

ต้นไม้เซลล์สุริยะ
Solar Cell Tree



พจนี นามจุมจัง
พรสุตา เลียบทวี
พิชชาพร เขจรนิตย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ต้นไม้เซลล์สุริยะ

Solar Cell Tree



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนำไปใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลอันเนื่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar Cell Tree



Potjane Namjoomjang

Pornsuda Leabtawe

Pitchaporn Khejonnit

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 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ต้นไม้เซลล์สุริยะ
Solar Cell Tree

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวพจณี นามจุมจัง รหัสนักศึกษา 54010855
นางสาวพรสุดา เลียบทวี รหัสนักศึกษา 54010882
นางสาวพิชชาพร เขจรนิตย์ รหัสนักศึกษา 54010910

ปริญญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.สาท คำมูล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ต้นไม้เซลล์สุริยะ Solar Cell Tree			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวพจณี	นามจุมจั่ง	รหัสนักศึกษา	54010855
	นางสาวพรสุดา	เลียบทวี	รหัสนักศึกษา	54010882
	นางสาวพิชชาพร	เขจรนิตย์	รหัสนักศึกษา	54010910
อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา	ผศ.สาท คำมูล 2557			

บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกที่เป็นพลังงานสะอาด ได้รับความนิยมน้อย่างแพร่หลายและนำไปใช้ในวงกว้าง เหมาะกับการที่จะนำมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โครงการนี้เป็นการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะ ในเรื่องของการเพิ่มโอกาสในการรับแสงที่ความเข้มแสงมากที่สุดเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่สูงที่สุดนั่นเอง โดยการสร้างต้นไม้ ที่มีใบไม้เป็นเซลล์สุริยะ ที่สามารถตรวจวัดและเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงตกกระทบมากที่สุดได้อย่างอิสระทุกใบ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์(180 องศา)สร้างกลไกการเคลื่อนที่ และใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนที่ของใบไม้เซลล์สุริยะนั้น สามารถหมุนได้ครอบคลุมทุกทิศทางที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ สัญญาณที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ร่วมกับบอร์ดควบคุม Arduino UNO นั้น รับมาจากค่าแรงดันเอาต์พุตของเซลล์สุริยะที่ตรวจวัดได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Solar Cell Tree	
Authors	Miss Potjane	Namjoomjang
	Miss Pornsuda	Leabtawee
	Miss Pitchaporn	Khejonnit
Thesis Advisor	Asst.Prof.Sart Kumool	
Year	2014	

ABSTRACT

Solar energy is the most renewable energy source available, it is the cleanest, so this energy for a variety of uses and proper to devolved for higher performance. The project study about the efficiency of solar cell for increasing of opportunity to get light at max intensity by build the solar cell tree. In addition, in each solar leaf are move to check the position provide the most light intensity by free and use servomotor with create mechanisms. In part of control the controller board Arduino UNO was selected. In solar leaf movement pattern able to move cover all direction the light hits. Control signal received from output voltage of solar cell.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการเรื่อง ต้นไม้เซลล์สุริยะนี้ได้ประสบความสำเร็จด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ในระหว่างการดำเนินการจากบุคคลหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการครั้งนี้ บุคคลเหล่านี้ประกอบไปด้วย

- ผศ.สาท คำมูล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาในการทำโครงการ รวมทั้งให้แนวคิดว่าแนวทางแก้ไขปัญหาในการทำงานให้แก่คณะผู้จัดทำมาโดย
- พันจ่าเอกคนอง เลียบทวี ผู้ให้ความช่วยเหลือด้านโครงสร้างของใบและลำต้นเซลล์สุริยะ จนแล้วเสร็จและสวยงาม
- ผศ.เชื้อ นกอยู่ อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาในเรื่องวงจรไฟฟ้าและสัญญาณ และวงจรเซอร์โวมอเตอร์รวมทั้งยังควบคุมดูแลการปฏิบัติงานให้แก่คณะผู้จัดทำอย่างสม่ำเสมอโดยตลอด
- นายชัยมงคล วรทัศน์ รุ่นพี่ศิษย์เก่าผู้ให้ความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม ให้แนวคิดและช่วยหาแนวทางแก้ปัญหาในการเขียนโปรแกรม
- ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเมื่อการปฏิบัติงานมีอุปสรรคเกิดขึ้น

จึงเห็นสมควรที่จะมอบคุณความดี และเกียรติคุณให้กับบุคคลทุกท่านที่กล่าวมานี้ รวมทั้งบุคคลที่มีได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวพจณี นามจุมจัง
นางสาวพรสุดา เลียบทวี
นางสาวพิชชาพร เขจรนิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ.....	3
2.1.1 หลักการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ.....	3
2.1.2 องค์ประกอบหลักขอเซลล์สุริยะ.....	4
2.1.3 โมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิกและการจัดเรียง.....	6
2.1.3.1 โมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิก.....	6
2.1.3.2 การจัดเรียงโมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิก.....	7
2.1.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์สุริยะ.....	8
2.1.4.1 ความเข้มแสง.....	8
2.1.4.2 อุณหภูมิ.....	9
2.1.5 ชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด (Peak Sun Hour).....	10
2.1.6 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ.....	12
2.1.6.1 แผงเซลล์สุริยะ (Solar Panel).....	13
2.1.6.2 แบตเตอรี่ (Battery).....	13
2.1.6.3 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller).....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.6.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter).....	16
2.1.6.5 การเดินสายไฟ.....	16
2.17 การต่อแผงเซลล์สุริยะ.....	19
2.18 กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์สุริยะผลิตได้.....	20
2.19 ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าเซลล์สุริยะ.....	21
2.2 เซอร์โวมอเตอร์.....	22
2.2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์.....	22
2.2.2 คุณลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์.....	23
2.1.2.1 ความเร็ว (Speed).....	23
2.1.2.2 แรงบิด (Torque).....	23
2.2.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	23
2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเข้มแสงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic).....	24
2.4 บอร์ดควบคุมอาดูโน่.....	26
2.4.1 Arduino UNO.....	26
2.4.2 หลักการทำงานของ PWM (Pulse Width Modulation).....	27
2.4.3 โครงสร้างโปรแกรมของอาดูโน่.....	27
2.4.3.1 ฟังก์ชันภายในเซอร์โวลไลบรารี.....	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	31
3.1 บทนำ.....	31
3.2 ศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	31
3.3 วางแผนการดำเนินงาน.....	32
3.4 วิเคราะห์ และออกแบบด้านฮาร์ดแวร์.....	33
3.4.1 ออกแบบรูปลักษณะต้นไม้เซลล์สุริยะ.....	33
3.4.2 ออกแบบรูปลักษณะใบไม้เซลล์สุริยะ.....	33
3.4.3 ระบบติดตามความเข้มแสงมากที่สุดของใบไม้แต่ละใบ.....	35
3.4.4 วงจรและอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้น.....	35
3.4.4.1 วงจรแบ่งแรงดัน.....	35
3.4.4.2 วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิเคราะห์ และออกแบบด้านซอฟต์แวร์.....	37
3.5.1 ออกแบบรูปแบบการเคลื่อนที่ในทิศต่างๆ ของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	37
3.5.2 โปรแกรมเพื่อควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์.....	38
3.6 การสร้างอุปกรณ์ที่ใช้จริง.....	40
3.6.1 ต้นไม้เซลล์สุริยะ.....	40
3.6.2 ใบไม้เซลล์สุริยะ.....	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	44
4.1 การทดลองที่ 1 วางท่ามุม 15 องศาทางทิศใต้.....	44
4.2 การทดลองที่ 2 วางตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์.....	47
4.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบใช้งานต้นไม้เซลล์สุริยะ.....	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 สรุปผล.....	54
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	54
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยในอนาคต.....	54
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความเข้มแสงในแต่ละชั่วโมงของวัน.....	5
2.2 ขนาดของสายไฟที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า.....	18
2.3 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกระแสและแรงดัน.....	9
4.1 การทดลองวางแผงเซลล์สุริยะในทิศทางเดียวกัน.....	42
4.2 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 1.....	43
4.3 การทดสอบวางแผงเซลล์สุริยะแบบหมุนตามองศาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์.....	45
4.4 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลา.....	46
4.5 การเคลื่อนที่หาแสงของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	48
4.6 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 3.....	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเซลล์โฟโตโวลตาอิก.....	5
2.2 การทำงานของเซลล์โฟโตโวลตาอิก.....	6
2.3 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกระแสและแรงดัน.....	9
2.4 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกระแสและแรงดัน.....	10
2.5 แผนภาพของชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด.....	11
2.6 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ.....	12
2.7 แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์สุริยะ.....	13
2.8 การออกแบบกำลังไฟฟ้าเพื่อการป้องกันแบตเตอรี่.....	14
2.9 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่.....	16
2.10 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charging Controller).....	16
2.11 การต่อแบบขนาน.....	19
2.12 การต่อแบบอนุกรม.....	20
2.13 องค์ประกอบพื้นฐานของเซอรัมอเตอร์.....	22
2.14 การทำงานของเซอรัมอเตอร์.....	24
2.15 เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) แบบ Mono Crystalline Silicon Solar Cell.....	25
2.16 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด Arduino XBee Shield.....	26
2.17 บอร์ด Arduino Uno.....	27
2.18 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE.....	28
2.19 โครงสร้างโปรแกรมของอาดูโน่.....	28
3.1 ออกแบบรูปลักษณะต้นไม้เซลล์สุริยะ.....	33
3.2 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	33
3.3 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	34
3.4 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	34
3.5 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ.....	34
3.6 ระบบติดตามความเข้มแสงมากที่สุดของใบไม้แต่ละใบ.....	35
3.7 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด.....	36
3.8 วงจรขับเซอรัมอเตอร์.....	37
3.9 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของใบไม้.....	37
3.10 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมติดตามแสงอาทิตย์.....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ต้นไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	40
3.12 โคนต้นไม้ใช้เหล็กเป็นฐานเพื่อความมั่นคง.....	40
3.13 ใบไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	41
3.14 ใบไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	41
3.15 ใบไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	42
3.16 ใบไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	42
3.17 ใบไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง.....	44
4.1 การวางแผนโซลาร์เซลล์ทำมุม 15 องศาทางทิศใต้.....	45
4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 1.....	46
4.3 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละชั่วโมง.....	47
4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 2.....	50
4.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 3.....	52
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าจากตารางผลการทดลอง.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันมีการเลือกใช้เซลล์สุริยะเป็นแหล่งผลิตกำลังไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของฟาร์มขนาดใหญ่ ระบบสูบน้ำเพื่อการชลประทาน หรือการใช้ภายในครัวเรือน ไปจนถึงใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานแบบพกพาให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเล็กๆ เนื่องจากเป็นพลังงานที่ได้มาฟรีและมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ ทั้งยังสะอาดบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ไม่มีเสียงดังรบกวน มีการดูแลรักษาน้อยมาก ยังสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทุกแห่งที่มีแสงอาทิตย์ ไม่ว่าจะอยู่บนเขาสูง กลางทะเลหรือแม้แต่ในอวกาศก็ใช้เซลล์สุริยะในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้

ส่งผลให้มีการเข้าไปศึกษาและประยุกต์ใช้งานเซลล์สุริยะในรูปแบบต่างๆ มากมาย รวมไปถึงการทดลองและงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าก็เพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วย ทางคณะผู้จัดทำโครงการมีความสนใจในการนำเซลล์สุริยะมาประยุกต์ใช้เช่นเดียวกัน โดยมุ่งไปที่ปัจจัยการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตกำลังไฟฟ้า ส่วนของความเข้มแสง กล่าวคือเมื่อความเข้มแสงมีมาก กำลังไฟฟ้าที่ได้ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย จากการศึกษางานทดลองและงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกำลังไฟฟ้าของเซลล์สุริยะ คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดจะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าของเซลล์สุริยะโดยการเพิ่มโอกาสในการรับความเข้มแสงที่มากที่สุดให้กับเซลล์สุริยะ

แนวคิดของคณะผู้จัดทำนั้น คือการสร้างต้นไม้ ที่มีใบไม้เป็นเซลล์สุริยะ ที่สามารถตรวจวัดและหมุนไปตำแหน่งที่มีความเข้มแสงตกกระทบบมากที่สุดได้อย่างอิสระทุกใบ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ (180 องศา) สร้างกลไกการเคลื่อนที่ และใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนที่ของใบไม้เซลล์สุริยะนั้น สามารถหมุนได้ครอบคลุมทุกทิศทางที่แสงอาทิตย์ตกกระทบบ สัญญาณที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ร่วมกับบอร์ดควบคุม Arduino UNO นั้น รับมาจากค่าแรงดันเอาต์พุตของเซลล์สุริยะ เมื่อมีแสงมาตกกระทบบ เพราะเซลล์สุริยะเองก็คือตัวตรวจวัดความเข้มแสงชนิดหนึ่งนั่นเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อพัฒนาการใช้งานของเซลล์สุริยะให้มีความน่าสนใจมากขึ้น และมีประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. เพื่อสร้างต้นไม้เซลล์สุริยะที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งองคเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อทำการออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่รับแสงของใบไม้เซลล์สุริยะให้ได้รับแสงที่

ให้กำลังไฟฟ้าที่มากที่สุดได้

4. เพื่อทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ โดยใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. ศึกษาการทำงานของเซลล์สุริยะ และการควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์
2. จัดสร้างวงจรชุดอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะในรูปแบบของต้นไม้ โดยมีใบของต้นเป็นเซลล์สุริยะ
3. ออกแบบและเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ โดยใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ และทำการทดสอบ
4. ออกแบบกลไกการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของใบต้นเซลล์สุริยะ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากตัวอย่างงานวิจัย และโครงการต่างๆเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ และระบบควบคุมการเคลื่อนที่หาแสงของเซลล์สุริยะ
2. ออกแบบต้นไม้เซลล์สุริยะที่มีใบที่สามารถหมุนเพื่อรับแสงที่ให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดโดยอิสระทุกใบ
3. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สำหรับการสร้างต้นไม้เซลล์สุริยะ
4. ออกแบบเงื่อนไขการทำงานของตัวควบคุม ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของใบไม้เซลล์สุริยะ
5. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ โดยใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO
6. ออกแบบกลไกในการเคลื่อนที่ของใบไม้เซลล์สุริยะ
7. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน
8. ทดลองการทำงานของระบบควบคุมและปรับแก้ระบบ
9. สรุปผลการทดลอง และจัดทำรายงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ และสร้างวงจรการใช้งานได้
2. สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ให้กับใบไม้เซลล์สุริยะ เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่รับแสงแล้วต้นไม้ผลิตกำลังไฟฟ้ามากที่สุดได้
3. สร้างต้นไม้เซลล์สุริยะ พร้อมใบทั้ง 6 ใบ
4. สร้างกลไกการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งานได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน

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

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้นๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเสมอ นอกจากนั้น จากการศึกษาเชิง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และเอียงซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้นๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

2.1.1 หลักการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ

การผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นใช้อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic; โฟโตโวลตาอิก) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เซลล์สุริยะ (Solar cells) เซลล์สุริยะหรือโฟโตโวลตาอิกนั้น คืออุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนแสงเป็นกำลังไฟฟ้าโดยตรง ผลิตจากสารเคมีคอนดักเตอร์เช่น ซิลิกอน โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อแสงมากระทบกับเซลล์วัสดุที่เป็นเซมิคอนดักเตอร์จะดูดซับพลังงานไว้ นั่นหมายความว่าพลังงานแสงที่ตกกระทบและถูกดูดซับเอาไว้จะถูกส่งผ่านไปให้เซมิคอนดักเตอร์และจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในสารเซมิคอนดักเตอร์หลุดออกจากวงโคจร และเคลื่อนที่อย่างอิสระ การเคลื่อนที่หรือการไหลของอิเล็กตรอนในสารเซมิคอนดักเตอร์ก็คือการไหลของกระแสไฟฟ้า ถ้านำหน้าสัมผัสที่เป็นโลหะติดตั้งที่ด้านบนและด้านล่างของเซลล์โฟโตโวลตาอิกก็จะ

สามารถนำกระแสไฟฟ้าออกมาใช้ภายนอกได้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่โฟโตโวลตาอิกสร้างขึ้นขณะทำงานก็คือกำลังไฟฟ้าที่โฟโตโวลตาอิกสามารถผลิตได้นั่นเอง ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตได้ประดิษฐ์แผงเซลล์สุริยะขนาดใหญ่ที่รวมเอาชิ้นส่วนย่อยๆ ของเซลล์สุริยะมาต่อรวมในแผงเดียวกัน โดยแผงจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ในระดับแรงดันประมาณ 12-14 โวลต์ซึ่งสามารถนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้โดยตรงทันทีหรือจะประจุไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อเก็บกำลังไฟฟ้านั้นไว้ใช้ในเวลากลางคืนก็ได้เมื่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ก็สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตกำลังไฟฟ้าได้โดยการเพิ่มจำนวนแผงเซลล์สุริยะขึ้น การเพิ่มแผงนี้ทำได้ง่ายมาก เพียงแต่นำแผงมาวางเรียงกัน และต่อสายไฟขนานกันไปเท่านั้นก็จะได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

2.1.2 องค์ประกอบหลักของเซลล์สุริยะ

องค์ประกอบหลักของ “เซลล์สุริยะ” คือ สารกึ่งตัวนำ (Semi-Conductors) ซิลิกอน เป็นสารที่มีคุณสมบัติพิเศษทางเคมีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในรูปของผลึก สารซิลิกอนหนึ่งอะตอมจะมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 14 จัดวางตัวในสามวงโคจร สองวงโคจรแรกที่อยู่ใกล้นิวเคลียสเป็นวงโคจรที่สมบูรณ์แต่วงโคจรที่อยู่นอกสุดมีจำนวนอิเล็กตรอนเพียงครึ่งเดียวคือ 4 (จำนวนของอิเล็กตรอนของสารซิลิกอนเรียงลำดับตามวงโคจรคือ 2, 8, 4) ดังนั้นอะตอมของสารซิลิกอนจะหาทางที่จะเติมอิเล็กตรอนวงนอกสุดให้ครบ 8 อยู่ตลอดเวลา และทำได้โดยการใช้อิเล็กตรอนวงนอกสุด ร่วมกับอะตอมที่อยู่ด้านข้างอีก 4 อะตอม จึงดูเหมือน กับว่าทุกอะตอมจับมือกับอะตอมที่อยู่ด้านข้างของตนเองซึ่งในกรณีนี้แต่ละอะตอมจะมี 4 มือจับอยู่กับอะตอมด้านข้างทั้ง 4 อะตอม การจับตัวกันทำให้เกิดโครงสร้างของผลึกและโครงสร้างของผลึกนี้มีความสำคัญต่อชนิดของเซลล์โฟโตโวลตาอิก

