะอยู่ในช่วง 20 ถึง 200 เท่าหรือมากกว่านั้น นอกจากนี้แล้วยังมีอัตราขยายของวงจรที่จัดวงจรแบบคอมมอนเบส โดยถือว่ากระแสเข้าคือกระแสอิมิตเตอร์ กระแสออกคือกระแสคอลเล็กเตอร์ ค่าอัตราขยายดังกล่าวเรียกว่าค่าอัลฟา ( $\alpha_{dc}$ ) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{----- (2.4.3)}$$

แต่จากสมการทรานซิสเตอร์สมการที่ 3.1 และค่า  $I_C$  มีค่าประมาณใกล้เคียงกับค่า  $I_E$  แต่ไม่มากกว่าค่า  $I_E$  ดังนั้นค่าอัตราขยายของสมการนี้จึงมีค่าอยู่ในช่วง 0.95 ถึง 0.99 เท่าหรือมีค่าไม่เกิน 1 เท่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\beta_{dc}$  และ  $\alpha_{dc}$  จากสมการที่ 2.4.1 และนำ  $I_C$  หารสมการที่ 2.4.1

$$\frac{I_E}{I_C} = \frac{(I_C + I_B)}{I_C}$$

$$= \frac{I_C}{I_C} + \frac{I_B}{I_C}$$

$$= 1 + \frac{I_B}{I_C} \quad \text{----- (2.4.4)}$$

ซึ่งค่า  $\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$  และค่า  $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$  ดังนั้นนำค่าทั้งสองแทนในสมการที่ 2.4.4 ได้ดังนี้

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{\beta_{dc} + 1} \quad \text{----- (2.4.5)}$$

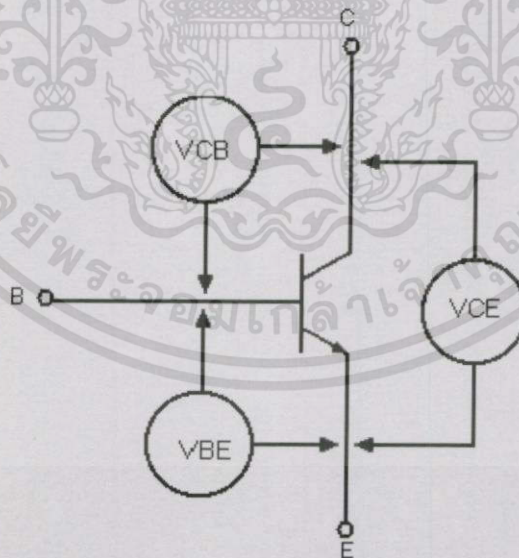
และ

$$\beta_{dc} = \frac{\alpha_{dc}}{1 - \alpha_{dc}} \quad \text{----- (2.4.6)}$$

#### 2.4.2.2 แรงดันของทรานซิสเตอร์

ขณะต่อทรานซิสเตอร์เพื่อใช้กับงานจริง มีแรงดันไฟฟ้าหลายประการเกิดขึ้น

ดังรูป 2.4.6



รูปที่ 2.4.6 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 หลักการทำงาน

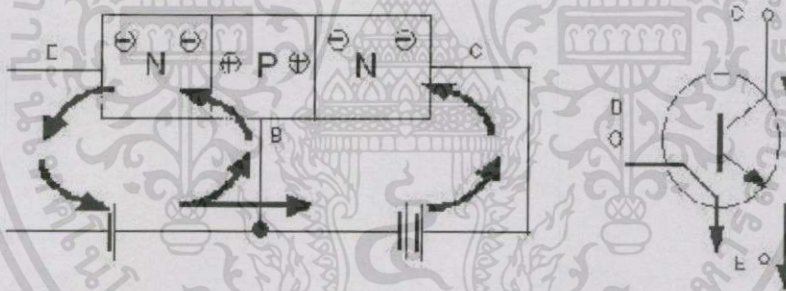
ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และชนิด PNP เมื่อนำไปใช้งานไม่ว่าจะใช้ในวงจรขยายสัญญาณ(Amplifier) หรือทำงานเป็นสวิตช์ จะต้องทำการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ โดยใช้หลักการไบอัส ดังนี้

- ไบอัสตรง (Forward Bias) ให้กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส
- ไบอัสกลับ (Reverse Bias) ให้กับรอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบส

หลักการของทรานซิสเตอร์คือ ต้องการที่จะทำให้กระแสทางด้านอินพุต สามารถควบคุมการไหลของกระแสเอาต์พุตได้ ดังนั้นการให้ไบอัสทางเอาต์พุตจึงต้องเป็นการให้ไบอัสเป็นแบบ Reverse Bias ถ้าเป็นแบบ Forward Bias กระแสด้านเอาต์พุตก็จะเป็นอิสระไม่สามารถควบคุมได้ และทางด้านอินพุตจะต้องให้ไบอัสเป็นแบบ Forward Bias ด้วยแรงดันไฟฟ้าต่ำๆ เพื่อที่จะไม่ทำให้กระแสเอาต์พุตเกิดการอิ่มตัวเสียก่อน

### 2.4.4 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

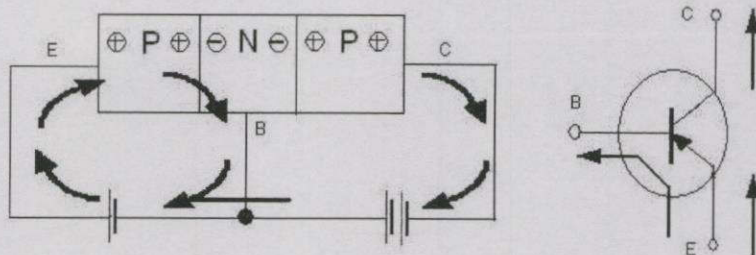
การป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN คือ การจ่ายโพลบให้ขา E เมื่อเทียบกับไฟบวกที่จ่ายให้ขา B และจ่ายไฟบวกให้ขา C เมื่อเทียบกับโพลบที่จ่ายให้ขา B มีทั้งไฟบวกและโพลบ แต่การเทียบศักย์ Forward นั้นจะเทียบระหว่างขา B กับขา E เท่านั้นทำให้ขา B ซึ่งเป็นสาร P ได้รับแรงไฟ Forward คือเป็นไฟบวกเมื่อเทียบกับขา E เท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.4.7



รูปที่ 2.4.7 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

### 2.4.5 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

การป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP โดยการจ่ายไฟบวกให้ขา E เมื่อเทียบกับโพลบที่จ่ายให้ขา B และจ่ายโพลบเข้าขา C เมื่อเทียบกับไฟบวกที่จ่ายให้ขา B ทำให้ขา B มีทั้งโพลบและไฟบวก ทำให้ขา B ซึ่งเป็นสาร N ได้รับ Forward Bias คือ เป็นลบเมื่อเทียบกับขา E เท่านั้น แสดงดังรูปที่ 2.4.8



รูปที่ 2.4.8 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

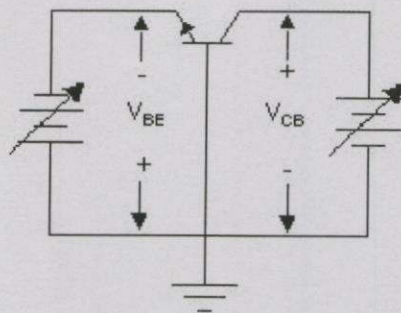
สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP นั้นเมื่อขา B กับขา E ได้ Forward Bias และจากขา B กับขา C ได้ Reverse Bias จะทำให้มีกระแสเบส ( $I_B$ ) ไหลจากไฟบวกเข้าขา E ไปยังขา B และกระแสคอลเล็คเตอร์ ( $I_C$ ) จะไหลจากไฟบวกเข้าขา E ออกมายังขา C ทิศทางการไหลของกระแสจะวิ่งไปตามทิศทางของลูกศร นอกจากการไล่กระแสซึ่งจะไหลจากบวกไปยังลบแล้ว ยังมีการไล่กระแสจากขั้วลบไปขั้วบวกด้วย หรือเรียกว่า กระแสอิเล็กตรอน ทิศทางการไหลของกระแสจะไปในทิศทางย้อนลูกศร

การไหลของกระแสในทรานซิสเตอร์จะถูกกำหนดด้วยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขา B คือ ถ้าแรงดันไฟฟ้า Forward Bias ที่ขา B มากกระแสเบส ( $I_B$ ) จะไหลได้มาก ก็จะทำให้กระแสคอลเล็คเตอร์ ( $I_C$ ) ไหลได้มากตาม ถ้าแรงดันไฟฟ้า Reverse Bias ที่ขา C มากก็จะทำให้กระแสคอลเล็คเตอร์มากด้วย การที่กระแสในทรานซิสเตอร์จะไหลได้มากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เป็นหลัก กล่าวคือ ถ้าให้  $V_{BE}$  มาก  $I_B$  จะไหลมาก ความต้านทานในทรานซิสเตอร์ระหว่าง C - E ก็ต่ำลงมาก  $I_C$  ก็ไหลมาก และ  $I_E$  ก็ไหลได้มากด้วย ถ้าให้  $V_{BE}$  น้อย  $I_B$  จะไหลน้อย ความต้านทานในทรานซิสเตอร์ระหว่าง C - E ก็สูง  $I_C$  ก็ไหลน้อยและ  $I_E$  ก็ไหลได้น้อยด้วย

## 2.4.6 การจัดโครงสร้างของทรานซิสเตอร์พื้นฐาน (Basic Transistor Configuration)

### 2.4.6.1 Common-base

วงจรเบสร่วม เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้ขั้วอิมิตเตอร์ และเอาต์พุตออก จากขั้วคอลเล็คเตอร์ นั่นคือมีขั้วเบสเป็นจุดต่อร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทั้งสองวงจร วงจรเบสร่วมต้องการความถี่สูง มีอัตราขยายกระแสไฟฟ้าต่ำ อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าสูง และแรงดันกระแสกลับอินพุตกับแรงดันกระแสกลับเอาต์พุต Inphase กัน

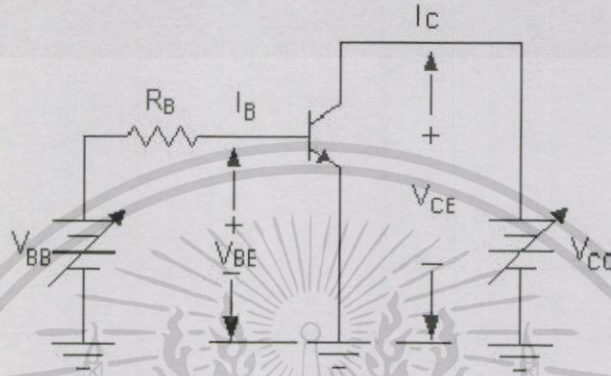


รูปที่ 2.4.9 ตัวอย่างวงจร Common-base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.6.2 Common-emitter

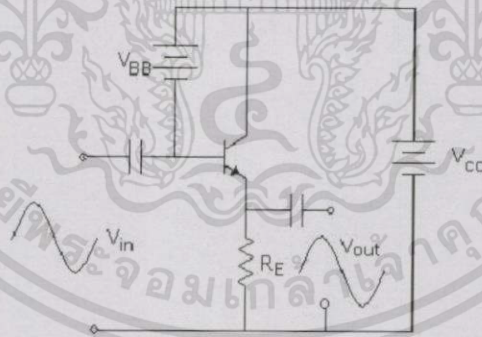
วงจรอิมิตเตอร์ร่วมเป็นวงจรที่การจ่ายอินพุตให้กับขั้วเบสและมีเอาต์พุตออกมาจากขั้วคอลเลคเตอร์ ซึ่งมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทั้งสองมีจุดตำ่ร่วมกับขั้วอิมิตเตอร์ วงจรอิมิตเตอร์ร่วมมีอัตราขยายกระแสและอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าสูง และมีการเลื่อนเฟสแรงดันกระแสสลับอินพุตไปยังเอาต์พุตเป็นมุม 180 องศา