สารซิลิกอนบริสุทธิ์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดีเพราะว่าไม่มีอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ได้ อิเล็กตรอน ในสารซิลิกอนจะจับกันอยู่เป็นโครงสร้างของผลึก สารซิลิกอนที่ใช้ในเซลล์สุริยะจะถูกทำเป็นแผ่นบางๆ เพื่อให้มีรูปร่างเหมาะสมกับการใช้งานเป็นเซลล์สุริยะ

สารซิลิกอนที่ใช้ในเซลล์สุริยะเป็นซิลิกอนที่ไม่บริสุทธิ์ เพราะมีอะตอมของสารฟอสฟอรัสผสมอยู่ประมาณ 1 อะตอมต่อ 1 ล้านอะตอมของสารซิลิกอน สารฟอสฟอรัสเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด เท่ากับ 5 และจับตัวอยู่กับสารซิลิกอนที่อยู่ข้างๆ จึงทำให้เหลืออิเล็กตรอนวงนอกสุดของสารฟอสฟอรัส อีกหนึ่งตัวที่ไม่ได้จับกับใคร (อิเล็กตรอนวงนอกสุดของสารซิลิกอนเท่ากับ 4) แต่ถูกดึงไว้ให้อยู่กับที่ด้วยโปรตอนที่อยู่ในนิวเคลียสของมันเอง

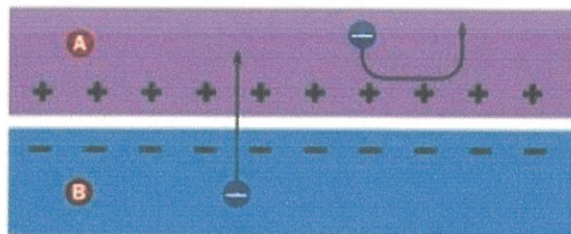
เมื่อให้พลังงานกับสารซิลิกอนบริสุทธิ์ตัวอย่าง เช่น ถ้าให้พลังงานในรูปของความร้อน มันจะทำให้อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งทำลายพันธะทางเคมีแล้วหลุดออกจากอะตอม ทำให้เกิดเป็นที่ว่างที่เรียกว่าโฮลอิเล็กตรอนที่หลุดออกมา จะเคลื่อนที่อยู่รอบๆโครงสร้างของผลึกและมองหาโฮลที่ว่างอยู่เพื่อเข้าไปแทนที่อิเล็กตรอนเหล่านี้เรียกว่าเป็นพาหะอิสระ ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแต่จะมีจำนวนน้อยมากในสารซิลิกอนบริสุทธิ์ สารซิลิกอนที่ผสมอะตอมของสารฟอสฟอรัสแตกต่างจาก

ซิลิกอนบริสุทธิ์คือ มันจะใช้พลังงานน้อยมากในการกระตุ้นให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมของ ฟอสฟอรัส เพราะว่าอิเล็กตรอนของฟอสฟอรัสไม่ได้ถูกยึดติดกับอะตอมของซิลิกอนที่อยู่ข้างๆ ด้วย พันธะทางเคมี ทำให้อิเล็กตรอนส่วนใหญ่หลุดออกเป็นอิสระได้ง่าย จำนวนของพาหะอิสระที่เกิดขึ้นจึง มีมากกว่าในสารซิลิกอนบริสุทธิ์ ขั้นตอนของการเพิ่มสารตัวอื่นเข้าไปในสารซิลิกอนนั้นเรียกว่า การ โด๊ป (Doping) และถ้าโด๊ปสารซิลิกอนด้วยฟอสฟอรัส สิ่งที่ได้จะเรียกว่า สาร n-type (n มาจาก negative) เพราะว่า สารที่โด๊ปได้จะมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมาก สารซิลิกอนที่ผ่านการโด๊ปแล้วจะ นำไฟฟ้าได้ดีกว่าสาร ซิลิกอนบริสุทธิ์

ในความเป็นจริงมีเพียงส่วนเดียวของเซลล์สุริยะเท่านั้นที่เป็นสาร n-type อีกส่วน หนึ่งที่เหลือจะถูกโด๊ปด้วยสารโบรอน (boron) ที่มีจำนวนของอิเล็กตรอนวงนอกสุดเท่ากับ 3 ทำให้ เมื่อสร้างพันธะทาง เคมีกับอะตอมของซิลิกอนที่อยู่ข้างๆ แล้วจะเหลือโฮลที่เป็นอิสระอยู่ 1 ตัว เรียก สารที่โด๊ปได้นี้ว่า p-type (p มาจาก positive) อันที่จริงแล้วโฮล ก็คือ ที่ว่างที่อิเล็กตรอนหลุดออกไป จากอะตอมดังนั้นมันจึงมีสภาพเสมือนเป็นประจุบวกที่เคลื่อนที่อยู่รอบๆ โครงสร้างของผลึกซิลิกอน เหมือนกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

ความน่าสนใจเริ่มต้นที่เมื่อวางสารซิลิกอน n-type ไว้ติดกับสารซิลิกอน p-type คง ยังจำได้ว่า เซลล์สุริยะทุกเซลล์มีสนามไฟฟ้าปริมาณน้อยๆ อยู่ถ้าไม่มีสนามไฟฟ้าเซลล์จะไม่สามารถ ทำงานได้สนามไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อวางสาร n-type และ p-type สัมผัสกัน ทันทีที่วางสาร n-type และ p-type สัมผัสกัน อิเล็กตรอนอิสระในสาร n-type ที่กำลังมองหาโฮลอยู่ก็จะมองเห็นโฮลอิสระที่ อยู่ในสาร p-type แล้วพุ่งไปเติมลงในโฮลนั้นอย่างรวดเร็ว

ก่อนหน้านี้สารซิลิกอนเป็นกลางทางไฟฟ้า อิเล็กตรอนวงนอกสุดของซิลิกอนสมดุลได้ ด้วย โปรตอนของฟอสฟอรัส โฮลสมดุลได้ด้วยโปรตอนของโบรอน เมื่ออิเล็กตรอนและโฮลผสมกันที่ รอยต่อของสาร n-type และ p-type สภาพความเป็นกลางจะถูกทำลายแล้วอิเล็กตรอนอิสระ ทั้งหมดจะเติมลงในโฮลอิสระทุกตัวหรือไม่ คำตอบคือไม่ ที่รอยต่อของสารทั้งสองชนิดอิเล็กตรอนและ โฮลที่ผสมกันจะสร้างแนวป้องกัน ทำให้ยากที่อิเล็กตรอนจากสาร n-type จะข้ามไปที่สาร p-type ใน ขั้นสุดท้ายเมื่อเกิดสภาวะคงที่จะได้สนามไฟฟ้าที่แยกกันเป็นสองด้าน

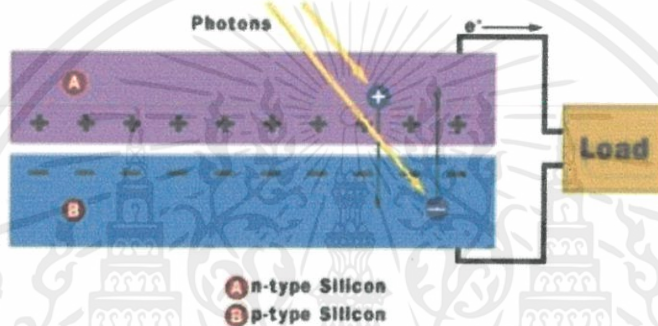


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปล **A n-type Silicon** **B p-type Silicon** ว่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเซลล์โฟโตโวลตาอิก

สนามไฟฟ้านี้จะทำหน้าที่เหมือนไดโอดคือ อิเล็กตรอนจะไหลจากสาร p-type ไป สาร n-type ได้ในทิศทางเดียวไม่สามารถไหลย้อนกลับได้

เมื่อแสงซึ่งมีลักษณะเป็นอนุภาคหรือกลุ่มก้อนของพลังงานซึ่งเรียกว่าโฟตอน (Photon) ตก กระทบโซลาร์เซลล์จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลอิสระขึ้นสนามไฟฟ้าภายในจะส่ง อิเล็กตรอนอิสระไปที่ด้าน N และส่งโฮลไปที่ด้าน P ถ้าต่อวงจรภายนอกให้กับเซลล์กระแส อิเล็กตรอนจะไหลจากด้าน N ไปที่ด้าน P กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลไปนี้นิยมให้มีทิศทางสวนทางกับ กระแสไฟฟ้า(Current) กล่าวคือจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลจากด้าน P ไปด้าน N นั่นเอง สนามไฟฟ้าที่ เกิดขึ้นภายในเซลล์ทำให้เกิดแรงดันหรือโวลเตจ (voltage) และผลคูณของกระแสไฟฟ้าและโวลเตจ เรียกว่า กำลังไฟฟ้า (power) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เซลล์โฟโตโวลตาอิกจะมีประสิทธิภาพประมาณ 15%



รูปที่ 2.2 การทำงานของเซลล์โฟโตโวลตาอิก

2.1.3 โมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิกและการจัดเรียง

2.1.3.1 โมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิก ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

1. เซลล์สุริยะแบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือเรียกว่า โมโนคริสตัลซิลิกอนเซลล์สุริยะ (Mono crystalline Silicon Solar Cell) ทำมาจากแผ่นซิลิกอนที่แข็งและบางมีลักษณะเป็นแผ่นกลม, แผ่นสี่เหลี่ยม, ครึ่งวงกลม ฯลฯ ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการผลิตของผู้ผลิตแต่ละราย ส่วนพื้นที่ของเซลล์สุริยะ 1 เซลล์มีหลายขนาด เช่น ขนาด 60, 100, 160 ตารางเซนติเมตร เป็นต้น มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพประมาณ 14-17% เนื่องจากทำมาจากซิลิกอนผลึกเดี่ยว ซึ่งมีขบวนการผลิตที่ยุ่งยากกว่าซิลิกอนแบบผลึกรวม จึงมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์สุริยะแบบซิลิกอนชนิดอื่น อายุการใช้งานประมาณ 30 ปี

2. เซลล์สุริยะแบบซิลิกอนผลึกรวมหรือแบบผลึกย่อย (Polycrystalline Silicon Solar Cell, Multi Crystalline Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งเช่นเดียวกับกับเซลล์สุริยะแบบซิลิกอนผลึกเดี่ยวประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะแบบผลึกรวมนี้ จะต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยวเล็กน้อยคือประมาณ 13-15% เนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานที่รอยต่อของผลึกแต่ละผลึก แต่ราคา

ก็จะถูกกว่าแบบผลึกเดี่ยว เพราะกรรมวิธีในการผลิตจะไม่ซับซ้อนเท่ากับแบบผลึกเดี่ยว อายุการใช้งานประมาณ 25 ปี

3. เซลล์สุริยะแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง มีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน ทำให้ประหยัดเนื้อที่และไม่สิ้นเปลืองวัสดุ สามารถนำไปติดบนแผ่นฟิล์มพลาสติกหรือกระจกได้ นอกจากนี้กระบวนการผลิตยังไม่ยุ่งยาก และไม่ต้องการใช้อุณหภูมิสูงอีกด้วย แต่เซลล์สุริยะแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนนี้ มีประสิทธิภาพต่ำประมาณ 5-7% เท่านั้น และอายุการใช้งานยังสั้นกว่าซิลิกอนแบบผลึกอีกด้วยเหมาะกับการใช้งานกับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ เป็นต้น มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี

4. เซลล์สุริยะที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น (นอกจากซิลิกอน) เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide-GaAs), แคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulphide-CdS), แคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium Telluride-CdTe), ทองแดงอินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide-CuInSe) เป็นต้น เซลล์สุริยะแบบกึ่งตัวนำมีทั้งที่เป็นแบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และแบบผลึกรวม (Polycrystalline)

เซลล์สุริยะที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ และทองแดงอินเดียม ไดเซเลไนด์ จะมีราคาใกล้เคียงกับเซลล์สุริยะแบบซิลิกอนเพราะกระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก ส่วนเซลล์สุริยะแบบแกลเลียมอาร์เซไนด์จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเซลล์สุริยะแบบอื่นๆ คือมีประสิทธิภาพประมาณ 25% ใช้กับงานที่มีความเข้มของแสงมากได้ดีและยังทนต่อรังสี จึงเหมาะกับการใช้งานด้านอวกาศ แต่เซลล์สุริยะแบบแกลเลียมอาร์เซไนด์นี้ก็มีราคาแพงกว่าเซลล์สุริยะแบบอื่นๆ มาก

เซลล์สุริยะที่ทำจากแคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium Telluride CdTe) และทองแดงอินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide-CuInSe) จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบาง (Thin Film) โดยชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์มีประสิทธิภาพประมาณ 7% แต่ก็ยังสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้อีก

ส่วนทองแดงอินเดียมไดเซเลไนด์มีประสิทธิภาพมากกว่าชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์เล็กน้อย แต่เซลล์สุริยะทั้งสองชนิดนี้ มีใช้ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์สุริยะแบบซิลิกอน

2.1.3.2 การจัดเรียงโมดูลเซลล์โฟโตโวลตาอิก

การจัดเรียงโมดูลให้อยู่ในลักษณะของแผง (Arrays) เป็นการนำเอาโมดูลโฟโตโวลตาอิกที่มีขนาดตั้งแต่ 10 วัตต์ขึ้นไปวางเรียงกันเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นระดับกิโลวัตต์ หรือมากขึ้นถึงเมกะวัตต์ก็ได้ โดยรูปแบบการวางมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบดังนี้

1. Flat Plate : เป็นลักษณะการวางเรียงทำมุมเอียงลาดกัน และหันหน้าเข้าแนวศูนย์กลาง การจัดเรียงแบบนี้ใช้กันมากที่สุด โดยมุมของการลาดเอียงจะมีค่าประมาณเท่ากับ

มุมของละติจูดที่ติดตั้งระบบ อย่างไรก็ตามควรจะทำมุมลาดเอียงไม่น้อยกว่า 10 องศา เพื่อให้สามารถระบายน้ำฝนได้

2. Tracking Array : ระบบการจัดเรียงนี้จะใช้การเคลื่อนที่แผงโมดูลไปตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในแต่ละเวลาของวัน ซึ่งช่วยให้แผงโมดูลสามารถรับแสงได้อย่างเต็มที่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามระบบการจัดเรียงแบบนี้มีความซับซ้อนและมีต้นทุนเพิ่มขึ้น

3. Mobile Array : เป็นรูปแบบแผงเซลล์ที่เคลื่อนที่ได้ จะใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งบ่อยๆ เช่นระบบสูบน้ำ หรือระบบแสงสว่างเฉพาะจุด หรือใช้สำหรับติดตั้งบนรถ

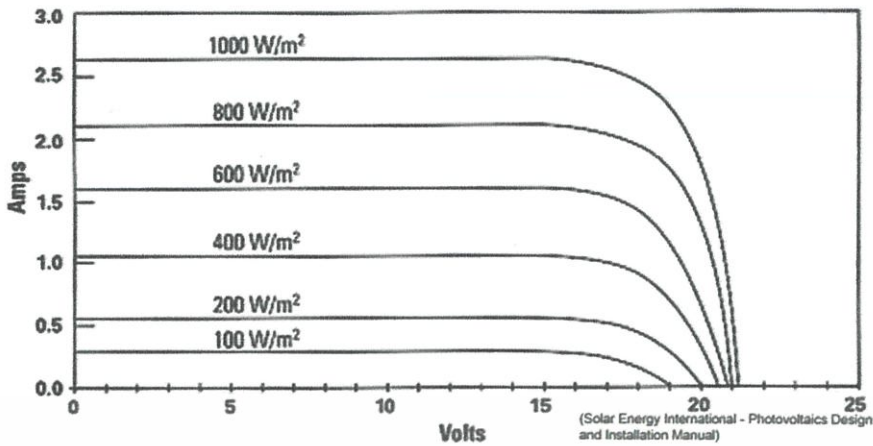
2.1.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์สุริยะ

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์สุริยะมีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.1.4.1 ความเข้มแสง

ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์สุริยะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั่วไปแล้วในเซลล์สุริยะชนิดซิลิกอน จะให้แรงดันไฟฟ้าเปิด (Open Circuit Voltage) หรือแรงดันไฟฟ้าในขณะที่ไม่ได้จ่ายกระแสให้กับโหลดประมาณ 0.5-0.6 โวลต์ พลังงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์สุริยะและความเข้มของแสงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น เซลล์สุริยะที่มีพื้นที่ 160 ตารางเซนติเมตร หรือเซลล์สุริยะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 นิ้ว (กรณีเป็นเซลล์สุริยะรูปวงกลม) หรือด้านยาวด้านละประมาณ 5 นิ้ว (กรณีเป็นเซลล์สุริยะรูปสี่เหลี่ยม) ถ้าแสงมีความเข้มมากที่สุดหรือแดดแรงมาก ๆ จะได้พลังงานประมาณ 2 วัตต์ แต่ถ้าความเข้มแสงลดลงเหลือ 40% ก็จะได้พลังงานเพียง 0.8 วัตต์เท่านั้น ดังนั้นในการใช้งานเซลล์สุริยะ มักจะไม่ได้ใช้เป็นเซลล์เดี่ยวเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ได้จากเซลล์สุริยะเพียงเซลล์เดียวมีค่าน้อยเกินไป ไม่เพียงพอต่อการใช้งานเซลล์สุริยะ จึงมักจะทำออกมาเป็นแผงที่ประกอบด้วยเซลล์สุริยะหลาย ๆ เซลล์ต่ออนุกรมหรือขนานกันอยู่ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าและกระแสมากขึ้น เพียงพอกับการใช้งาน ส่วนการเรียกขนาดของแผงเซลล์สุริยะ ถ้าเป็นแผงเล็กมักจะเรียกเป็นโวลต์กับแอมแปร์ แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่ขึ้นมาจะเรียกเป็นวัตต์ เช่น แผงขนาดเซลล์สุริยะขนาด 3 โวลต์ 100 mA หรือขนาด 5 วัตต์, 10 วัตต์, 40 วัตต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