รูปที่ 2.4.10 ตัวอย่างวงจร Common-emitter

### 2.4.6.3 Common-Collector

วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมเป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้ขั้วเบสและเอาต์พุตออกจากขั้วอิมิตเตอร์ วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมมีอัตราขยายกระแสไฟฟ้าสูง แต่อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าต่ำ แรงดันกระแสสลับอินพุตกับแรงดันกระแสสลับเอาต์พุตจะ inphase กัน



รูปที่ 2.4.11 ตัวอย่างวงจร Common-collector

สรุป

a. กระแสของทรานซิสเตอร์

$$I_E = I_C + I_B$$

b. อัตราขยายกระแสดีซี

$$\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_B}$$

c. อัตราขยายอัลฟา

$$\alpha_{dc} = \frac{I_c}{I_E}$$

d. การเปลี่ยนจากค่า  $\beta_{dc}$  เป็น  $\alpha_{dc}$

$$\beta_{dc} = \frac{\alpha_{dc}}{1 - \alpha_{dc}}$$

e. การเปลี่ยนจากค่า  $\alpha_{dc}$  เป็น  $\beta_{dc}$

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{\beta_{dc} + 1}$$

## 2.5 หม้อแปลงไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า สามารถเปลี่ยนขนาดแรงดันไฟฟ้า หรือขนาดของกระแสไฟฟ้าได้ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบและใช้งาน

### 2.5.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

- 1.) ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- 2.) ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- 3.) ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
- 4.) แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
- 5.) อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ, พัดลม, น้ำมัน หรือใช้ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน เป็นต้น

6.) โครง (Frame) หรือถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็ก  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งการติดตั้งระบบระบายความร้อนให้กับหม้อแปลงขนาดใหญ่

7.) สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย

## 2.5.2 หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) กล่าวไว้ว่า เมื่อขดลวดได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้ขดลวดมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับและทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดนี้

เมื่อขดลวดปฐมภูมิได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นตามกฎของฟาราเดย์ ขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นอยู่กั จำนวนรอบของขดลวด พื้นที่แกนเหล็ก และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กในขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กนี้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้รับ เส้นแรงแม่เหล็กเกือบทั้งหมดจะอยู่รอบแกนเหล็ก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กผ่านขดลวด จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมินี้

## 2.5.3 ชนิดของหม้อแปลงแบ่งตามจำนวนรอบของขดลวด

ชนิดของหม้อแปลงแบ่งตามจำนวนรอบของขดลวดได้ดังนี้

- 1.) หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่ม (Step-Up) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบมากกว่าขดลวดปฐมภูมิ
- 2.) หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าลง (Step-Down) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบน้อยกว่าปฐมภูมิ
- 3.) หม้อแปลงที่มีแทปแยก (Tap) ทำให้มีขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้หลายระดับ
- 4.) หม้อแปลงที่ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกัน (Isolating) ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบเท่ากับขดลวดปฐมภูมิหรือมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากันทั้งสองด้าน

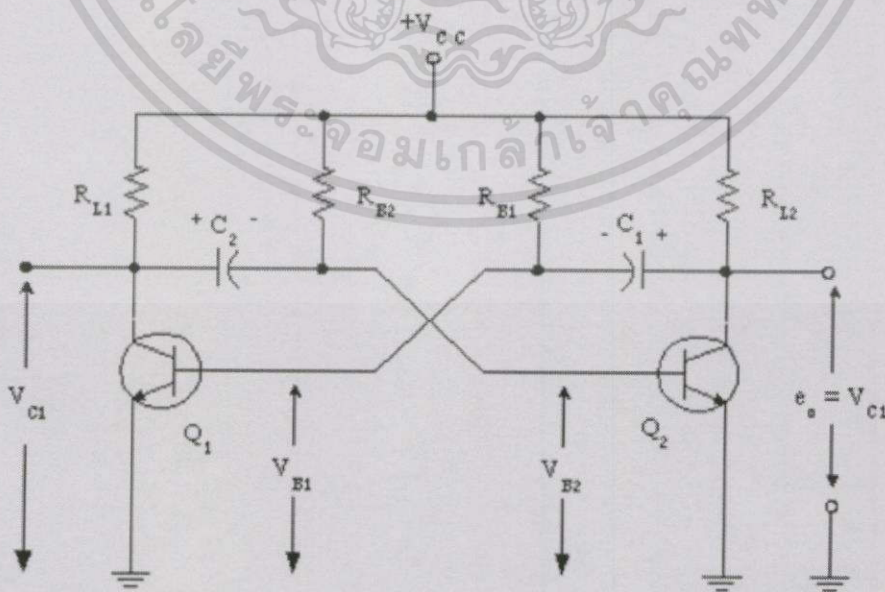
## 2.6 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator circuit)

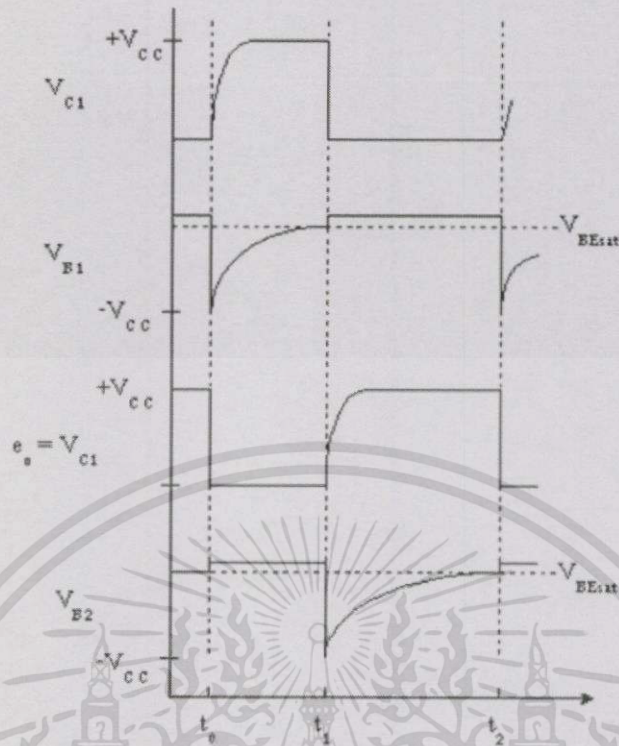
วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งบางครั้งนิยมเรียกว่า "ฟรีรันนิ่ง มัลติไวเบรเตอร์" (Free running multivibrator) และโดยปกติมักถูกนำไปใช้เป็นวงจรผลิตคลื่นจัตุรัส(square-wave) วงจรชนิดนี้ประกอบด้วยวงจรกลับสัญญาณสองวงจร โดยที่เอาต์พุตของวงจรแรกจะถูกนำไปเป็นอินพุตของวงจรที่สอง และเอาต์พุตของวงจรที่สองจะถูกนำไปเป็นอินพุตของวงจรแรก การป้อนสัญญาณจากเอาต์พุตกลับไปเป็นอินพุตใช้วิธีอาร์ชีคัปปลิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6.1

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ คือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ ระยะเวลาของแต่ละสภาวะกึ่งเสถียรภาพทั้งสองจะขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของ อาร์-ซี ในวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ถึงแม้ว่าไม่มีสัญญาณพัลส์จากอินพุตป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ก็สามารถกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตได้ วงจรจะทำงานคล้ายกับวงจรกำเนิดความถี่(oscillator)

### 2.6.1 การทำงานของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

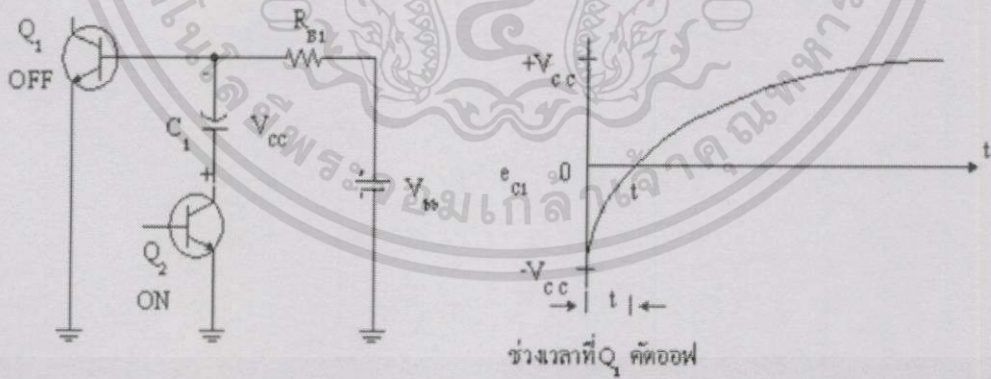
จากรูปที่ 2.6.1 เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดคอลเลคเตอร์คัปเปิล การทำงาน ของวงจรอธิบายได้ดังนี้ ที่เวลา  $t_0$  ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จะนำกระแสถึงจุดอิมิตัว ส่วนทรานซิสเตอร์  $Q_1$  จะคัตออฟ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์  $Q_2$  ก็คือกระแสที่ไหลเพื่อทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_2$  ทำการเก็บประจุ กระทั่งแรงดันตกคร่อม  $C_2$  มีค่าเป็น  $V_{CC}$  ทำให้แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ค่อยๆ เพิ่มขึ้นแบบเอ็กโพเนนเชียลจนถึงค่าแรงดัน  $V_{CC}$  ตามการเก็บประจุ  $C_2$  ตัวความต้านทาน  $R_{B2}$  ควรเลือกค่าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมให้ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  ทำงานถึงจุดอิมิตัวในสภาวะ ON นั่นคือทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จะทำงานถึงจุดอิมิตัวหลังจากตัวเก็บประจุ  $C_2$  ประจุแรงดัน  $V_{CC}$





รูปที่ 2.6.1 วงจรออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ในทำนองเดียวกัน ตัวเก็บประจุ  $C_1$  จะประจุแรงดันถึงค่าแรงดัน  $V_{CC}$  เมื่อทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ทำงานถึงจุดอิ่มตัวเช่นกัน ขณะทรานซิสเตอร์  $Q_2$  นำกระแสถึงจุดอิ่มตัว เสมือนเป็นสวิตช์ที่ต่อวงจรต่อแผ่นเพลตที่ประจุแรงดันบวกของตัวเก็บประจุ  $C_1$  ลงกราวด์ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.6.2



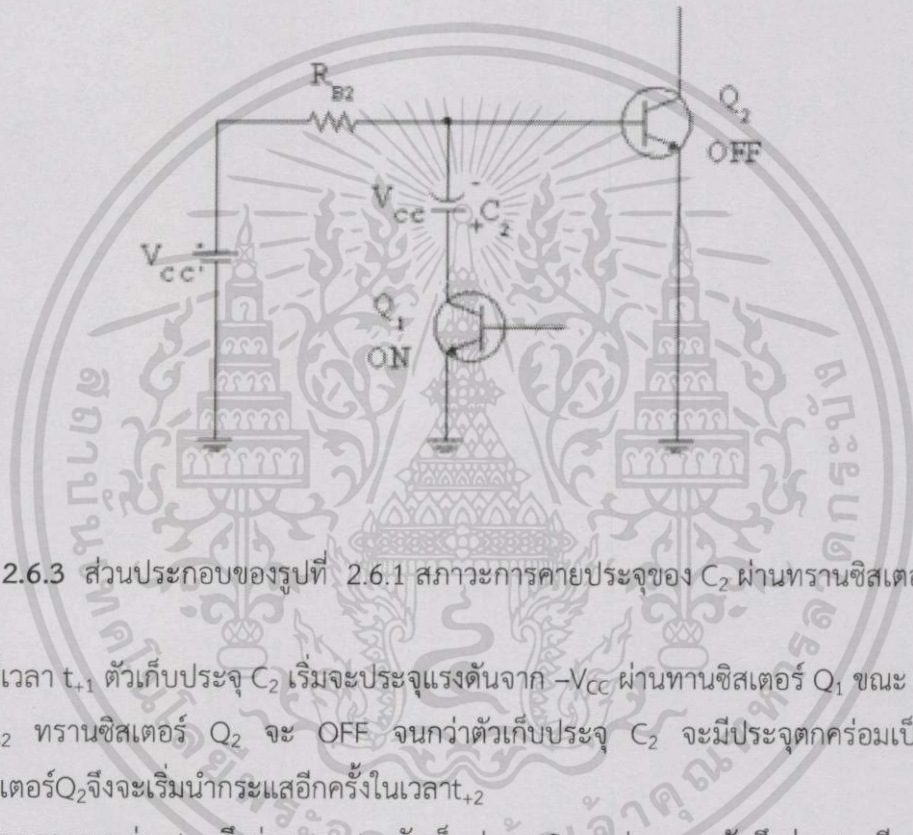
(ก) แสดงการทำงานของวงจรที่เวลา  $t_0$

(ข) แสดงช่วงเวลา  $t_1$  ที่  $Q_1$  คัดออฟ

รูปที่ 2.6.2 แสดงสถานะคายประจุของ  $C_1$  ผ่านทรานซิสเตอร์  $Q_2$

จากรูปที่ 5.6.2 จะเห็นได้ว่าตัวเก็บประจุของ  $C_1$  ต่อขนานกับรอยต่อเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และจากที่ตัวเก็บประจุ  $C_1$  มีแรงดันประจุอยู่แล้วเท่าแหล่งจ่าย  $V_{CC}$  จึงทำให้มี