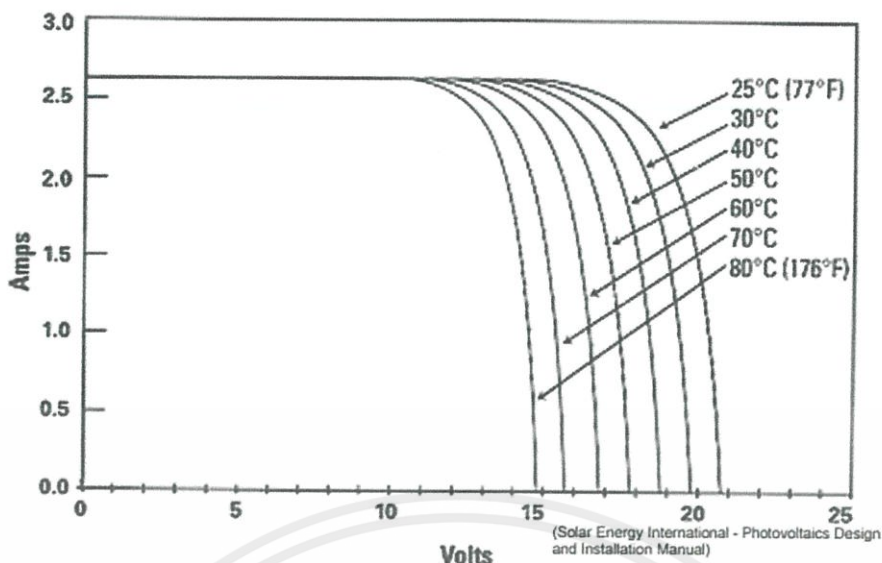


รูปที่ 2.3 ผลกระทบของความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีต่อกระแสและแรงดัน

2.1.4.2 อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์สุริยะมาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็หมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ($0.5\% \times 5$ องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V ($21 \text{ V} \times 2.5\%$) เหลือเพียง 20.475 V ($21 \text{ V} - 0.525 \text{ V}$) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้ามักที่สุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



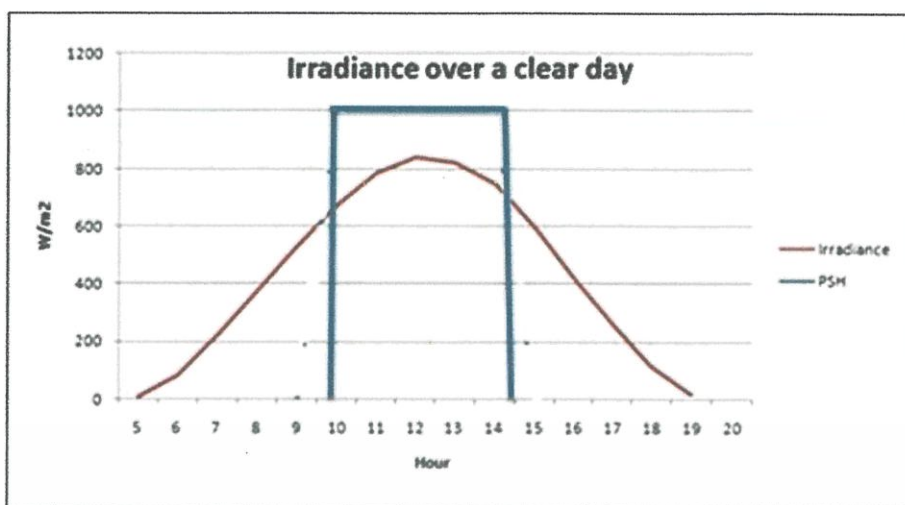
รูปที่ 2.4 ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อกระแสและแรงดัน

การเลือกใช้เซลล์สุริยะ นอกจากจะพิจารณาจากกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์สุริยะผลิตได้แล้ว ยังต้องดูรายละเอียดอื่น ๆ อีกด้วย เช่น ขนาดของแผงกว้าง ยาวเท่าไร น้ำหนักเท่าไร เป็นต้น เพื่อให้เลือกใช้งานได้อย่างถูกต้องกับลักษณะของงาน และเหมาะสมกับพื้นที่ในการติดตั้ง รวมไปถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่จะมารับน้ำหนักของแผงเซลล์สุริยะได้อย่างถูกต้อง

2.1.5 ชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด (Peak Sun Hour)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าเซลล์สุริยะ ต้องรู้ปริมาณแสงอาทิตย์ในพื้นที่ซึ่งระบบไฟฟ้าเซลล์สุริยะจะสามารถ รับแสงและผลิตไฟฟ้าได้ สำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลกนั้น ค่าเฉลี่ยของปริมาณแสงอาทิตย์ได้มีการสำรวจแล้ว โดยค่าเฉลี่ยปริมาณของแสงอาทิตย์จะอยู่ในหน่วยชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด (Peak Sun Hour, PSH) ชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด (PSH) เท่ากับ 1 แสดงถึง ชั่วโมงหนึ่งชั่วโมงที่มีค่าแสงแดดดีมากและไม่มีเมฆ ดังนั้นถ้าในพื้นที่มีค่า PSH เท่ากับ 4 จะหมายความว่า โดยเฉลี่ยแล้ว พื้นที่นั้นจะมีจำนวนชั่วโมงที่แดดดีมาก 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยแสงแดดดีมากหรือแสงอาทิตย์มากที่สุดจะนิยามโดยเท่ากับการที่แสงแดดที่มีความเข้มแสง 1,000 วัตต์/ตารางเมตรสม่ำเสมอตลอด 1 ชั่วโมง สามารถคำนวณค่า PSH ได้โดยการหาผลรวมของปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับทุกชั่วโมงตลอดวัน และนำ ผลรวมที่ได้ไปหารด้วยค่า 1,000 วัตต์/ตารางเมตร ในรูปที่ 2.5 กราฟรูปประฆังคว่ำแสดงถึงปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละชั่วโมงของวัน และรูปสี่เหลี่ยมแสดงถึงจำนวนของชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุดของวัน ในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนภาพของชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด

ในแต่ละชั่วโมงของวันดวงอาทิตย์จะให้แสงที่มีค่าความเข้มแสง (วัตต์/ตารางเมตร) ต่างๆ กัน ในการที่จะหา จำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุดของวัน จะต้องทราบผลบวกของความเข้มแสงในแต่ละชั่วโมงและนำผลรวมไป ทหารด้วย 1,000 วัตต์/ตารางเมตร

ชั่วโมง	วัตต์ / ตร.ม.	วัตต์-ชั่วโมง / ตร.ม.
5.00 - 6.00	0	0
6.00 - 7.00	25	25
7.00 - 8.00	25	25
8.00 - 9.00	50	50
9.00 - 10.00	300	300
10.00 - 11.00	1000	1000
11.00 - 12.00	1200	1200
12.00 - 13.00	1000	1000
13.00 - 14.00	300	300
14.00 - 15.00	50	50
16.00 - 17.00	25	25
17.00 - 18.00	25	25
18.00 - 19.00	0	0
รวม วัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม.ทั้งหมด		4000

ตารางที่ 2.1 ค่าความเข้มแสงในแต่ละชั่วโมงของวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

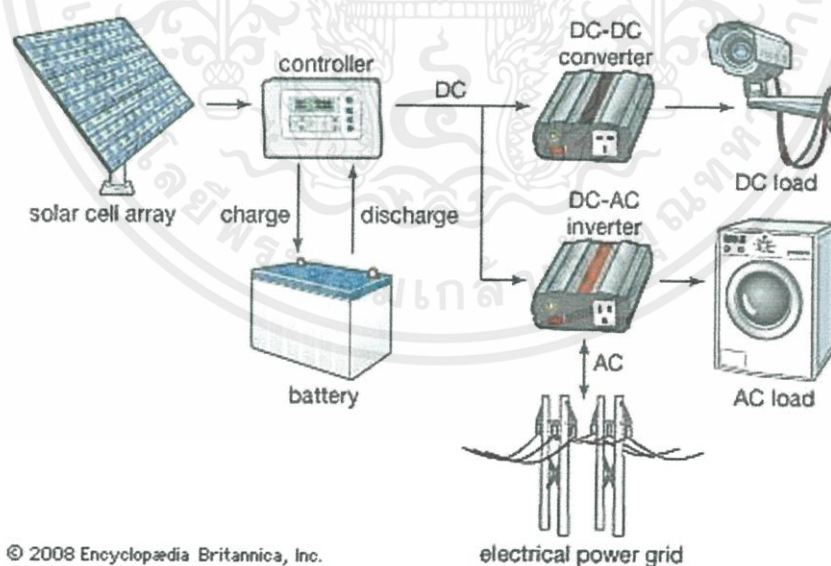
$$\frac{\frac{\text{วัตต์-ชั่วโมง}}{\text{ตารางเมตร}}/\text{วัน}}{1000\text{วัตต์/ตารางเมตร}} = \text{จำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์มากที่สุด 1000 วัตต์/ตารางเมตร}$$

$$\frac{4000\text{ วัตต์-ชั่วโมง}/\text{วัน}}{1000\text{วัตต์/ตารางเมตร}} = 4\text{ PSH}$$

อย่างไรก็ตาม แสงอาทิตย์ในแต่ละวันจะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งจะให้ค่า PSH ที่ต่าง ๆ กันด้วย ดังนั้นถ้าต้อง การทราบค่า PSH เฉลี่ยของพื้นที่หนึ่ง จำเป็นต้องทำการคำนวณตามที่แสดงข้างบนในทุกๆ วันตลอดหนึ่งปี และคำนวณค่าเฉลี่ยออกมา ตัวอย่างเช่น ในพื้นที่ป่าอะเมซอนของประเทศเอกวาดอร์ มีค่า PSH เท่ากับ 3 แม้ว่าบางวันจะมีค่า PSH เท่ากับ 5 และบางวันมีค่า PSH เพียง 1 แต่เมื่อเฉลี่ยทั้งปีแล้วจะได้ค่า PSH เท่ากับ 3

2.1.6 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ

เซลล์สุริยะผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะ อุปกรณ์สำคัญๆ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ

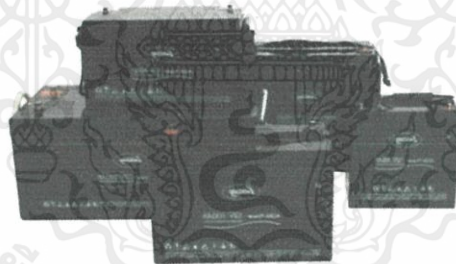
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.1 แผงเซลล์สุริยะ (Solar Panel)

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกำลังไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยเป็นวัตต์ (Watt) การนำแผงเซลล์สุริยะหลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าใช้ตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะได้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และการต่อแบบขนาน จะได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

2.1.6.2 แบตเตอรี่ (Battery)

ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์สุริยะ เพื่อไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์สุริยะจะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญข้อหนึ่งก็คือ เป็นแบตเตอรี่แบบ Deep-cycle ซึ่งไม่เหมือนกับแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ที่เป็นแบบ Shallow-cycle แบตเตอรี่แบบ Deep-cycle สามารถคายประจุที่เก็บสะสมไว้ (discharge) ได้จำนวนมากและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แบตเตอรี่รถยนต์สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าปริมาณมากๆ ได้ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น จ่ายไฟให้มอเตอร์สตาร์ทของรถยนต์และสามารถเริ่มชาร์จบประจุเก็บได้ทันทีเมื่อรถยนต์เริ่มแล่นออกไป แต่แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์สุริยะโดยทั่วไปจะต้องจ่ายกระแสปริมาณน้อยๆ ในระยะเวลาที่ยาวนาน ได้ (อาจนานตลอดทั้งคืน) และชาร์จบกลับคืนในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 2.7 แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์สุริยะ

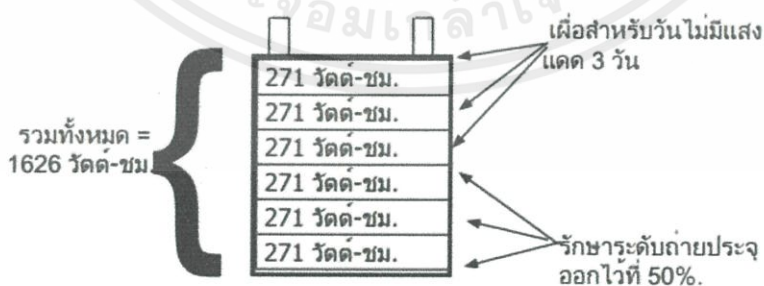
แบตเตอรี่แบบ Deep-cycle ที่ใช้กันโดยทั่วไปเป็นแบบตะกั่วกรด และแบบนิเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียมมีราคาแพง แต่ทนทานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถคายประจุได้มากและสมบูรณ์โดยไม่เกิดความเสียหาย แบตเตอรี่ Deep-cycle แบบตะกั่วกรด จะไม่สามารถ คายประจุที่สะสมไว้ได้หมดทั้ง 100 % เนื่องจากจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง โดยทั่วไปในระบบเซลล์สุริยะถ้าใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดจะออกแบบให้มีการคายประจุประมาณ 40-50% ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดของแบตเตอรี่ การออกแบบขั้นตอนต่อไป ก็คือการหาขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสม แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพ 85% ซึ่งหมายถึงมีการสูญเสียพลังงาน 15% ภายในแบตเตอรี่ ถ้าใช้ตัวอย่างที่มีค่าโหลด 230 วัตต์ชั่วโมงแล้ว จะต้องการ แบตเตอรี่ที่มีขนาดเท่ากับ 230 วัตต์-ชม./0.85 (ประสิทธิภาพแบตเตอรี่) = 271 วัตต์-ชม. แต่ถ้าเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาด 271 W ชั่วโมง ตามที่คำนวณไว้แล้วจะหมายถึงว่า

- จะไม่มีพลังงานเหลือในแบตเตอรี่สำหรับวันอื่นๆ ที่ไม่มีแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเพื่อชาร์จไฟฟ้าคืนกลับไปให้แบตเตอรี่
- แบตเตอรี่จะถูกถ่ายเทประจุออกจนหมดทุกๆ วัน ซึ่งจะไม่เป็นผลดีต่อแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่อายุสั้นลง คงไม่ต้องการให้เกิดเหตุการณ์ทั้งสองขึ้น ดังนั้นในการออกแบบต้องพิจารณาเงื่อนไขทั้งสองด้วย

วันที่ไม่มีแสงแดด ต้องเผื่อจำนวนวันที่ยังต้องการใช้ไฟฟ้าแม้ว่าจะไม่มีแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าว การสำรองไฟวันเดียว คงไม่เพียงพอ แต่ถ้าเผื่อสำรองแบตเตอรี่ไว้หลายวันมากเกินไป ก็จะเสียค่าใช้จ่ายสูง และได้แบตเตอรี่ที่มีขนาด ใหญ่เกินไป ในระบบไฟฟ้าที่ดี โดยทั่วไปจะมีการเผื่อกำลังไฟสำรองไว้สำหรับ 3 วัน ดังนั้นถ้าจะสำรองไฟฟ้าไว้ 3 วัน ต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดดังกล่าว คำนวณข้างล่างเพื่อสำรองไฟ 271 วัตต์-ชม. ต่อวัน \times 3 วันเพื่อไฟสำรอง = 813 วัตต์-ชม.

ป้องกันแบตเตอรี่จากการถูกถ่ายเทประจุออกมากกว่า 50% ถ้าเกิดเหตุการณ์ไม่มีแสงแดดตลอด 3 วัน แบตเตอรี่ที่คำนวณตามข้างต้นจะต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าออกไปจนหมด แต่ได้กล่าวไปแล้วว่า ไม่ต้องการให้แบตเตอรี่ถูกถ่ายเทประจุออกไปมากกว่าครึ่งหนึ่ง ดังนั้นต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดมากกว่าที่คำนวณไว้ 2 เท่า คือ มีขนาด 813 วัตต์-ชม. \times 2 เพื่อให้รักษาระดับการถ่ายประจุออกเท่ากับ 1626 วัตต์-ชม. ดังนั้น ขนาดที่ออกแบบได้จริงๆ แล้ว เสมือนกับนำกำลังไฟฟ้าที่ต้องการของแต่ละวันมาคูณด้วย 6 ซึ่งมา จากการที่เผื่อไฟฟ้าไว้ 3 วัน และคูณอีก 2 สำหรับระดับการถ่ายประจุออกไม่ให้เกินระดับ 50%



รูปที่ 2.8 การออกแบบกำลังไฟฟ้าเพื่อป้องกันแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ในการซื้อขายแบตเตอรี่ไม่ได้เรียกขนาดของแบตเตอรี่ในหน่วย วัตต์-ชั่วโมง แต่จะเรียกว่า แอมแปร์-ชั่วโมง ดังนั้น ต้องทำการคำนวณอีกขั้นหนึ่งเพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก วัตต์-ชั่วโมง เป็นหน่วย แอมแปร์- ชั่วโมง โดยใช้สมการข้างล่าง

$$\frac{\text{วัตต์-ชั่วโมง}}{\text{โวลต์}} = \text{แอมแปร์ชั่วโมง (Ah)}$$

การเปลี่ยนจำนวนวันเพื่อสำรองไฟฟ้า และระดับของการถ่ายเทประจุออกที่ยอมรับได้จะทำให้ขนาดของแบตเตอรี่ ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไปมาก ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการเผื่อไฟฟ้าสำรองไว้เพียง 2 วันเมื่อไม่มีแสงแดด และสามารถถ่ายประจุออกได้มากถึง ระดับ 55% แล้วขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องการ คือ

$$230 \text{ วัตต์-ชม.} / 0.85 \text{ (สำหรับค่าสูญเสียในแบตเตอรี่)} = 271 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$271 \text{ วัตต์-ชม.} \times 2 \text{ วันเพื่อไฟฟ้าสำรอง} = 542 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$542 \text{ วัตต์-ชม.} / .55 \text{ (ระดับการถ่ายประจุออก)} = 985 \text{ วัตต์-ชม.}$$

$$985 \text{ วัตต์-ชม.} / 12 \text{ โวลต์} = 82 \text{ แอมแปร์-ชม.}$$

ดังนั้น ต้องรู้เงื่อนไขหรือความต้องการใช้ไฟฟ้าของพื้นที่ที่จะไปติดตั้งก่อนที่จะคำนวณขนาดและชื่อ แบตเตอรี่มา อาจจะต้องการประหยัดต้นทุนหรือต้องการระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยตัดสินใจเลือกชื่อแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กลง แต่ก็ต้องรู้ด้วยว่าการใช้แบตเตอรี่ที่เล็กนั้นจะทำให้มีไฟฟ้าใช้สำรองเมื่อไม่มี แสงแดดน้อยลงเช่นอาจเหลือเพียงวันเดียวเท่านั้น

2.1.6.3 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)

ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์สุริยะเข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า และยังมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บกำลังไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charging Controller)

2.1.6.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter)

ทำหน้าที่แปลงกำลังไฟฟ้าจากกระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์สุริยะให้เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้



รูปที่ 2.10 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charging Controller)

2.1.6.5 การเดินสายไฟ

จะต้องเดินสายไฟเพื่อนำกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์สุริยะผ่านตัวควบคุมการเก็บประจุไปยังแบตเตอรี่ และ ต้องต่อสายไฟเพื่อนำไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยผ่านตัวควบคุม การเก็บประจุก่อน กระแสไฟฟ้าก็มีลักษณะเช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านท่อที่มีขนาดเล็กเกินไป น้ำก็จะไหลผ่านท่อที่ไม่คล่อง ซึ่งก็ เพราะว่าท่อที่เล็กเกินไปจะมีความต้านทานมากนั่นเอง ในระบบไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน ถ้าเดินสายไฟที่ขนาดไม่เหมาะสมหรือติดตั้งไม่ถูกต้อง ไฟฟ้าก็จะไหลผ่านไปยัง อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ไม่ดึ๊งก เช่น ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้ามีค่าลดลง เป็นต้น ซึ่งการเดินสายไฟนั้น มี 2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ จุดเชื่อมต่อไฟฟ้าและขนาดของสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จุดเชื่อมต่อไฟฟ้า

ถ้าสายไฟมีขนาดเล็กมากเกินไป หรือถ้าเชื่อมต่อส่วนประกอบไฟฟ้าไม่ดี ก็จะทำให้เกิดค่าความต้านทานมากซึ่ง ทำให้กำลังไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง หรืออาจจะทำให้ระบบทำงานไม่ได้ตามที่ต้องการ เพื่อให้การเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างสมบูรณ์ จุดเชื่อมต่อไฟฟ้าทุกๆ จุดต้องอยู่ในสภาพที่สะอาด และเป็นระเบียบ จุดเชื่อมต่อต้องต่อให้แน่นสนิท ซึ่งถ้าทำอย่างหลวมๆ แล้วจะทำให้เกิดความต้านทานมาก และสายไฟอาจจะหลุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อไฟฟ้าต้องมีความเหมาะสมทั้งเรื่องรูปร่างและวัสดุ ที่ใช้ต้องนำไฟฟ้าได้ดี

2. ขนาดของสายไฟ

การคำนวณขนาดสายไฟ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟ แรงดันไฟฟ้าจะสูญเสียไปบางส่วนเนื่องจากความต้านทานของสายไฟ ความต้านทานนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในระบบไฟฟ้าทุกระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น ระบบไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 240 โวลต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนแล้วจะพบว่าสูญเสียแรงดันไปเพียง 1% แต่ถ้าสูญเสียแรงดันไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ ก็จะเท่ากับสูญเสียแรงดันไปถึง 17% ที่เดียว ดังนั้น ใน ระบบที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำเรื่องการสูญเสียแรงดันจากความต้านทานในสายไฟเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมาก ปริมาณแรงดันที่สูญเสียในสายไฟขนาดหนึ่งๆ นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของสายไฟ และความยาวของสายไฟ โดยทั่วๆ ไปแล้ว ไม่ต้องการให้เกิดความสูญเสียแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 5% ดังนั้นในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ จะต้องไม่ให้ไฟฟ้ตกมากกว่า 0.6 โวลต์ ตารางที่ 2 จะให้ข้อมูลขนาดของสายไฟที่เหมาะสม

การคำนวณขนาดสายไฟ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสายไฟ แรงดันไฟฟ้าจะสูญเสียไปบางส่วนเนื่องจากความต้านทานของสายไฟ ความต้านทานนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในระบบไฟฟ้าทุกระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ เช่น ระบบไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 240 โวลต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนแล้วจะพบว่าสูญเสียแรงดันไปเพียง 1% แต่ถ้าสูญเสียแรงดันไป 2 โวลต์ ในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ ก็จะเท่ากับสูญเสียแรงดันไปถึง 17% ที่เดียว ดังนั้น ใน ระบบที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำเรื่องการสูญเสียแรงดันจากความต้านทานในสายไฟเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมาก ปริมาณแรงดันที่สูญเสียในสายไฟขนาดหนึ่งๆ นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของสายไฟ และความยาวของสายไฟ โดยทั่วๆ ไปแล้ว ไม่ต้องการให้เกิดความสูญเสียแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 5% ดังนั้นในระบบไฟฟ้า 12 โวลต์ จะต้องไม่ให้ไฟฟ้ตกมากกว่า 0.6 โวลต์ ตารางที่ 2 จะให้ข้อมูลขนาดของสายไฟที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE LOSS PER 100m OF WIRE RUN (VOLTS PER 200m OF WIRE)			
FLOW (AMPS)	WIRE SIZE (mm ²)		
	1.5	2.5	4.0
0.1	0.21	0.14	0.08
0.2	0.43	0.27	0.17
0.3	0.64	0.41	0.25
0.4	0.86	0.54	0.34
0.5	1.07	0.68	0.42
0.6	1.29	0.81	0.51
0.7	1.50	0.95	0.59
0.8	1.72	1.08	0.68
0.9	1.93	1.22	0.76
1.0	2.15	1.35	0.85
2.0	4.29	2.70	1.69
3.0	6.44	4.05	2.54
4.0	8.58	5.41	3.38
5.0	10.73	6.76	4.23
6.0	12.87	8.11	5.08
7.0	15.02	9.46	5.92
8.0	17.16	10.81	6.77
9.0	19.31	12.16	7.62
10.0	21.45	13.51	8.46

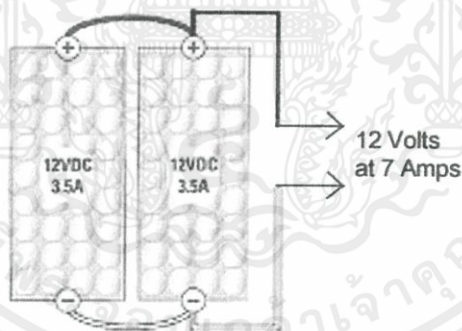
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงบนสื่อออนไลน์และสิ่งต่างที่มีลักษณะการนำออกสู่สาธารณะทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ขนาดของสายไฟที่เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้า

ในช่วงที่แสงแดดดี สายไฟที่เชื่อม จากแผงเซลล์สุริยะไปยังตัวควบคุมตัวเก็บประจุมีความยาว 8 เมตร เมื่อดูจากตารางในหน้าที่ผ่านมาจะพบว่า เมื่อใช้สายไฟทองแดงขนาด 1.5 ตารางมิลลิเมตร แรงดันไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟระยะ 100 เมตร เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ คือประมาณ 15 โวลต์ แต่ต้องการเดินสายไฟเพียงแค่ 8 เมตร ดังนั้น ระบบของจะมีแรงดันสูญเสียคือ $8/100 \times 15 = 1.2$ โวลต์ ซึ่งมากกว่าค่าแรงดันสูญเสียที่ต้องการ (0.6 โวลต์) ถึง 2 เท่า อย่างไรก็ตาม จะพบว่ามีการใช้สายไฟชนิดนี้อยู่บ่อยครั้ง จากตารางถ้าใช้สายไฟขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร แรงดันสูญเสียในระบบจะเท่ากับ $8/100 \times 9.46$ หรือ 0.8 โวลต์ ซึ่งเป็น ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการและอาจจะสามารถเลือกใช้ได้ แต่มีข้อแม้ว่าต้องไม่เดินสายในระยะที่ไกลมากขึ้น ถ้าใช้สายไฟขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร แรงดันสูญเสียจะเท่ากับ $8/100 \times 6 = 0.48$ โวลต์ ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.6 โวลต์ ที่ตั้งไว้ ดังนั้นตัวเลือกที่ดีที่สุดในที่นี้ก็คือสายขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร

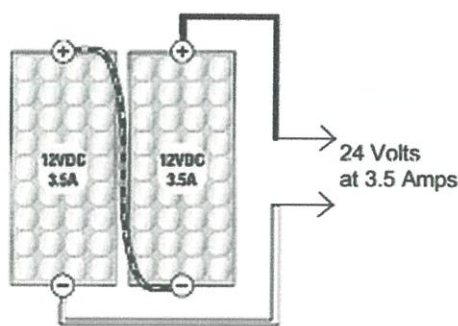
2.1.7 การต่อแผงเซลล์สุริยะ

มี 2 วิธีในการต่อแผงเซลล์สุริยะและแบตเตอรี่ คือ แบบขนานและแบบอนุกรม เมื่อต่อแบบอนุกรม แรงดันก็จะเพิ่ม ขึ้นเท่ากับนำแรงดันทั้งสองมารวมกัน แต่กระแสจะคงเดิม เมื่อต่อแบบขนานแรงดันจะคงที่แต่กระแสจะเพิ่มขึ้นเท่า กับกระแสทั้งสองมารวมกัน รูปข้างล่างเป็นตัวอย่างของการต่อแผงเซลล์สุริยะ ซึ่งการต่อแบตเตอรี่ก็เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน



รูปที่ 2.11 การต่อแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การต่อแบบอนุกรม

2.1.8 กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์สุริยะผลิตได้

วัตต์ (Watt, W) เป็นกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์สุริยะสามารถผลิตได้หรือกำลังไฟฟ้าที่หลอดไฟต้องการ

$$\text{กำลังไฟฟ้า} = \text{กระแสไฟฟ้า} \times \text{แรงดัน} = \text{วัตต์}$$

แผงเซลล์สุริยะทุกแผงสามารถผลิตไฟฟ้าได้จำกัด พิกัดกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์สุริยะสามารถคำนวณได้ จากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่แผงสามารถผลิตได้ โดยทั่วไป แผงจะผลิตไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้า 12 หรือ 14 โวลต์ ดังนั้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จะเป็นตัวกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์สุริยะ จากสมการข้างล่างสามารถคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้หรือไฟฟ้าที่ต้องใช้ ถ้าแผงเซลล์สุริยะผลิตไฟฟ้า 3 แอมแปร์ ที่แรงดัน 12 โวลต์ ปริมาณกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถผลิตได้ คือ 36 วัตต์

ถ้าคุณมีแผงเซลล์สุริยะ 2 แผงที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ ที่ 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้คือ 72 วัตต์ หรือในกรณีแผงเซลล์สุริยะขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 6 แอมแปร์ ที่ 12 โวลต์ แล้วไฟฟ้าทั้งหมดจากแผงเซลล์สุริยะจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 72 วัตต์ ทุกๆ แผงเซลล์สุริยะ มีค่ากระแสไฟฟ้ามากที่สุดที่ผลิตได้ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่แผงผลิตได้ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์และปัจจัยอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงในภายหลัง

วัตต์-ชั่วโมงเป็นพลังงานที่แผงเซลล์สุริยะสามารถผลิตหรือพลังงานที่หลอดไฟ ต้องการในช่วงเวลาหนึ่ง

$$\text{วัตต์-ชั่วโมง} = \text{วัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมง}$$

ตัวอย่างเช่น หลอดไฟขนาด 13 วัตต์ 1 ดวงต้องการกำลังไฟฟ้า 13 วัตต์ สำหรับเปิดไฟดวงนี้ ถ้าหลอดไฟดวงนี้เปิดไว้ 3 ชั่วโมง หลอดไฟนี้จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 13 วัตต์ x 3 ชั่วโมง หรือ 39 วัตต์-ชั่วโมง 13 วัตต์ x 3 ชั่วโมง = 39 วัตต์-ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าเซลล์สุริยะ

ในขั้นที่ผ่านมามีการทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าแล้ว ขั้นต่อไปในการออกแบบก็คือ การหาขนาดที่เหมาะสมของส่วน ประกอบต่างๆ ในระบบ ได้แก่ แผงเซลล์สุริยะ แบตเตอรี่ ตัวควบคุมการเก็บประจุ และการเดินสายไฟ ต้องการให้ระบบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อโหลดการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด แต่อย่าลืมว่าเมื่อใดก็ตามที่มีกำลังไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไหลผ่านจากที่หนึ่งไปที่หนึ่งจะต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดขึ้น ดังนั้นต้องออกแบบ ให้แผงเซลล์สุริยะและแบตเตอรี่ใหญ่เพียงพอเพื่อชดเชยกำลังสูญเสียด้วย และมีกำลังเหลือเพียงพอที่จะจ่ายให้ กับเครื่องใช้ไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์สุริยะ แผงเซลล์สุริยะ ขนาด 1,000 วัตต์ จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 1,000 วัตต์ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงบนแผง แต่ในความเป็นจริงแล้ว แผงเซลล์สุริยะจะผลิตไฟฟ้าได้ที่ค่าพิกัดได้ภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้

- แสงแดดที่ตกลงกระทบแผงต้องดีเพียงพอ (มีค่าความเข้มแสง 1,000 วัตต์/ตารางเมตร) และต้องติดตั้งฉากกับแผง
- พื้นผิวของแผงเซลล์สุริยะมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อแสงแดดมีความเข้มไม่เท่ากันตลอดวัน จะจัดการกับปัญหานี้โดยใช้จำนวนชั่วโมง PSH ตามที่อธิบายในหัวข้อ 2.1.5 เป็นตัวแทนของจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดจริงๆ ถึงแม้ว่าจะพบว่าเวลาที่มีแสงแดดนานถึง 6-8 ชั่วโมงใน 1 วัน แต่ว่าค่า PSH จะเป็นตัวแทน ได้ดีกว่าในการคำนวณจำนวนวัตต์-ชั่วโมงที่แผงเซลล์สุริยะผลิตได้ ตัวอย่างเช่น บางคนอาจจะคิดว่าแผงขนาด พิกัด 100 วัตต์ น่าจะผลิตไฟฟ้าได้ 600 – 800 วัตต์-ชั่วโมง ในหนึ่งวัน เพราะว่าในวันนั้นมีแสงแดดส่องตลอดวัน 6-8 ชั่วโมง แต่ในความเป็นจริงแล้ว ค่า PSH ในพื้นที่นั้นมีค่าเพียง 3 ซึ่งถือว่าแผงเซลล์สุริยะจะสามารถผลิต ไฟฟ้าได้ที่ค่าพิกัดได้เพียง 3 ชั่วโมง คือ เท่ากับ 3 ชั่วโมง x 100 วัตต์ หรือ 300 วัตต์-ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิไม่เท่าค่ามาตรฐาน ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น แผงเซลล์สุริยะจะสามารถผลิตไฟฟ้าพิกัดได้เมื่ออุณหภูมิของแผงเท่ากับ 25 องศา เซลเซียส ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิของแผงที่ใช้จริงนั้นไม่เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ต้องทำการปรับค่าประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

แม้ว่าแผงต้องการแสงแดดมากๆ ในการผลิตไฟฟ้า แต่ว่าในอากาศร้อน แผงจะไม่สามารถทำงานได้ดีเท่า กับที่อากาศเย็นที่ความเข้มแสงแดดเท่ากัน แผงจะทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อ อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส แผงจะไม่สามารถ ผลิตไฟฟ้าได้ตามค่าพิกัดได้

สำหรับทุกๆ องศาที่มากกว่า 25 องศา กำลังไฟฟ้าที่ได้จะลดลง 0.5% ซึ่งเป็นไปตามการคำนวณข้างล่าง

อุณหภูมิอากาศ + 15 องศา = อุณหภูมิของแผง

ถ้าอุณหภูมิอากาศ = 30°C, 30°C + 15°C = 45°C

45°C = อุณหภูมิของแผง อุณหภูมิที่แผงสามารถผลิตไฟฟ้าที่ค่าพิกัด = 25°C

45°C - 25°C = 20°C (คือ อุณหภูมิที่สูงกว่า 25 องศา ซึ่งแผงผลิตไฟฟ้าได้ที่ค่าพิกัด)

$20^{\circ}\text{C} \times 0.5\%$ ต่อองศา = 10%

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงจะประมาณ 90% ที่อุณหภูมิ 30°C ในตัวอย่างนี้จะสูญเสียในแผงเซลล์สุริยะประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิต เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่สูง ถ้าติดตั้งแผงเซลล์สุริยะขนาด 100 วัตต์ในพื้นที่ที่มีค่า PSH เท่ากับ 3 และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30°C แผงเซลล์สุริยะสามารถประมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์สุริยะนี้คือ 100W จากแผง $\times 90\%$ (สูญเสียจากอุณหภูมิสูง) $\times 3$ PSH ต่อวัน = 270 วัตต์-ชม.ต่อวัน แต่กำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้นี้เป็นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์สุริยะไม่ใช่กำลังไฟฟ้าที่เข้าสู่โหลด จะต้องทำการคำนวณพลังงานสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในสายไฟและแบตเตอรี่ด้วย ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพมากที่สุดประมาณ 85% ซึ่งหมายความว่า

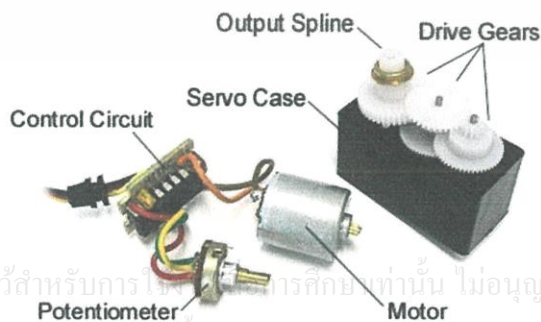
- พลังงานที่ไหลเข้าแบตเตอรี่ จะสูญเสีย ไปในแบตเตอรี่ 15%
- ประสิทธิภาพแบตเตอรี่ เท่ากับ 85% หรือ 0.85
- ประสิทธิภาพของการเดินสายไฟ ตามที่กล่าวไปในตอนต้นว่า ต้องใช้สายไฟที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อที่จะลดปริมาณแรงดันสูญเสีย ซึ่งไม่ต้องการให้แรงดันตกลงมากกว่า 5% เมื่อใช้สายไฟขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้แรงดันตกลงมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ต้องเสียพลังงานในสายมากขึ้น เนื่องจากพลังงานเท่ากับกระแสไฟฟ้าคูณด้วยแรงดันไฟฟ้า

ดังนั้นในการคำนวณกำลังไฟฟ้า ต้องนำค่าการสูญเสียในสายไฟ ซึ่งถ้าเดินสายได้ถูกต้องแล้ว ค่าสูญเสีย ในสายจะประมาณ 3% เท่านั้น หรือถ้าต้องเดินสายระยะทางไกลๆ ค่าสูญเสียนี้อาจจะมากกว่า 10% ได้ ซึ่งเป็นค่าสูญเสียที่มากเกินไป

2.2 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมุม (State) ไม่ว่าจะเป็ระยะความเร็ว มุมการเคลื่อนที่ โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

2.2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 องค์ประกอบพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์