แรงดัน  $V_{CC}$  ว่าเป็นแรงดันไบอัสกลับให้ตัวทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ที่เวลา  $t_{+0}$  มีค่าเป็น  $-V_{CC}$  ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  อยู่ในสภาวะ OFF  
 ที่เวลา  $t_{+0}$  นี้ ตัวเก็บประจุ  $C_1$  จะเริ่มประจุแรงดันอีกจาก  $-V_{CC}$  ถึง  $+V_{CC}$  แสดงดังรูปที่ 5.22 (ข)  
 ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  จะยังคง OFF จนกระทั่งถึงช่วงเวลา  $t_1$  เพราะในขณะเวลาดังกล่าวไบอัสที่ ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  เป็น  $0\text{ V}$  เมื่อถึงช่วงเวลา  $t_{+1}$  รอยต่อเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์  $Q_1$  จะได้รับไบอัสตรง ทำให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  เริ่มนำกระแส เพราะทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นำกระแสที่เวลา  $t_{+1}$  ทำให้แผ่นเพลตที่ประจุแรงดันบวกของตัวเก็บประจุ  $C_2$  ถูกต่อลงกราวด์ ดังนั้นแรงดันที่ประจุในตัวเก็บประจุ  $C_2$  กลายเป็นแรงดันไบอัสกลับให้กับตัวทรานซิสเตอร์  $Q_2$  แสดงได้ดังรูป 5.6.3



รูปที่ 2.6.3 ส่วนประกอบของรูปที่ 2.6.1 สภาวะการคายประจุของ  $C_2$  ผ่านทรานซิสเตอร์  $Q_1$

ที่เวลา  $t_{+1}$  ตัวเก็บประจุ  $C_2$  เริ่มจะประจุแรงดันจาก  $-V_{CC}$  ผ่านทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ขณะ ON และผ่าน  $R_{B2}$  ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จะ OFF จนกว่าตัวเก็บประจุ  $C_2$  จะมีประจุตกคร่อมเป็น  $0\text{ V}$  ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จึงจะเริ่มนำกระแสอีกครั้งในเวลา  $t_{+2}$

ช่วงเวลาระหว่าง  $t_{+1}$  ถึงช่วงเวลา  $t_2$  ตัวเก็บประจุ  $C_1$  จะประจุแรงดันถึงค่า  $V_{CC}$  มีกระแสเบสไหลเนื่องจากทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ON การทำงานของวงจรจะเป็นเช่นนี้โดยสลับกันทำงานเรื่อยไป ทำให้เอาต์พุตได้รูปสัญญาณสี่เหลี่ยมมุมฉาก แสดงดังรูปที่ 2.6.1 (ข) ความแรงของแรงดันเอาต์พุตมีค่า  $V_{CC} - V_{CEsat}$

จากรูปที่ 2.6.1 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 t_1 - t_0 &= \text{เวลา } t_A \\
 \text{และ} \quad t_2 - t_1 &= \text{เวลา } t_B \\
 \text{ให้} \quad T &= \text{เวลา 1 คาบ (period)} \\
 \text{ดังนั้น} \quad T &= t_A + t_B \\
 \text{เมื่อ} \quad t_A &= 0.69 R_{B1} C_1
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	$t_B = 0.69 R_{B2} C_2$
แทนค่า	$T = 0.69 R_{B1} C_1 + 0.69 R_{B2} C_2$
ตามปกติให้	$R = R_{B1} = R_{B2}$
จะได้	$T = 0.69 R (C_1 + C_2)$

ในกรณีที่วงจระอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เป็นแบบสมมาตร จะได้

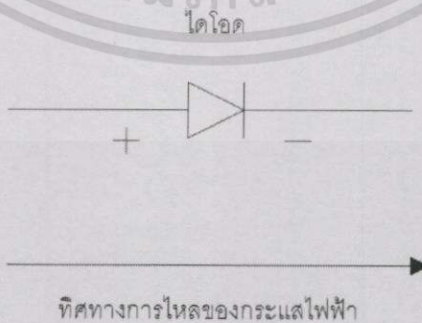
	$C = C_1 = C_2$
ดังนั้น	$T = 0.69 R (C + C)$
	$T = 0.69 R (2C)$
จะได้	$T = 1.38 RC$

### 2.6.2 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน

วงจระอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ คือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ ระยะเวลาของแต่ละสภาวะกึ่งเสถียรภาพทั้งสองจะขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของ อาร์-ซี ใน วงจรมัลติไวเบรเตอร์ ถึงแม้ว่าไม่มีสัญญาณพัลส์จากอินพุตป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน วงจระอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ก็สามารถกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตได้ วงจรจะทำงานคล้ายกับ วงจรกำเนิดความถี่ (oscillator) รูปคลื่นสี่เหลี่ยมใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาในวงจรอิเล็กทรอนิกส์และ ดิจิตอล

## 2.7 หน้าที่ของไดโอดในแผงโซลาร์เซลล์

ลักษณะการทำงานของไดโอด คือจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขั้วบวก และขั้วลบ ถ้านำไฟกระแสตรงขั้วบวกไปต่อขั้วลบของไดโอดกระแสไฟฟ้าก็จะไม่ไหลในวงจร แต่ถ้า นำไฟกระแสตรงขั้วบวกไปต่อกับไดโอดขั้วบวก กระแสไฟฟ้าก็สามารถไหลผ่านไดโอดไปได้

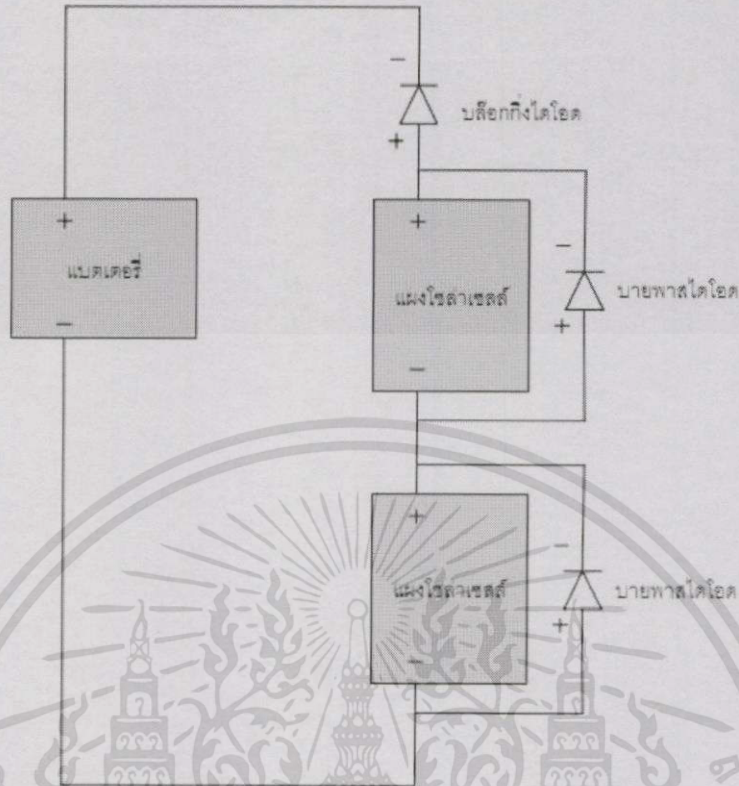


รูปที่ 2.7.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

### 2.7.1 การนำไดโอดมาใช้กับแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีการประยุกต์การใช้งานอยู่สองอย่างด้วยกัน

1.) บล็อกกิ้งไดโอด(Blocking Diode) ทำหน้าที่ป้องกันการคลายประจุออกมาจากแบตเตอรี่ในตอนกลางคืนหรือไม่มีแสงแดดส่องให้กับแผงโซลาร์เซลล์แล้ว เนื่องจากถ้ามีดิสชาร์จโซลาร์เซลล์จะเปลี่ยนเป็นมีค่าความต่างศักย์ที่ต่ำกว่าตัวแบตเตอรี่ จะทำให้กระแสไหลจากแบตเตอรี่ไปสู่แผงได้ โดยการต่อบล็อกกิ้งไดโอดจะต่อขั้วบวกของไดโอดเข้ากับขั้วบวกของแผงโซลาร์เซลล์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวแผงเพียงทางเดียว โดยทั่วไปแล้วแผงโซลาร์เซลล์ที่ผลิตมาจากโรงงานจะต่อบล็อกกิ้งไดโอดไว้ภายในแผงด้วย

2.) บายพาสไดโอด(Bypass-Diode) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไหลผ่านได้ในกรณีที่มีแผงโซลาร์เซลล์บางแผงที่ต่ออนุกรมภายในระบบกันอยู่ โดนบดบังโดยเงา ถ้าแผงโซลาร์เซลล์ถูกบดบังโดยเงาจะทำให้เกิดความต้านทานในแผงที่สูงขึ้นมาก จึงทำให้ไปหยุดการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าภายในระบบได้ การต่อบายพาสไดโอดต่อโดยขนานกับแผงโซลาร์เซลล์ เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วโรงงานผู้ผลิตจะต่อบายพาสไดโอดมาพร้อมกับแผงโซลาร์เซลล์เลย บางผู้ผลิต จะแบ่งเซลล์ออกเป็นอย่างละครึ่งภายในหนึ่งแผงแล้วต่อบายพาสไดโอดมาขนานเซลล์ที่แบ่งไว้ ดังนั้นในหนึ่งแผงอาจมีบายพาสไดโอดอยู่สองตัว การทำอย่างนี้ ถ้าเกิดมีเงามาบดบังแสงเพียงครึ่งแผงโซลาร์เซลล์จะทำให้แผงก็ยังคงสามารถผลิตไฟฟ้าต่อไปได้ถึงแม้จะได้พลังงานเพียงครึ่งหนึ่งก็ยังดี



รูปที่ 2.7.2 การต่อบายพาสไดโอด

## 2.8 แบตเตอรี่

จากมุมมองผู้ใช้แบตเตอรี่สามารถแบ่งแบตเตอรี่ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆดังนี้ คือ

- 1.) แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้
- 2.) แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ไม่ได้

ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และแบตเตอรี่ยังมีลักษณะเฉพาะอีก 2 แบบคือ

### 2.8.1 แบตเตอรี่ใช้แล้วทิ้ง, เซลล์ปฐมภูมิ

1.) ใช้ได้ครั้งเดียว เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารเคมี เมื่อสารเคมีเปลี่ยนแปลงจนหมดไฟฟ้าก็จะหมดไปจากแบตเตอรี่