1. Servo Case กรอบของตัวเซอร์โวมอเตอร์
2. Motor ส่วนให้กำลังในการเคลื่อนที่ของเซอร์โว
3. Control Circuit ส่วนควบคุม และประมวลผล สั่งให้มอเตอร์หมุนแขนของเซอร์โวให้อยู่ในตำแหน่งตามที่ได้แปลงสัญญาณมา
4. Potentiometer ส่วนที่วัดตำแหน่งของเซอร์โวและส่งกลับไปยัง Control Circuit เพื่อแก้ไขตำแหน่งให้ถูกต้องตามสัญญาณที่ได้ตั้งไว้
5. Drive Gear ชุดทดรอบจากการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
6. Output Spline เพลาส่งกำลัง
7. Servo Wire สายเชื่อมต่อของเซอร์โว
 - 7.1 สายสีส้ม : สายส่งสัญญาณ
 - 7.2 สายสีแดง : ไฟเลี้ยง (4.8 - 6 V)
 - 7.3 สายสีน้ำตาล : กราวด์

2.2.2 คุณลักษณะของเซอร์โวมอเตอร์

ในการเลือกใช้งานเซอร์โว คุณลักษณะที่สำคัญที่ต้องพิจารณานอกจากขนาดภายนอกแล้ว ยังมีความเร็วและแรงบิด ที่เป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้ใช้งานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.2.2.1 ความเร็ว (Speed)

การวัดความเร็วของเซอร์โว คือ เวลาที่เซอร์โวใช้ต่อองศาในการเคลื่อนที่ค่าหนึ่ง มุมมาตรฐานที่ใช้วัดทั่วไป คือ 60 องศา จึงกล่าวได้ว่า ความเร็วของเซอร์โว คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แขนของเซอร์โวไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุม 60 องศา ดังนั้น ตัวเลขเวลาที่มีค่าน้อย เซอร์โวยิ่งมีความเร็วมาก เช่น เซอร์โวตัวหนึ่งมีความเร็ว 0.12 sec/60° หมายถึง เซอร์โวตัวนี้ใช้เวลา 0.12 วินาทีในการเคลื่อนที่แขนของเซอร์โวเป็นมุม 60 องศา

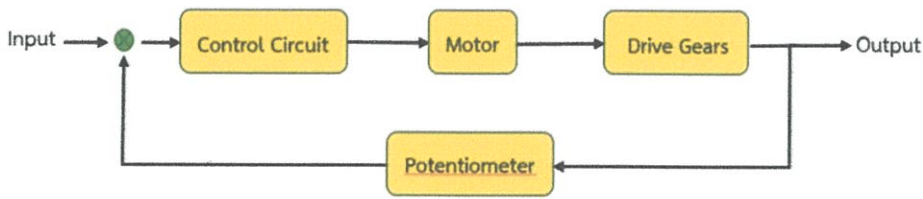
2.2.2.2 แรงบิด (Torque)

แรงบิด หมายถึง แรงที่แขนของเซอร์โวสามารถกระทำได้ ถูกวัดในหน่วยของ ออนซ์ต่อนิ้ว (oz-in) หรือกิโลกรัมต่อเซนติเมตร (kg-cm) เช่น เซอร์โวมาตรฐาน แรงบิดจะอยู่ที่ 40 oz-in หมายถึง ถ้าแขนของเซอร์โวมีความยาว 1 นิ้ว จะมีแรงดึงหรือจุดขนาด 40 ออนซ์ ก่อนที่เซอร์โวจะสามารถหมุนได้อีก

2.2.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เมื่อจ่ายสัญญาณพัลส์เข้ามา ส่วนวงจรควบคุม (Control Circuit) ภายในเซอร์โวจะ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้
 ทำการประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณ เพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนไปยัง

ตำแหน่งนั้น โดยมีโพเทนซิโอมิเตอร์เป็นตัววัดค่ามุมที่มอเตอร์กำลังหมุน เป็นค่าป้อนกลับมาให้ส่วนวงจรควบคุมเปรียบเทียบกับค่าอินพุต เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ



รูปที่ 2.14 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเข้มแสงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic)

ในปี ค.ศ.1839 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Edmond Becquerel ได้ค้นพบกระบวนการใช้แสงแดดจากดวงอาทิตย์ สร้างกระแสไฟฟ้าในวัสดุของแข็ง (Solid Material) หลังจากการค้นพบครั้งนี้ ก็ผ่านพ้นเวลาไปอีกกว่าร้อยปีกว่าที่จะมีการพิสูจน์

และเข้าใจถึงกระบวนการดังกล่าวได้อย่างชัดเจน นักวิทยาศาสตร์รุ่นหลัง ๆ ได้เรียนรู้ปรากฏการณ์แปลงพลังงานแสงไปอยู่ในรูปของกำลังไฟฟ้าที่ระดับของอะตอม และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric) หรือโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic)

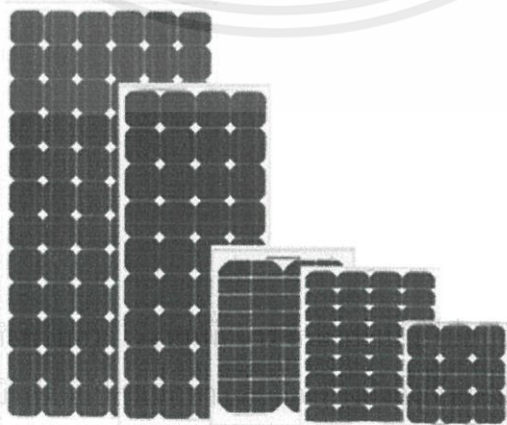
ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก(Photovoltaic) เป็นกระบวนการทางฟิสิกส์พื้นฐาน ซึ่งเซลล์โฟโตโวลตาอิกจะเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้า โดยเมื่อแสงตกกระทบบนเซลล์ บางส่วนของแสงจะถูกดูดซับเอาไว้ บางส่วนสะท้อนออกไป และบางส่วนจะทะลุผ่านไป แต่เฉพาะในส่วนที่แสงที่ถูกดูดซับเอาไว้เท่านั้นที่จะสร้างกำลังไฟฟ้าขึ้นได้ พลังงานของแสงที่ถูกดูดซับในเซลล์จะถูกส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนในอะตอมของโฟโตโวลตาอิก (ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกย่อ ๆ ว่า เซลล์โฟโตโวลตาอิก) ทำให้อิเล็กตรอนในอะตอมเกิดการแตกตัว และเปลี่ยนตำแหน่งจากเดิม ทั้งนี้เนื่องจากเซลล์โฟโตโวลตาอิกเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเป็นส่วนหนึ่งของการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้า

คุณสมบัติพิเศษทางไฟฟ้าของเซลล์ โฟโตโวลตาอิก ที่สามารถกำเนิดไฟฟ้าได้ ถูกเรียกว่า "Built-in Electric Field" กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์ โฟโตโวลตาอิก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สามารถนำไปขับเคลื่อนอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ เพื่อต้องการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในเซลล์ โฟโตโวลตาอิก จึงต้องมีการออกแบบโครงสร้างของเซลล์ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีการประกบสารกึ่งตัวนำต่างชนิดเลเยอร์คือ N-Layer กับ P-layer (หรือเลเยอร์ลบ กับเลเยอร์บวก) โดยสารกึ่งตัวนำ N-Layer จะมีอิเล็กตรอนจำนวนมาก และเป็นประจุลบ ในขณะที่สารกึ่งตัวนำ P-Layer ประกอบไปด้วยโฮล (Hole) ซึ่งเป็นประจุไฟฟ้าบวก ถึงแม้ว่าวัสดุทั้ง 2 จะเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่สารกึ่งตัวนำ

ซิลิกอน N-type นั้นมีอิเล็กตรอนเกิน และสารกึ่งตัวนำซิลิกอน P-type ซึ่งมีโฮลเกิน การนำสารกึ่งตัวนำทั้ง 2 ชนิดประกบเข้าด้วยกันจะทำให้เกิดรอยต่อ เรียกว่า P/N Junction เมื่ออิเล็กตรอนที่เกินวิ่งผ่านจากฝั่ง N-type ไปยังฝั่ง P-type ส่งผลให้เกิดการสร้างประจุบวกขึ้นที่ฝั่ง N-Type และเกิดประจุลบขึ้นที่ฝั่งของ P-Type เนื่องจากการไหลของอิเล็กตรอน และโฮลในลักษณะดังที่กล่าวนี้เอง จึงทำให้เซลล์โฟโตโวลตาอิก มีการทำงานเหมือนกับแบตเตอรี่ ซึ่งจะได้สนามไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นจากประจุไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้ว นำไปใช้ผ่านวงจรไฟฟ้าได้ต่อไป

ในการออกแบบสร้างจะจัดให้ชั้นของสารกึ่งตัวนำชนิด N มีความหนาน้อย เพื่อที่จะให้แสงสามารถส่องทะลุไปถึงรอยต่อ P-N ให้ได้มากที่สุด เพื่อการเปลี่ยนแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้าทำได้มากที่สุด ถ้าความหนาหรือความลึกของชั้นสารกึ่งตัวนำชนิด N มากเกินไป ก็จะทำให้แสงที่ตกกระทบไปถึงรอยต่อ P-N ได้น้อยลงกระแสไฟฟ้าที่ได้ก็จะน้อยลง นอกจากนี้แล้วยังมีการติดตั้งหรือฉาบชั้นกันสะท้อนของแสง เพื่อให้เซลล์สุริยะดูดกลืนแสงได้มากขึ้น ส่วนแผ่นอิเล็กโทรดด้านบนที่ติดกับสารกึ่งตัวนำชนิด N ยังทำให้มีลักษณะเป็นก้างปลาหรือเป็นเส้น ๆ เพื่อไม่ให้ไปบังแสงที่จะส่องส่งไปยังรอยต่อ P-N จะได้มีพื้นที่รับแสงมาก ๆ ในขณะที่แผ่นอิเล็กโทรดไฟฟ้าด้านหลังที่ติดอยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด P จะเป็นแผ่นเต็มเพื่อให้รวบรวมกระแสได้ดี

แสงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกจะมีความเข้มแสงมากที่สุดอยู่ที่ระดับ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร แต่ระดับความเข้มนี้จะไม่เท่ากันในทุกพื้นที่โลก การจะรับปริมาณแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุดต้องให้พื้นที่รับแสงทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ และเพราะมุมของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน และยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศต่าง ๆ เช่นพื้นที่ทะเลทรายซึ่งมีแสงแดดจัด และพื้นที่แถบเขาที่มีหมอกมากนั่นเอง ความเข้มของพลังงานแสงแดด จะแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 250 ถึง 2,500 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี (Kwh/m²/year) และแสงแดดที่สัมผัสได้ในทุกวันนี้ส่องออกมาจากดวงอาทิตย์ ส่วนหนึ่งทะลุผ่านชั้นบรรยากาศของโลกมายังพื้นโลกโดยตรง อีกส่วนหนึ่งทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ แล้วสะท้อนก้อนเมฆ ฝุ่นละอองในอากาศ ก่อนที่จะตกกระทบลงมายังพื้นโลก เรียกว่าการแผ่รังสีของแสงจากดวงอาทิตย์แบบโดยตรง และแบบสะท้อน ความแตกต่างก็คือแสงที่สะท้อนจะไม่สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเต็มที่



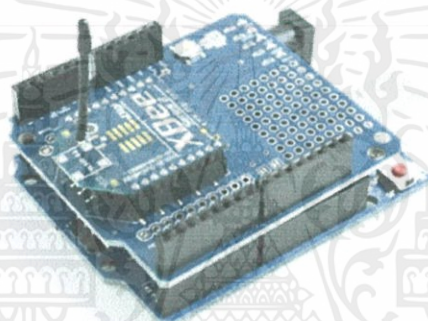
รูปที่ 2.15 เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) แบบ Mono Crystalline Silicon Solar Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บอร์ดควบคุมอาร์ดูโน้

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บอร์ดอาดูโน้ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ดอาดูโน้ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือสามารถต่อวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบบนบอร์ดอาดูโน้ แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

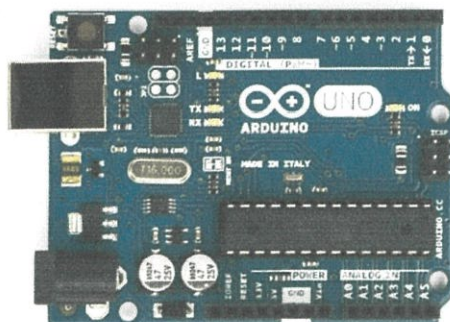


รูปที่ 2.16 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด Arduino XBee Shield

2.4.1 Arduino Uno

เป็นบอร์ดอาดูโน้ที่ใช้ชิพ ATmega328 รั้นที่ความถี่ 16 MHz หน่วยความจำแฟลช 32 KB แรม 2 KB บอร์ดใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V มีระดับแรงดันไฟฟ้าในการทำงานและขาสัญญาณอยู่ที่ 5 Volt (TTL) มีดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต 14 ขา (เป็น PWM ได้ 6 ขา) มีอนาล็อกอินพุต 6 ขา เขียนโปรแกรมบนซอฟต์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 บอร์ด Arduino Uno

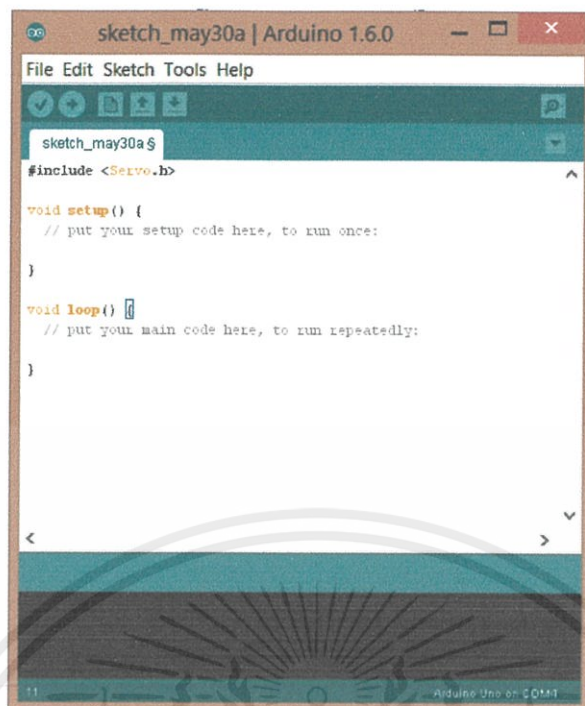
2.4.2 หลักการทำงานของ PWM (Pulse Width Modulation)

PWM คือ การมอดูเลตสัญญาณให้มีความกว้างตามสัดส่วนที่กำหนด บนความถี่พาหะที่ต้องการใช้งาน โดยใช้หลักการส่งค่าแบบดิจิทัล คือ 0-1 ด้วยความถี่ค่าหนึ่ง แต่จะส่งค่าให้มีสัญญาณสูง(1)สลับกับสัญญาณต่ำ(0) โดยให้ระยะเวลาของแต่ละชนิดสัญญาณต่างกัน เพื่อให้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณทั้งหมดออกมาเป็นค่าที่ต้องการนั่นเอง เช่น ถ้าส่งค่าที่มีระยะสัญญาณสูงและต่ำเท่ากัน ก็จะได้ค่าเป็น 2.5 Volt ถ้าให้ค่าสัญญาณสูงยาวกว่า ก็จะได้ค่ามากกว่า 2.5 Volt และในทำนองเดียวกัน ถ้าให้ค่าสัญญาณต่ำยาวกว่า ก็จะได้ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 2.5 Volt นั่นเอง ฮาร์ดแวร์สามารถรับค่าอะนาล็อกได้ 255 ระดับ ดังนั้น หมายความว่าค่าสัญญาณ 0 ถึง 5 Volt ก็จะสามารถแสดงได้เป็น 0 ถึง 255 ในสัญญาณดิจิทัลนั่นเอง โดยสามารถใช้หลักบัญญัติไตรยางศ์เปรียบเทียบค่าได้เลย ในการใช้งาน PWM จะต้องเลือกขาที่ระบุว่าเป็น PWM เท่านั้น จะใช้ขาอื่นไม่ได้ เพราะบอร์ดไม่ได้รองรับและจำนวนขาที่เป็น PWM ของบอร์ดแต่ละรุ่นจะมีไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน

2.4.3 โครงสร้างโปรแกรมของอาดูโน่

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ดอาดูโน่ จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของอาดูโน่ ซึ่งอ้างอิงตามภาษา C/C++ โดยเรียกใช้ฟังก์ชันและไลบรารีที่ทางอาดูโน่ได้เตรียมไว้ โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนคำสั่งให้กับบอร์ดอาดูโน่มีชื่อว่า Arduino IDE สามารถดาวน์โหลดมาใช้ฟรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

sketch_may30a | Arduino 1.6.0
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may30a $
#include <Servo.h>