2.) แบตเตอรี่ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3.) ใช้กำลังไฟน้อย

4.) ในพื้นที่ที่ห่างไกลจากพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.2 แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ , เซลล์หุติยภูมิ

- 1.) สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมด เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่สภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่
- 2.) อุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า “ ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์ “

### 2.8.3 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ต้องการในระบบพลังงานแสงอาทิตย์

คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ต้องการในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ คือ

- 1.) ควรมียังจรชีวิตสำหรับดีไซเคิลสูง (Deep Cycle คือช่วงเวลาที่การประจุที่ไม่เพียงพอกับจำนวนที่ใช้ไปในแต่ละวัน)
- 2.) ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ
- 3.) ประสิทธิภาพการประจุสูง
- 4.) มีอัตราการคายประจุด้วยตนเองต่ำ
- 5.) สามารถในการคายประจุอย่างสมบูรณ์
- 6.) มีการเปลี่ยนแปลงต่ำในช่วงอุณหภูมิสูง
- 7.) เชื้อถือได้

### 2.8.4 เซลล์แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

- 1.) นิกเกิล - แคดเมียม (Nickel-Cadmium) , (Ni-Cd)
- 2.) ตะกั่ว - กรด (Lead-Acid) , (Pb- $H^+$ ) \*นิยมใช้กันมากที่สุด
- 3.) นิกเกิล - เหล็ก(Nickel - Iron) , (Ni-Fe)
- 4.) โซเดียม - กำมะถัน (Sodium - Sulpher) , (Na-S)

### 2.8.5 รูปแบบการประจุแบตเตอรี่

รูปแบบการประจุแบตเตอรี่มีทั้งหมด 4 แบบด้วยกัน

#### 2.8.5.1 การประจุแบบกระแสคงที่

- เป็นการประจุที่ใช้เวลานาน สำหรับแบตเตอรี่ ที่มีค่าแอมป์ฮัวร์สูงๆ แต่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

#### 2.8.5.2 การประจุแบบแรงดันคงที่

- เป็นการประจุที่ใช้เวลาน้อยแต่ใช้กระแสมาก ทำให้เกิดการสูญเสียหรือความร้อนในตัวแบตเตอรี่ได้

#### 2.8.5.3 การประจุโดยการเปลี่ยนระดับกระแส

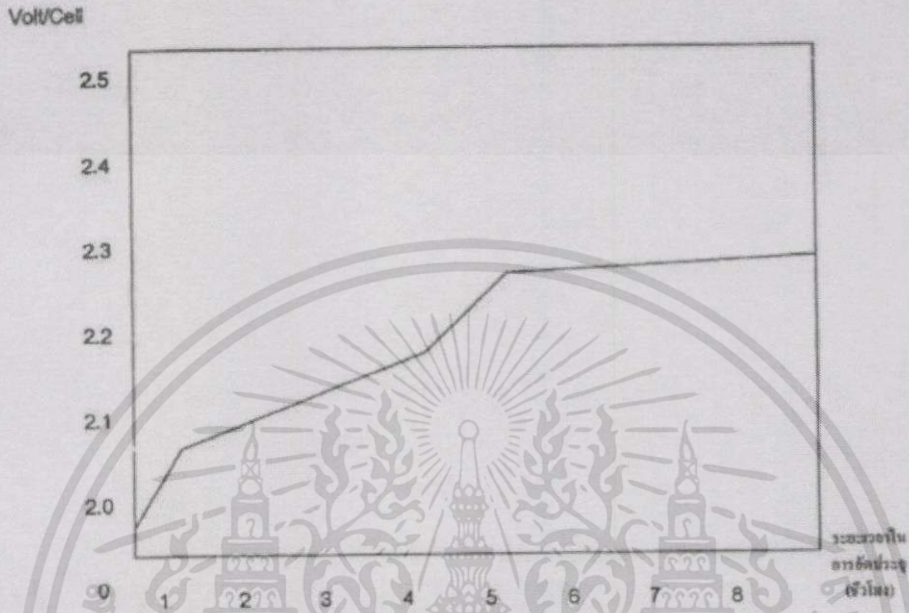
- สามารถทำได้โดยง่ายเพราะเป็นการนำไฟฟ้ากระแสสลับมาเรียงกระแสเป็น

ไฟกระแสตรง แล้วดึงกระแสมาประจุ แต่กระแสจะกระเพื่อมตามแรงดัน

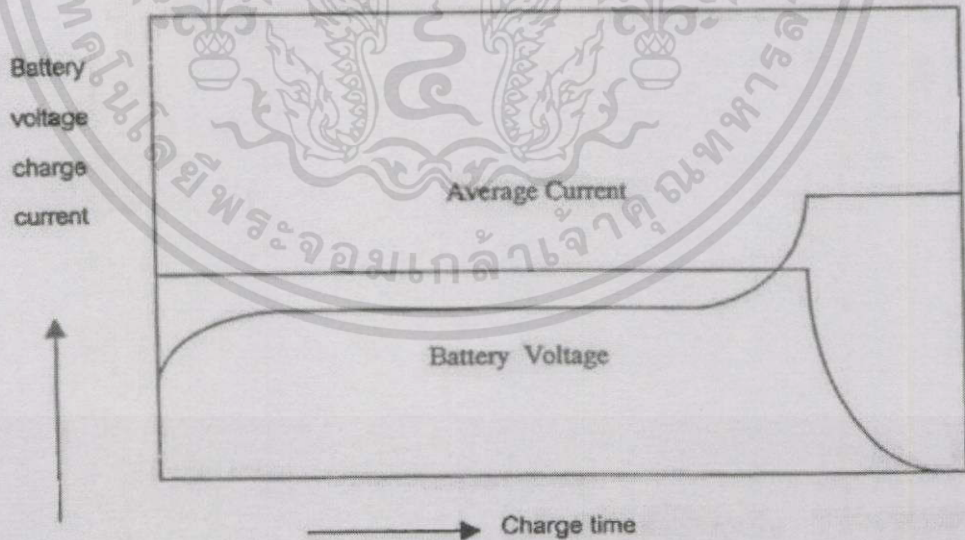
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.5.4 การประจุโดยวิธีร่วม

- ชั้นแรกจะทำการประจุที่กระแสสูงๆ เมื่อได้ระดับประจุที่ตั้งต้นที่ต้องการก็เปลี่ยนแปลงเป็นกระแสที่ต่ำลงมา เพื่อควบคุมเวลาและประสิทธิภาพการประจุ

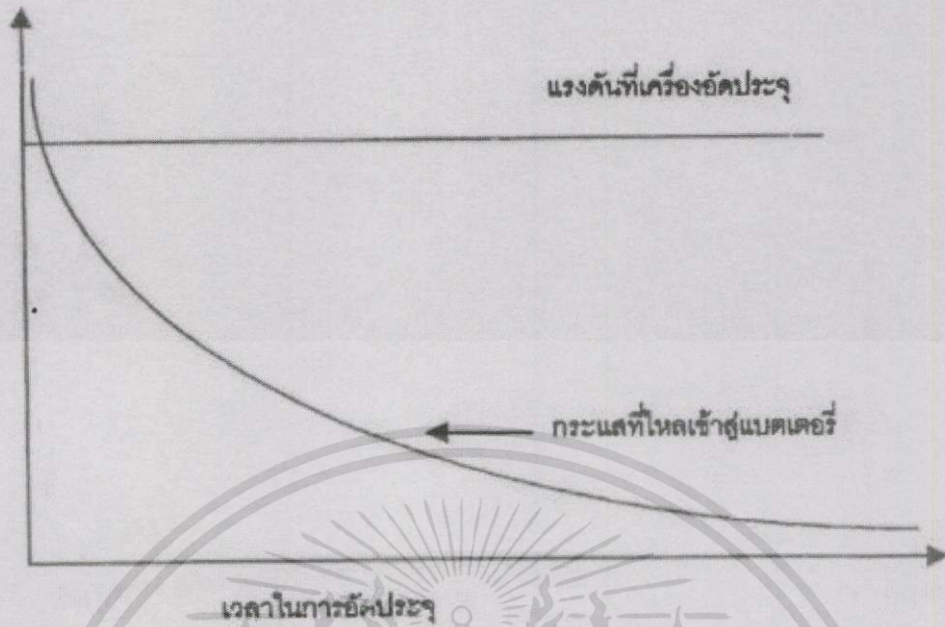


รูปที่ 2.8.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในการอัดประจุแบบคงที่



รูปที่ 2.8.2 กราฟแสดงการประจุแบบแรงดันคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8.3 กราฟแสดงค่าแรงดันและกระแสของเครื่องประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

## 2.8.6 ลักษณะการใช้งานการประจุแบตเตอรี่มีอยู่ 2 หลักใหญ่ คือ

### 2.8.6.1 การใช้งานแบบเป็นรอบ(Cyclic Operation)

#### คุณลักษณะ

- 1.) การใช้งานลักษณะนี้ใช้เวลาในการอัดประจุไม่นาน
- 2.) ป้องกันการอัดและการคายประจุเกิน

สรุปโดยรวมคือ รักษาแรงดัน(Charging Voltage)ให้คงที่เท่ากับแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ (Final Terminal Voltage) ซึ่งเป็นแรงดันเมื่อแบตเตอรี่เต็มแล้ว

### 2.8.6.2 การใช้งานแบบชั่วคราว(Standby / Backup Operation)

#### คุณลักษณะ

- 1.) เป็นการเก็บแบตเตอรี่ไว้ในสภาพเดิมตลอดเวลา
- 2.) จ่ายพลังงานให้ไหลโดยแหล่งจ่ายหลักที่ทำการประจุแบตเตอรี่ เมื่อต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ยามเมื่อเกิดปัญหาที่แหล่งจ่ายไฟหลักจึงทำการสลับมาใช้

## 2.9 อินเวอร์เตอร์

การแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรืออินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันเอาต์พุตไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดและความถี่ตามต้องการ นั่นคือแรงดันเอาต์พุตอาจคงที่แปรค่าได้ที่ความถี่คงที่หรือความถี่แปรค่าได้โดยอินพุตของอินเวอร์เตอร์อาจเป็นได้ทั้งแบตเตอรี่ เซลล์เชื้อเพลิง โซลาร์เซลล์หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอื่นๆ ส่วนเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- 1.) เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว
- 2.) เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์สามเฟส

โดยปกติแล้วรูปคลื่นของอินเวอร์เตอร์เมื่อวัดแล้วจะเป็นคลื่นรูปไซน์ แต่ในทางปฏิบัตินั้นคลื่นมักจะเป็นฮาร์โมนิกส์ปนมาด้วยทำให้คลื่นไม่เป็นรูปไซน์ ดังนั้นจึงต้องลดฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิคในการสวิตช์และใช้วงจรฟิลเตอร์ที่เหมาะสม

### 2.9.1 ประเภทของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์แบ่งกว้างๆได้ 2 ประเภท คือ

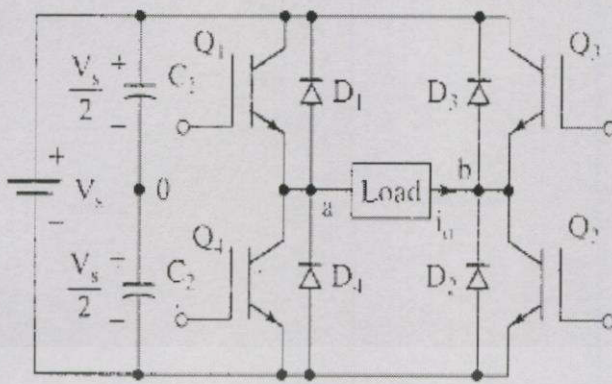
- 1.) เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว
- 2.) เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์สามเฟส

นอกจากนี้การอินเวอร์เตอร์แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง และการนำไปใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

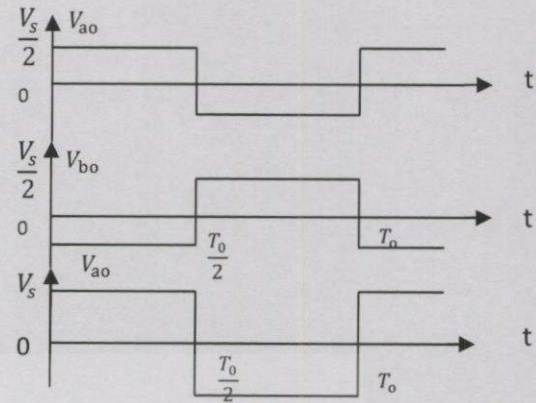
- 1.) การอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดัน (Voltage Source Inverter: VSI) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีอินพุตที่จ่ายให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง เช่น อินเวอร์เตอร์แบบมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์ (Pulse Width Modulation (PWM) Inverter) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับขนาดและความถี่ของเอาต์พุตได้ที่ตัวอินเวอร์เตอร์เองเลย โดยแรงดันอินพุตจะมีค่าคงที่ สัญญาณที่นำไปสวิตช์ตัวอุปกรณ์จะเกิดจากวิธีการที่เรียกว่า PWM ซึ่งมีวิธีการสร้างสัญญาณนี้หลายวิธีซึ่งจะกล่าวต่อไป
- 2.) การอินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส (Current Source Inverter: CSI) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่อินพุตที่จ่ายให้เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการใช้กำลังสูงๆ

### 2.9.2 การอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว (Single Phase Bridge Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว ประกอบด้วย สวิตช์ 4 ตัว และมีสองกิ่งดังภาพ



(a) Circuit



(b) Waveforms

### รูปที่ 2.9.1 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดียวแบบบริดจ์เต็ม

โดยสวิตช์ในแต่ละกิ่งจะ ON พร้อมกันไม่ได้ โดยสวิตช์แต่ละตัวจะรับแรงดันเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตจึงสามารถรับกำลังได้สูงๆ ซึ่งต่างจากแบบฮาล์ฟบริดจ์ และอุปกรณ์ที่ต่อขนานจะมีขนาดเล็กลงด้วย

การควบคุมชนิดนี้เราจะสร้างสัญญาณ PWM ขึ้นมาควบคุมสวิตช์ให้เปิดหรือปิดพร้อมกันเป็นคู่ๆ โดยสวิตช์ที่อยู่บนกิ่งเดียวกันจะเปิดพร้อมกันไม่ได้

เมื่อทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และ  $Q_2$  เปิดในเวลาเดียวกัน จะเกิดแรงดันอินพุต ( $V_s$ ) ตกคร่อมโหลด ถ้าทรานซิสเตอร์  $Q_3$  และ  $Q_4$  เปิดในเวลาเดียวกัน แรงดันตกคร่อมโหลดจะกลับหัวเป็น  $-V_s$

จากภาพ ขณะทรานซิสเตอร์แต่ละคู่ปิดจะเกิดแรงดันย้อนกลับมีค่าเป็น  $V_s$  เราจึงเรียกอินเวอร์เตอร์นี้ว่า อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เต็ม (Full Bridge Inverter) และหาแรงดันเอาต์พุตได้จาก

$$V_0 = \left( \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} V_s^2 dt \right)^{1/2} = V_s$$

สำหรับไอดี  $D_1, D_2, D_3, D_4$  ทำหน้าที่เป็นไดโอดย้อนกลับ

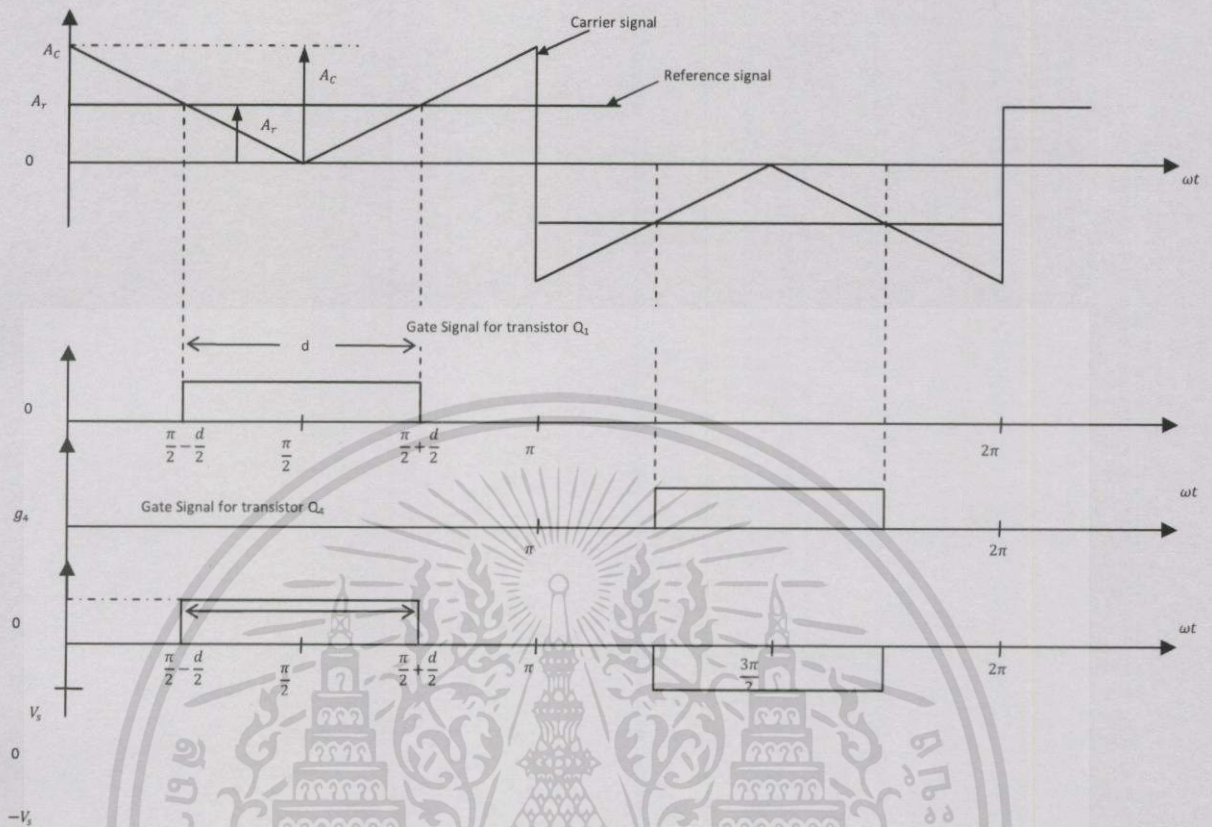
### 2.9.3 การควบคุมแรงดันของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว (Voltage Control of Single Phase Inverter)

คือ การควบคุมการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แรงดันเอาต์พุต แบ่งได้ดังนี้

#### 2.9.3.1 การมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบเดี่ยว (Single Pulse Width Modulation)

การควบคุมการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบเดี่ยว เป็นการควบคุมความกว้างของพัลส์แรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จำนวน 1 พัลส์ต่อครึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9.2 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันแบบพัลส์เดี่ยว

จากรูปได้แสดงการกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์ที่เกทและแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว สังเกตว่า สัญญาณทริกเกอร์ที่เกทเหล่านี้เกิดจากบริเวณจุดตัดกัน (ที่เกิดจากการเปรียบเทียบ) ระหว่างสัญญาณอ้างอิง (Reference Signal) รูปสี่เหลี่ยมขนาด  $A_r$  กับสัญญาณพาหะ (Carrier Signal) รูปสี่เหลี่ยมขนาด  $A_c$  การเปรียบเทียบของสัญญาณนี้อาศัยไอซี TL494 หรือวงจรสำหรับทำหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบ โดยมีความถี่ของรูปคลื่นพาหะเป็นตัวกำหนดความถี่ของแรงดันเอาต์พุต

การปรับ  $A_c$  จาก 0 ถึง  $A_r$  ทำให้ความกว้างของพัลส์ ( $\delta$ ) เปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 180 สำหรับอัตราส่วน  $A_c$  ต่อ  $A_r$  เป็นตัวแปรควบคุมที่เรียกว่า มอดูเลชัน อินเด็กซ์ (Modulation Index:  $M$ ) เขียนสมการได้เป็น

$$M = \frac{A_c}{A_r}$$

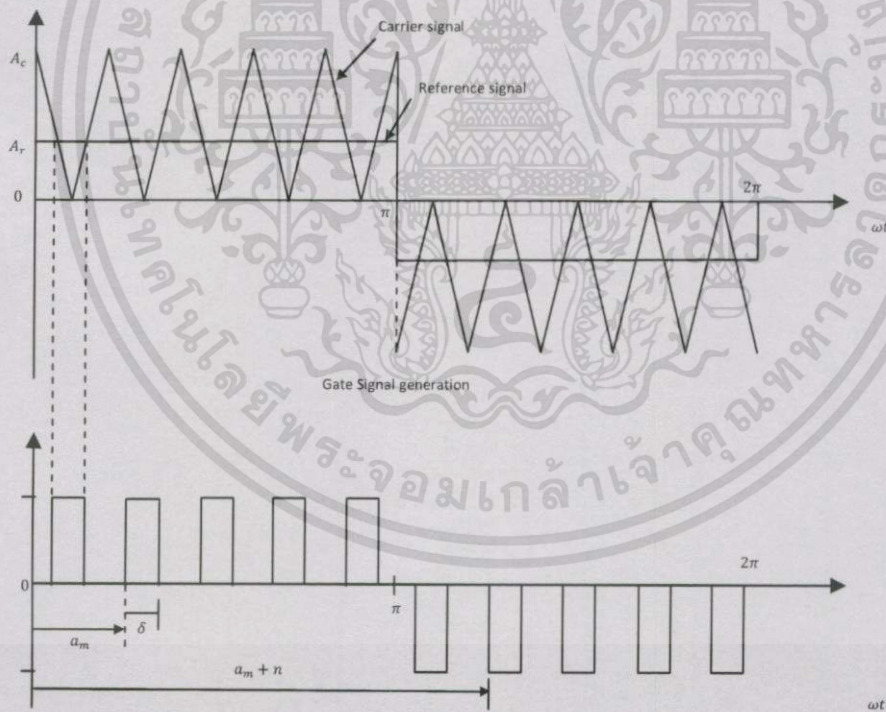
ค่า rms ของแรงดันเอาต์พุตหาได้จาก

$$V_0 = \left( \frac{2}{2\pi} \int_{(\pi-\delta)/2}^{(\pi+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right)^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{\delta}{\pi}}$$

### 2.9.3.2. การมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ (Multiple Pulse Width Modulation)

การมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ หรือ UPWM (Uniform Pulse Width Modulation) เป็นการทำให้จำนวนพัลส์ในแต่ละครึ่งไซเคิลของรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตมีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมและลดองค์ประกอบฮาร์โมนิกในรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุต

สัญญาณทริกเกอร์ที่เกทสำหรับใช้ในการเปิด และปิดทรานซิสเตอร์ของการมอดูเลตประเภทนี้ เกิดจากบริเวณจุดตัดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณพาหะ (ในอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว)



-V<sub>c</sub>

รูปที่ 2.9.3 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาจำนวนพัลส์ต่อครึ่งไซเคิล ( $p$ ) ได้จาก

$$p = \frac{f_c}{2f_0}$$

เมื่อ  $f_c$  = ความถี่ของสัญญาณพาหะ

$f_0$  = ความถี่เอาต์พุต

นอกจากนี้มอดูเลชัน อินเด็ก ( $M$ ) ยังเป็นตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุต กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของ  $M$  จาก 0 ไป 1 ทำให้ความกว้างของพัลส์เปลี่ยนจาก 0 เป็น  $\pi/p$  และแรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนจาก 0 ถึง  $V_s$