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

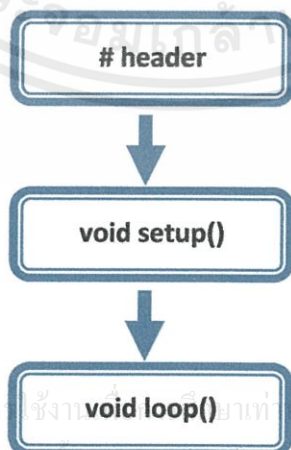
```

รูปที่ 2.18 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรมของอาดูโนจะต้องประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก 2 ฟังก์ชัน คือ setup(), loop()

- void setup() : เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกโปรแกรม เป็นส่วนที่ใช้กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรม โหมคการทำงานของเขาต่างๆ คำสั่งที่อยู่ในฟังก์ชันนี้จะทำงานเพียงรอบเดียว คือตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมเท่านั้น

- void loop() : เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกโปรแกรมเช่นเดียวกับ setup() โดยในฟังก์ชันนี้จะมีคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานต่อเนื่องกันตลอดเวลา โดยรับค่าจากพอร์ตมาประมวลผล แล้วส่งเอาที่พุดออกขาต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 โครงสร้างโปรแกรมของอาดูโน

ไม่ได้ใช้ช่วงความกว้างของพัลส์ตามที่ได้กล่าวไว้ ฟังก์ชันนี้จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวกำหนดค่าความกว้างของพัลส์ให้เหมาะสมกับเซอร์โวที่ใช้งาน

รูปแบบการเขียน servo.writeMicroseconds(μ s)

พารามิเตอร์ μ s : ค่าความกว้างของพัลส์ที่ต้องการกำหนดในหน่วย

ไมโครวินาที

- read() : ฟังก์ชันอ่านค่าองศาที่ส่งเข้าไปด้วยฟังก์ชัน write() เพื่อให้รู้ว่าตำแหน่งสุดองศาสุดท้ายที่ส่งเข้าไปมีค่าเท่าไร ซึ่งค่าที่อ่านออกมาจะอยู่ในช่วง 0 - 180

รูปแบบการเขียน servo.read()

พารามิเตอร์ ไม่มี แต่จะคืนค่า 0 - 180

- attached() : ฟังก์ชันตรวจสอบว่าเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้งานกำลังต่ออยู่กับขาสัญญาณของอาดูโน่หรือไม่

รูปแบบการเขียน servo.attached()

พารามิเตอร์ ไม่มี แต่จะคืน true ออกมา หากเซอร์โวมอเตอร์เชื่อมต่ออยู่กับอาดูโน่ แต่

- detach() : ฟังก์ชันคืนสถานะของขาสัญญาณที่ถูกกำหนดให้เป็นขาควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยคำสั่ง attach() ให้กลับคืนสู่การใช้งานปกติ

รูปแบบการเขียน servo.detach()

พารามิเตอร์ ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

ในการดำเนินโครงการเรื่อง ต้นไม้เซลล์สุริยะ (Solar Cell Tree) คือการออกแบบต้นไม้ที่มีใบเป็นเซลล์สุริยะ(ขนาด 5 วัตต์ 12 โวลต์จำนวน 6 แผง) ต่อกันและควบคุมให้หมุนไปตามตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุดโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งเชื่อมต่อกับเซลล์สุริยะในด้านกลไก และควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์แบบลูปปิดด้วยบอร์ดควบคุมอาดูโน่ อูโน่(Arduino UNO) ซึ่งสัญญาณควบคุมรับมาจากแรงดันเอาต์พุตการตรวจจับความเข้มแสงของเซลล์สุริยะเอง ซึ่งจะได้พิจารณาถึงวัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษา ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ และผลประโยชน์ที่จะได้รับการทดลอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

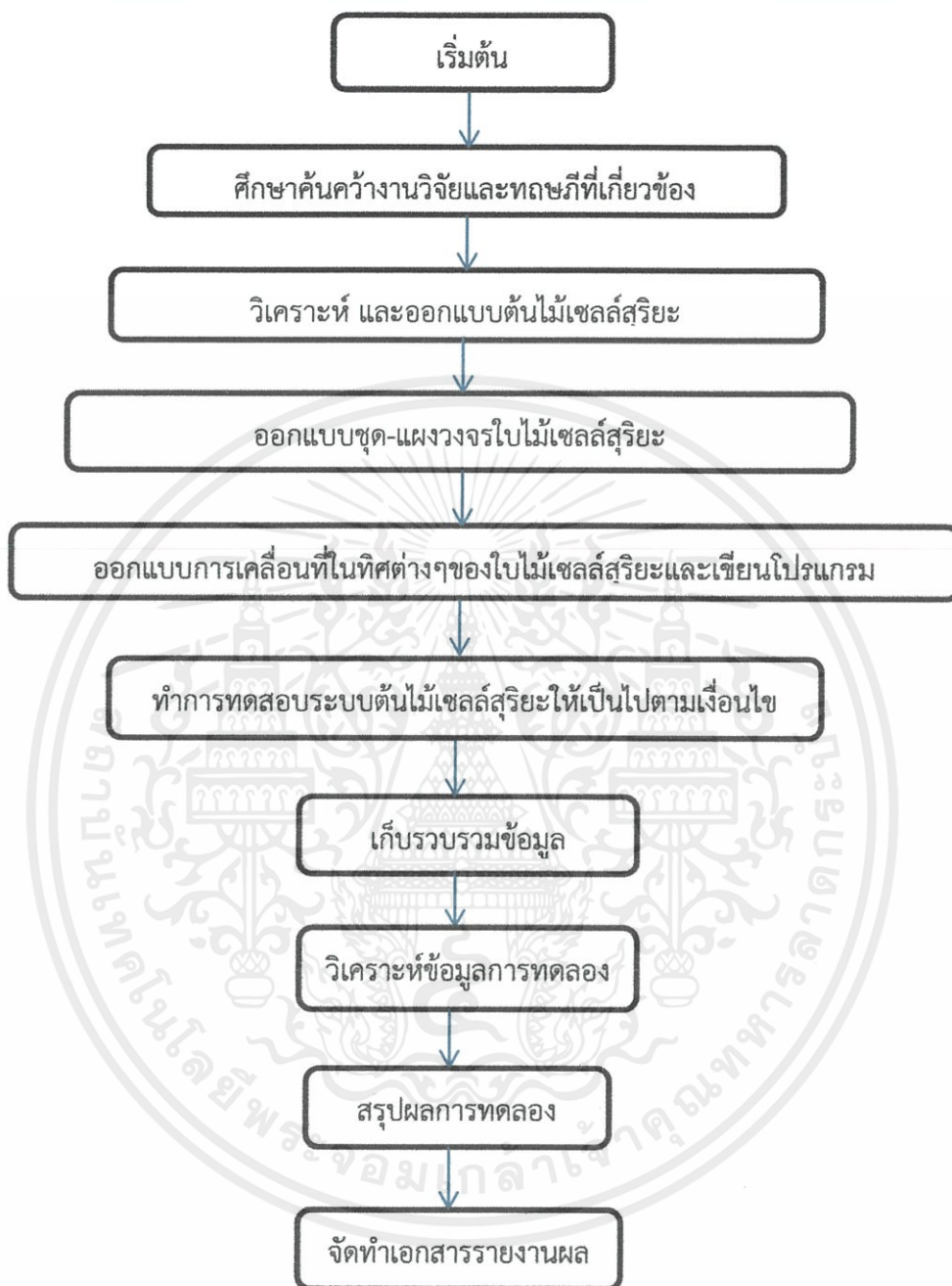
1. ศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการดำเนินงาน
3. วิเคราะห์ และออกแบบต้นไม้เซลล์สุริยะ
4. ออกแบบชุดแผงวงจรใบไม้เซลล์สุริยะ
5. ออกแบบรูปแบบการเคลื่อนที่ในทิศต่างๆของใบไม้เซลล์สุริยะและเขียนโปรแกรม
6. สร้างเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลการทดลอง
7. ทำการทดสอบระบบต้นไม้เซลล์สุริยะให้เป็นไปตามเงื่อนไขการเคลื่อนที่
8. วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลการทดลอง
9. สรุปผลการทดลอง
10. จัดทำเอกสารรายงานผล

3.2 ศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- 3.2.1 ศึกษาประเภทและการผลิตไฟฟ้าเซลล์สุริยะ
- 3.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Servo Motor
- 3.2.3 ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์วัดตรวจวัดความเข้มแสงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic)
- 3.2.4 ความรู้เกี่ยวกับบอร์ดควบคุมอาดูโน่ (Arduino Board)
- 3.2.5 ศึกษาการใช้อุปกรณ์ต้นกำลังในการขับเคลื่อนใบไม้เซลล์สุริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

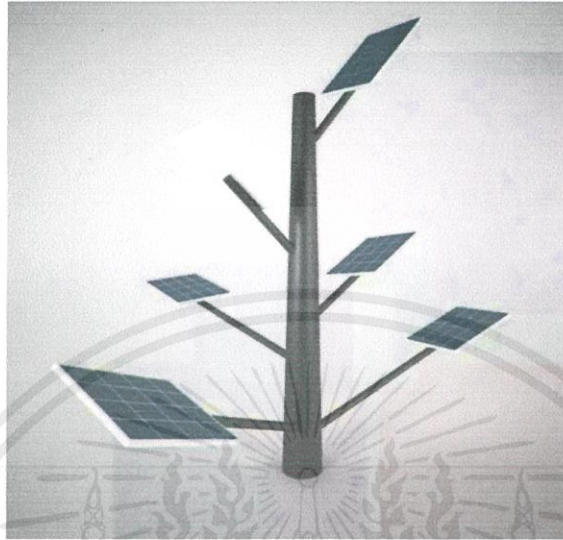
3.3 วางแผนการดำเนินงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิเคราะห์ และออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

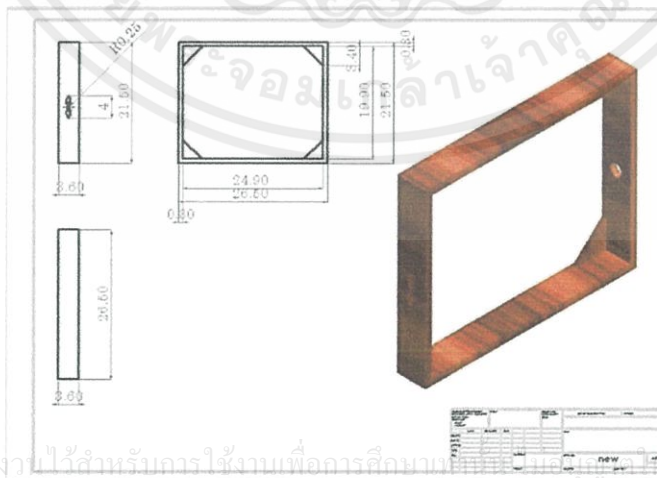
3.4.1 ออกแบบรูปลักษณะต้นไม้เซลล์สุริยะ



รูปที่ 3.1 ออกแบบรูปลักษณะต้นไม้เซลล์สุริยะ

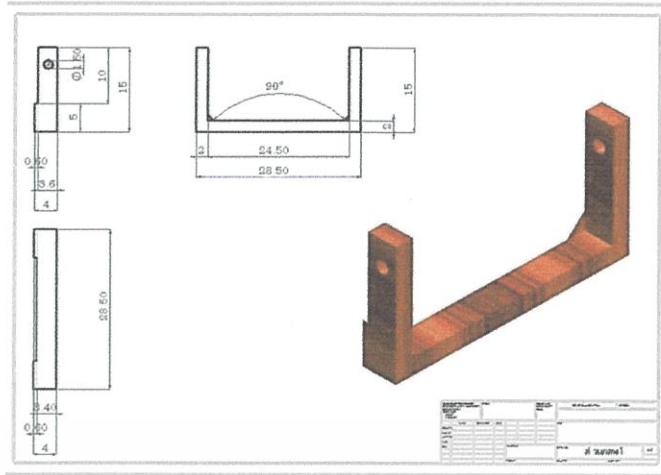
กำหนดให้ลำต้นสูง 170 เซนติเมตร มีใบไม้ทั้งหมด 6 ใบ แต่ละใบมีขนาด $28.5 \times 21 \times 3.4$ เซนติเมตร มีรูปแบบคล้ายกันกับต้นไม้จริง คือมียอดเรียว และการเรียงตัวของใบจากยอดสู่โคน ต้นมีใบกางออก เพื่อไม่ให้เกิดเงาทับซ้อนกันของใบไม้แต่ละใบ

3.4.2 ออกแบบรูปลักษณะของใบไม้เซลล์สุริยะ

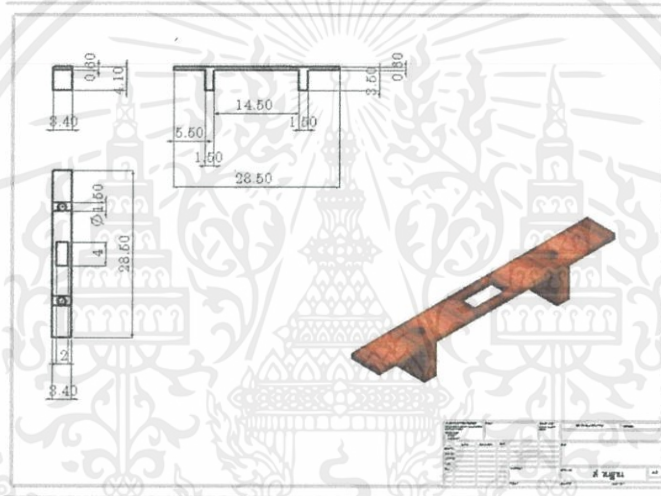


รูปที่ 3.2 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหา และตัดต่อกำหนดสิทธิ์การใช้งานเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ



รูปที่ 3.4 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ

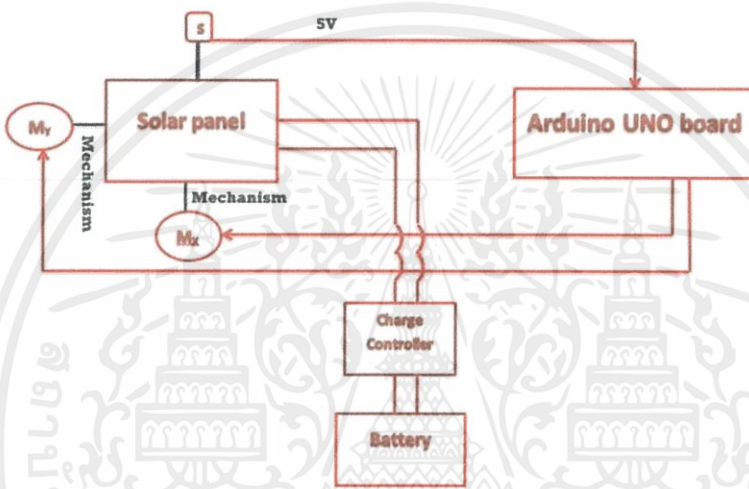


รูปที่ 3.5 ภาพการออกแบบกลไกของใบไม้เซลล์สุริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของอาจารย์ผู้จัดทำเอกสารนี้เพื่อใช้ในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ออกแบบชุดแผงวงจรใบไม้เซลล์สุริยะ

ใบไม้แต่ละใบถูกออกแบบให้มีชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ส่วนตัว จึงทำให้ใบไม้ทุกใบหมุนตามความเข้มแสงได้อย่างอิสระ โดยใช้บอร์ดควบคุม Arduino Uno ในการรับสัญญาณจากเซลล์สุริยะ มาเป็นตัวควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์(ชนิดทิศการเคลื่อนที่ 180 องศา) และมีชุดอุปกรณ์เก็บกำลังไฟฟ้า 1 ชุด คือมี เครื่องควบคุมการชาร์จ และ แบตเตอรี่ ในรูปแบบการเคลื่อนที่ทางด้านกลไกนั้น กำหนดให้หมุนได้ 3 ทิศทางคือ หมุนซ้าย หมุนขวา และหมุนยกขึ้น



รูปที่ 3.6 ระบบติดตามความเข้มแสงมากที่สุดของใบไม้แต่ละใบ

3.4.4 วงจรและอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้น

3.4.4.1 วงจรแบ่งแรงดัน

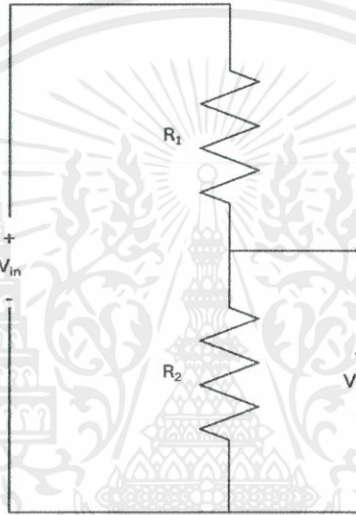
เนื่องจากใช้แรงดันเอาต์พุตจากเซลล์สุริยะมาเป็นสัญญาณควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ ร่วมกับบอร์ดควบคุม Arduino Uno และเซลล์สุริยะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตมากที่สุด 20 โวลต์ในช่วงเวลาของวัน ซึ่งเกินกว่าขีดจำกัดที่บอร์ดควบคุมจะรับได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยวงจรแบ่งแรงดันเพื่อแบ่งแรงจาก 20 โวลต์เป็น 5 โวลต์ (สัดส่วน 1:4) เสียก่อน แล้วจึงใช้ค่าหลังจากแปลงแล้วมาเป็นสัญญาณควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ตัวต้านทาน 1 kΩ	1 ตัว
3 kΩ	1 ตัว
2. ขา connector 2 ขา	2 ตัว

เป็นวงจรแบ่งแรงดันในสถานะที่ยังไม่ต่อโหลดเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า โดยจะมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่กับวงจร ในสถานะนี้ยังไม่มีกระแส ไฟฟ้าจ่ายสู่โหลด (Load) ลักษณะดังรูป



รูปที่ 3.7 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด

จากสมการแบ่งแรงดัน $V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$; V_{in} เท่ากับ 20 โวลต์ ต้องการ V_{out} เท่ากับ 5 โวลต์ ดังนั้น ค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 จึงมีค่าเท่ากับ 30 kΩ และ 10 kΩ ตามลำดับ

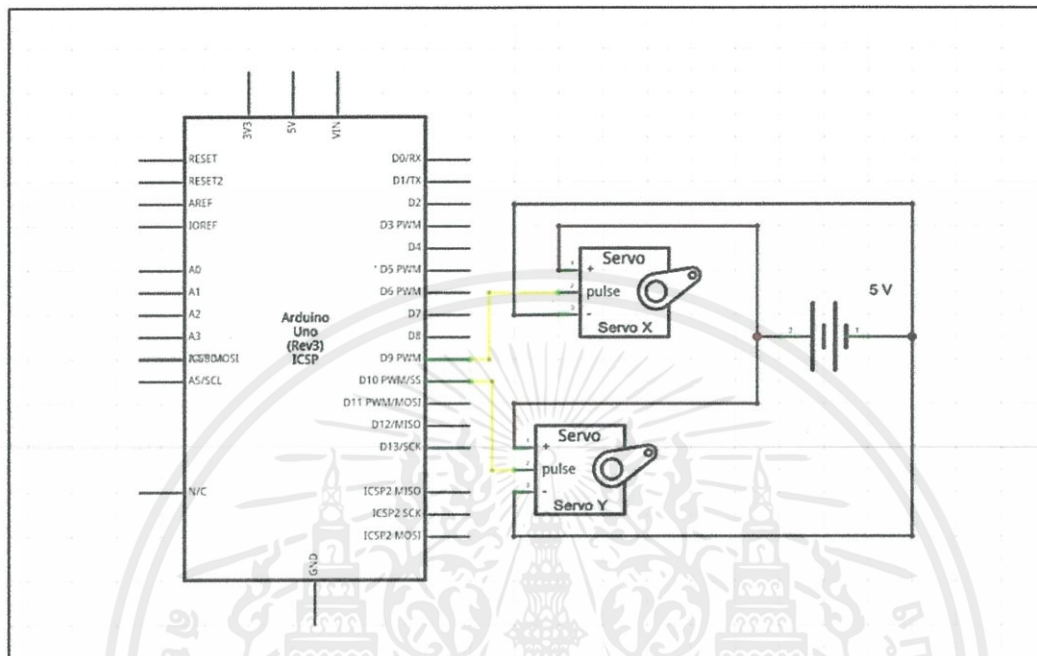
3.4.4.2 วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์

ในการขับเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะใช้บอร์ดควบคุม Arduino Uno ในการส่งสัญญาณควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ หากแต่ไม่ใช่แหล่งจ่ายร่วมกับบอร์ดควบคุม Arduino Uno เนื่องจากมีแรงดันและกระแสไม่เพียงพอ จึงได้ใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์แยกต่างหากให้กับเซอร์โวมอเตอร์ร่วมกับสัญญาณควบคุมจากบอร์ดควบคุม Arduino Uno เพียงเท่านี้ก็สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้

- | | |
|----------------------------|---------|
| 1. บอร์ดควบคุม Arduino Uno | 1 บอร์ด |
| 2. ขา connector 2 ขา | 3 ตัว |



รูปที่ 3.8 วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์

3.5 วิเคราะห์ และออกแบบด้านซอฟต์แวร์

3.5.1 ออกแบบรูปแบบการเคลื่อนที่ในทิศต่างๆ ของใบไม้เซลล์สุริยะ



1. M_x Rotate 180 → 2. M_y Rotate 120 → 3. M_x Turn Rotate 180 → 4. M_y Turn Rotate 120