ถ้า  $\delta$  เป็นความกว้างของแต่ละพัลส์ หาค่า rms ของแรงดันเอาต์พุต ได้จาก

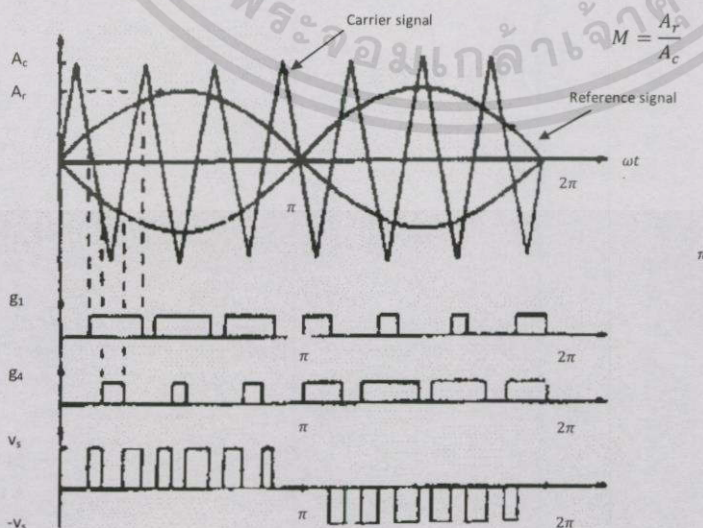
$$V_0 = \left( \frac{2}{2\pi} \int_{(\pi/p-\delta)/2}^{(\pi/p+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right)^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{p\delta}{\pi}}$$

### 2.9.3.3. การมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์ (Sinusoidal Pulse

Width Modulation: SPWM)

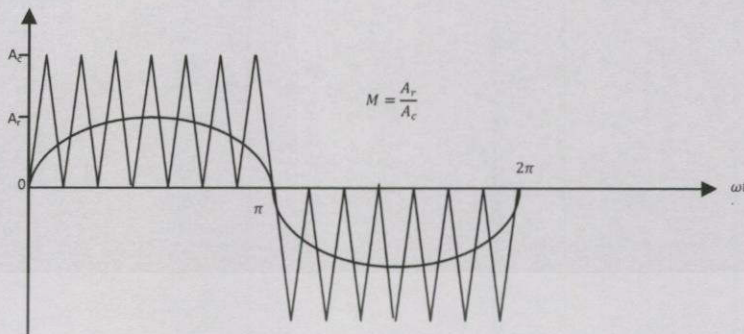
การมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์หรือ SPWM คล้ายกับ UPWM แต่ความกว้างของแต่ละพัลส์เปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนต่อขนาดของรูปคลื่นไซน์

สัญญาณทริกเกอร์ที่เกิดจากการเปรียบเทียบของสัญญาณอ้างอิง (รูปคลื่นไซน์) กับสัญญาณพาหะ (สามเหลี่ยม) ดังภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะโดยทางตรงหรือทางอ้อม หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a)



(b)

### รูปที่ 2.9.4 แสดงการสร้างสัญญาณมอดูเลชันตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์

จากรูปที่ 2.9.4 (a) ได้สังเกตว่า สัญญาณอ้างอิงมี 2 สัญญาณและมีมุมต่างกัน 180 องศาเป็นการยืนยันหลักการที่ว่า สวิตช์ที่อยู่ในสาขาเดียวกันนั้นไม่สามารถนำกระแสในเวลาเดียวกันได้นอกจากนั้น ยังแสดงให้เห็นว่าเกิดสัญญาณ

ทริกเกอร์และรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตได้

สำหรับรูปที่ 2.9.4 (b) แสดงให้เห็นสัญญาณทริกเกอร์ที่เกิดจากสัญญาณพาหะทิศทางเดียวซึ่งจะสร้างสัญญาณทริกเกอร์ที่เกทและแรงดันเอาต์พุตคล้ายกับรูปที่ 2.9.3

ความกว้างของพัลส์จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างค่าสูงสุดของสัญญาณมอดูเลตกับค่าสูงสุดของสัญญาณคลื่นพาหะ ซึ่งเรียกอัตราส่วนนี้ว่า มอดูเลชันอินเด็กซ์ (Modulation Index)

ค่า rms ของแรงดันเอาต์พุตแปรค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง  $V_s$  โดยการปรับค่า M จาก 0 ถึง 1 นอกจากนี้กำหนดให้  $\delta_M$  เป็นความกว้างของพัลส์ลำดับที่ M ก็สามารถหาค่า rms ของแรงดันเอาต์พุตได้จากสมการ คือ

$$V_0 = V_s \left( \sum_{M=1}^p \frac{\delta_M}{\pi} \right)$$

ค่าแอมพลิจูดของแรงดันเอาต์พุตจะแปรตามค่า มอดูเลชันอินเด็กซ์ (Modulation Index) โดยที่ค่าสูงสุดของ M คือ 1 ถ้า  $M > 1$  คือถ้าแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลชันมากกว่าแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะจะเกิดฮาโมนิกส์ต่ำที่ไม่ต้องการขึ้น

การอินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส(CSI)

เป็นอินเวอร์เตอร์ที่ถูกป้อนด้วยแหล่งจ่ายกระแส อินเวอร์เตอร์นี้สามารถสร้างกระแสที่ไหลคดคงที่แม้ว่าโหลดหรือแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงาน

### 3.1 วงจรชาร์จอัตโนมัติ

เป็นวงจรที่สามารถชาร์จไฟอัตโนมัติเมื่อระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่ากำหนดวงจรนี้จะจ่ายไฟเข้าแบตเตอรี่ทันทีและจะหยุดการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่เต็มเท่านั้น

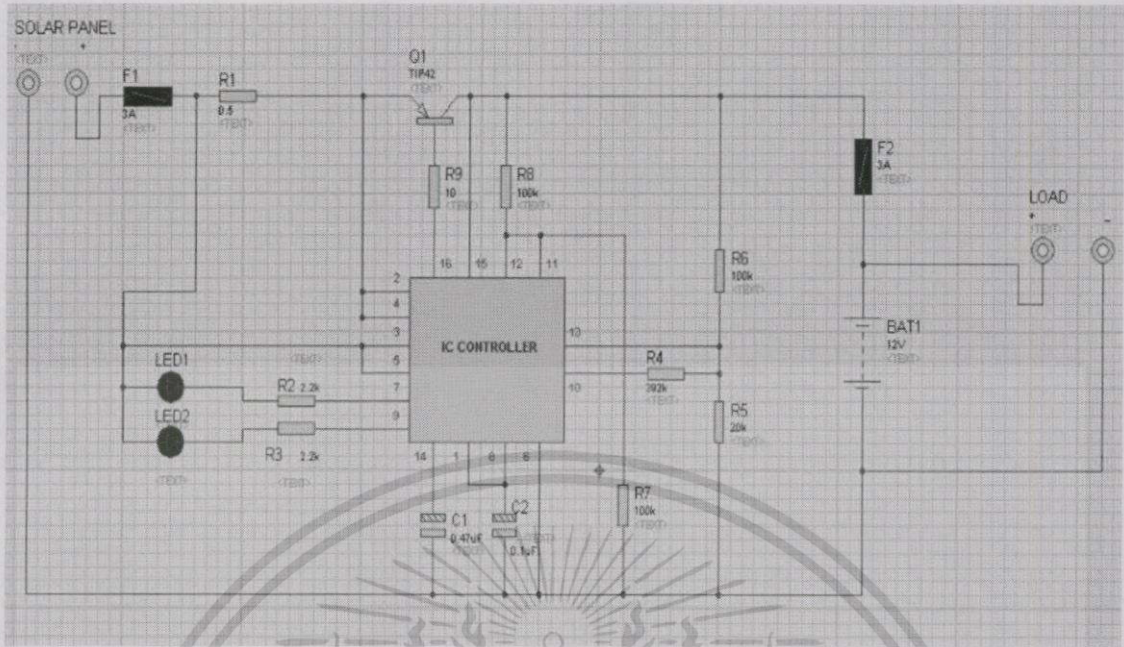
#### 3.1.1 การทำงานของวงจรชาร์จอัตโนมัติ

ไอซี คอนโทรลเลอร์ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่มาจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าแบตเตอรี่ ซึ่งจะควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนาน มีระบบป้องกันอุณหภูมิและแรงดันเกิน และยังมีระบบป้องกันความเสียหายหากมีการต่อแบตเตอรี่กลับขั้ว

หากแบตเตอรี่ถูกชาร์จประจุจนแรงดันถึงระดับ 13.8 โวลต์ วงจรจะหยุดการชาร์จ ซึ่งถือได้ว่าการชาร์จประจุเต็มแล้ว

LED1: หลอด LED สีแดงจะติดสว่าง หากแรงดันกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์สูงกว่า 4.5V

LED2: หลอด LED สีเขียวจะติดสว่าง ระหว่างการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าที่แบตเตอรี่จนถึงระดับแรงดัน 13.8 และจะดับ แสดงว่าแบตเตอรี่ได้ถูกประจุเต็มแล้ว



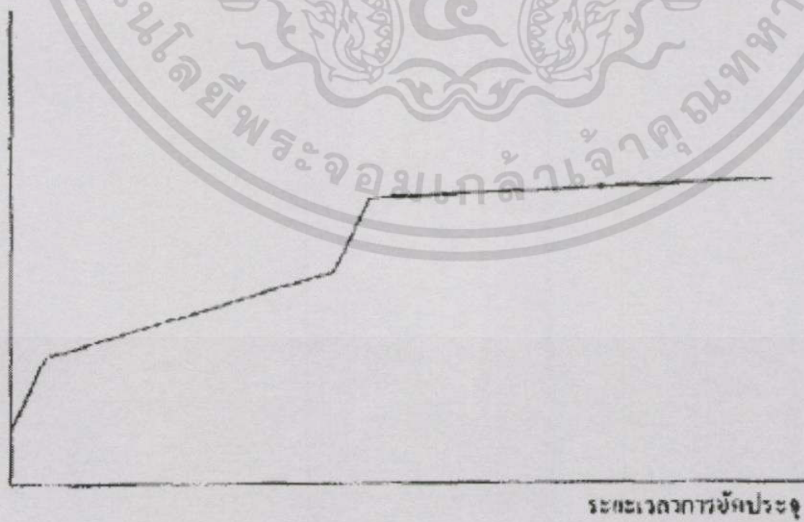
รูปที่ 3.1.1 แสดงวงจรชาร์จอัตโนมัติ

3.1.2 หลักการประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่มีอยู่ 4 แบบใหญ่ๆ คือ

- 1.) การประจุแบบกระแสคงที่ เป็นการประจุที่ใช้เวลานานสำหรับแบตเตอรี่ที่มีค่าแอมป์ ฮาวร์ สูงๆ แต่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

โวลต์/เฮนจ์



รูปที่ 3.1.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในการอัดประจุแบบกระแสคงที่

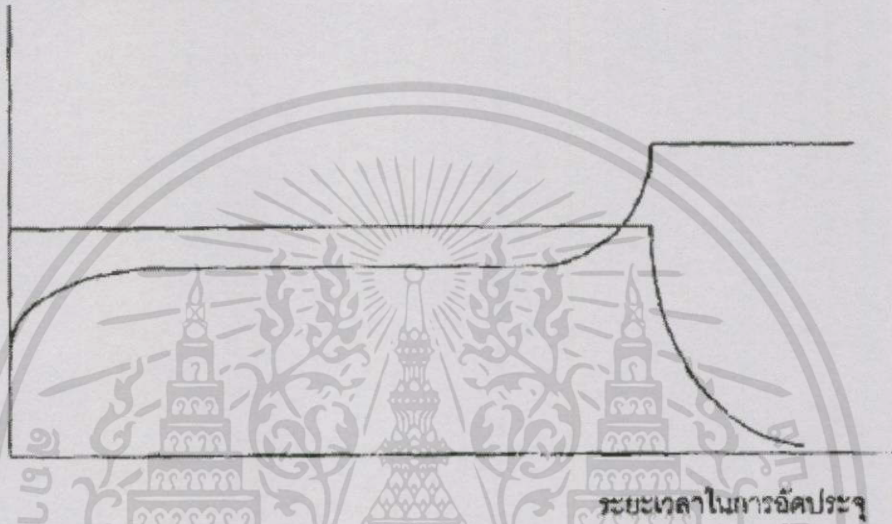
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การประจุแบบแรงดันคงที่ เป็นการประจุที่ใช้เวลาน้อยแต่ใช้กระแสมาก ทำให้เกิดการสูญเสียหรือความร้อนที่ตัวแบตเตอรี่ได้

3.) การประจุโดยการเปลี่ยนระดับกระแส จะสามารถทำได้ง่ายเพราะเป็นการนำไฟกระแสสลับมาเรียงเป็นไฟกระแสตรงแล้วดึงกระแสมาประจุแต่กระแสจะกระเพื่อมจามแรงดัน

4.) การประจุโดยวิธีร่วม ในขั้นแรกจะทำการประจุกระแสสูงๆ เมื่อได้ระดับประจุตั้งต้นที่ต้องการก็เปลี่ยนเป็นกระแสคงที่ต่ำลงมา เพื่อควบคุมเวลาและประสิทธิภาพการประจุ

### กระแสอัดประจุแรงดันแบบเคอร์รี่



รูปที่ 3.1.3 กราฟแสดงการประจุแบบแรงดันคงที่

1. การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดันที่อัดประจุซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิโดยการตรวจจับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม
2. เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับสถานะการดีสชาร์จและลักษณะการอัดประจุรวมทั้งอุณหภูมิด้วย
3. อุณหภูมิในขณะการอัดประจุ ควรทำการอัดประจุที่อุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ดีในการอัดประจุคือ 5 ถึง 30 องศาเซลเซียส
4. การชาร์จประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นหลังจากแบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้วเรียกว่า โอเวอร์ชาร์จ ซึ่งถ้าเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้การใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง
5. อาการ Thermal runaway จะเกิดขึ้นเมื่อใช้แบตเตอรี่ภายในอุณหภูมิ 40 – 50 °C เป็นเวลานานโดย Thermal runaway จะเกิดความร้อนขึ้นในตัวแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ทำงานไม่สม่ำเสมอและอยู่ในสภาพอันตราย จึงไม่แนะนำให้ใช้งานแบตเตอรี่ในอุณหภูมิ 40 – 50 °C เป็นเวลานานจึงไม่ควรติดตั้งแบตเตอรี่ใกล้กับแหล่งผลิตความร้อนหรือสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง
6. อาการ Over-discharge คืออาการที่แรงดันสุดท้ายต่ำกว่าปรกติ ซึ่งจะทำลายคุณภาพของแบตเตอรี่อย่างรุนแรง

1.) Over discharge ทำให้เกิดการใช้งาน active material มากเกินไปซึ่งจะทำให้ส่วนผสมทางเคมีของแบตเตอรี่เปลี่ยนไป จะทำให้คุณภาพของแผ่นธาตุลดลง

2.) จะเกิดตะกั่วซัลเฟต (  $PbSO_4$  ) มากเกินไป ซึ่งจะทำลายโครงสร้างของแผ่นธาตุ การทำการอัดประจุใหม่อาจไม่ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่กลับคืนมา

3.) ซึ่งการทำการอัดประจุใหม่หลังจากการทำการคายประจุมากเกินไปอาจทำให้ ตะกั่วเสียหายอีกครั้ง

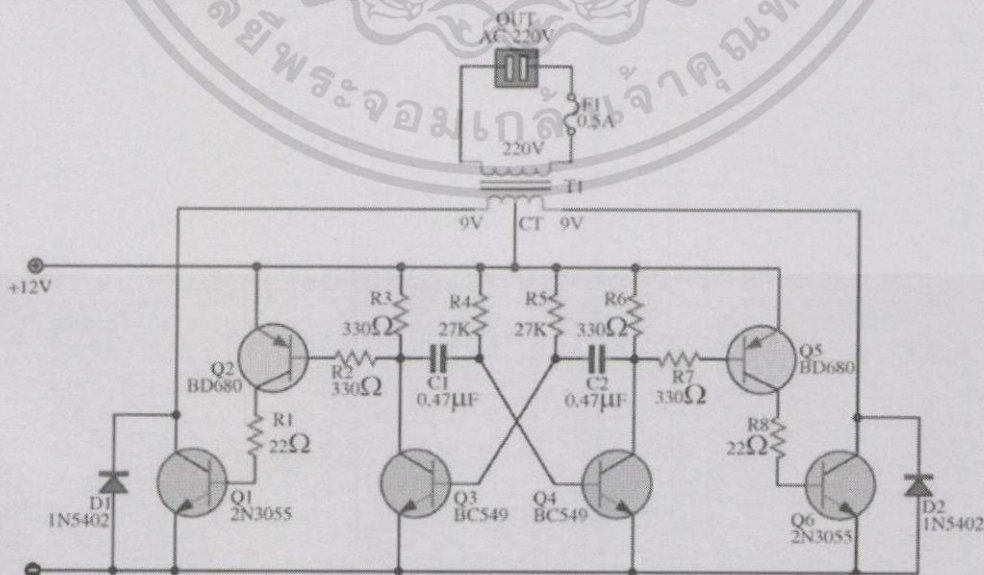
### 3.2 อินเวอร์เตอร์

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

#### 3.2.1 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์นี้จะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยเริ่มที่การจ่ายไฟจากตัวแบตเตอรี่ขนาด 12V และมีกระแสไม่ต่ำกว่า 10A เข้าที่วงจรอินเวอร์เตอร์ โดยมีพื้นฐานมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบวีเอเบอร์เตอร์ คือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ ระยะเวลาของแต่ละสภาวะกึ่งเสถียรภาพทั้งสองจะขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของอาร์-ซี ในวงจรออสซิลเลเตอร์ ถึงแม้ว่าไม่มีสัญญาณพัลส์จากอินพุตป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน วงจรออสซิลเลเตอร์ก็สามารถกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตได้ วงจรจะทำงานคล้ายกับวงจรกำเนิดความถี่ (oscillator)

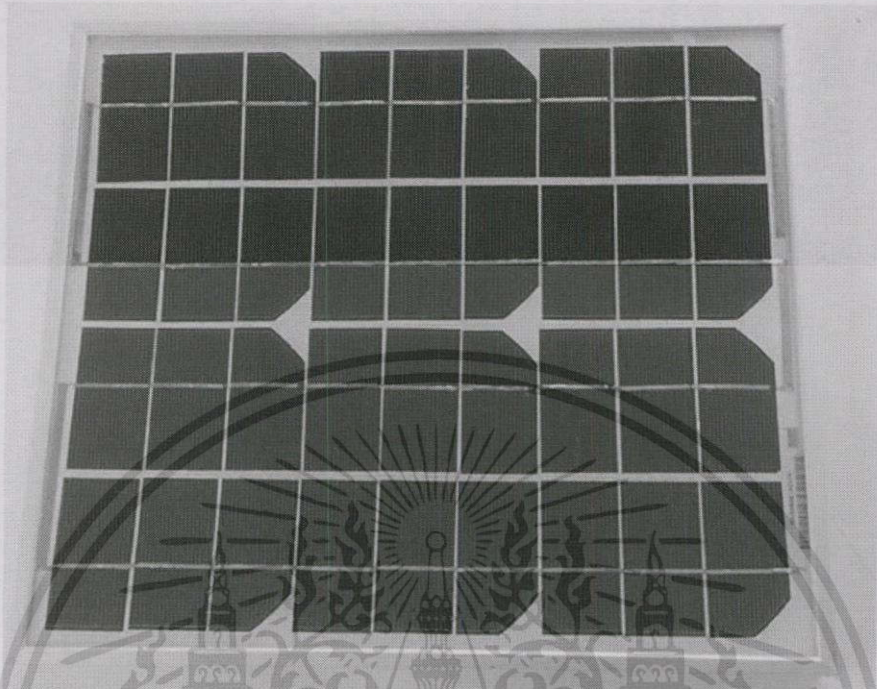
ซึ่งจะทำให้มีแรงดันออกมาสลับกันซ้ายและขวา เกิดเป็นคลื่นความถี่แบบ Modified sine wave และต่อไปยังหม้อแปลงแบบมีแทปกกลาง (Center tapped transformers) เพราะแรงดันที่ป้อนให้จะมีสองขุดนั้นเอง จากนั้นจะทำการสแต็ปอัพแรงดันจาก 9VAC เป็น 220VAC ซึ่งแรงดันค่านี้นสามารถนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้เลย



รูปที่ 3.2.1 วงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้



รูปที่ 3.3.1 แผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้

#### 3.3.1 เสปคของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้

- แผงโซลาร์เซลล์ 10W ชนิด Mono-Crystalline Silicon
- Maximum Power Current ( $I_{mp}$ ) 0.57 A
- Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ ) 17.6 V
- Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) 0.62 A
- Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) 21.6 V
- Number of cells 36 pcs
- Weight (kg) 1.2 kg
- Dimension (mm) 330x290x23
- Maximum Power ( $P_{max}$ ) 10W
- Tolerance on  $P_{max}$   $\pm 5\%$

ด้านหลังของแผ่นโซลาร์เซลล์มีการต่อ บายพาสไดโอด(Bypass-Diode) ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไหลผ่านได้ในกรณีที่มีแผงโซลาร์เซลล์บางแผงที่ต่ออนุกรมภายในระบบกันอยู่ โดนบดบังโดยเงาแดด ถ้าแผงโซลาร์เซลล์ถูกบดบังโดยเงาจะทำให้เกิดความต้านทานในแผงที่สูงขึ้นมาก จึงทำให้ไปหยุดการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าภายในระบบได้ การต่อบายพาสไดโอดต่อโดยขนานกับแผงโซลาร์เซลล์ เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วโรงงานผู้ผลิตจะต่อบายพาสไดโอดมาพร้อมกับแผงโซลาร์เซลล์เลย บางผู้ผลิต จะแบ่งเซลล์ออกเป็นอย่างละครึ่งภายในหนึ่งแผงแล้วต่อบายพาสไดโอดมาขนานเซลล์ที่แบ่งไว้ ดังนั้นในหนึ่งแผงอาจมีบายพาสไดโอดอยู่สองตัว การทำอย่างนี้ ถ้าเกิดมีเงามาบดบังแสงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงเครื่องโซล่าเซลล์ จะทำให้แผงก็ยังคงสามารถผลิตไฟฟ้าต่อไปได้ถึงแม้จะได้พลังงานเพียงเครื่องหนึ่งก็ยังมี

### 3.4 การคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่และระยะเวลาที่สามารถใช้งานโหลดได้

ถ้าเรารู้กำลังไฟฟ้าของโหลดที่ต้องการใช้, ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด และแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แล้ว เราสามารถคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้จากสูตร

ขนาดความจุของแบตเตอรี่(Ah)

$$= \frac{\text{กำลังไฟของโหลด (w)} \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งานโหลด (hr)}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (v)} \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่} \times \text{ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์}}$$

โดยที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ = 0.6(แบบธรรมดา) และ = 0.8(สำหรับแบตเตอรี่ Deep Cycle) และโดยทั่วไปประสิทธิภาพของ Inverter = 0.85

ถ้าเรารู้กำลังไฟฟ้าของโหลดที่ต้องการใช้, ความจุของแบตเตอรี่ และแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แล้ว เราสามารถคำนวณหาระยะเวลาที่สามารถใช้งานโหลดได้จากสูตร

ระยะเวลาที่สามารถใช้งานโหลดได้(hr)

$$= \frac{\text{ความจุของแบตเตอรี่ (Ah)} \times \text{แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (v)} \times \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่} \times \text{ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์}}{\text{กำลังไฟฟ้าของโหลด (w)}}$$

โดยที่

Ah คือ แอมป์-ชั่วโมง หรือ Amp-hour

W คือ วัตต์ หรือ Watts

hr คือ ชั่วโมง หรือ hour

V คือ โวลต์ หรือ Volt

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลอง

##### 4.1.1 การทดลองแผ่นโซล่าเซลล์ต่อกับโหลด

โดยการนำแผ่นโซล่าเซลล์ที่ต่อกับโหลดใช้งาน ไปตั้งไว้ที่ชั้นดาดฟ้าของอาคาร โดยตั้งแผ่นโซล่าเซลล์หันไปทางทิศใต้ ด้วยมุม 15-20 องศา และทำการวัดค่ากระแส และแรงดันไฟฟ้าที่ได้ ทุกๆครึ่งชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00 - 17.00 น.

ตารางที่ 4.1 แสดงการบันทึกข้อมูลการวัดค่ากระแส และแรงดันไฟฟ้าที่ได้ ทุกๆครึ่งชั่วโมงตั้งแต่เวลา 8.00 - 17.00 น.

เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแส (A)	กำลังที่ได้ (Watt)
8.00	12.04	0.184	2.215
8.30	11.96	0.211	2.523
9.00	12.14	0.275	3.338
9.30	12.24	0.363	4.443
10.00	12.30	0.209	2.571
10.30	12.34	0.498	6.145
11.00	12.28	0.498	6.115
11.30	12.39	0.498	6.170
12.00	12.41	0.497	6.168
12.30	12.40	0.497	6.163
13.00	12.41	0.486	6.031
13.30	12.44	0.490	6.096
14.00	12.43	0.487	6.053
14.30	12.38	0.156	1.931
15.00	12.42	0.278	3.453
15.30	12.38	0.139	1.721
16.00	12.38	0.108	1.337
16.30	12.23	0.022	0.269
17.00	12.23	0.018	0.220
เฉลี่ย			3.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างกระแส(A)กับเวลา กราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้า(V)กับเวลา และกราฟระหว่างกำลังไฟฟ้า(W)กับเวลา



รูปที่ 4.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส(A)กับเวลา



รูปที่ 4.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า(Volt)กับเวลา

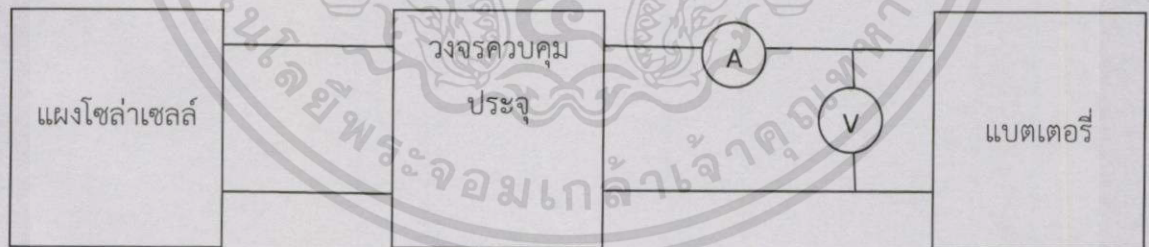
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า(watt)กับเวลา

#### 4.1.2 การทดลองหากระแสและแรงดันเมื่อทำการชาร์จเข้าแบตเตอรี่

โดยการนำโซล่าเซลล์ไปวางไว้ในที่โดนแสงตลอดทั้งวัน ต่อผ่านวงจรชาร์จ จากนั้นนำมัลติมิเตอร์มาต่อวัดค่าของกระแสที่ได้ก่อนเข้าแบตเตอรี่และวัดแรงดันของแบตเตอรี่ ทุกๆ ครั้ง ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.30 น.



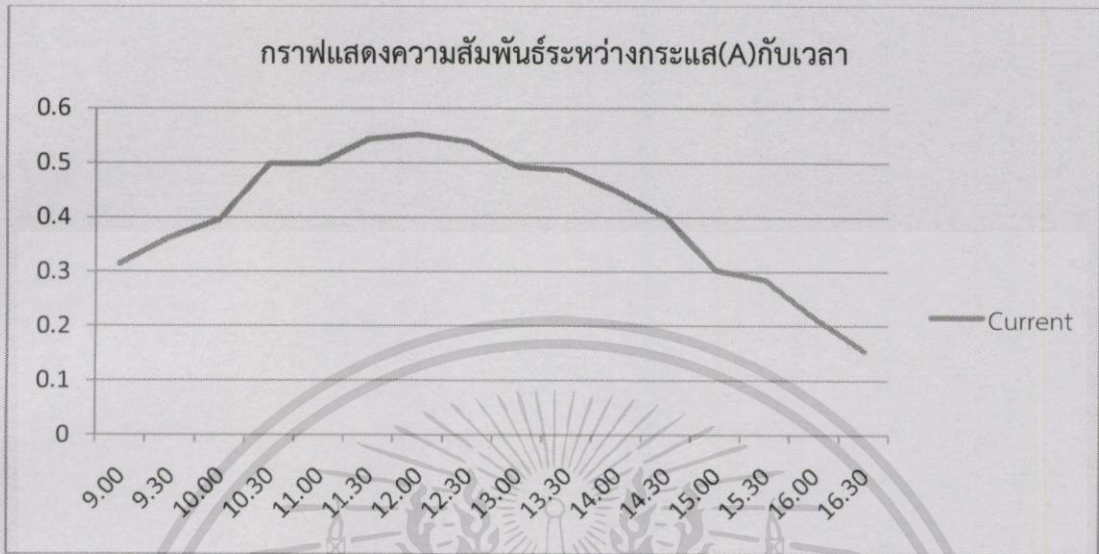
รูปที่ 4.1.4 วิธีการต่อวงจรการทำผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เข้าแบตเตอรี่ทุกๆครึ่งชั่วโมง ตั้งแต่ เวลา 9.00 - 16.30 น.

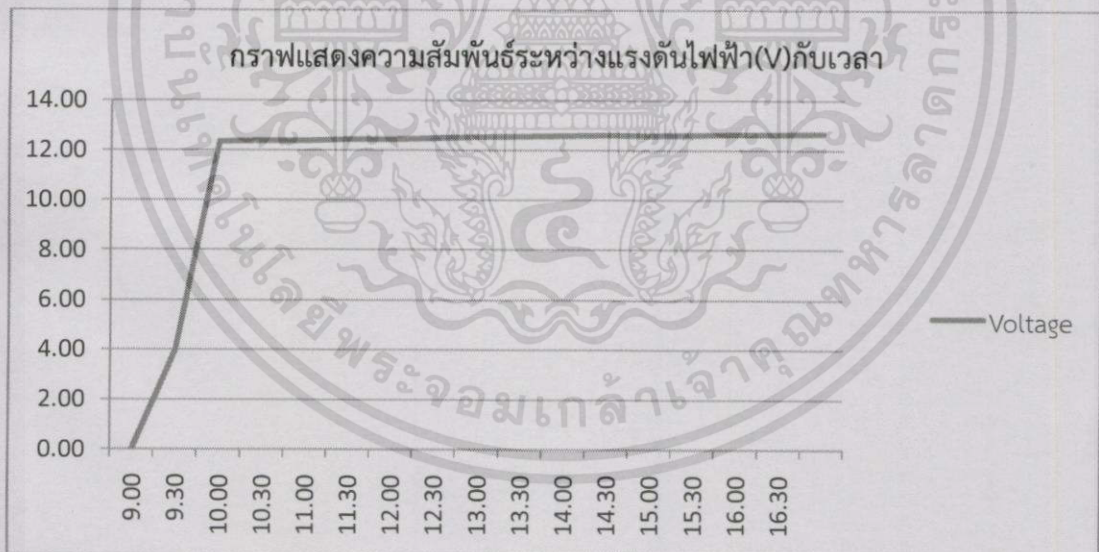
เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแส (A)	กำลังที่ได้ (Watt)
9.00	4.00	0.314	1.256
9.30	12.37	0.363	4.490
10.00	12.38	0.395	4.890
10.30	12.40	0.498	6.175
11.00	12.43	0.498	6.190
11.30	12.45	0.543	6.760
12.00	12.50	0.551	6.888
12.30	12.54	0.538	6.747
13.00	12.56	0.492	6.180
13.30	12.59	0.486	6.119
14.00	12.61	0.447	5.637
14.30	12.60	0.398	5.015
15.00	12.63	0.302	3.814
15.30	12.64	0.285	3.602
16.00	12.65	0.214	2.707
16.30	12.67	0.154	1.951
	เฉลี่ย		4.901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟระหว่างกระแส(A)กับเวลา กราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้า(V)กับเวลา และกราฟระหว่างกำลังไฟฟ้า(W)กับเวลา



รูปที่ 4.1.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส(A)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่



รูปที่ 4.1.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า(V)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.1.7** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง(Watt)กับเวลาก่อนเข้าแบตเตอรี่

จากการทดลองสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก

## บทวิจารณ์และบทสรุป

การทำงานของโครงงานนี้จะเริ่มต้นจากที่แผงโซลาร์เซลล์ ได้รับแสงอาทิตย์เข้ามาทำการเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จึงไม่สามารถจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรง จึงต้องนำมาต่อผ่านเครื่องควบคุมประจุ แรงดันที่ผ่านเครื่องควบคุมประจุนั้นจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และสามารถนำแรงดันที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ออกไปใช้กับโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับได้โดยต่อผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าหรือก็คืออินเวอร์เตอร์ ซึ่งแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ

### 5.1 การทดลอง

#### 5.1.1 การทดสอบแผ่นโซลาร์เซลล์

จากราฟผลการทดลอง จะเห็นได้ว่ากระแสจะแปรผันไปตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ แต่ไม่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นช่วงใช้งานที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะอยู่ในช่วงเวลาเที่ยงๆ จึงจะได้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์สูงสุด

#### 5.1.2 การทดสอบวงจรชาร์จอัตโนมัติ

จากการทดลองต่อวงจรชาร์จและควบคุมประจุ ซึ่งวงจรจะจำกัดการชาร์จไม่เกิน 1 แอมป์ และจะตัดการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่ประจุเต็มแล้วที่ 13.8 โวลต์

### 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- 1.) การทดลองใช้โซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก จึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่นาน
- 2.) ในการทดลอง สามารถทดลองได้เฉพาะช่วงเวลาที่มิแสงแดด ไม่สามารถทดลองได้ในเวลากลางคืน วันที่ฝนตกหรือมีเมฆมาก

### 5.3 แนวทางการปรับปรุง และพัฒนา

- 1.) หากโซลาร์เซลล์มีปัญหาสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแทนในการทดลองได้
- 2.) สามารถนำไปเป็นแนวทางเพื่อต่อยอดให้แก่บุคคลที่สนใจได้

## บรรณานุกรม

- [1] นภัทร วัฒนเทพินทร์. 2554. การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์.
- [2] เจนรบ ชนะศรีโยธิน. 2548. “ประสิทธิภาพของการจ่ายไฟในระบบพลังงานแสงอาทิตย์. ” ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม ระบบควบคุม บัณฑิตวิทยาลัย , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] <http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=electronic-circuit&month=08-2012&date=18&group=1&gblog=323>
- [4] <http://www.eleccircuit.com/12v-to-220v-inverter-180w-by-2n3055/>
- [5] <http://www.falstad.com/circuit/e-multivib-a.html>
- [6] <http://fivedots.coe.psu.ac.th/~kpatimakorn/240-206/e-book/chap3.pdf>
- [7] [https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tatc.ac.th%2Ffiles%2F09011219194805\\_09063013133656.doc&ei=O3kKU7fNCMmCrgfl4oDQAAQ&usq=AFQjCNGsp6naGmo8ozX9bsEzqHFuNJV8Gg&sig2=RCd4CQ9b5ZALCj3XKxLNDg](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&sqi=2&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tatc.ac.th%2Ffiles%2F09011219194805_09063013133656.doc&ei=O3kKU7fNCMmCrgfl4oDQAAQ&usq=AFQjCNGsp6naGmo8ozX9bsEzqHFuNJV8Gg&sig2=RCd4CQ9b5ZALCj3XKxLNDg)