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของใบไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบรูปแบบชุดการเคลื่อนที่แบบให้กับใบไม้เซลลูล์ริยะเป็นลำดับ 4 ลำดับ

ได้แก่

1. เซอร์ไวมอเตอร์แกน X หมุนไป 180 องศา
2. เซอร์ไวมอเตอร์แกน Y หมุนไป 120 องศา
3. เซอร์ไวมอเตอร์แกน X หมุนกลับ 180 องศา
4. เซอร์ไวมอเตอร์แกน Y หมุนกลับ 120 องศา กลับมาตำแหน่งเริ่มต้น

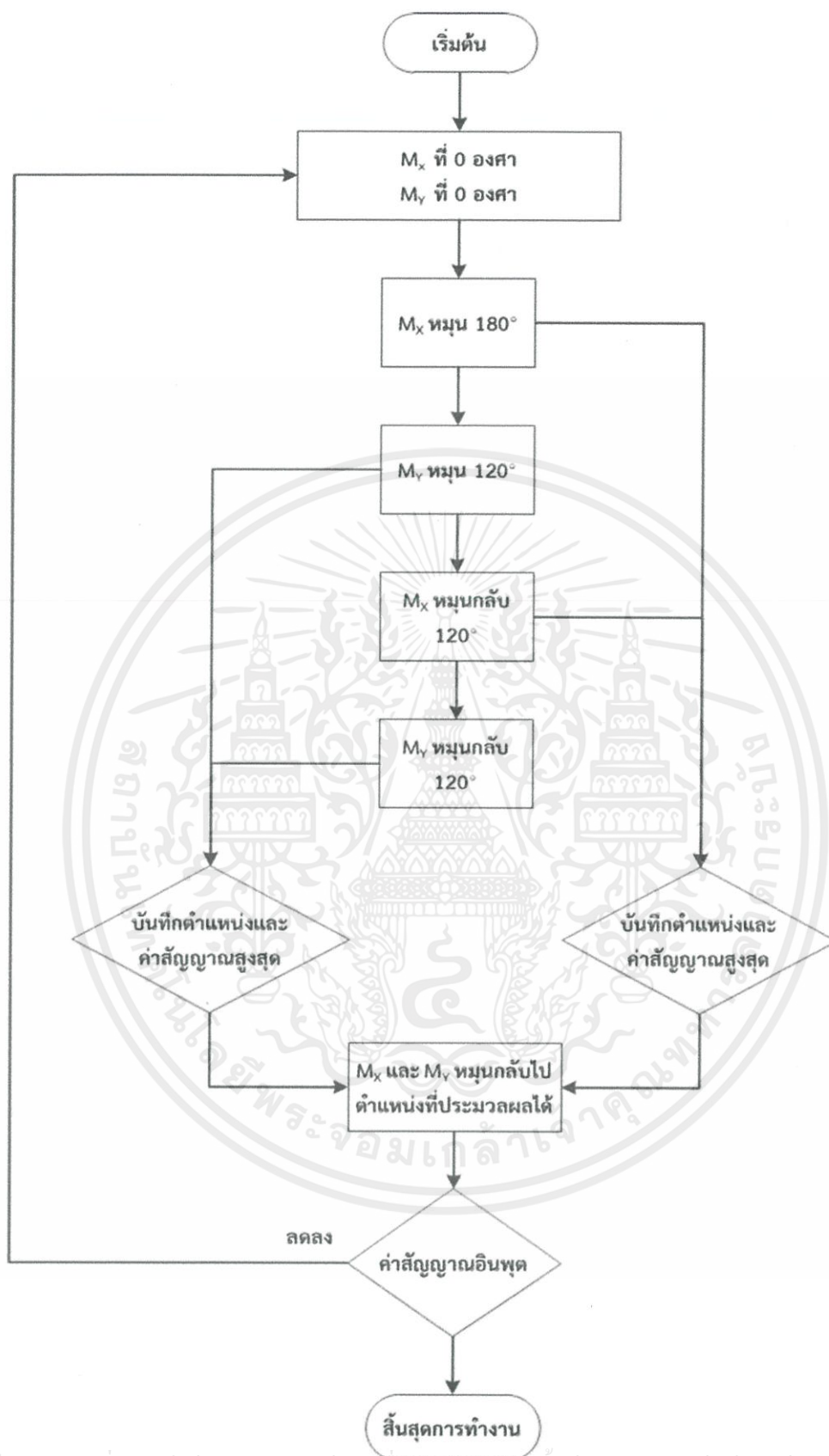
หากมองภาพตามจะพบว่าใบไม้หมุนสแกนหาใบในทิศทางที่ทั่วถึง สาเหตุที่วางรูปแบบการเคลื่อนที่แบบตายตัวก็เพื่อต้องการใช้เซลลูล์ริยะเป็นตัวตรวจวัดเพียงตัวเดียว ไม่ต้องใช้ตัวตรวจวัดรูปแบบที่เคยเห็นกันมาที่จะต้องติดตัวตรวจวัดหลายตำแหน่ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ตามรูปแบบนี้จะทำให้สามารถวัดความเข้มแสงในทิศทางที่ทั่วถึง ซึ่งในแต่ละตำแหน่งการเคลื่อนที่จะทำการบันทึกค่าไว้ในตัวควบคุม และทำการเปรียบเทียบค่าในทุกองศาที่หมุนไประหว่างค่าก่อนหน้ากับค่าที่วัดได้ในองศาปัจจุบันและเก็บค่าที่มากกว่าไว้เสมอ เมื่อหมุนวนครบรอบกลับมายังจุดเริ่มต้นแล้วจะได้ค่าที่มากที่สุด แล้วจึงค่อยหมุนกลับไปหยุดที่ตำแหน่งนั้น

3.5.2 โปรแกรมเพื่อควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลลูล์ริยะให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุด โดยใช้แผงเซลลูล์ริยะนั้นเป็นเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มแสงด้วย การทำงานของโปรแกรมการควบคุมจะใช้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากแผงเซลลูล์ริยะมาเป็นค่าสัญญาณอินพุตในโปรแกรมเพื่อนำไปประมวลผลและสั่งการควบคุมให้เซอร์ไวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ การทำงานของโปรแกรมแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. เซอร์ไวมอเตอร์แกน X หมุน 180 องศา ขณะที่แผงเซลลูล์ริยะเคลื่อนที่ โปรแกรมจะบันทึกค่าสัญญาณอินพุตที่ได้รับเข้ามา (บันทึกเป็นค่าสัญญาณอินพุตของแกน X)
2. เซอร์ไวมอเตอร์แกน Y หมุน 120 องศา ขณะที่แผงเซลลูล์ริยะเคลื่อนที่ โปรแกรมจะบันทึกค่าสัญญาณอินพุตที่ได้รับเข้ามา (บันทึกเป็นค่าสัญญาณอินพุตของแกน Y)
3. เซอร์ไวมอเตอร์แกน X หมุนกลับ 180 องศา ขณะที่แผงเซลลูล์ริยะเคลื่อนที่กลับ โปรแกรมยังคงบันทึกค่าสัญญาณอินพุตที่ได้รับเข้ามาเช่นเดิม (บันทึกเป็นค่าสัญญาณอินพุตของแกน X)
4. เซอร์ไวมอเตอร์แกน Y หมุนกลับ 120 องศา ขณะที่แผงเซลลูล์ริยะเคลื่อนที่กลับ โปรแกรมยังคงบันทึกค่าสัญญาณอินพุตที่ได้รับเข้ามาเช่นเดิม (บันทึกเป็นค่าสัญญาณอินพุตของแกน Y)
5. โปรแกรมประมวลผลค่าสัญญาณอินพุตที่มีค่ามากที่สุด เพื่อสั่งการให้เซอร์ไวมอเตอร์หมุนกลับไปหาตำแหน่งนั้น

6. ขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่โปรแกรมเช็คค่าสัญญาณอินพุตว่ามีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ถ้าลดลงโปรแกรมจะกลับไปทำงานใหม่



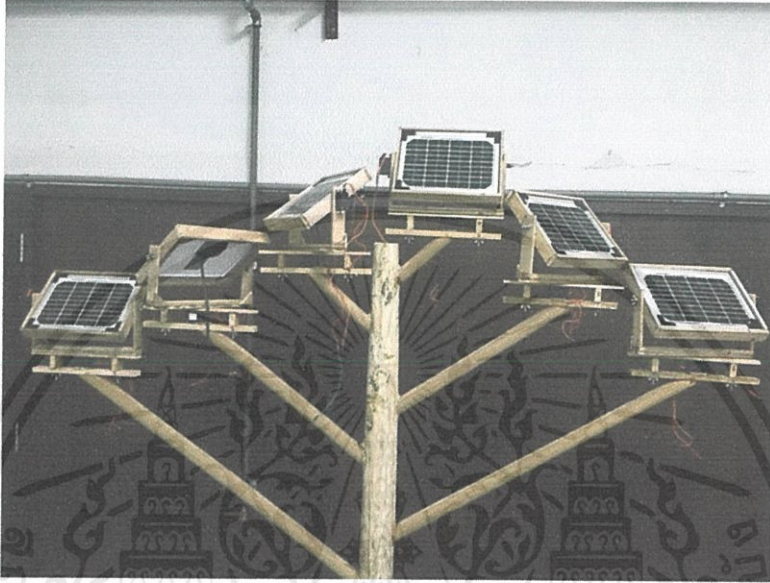
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ที่นำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารเหล่านี้ที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมติดตามแสงอาทิตย์

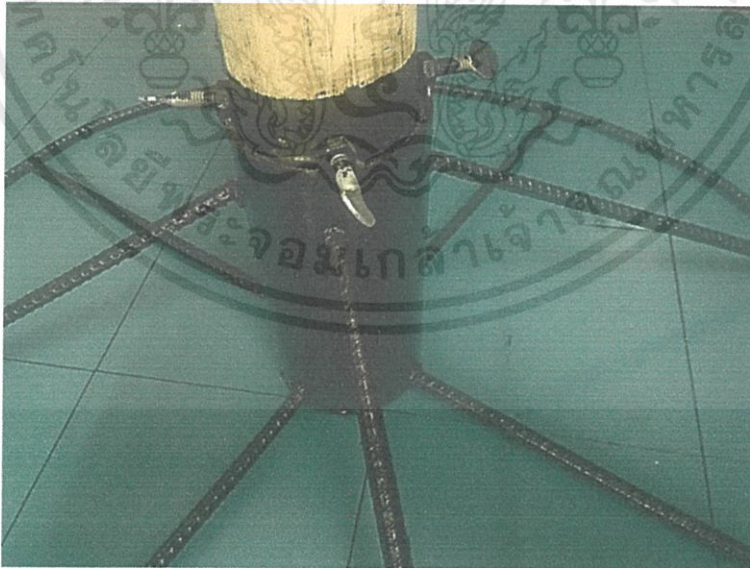
3.6 การสร้างอุปกรณ์ที่ใช้จริง

3.6.1 ต้นไม้เซลล์สุริยะ

รูปลักษณะต้นไม้จริงโดยทั่วไป มีก้านใบทั้งหมด 6 ก้านสำหรับใบไม้ 6 ใบ ที่มีลักษณะจะยอดแผ่ก้านกางออก



รูปที่ 3.11 ต้นไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง



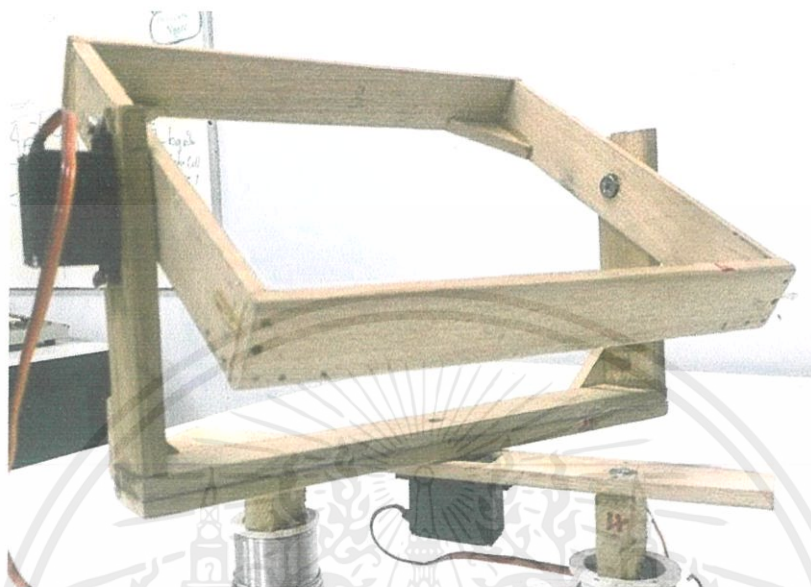
รูปที่ 3.12 โคนต้นไม้ใช้เหล็กเป็นฐานเพื่อความมั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

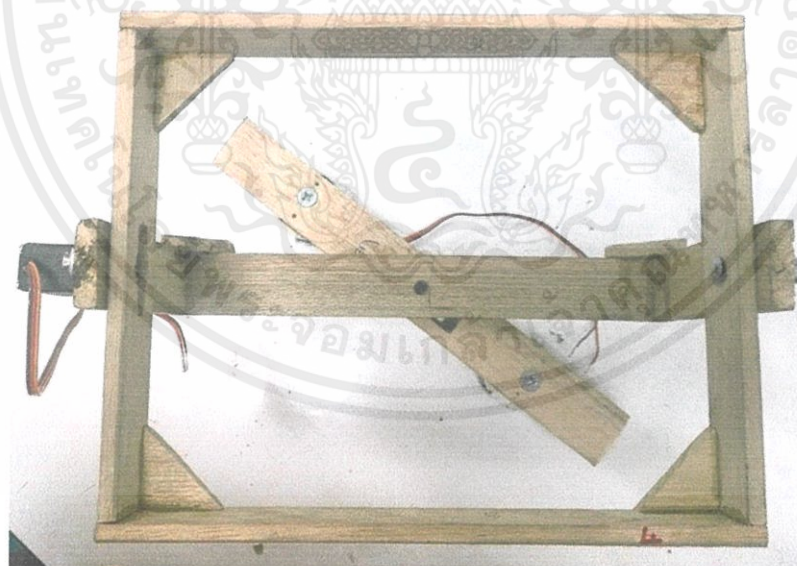
3.6.2 ไขไม้เซลล์สุริยะ

ทำจากไม้เนื้อแข็งแต่มีความเบาและทนทาน เชื่อมทางกลไกด้วยแกนเซอร์โวมอเตอร์

X และ Y

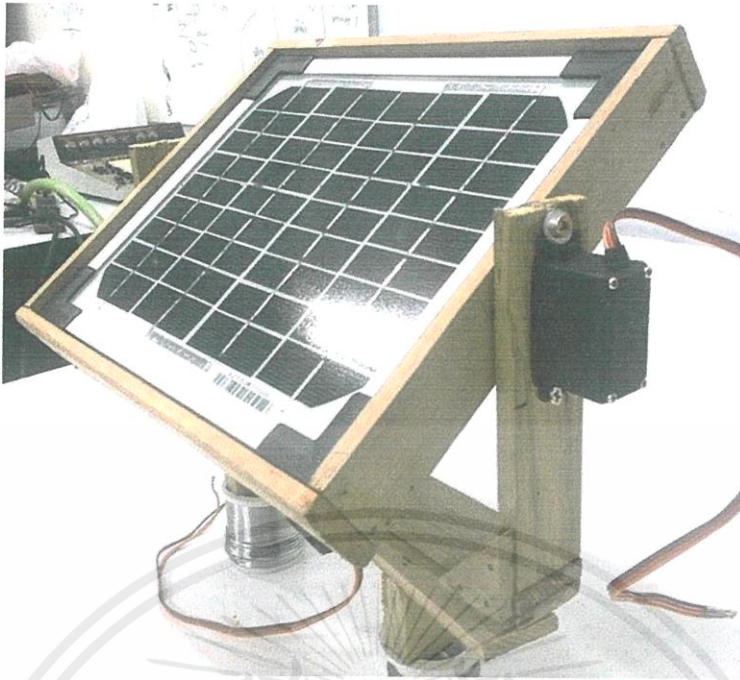


รูปที่ 3.13 ไขไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.14 ไขไม้เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 โซลาร์เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.16 โซลาร์เซลล์สุริยะที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 โซลาร์เซลล์ที่ใช้งานจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

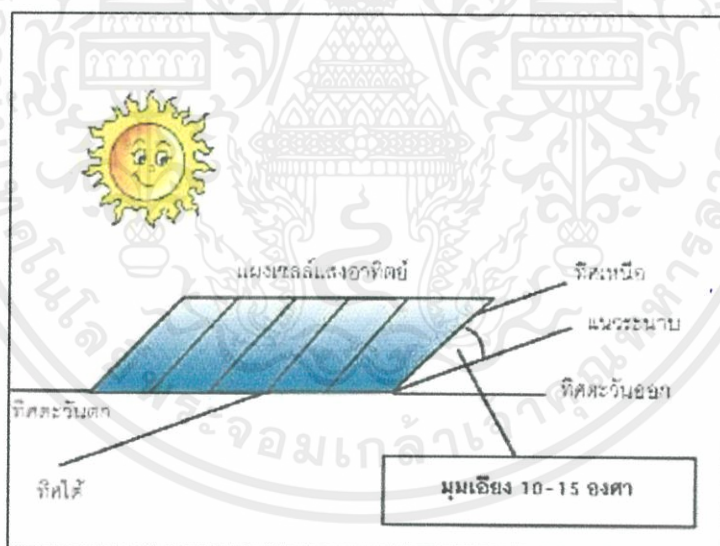
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 วางทำมุม 15 องศาทางทิศใต้

ในหนึ่งวัน โลกหมุนรอบตัวเองรอบเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นตำแหน่งที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากเท่าไร ก็จะมีแสงแดดส่องเข้ามาเพิ่มมากขึ้น ประเทศไทยถือเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมแก่การผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้ความเข้มแสงมีปริมาณที่สูง แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรขึ้นมาทิศทางของแสงแดดตามฤดู ฤดูกาลจะส่องเฉียงมาจาก ทางทิศใต้ มากกว่าทางทิศเหนือ จึงทำให้การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จึงต้องติดตั้งแผงระนาบรับแสงให้หันไปทางด้านทิศใต้ (มุมจากทิศเหนือ(Azimuth) ประมาณ 180 องศา) และมีความชันของแผง(Tilt Angle)จากแนวระนาบตามองศาละติจุดแต่ละพื้นที่ที่จะติดตั้ง สำหรับประเทศไทยมีการวิจัยและการทดลองจากหลายหน่วยงาน พบว่าค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือมุม 15 องศา โดยที่กรุงเทพฯ จะมีความชันแผงเซลล์อยู่ที่ประมาณ 13.5 องศาจากแนวระนาบ



รูปที่ 4.1 การวางแผงโซลาร์เซลล์ทำมุม 15 องศาทางทิศใต้

วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองเก็บค่าแรงดันในขณะที่แผงเซลล์สุริยะอยู่หนึ่งในทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วางแผงโซลาร์เซลล์ทำมุม 15 องศาในทางทิศใต้ ณ เวลา 7.00 น.

2. เริ่มบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 7.00 น. ทุกๆครึ่งชั่วโมง จนถึงเวลา 18.30 น.

ผลการทดลองที่ 1

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

ตารางที่ 4.1 การทดสอบวางแผงเซลล์สุริยะในทิศทางเดียว

เวลา	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	
7.00 น.	29	17.0	29	17.1	29	16.9	17.00
7.30 น.		17.4		17.3		17.2	17.30
8.00 น.	30	17.7	30	17.5	30	17.7	17.63
8.30 น.		18.3		17.6		18.0	17.97
9.00 น.	31	18.5	31	17.8	31	18.5	18.27
9.30 น.		18.6		18.0		17.7	18.10
10.00 น.	33	18.8	33	18.4	32	18.7	18.63
10.30 น.		19.0		18.7		19.4	19.03
11.00 น.	33	19.7	33	19.8	33	19.8	19.77
11.30 น.		19.8		19.8		20.0	19.87
12.00 น.	34	19.9	34	20.2	34	19.9	20.00
12.30 น.		20.1		20.0		19.8	19.97
13.00 น.	35	20.2	35	20.1	35	20.2	20.17
13.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
14.00 น.	32	19.8	34	19.9	34	19.8	19.83
14.30 น.		19.7		19.6		19.7	19.67
15.00 น.	31	18.8	33	19.0	33	19.4	19.07
15.30 น.		18.6		18.8		19.0	18.80
16.00 น.	31	18.0	33	18.5	33	18.8	18.43
16.30 น.		17.6		18.2		18.7	18.17
17.00 น.	32	17.2	32	17.8	32	17.4	17.47
17.30 น.		16.6		17.5		17.4	17.17
18.00 น.	32	16.3	31	16.2	32	17.3	16.60

18.30 น.		16.2		16.0		16.4	16.20
ค่าเฉลี่ย		18.49		18.49		18.65	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1.26		1.25		1.17	

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 1

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ยแรงดัน (Volt)
7.00 น. – 9.30 น.	17.71
10.00 น. – 12.30 น.	19.55
13.00 น. – 15.30 น.	19.59
16.00 น. – 18.30 น.	17.34



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 1

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า เมื่อทำการวางแผงเซลล์สุริยะที่มุม 15 องศา ในทางทิศใต้ จะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าจะน้อยในช่วงเช้า ค่าที่วัดได้เริ่มแรกมีค่าประมาณแค่ 17 โวลต์ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงช่วงเวลาที่เที่ยงถึงบ่ายโมงถึงจะให้ค่าแรงดันมากที่สุดที่ประมาณ 20 โวลต์ เมื่อบ่ายสองโมงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ก็ลดลงเรื่อยๆ จนเวลา 18.30 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเพียงแค่ออกสาประมาณ 16 โวลต์เท่านั้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ จึงทำการทดลองวิเคราะห์ได้ว่าการที่วางแผงเซลล์สุริยะในทิศทางเดียวนี้แล้วได้ค่าใช้แรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดได้เฉพาะช่วงเที่ยงถึงบ่ายโมง ก็ด้วยเหตุ

ที่ว่ากระแสเซลล์สุริยะในทิศทางเดียว นั้นทำให้ได้รับความเข้มแสงไม่เต็มที่ในทุกช่วงเวลา กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาทำให้เห็นความไม่สม่ำเสมอของแรงดันไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน

สรุปผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดทั้งวัน เฉพาะค่าแรงดันในช่วงเวลาเที่ยงถึงบ่ายโมง เท่านั้นที่วัดค่าแรงดันได้มากที่สุดคือประมาณ 20 โวลต์ หากแต่ในช่วงเช้ามืดกับช่วงเย็นวัดค่าแรงดันได้น้อยคือประมาณ 16-17 โวลต์

4.2 การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 วางตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งของดาวบนท้องฟ้าเปลี่ยนแปลง (การเคลื่อนที่ของทรงกลมฟ้า) เนื่องจากการเคลื่อนที่รอบตัวเองของโลก และการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ มนุษย์ได้พัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์จากการสังเกตการณ์ท้องฟ้า มาสร้างเป็นนาฬิกาและปฏิทิน เพื่อบอกเวลา ในการสังเกตการณ์ท้องฟ้า นั้นสามารถคำนวณตำแหน่งของดาวบนท้องฟ้าได้อย่างง่ายด้วยวิธีบัญญัติไตรยางศ์

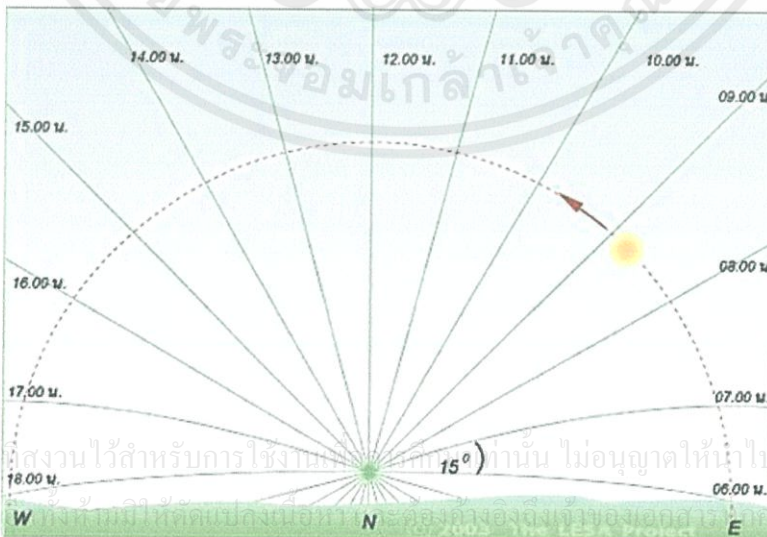
การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง

โลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง

24 ชั่วโมง ตำแหน่งของดาว (มุมที่ทำกับขั้วฟ้า) เปลี่ยนแปลง 360 องศา

1 ชั่วโมง ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนแปลง = $360 / 24 = 15$ องศา

1 นาที ตำแหน่งของดาวเปลี่ยนแปลง = $15 / 60 = 0.25$ องศา



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละชั่วโมง

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบถึงความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้า ในการเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในแนวทิศตะวันออก- ตะวันตกของแผงเซลล์สุริยะ

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางแผงโซล่าเซลล์ที่ตำแหน่งที่ 1 ทำมุม 15 องศาในทางทิศตะวันออก ณ เวลา 7.00 น.
2. เริ่มบันทึกค่าที่มุม 15 องศา เวลา 7.00 น.
3. ทำการเคลื่อนที่แผงเซลล์สุริยะ ตามองศาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในทุกๆครึ่งชั่วโมง (หนึ่งชั่วโมงดวงอาทิตย์เคลื่อนไป 15 องศา)
4. ทำการบันทึกค่าจนถึงเวลา 18.30 น.

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 การทดสอบวางแผงเซลล์สุริยะแบบหมุนตามองศาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

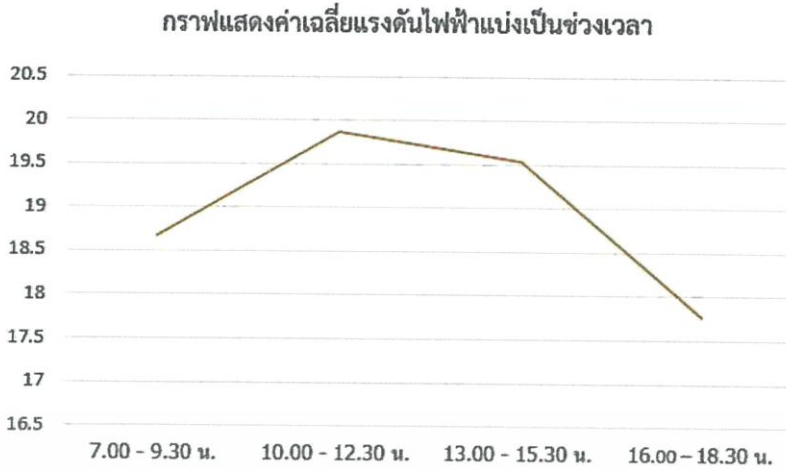
เวลา	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		ค่าเฉลี่ย V
	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	
7.00 น.	29	17.9	29	17.9	29	17.7	17.83
7.30 น.		18.5		18.4		18.1	18.33
8.00 น.	30	18.7	30	18.8	30	18.5	18.67
8.30 น.		18.8		18.8		19.0	18.87
9.00 น.	31	19.0	31	19.1	31	19.3	19.13
9.30 น.		19.0		19.2		19.3	19.17
10.00 น.	33	19.3	33	19.4	32	19.5	19.40
10.30 น.		19.6		19.8		19.4	19.60
11.00 น.	33	19.8	33	19.9	33	19.8	19.83
11.30 น.		20.1		20.2		20.0	20.10
12.00 น.	34	20.2	34	20.1	34	20.3	20.20
12.30 น.		19.9		20.2		20.2	20.10
13.00 น.	35	20.0	35	20.3	35	20.0	20.10

13.30 น.		20.1		20.1		20.0	20.07
14.00 น.	32	19.0	34	19.9	34	19.9	19.60
14.30 น.		19.1		19.7		19.8	19.53
15.00 น.	31	18.7	33	18.9	33	19.5	19.03
15.30 น.		18.5		18.7		19.4	18.87
16.00 น.	31	18.2	33	18.4	33	18.8	18.47
16.30 น.		17.9		17.9		18.6	18.13
17.00 น.	32	17.6	32	17.9	32	18.0	17.83
17.30 น.		17.5		17.5		17.3	17.43
18.00 น.	32	17.5	31	17.3	32	17.3	17.55
18.30 น.		17.3		17.1		17.1	17.17
ค่าเฉลี่ย		18.84		18.98		19.09	
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.91		1.00		0.99	

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลา

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ยแรงดัน (Volt)
7.00 น. – 9.30 น.	18.67
10.00 น. – 12.30น.	19.86
13.00 น. – 15.30 น.	19.53
16.00 น. – 18.30 น.	17.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 2

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า เมื่อปรับตำแหน่งของแผงเซลล์สุริยะให้เปลี่ยนมุมตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในทางทิศตะวันออก - ตะวันตก โดยที่คำนวณแล้วว่า 1 ชั่วโมงดวงอาทิตย์เคลื่อนไปเป็นมุม 15 องศา จนพระอาทิตย์ตก

จากการทดลองเก็บค่า ทำให้เห็นว่าค่าแรงดันที่วัดได้มีความคงที่มากกว่าการทดลองที่ 1 โดยจะมีค่าน้อยเฉพาะในช่วงเช้าแล้วเย็นเท่านั้น และค่าที่ได้ก็ใกล้เคียงกันมากขึ้นดูได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อยกว่าการทดลองที่ 1 และจากกราฟด้านบน

สรุปผลการทดลองที่ 2

จากการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดทั้งวัน ค่าแรงดัน ในเวลาตอนกลางวันจะวัดได้ค่าแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดคือประมาณ 20 โวลต์และแรงดันจะน้อยในช่วงเช้ากับช่วงเย็น แต่ค่าโดยรวมก็มีความใกล้เคียงกัน

4.3 การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 การทดสอบใช้งานต้นไม้เซลล์สุริยะ

วัตถุประสงค์

เพื่อวัดค่าของแรงดันไฟฟ้าที่เมื่อใบไม้เซลล์สุริยะหมุนตามเงื่อนไขการเคลื่อนที่ ที่ได้ทำการโปรแกรมไว้ ให้ได้ตำแหน่งที่มีค่าความเข้มแสงที่ให้ค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุดโดยรอบบริเวณนั้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. เริ่มการทำงานของวงจรใบไม้เซลล์สุริยะ ให้หมุนไปตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

2. บันทึกค่าเมื่อใบไม้หยุดตรงตำแหน่งที่แสดงค่าแรงดันมากที่สุด ตามเวลาที่กำหนด

ตั้งแต่วเวลา 7.00 - 18.30 น.

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 การเคลื่อนที่หาแสงของใบไม้เซลล์สุริยะ

เวลา	วันที่ 1		วันที่ 2		วันที่ 3		ค่าเฉลี่ย V
	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	อุณหภูมิ °C	แรงดัน V	
7.00 น.	29	19.5	29	19.5	29	19.4	19.47
7.30 น.		19.5		19.5		19.5	19.50
8.00 น.	30	19.9	30	19.8	30	19.8	19.87
8.30 น.		19.9		19.9		19.9	19.90
9.00 น.	31	20.0	31	20.0	31	20.0	20.00
9.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
10.00 น.	33	20.0	33	19.9	32	20.0	19.97
10.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
11.00 น.	33	20.0	33	20.0	33	20.0	20.00
11.30 น.		20.0		20.0		19.9	19.97
12.00 น.	34	20.0	34	20.0	34	20.0	20.00
12.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
13.00 น.	35	19.9	35	20.0	35	20.0	19.97
13.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
14.00 น.	32	20.0	34	20.0	34	20.0	20.00
14.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
15.00 น.	31	20.0	33	20.0	33	20.0	20.00
15.30 น.		20.0		20.0		20.0	20.00
16.00 น.	31	19.9	33	19.8	33	19.9	19.87
16.30 น.		19.9		19.8		19.8	19.83
17.00 น.	32	19.3	32	19.5	32	19.7	19.50
17.30 น.		19.0		19.5		19.4	19.30
18.00 น.	32	18.0	31	18.0	32	17.9	17.97
18.30 น.		17.9		17.9		17.8	17.86

ค่าเฉลี่ย		19.69		19.71		19.70
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.59		0.57		0.59

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 3

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ยแรงดัน (Volt)
7.00 น. – 9.30 น.	19.79
10.00 น. – 12.30น.	19.99
13.00 น. – 15.30 น.	20.00
16.00 น. – 18.30 น.	19.10



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลาของการทดลองที่ 3

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

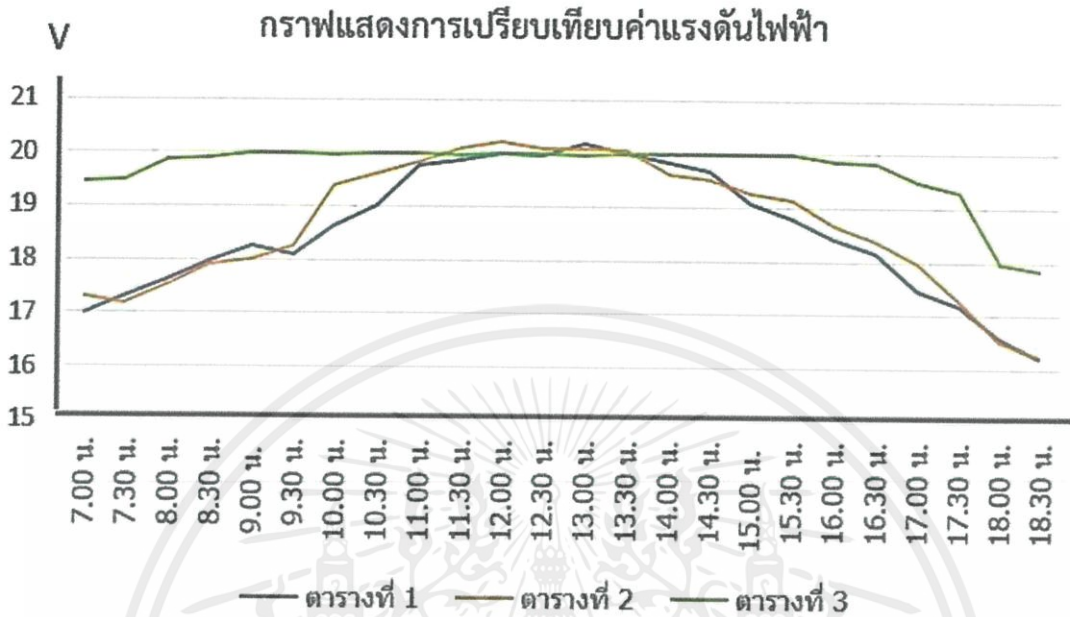
การทดลองที่ 3 เป็นการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าจากใบไม้เซลล์สุริยะ ที่เคลื่อนที่หาตำแหน่งที่ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ภายใต้การควบคุมของบอร์ดควบคุม Arduino UNO

จากการทดลองพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้นั้นมีความใกล้เคียงกันมาก และล้นค่าแรงดันไฟฟ้าที่มากที่สุด(ตามคุณสมบัติของเซลล์สุริยะคือประมาณ 20 โวลต์)แทบทั้งสิ้น หากสังเกตจากรูปจะเห็นว่าส่วนใหญ่ของเส้นกราฟเกือบจะใกล้เคียงกับเส้นตรง มีเพียงช่วงเวลาเย็นเท่านั้นที่ค่าแรงดันลดลงมาแต่ก็ยังเป็นค่าค่าที่สูงอยู่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองที่ 3

จากการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดทั้งวัน วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุดทุกช่วงเวลา



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าจากตารางผลการทดลอง

จากกราฟด้านบน เป็นการแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองทั้ง 3 แบบ จะเห็นได้ว่าการทดลองที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ให้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดและได้มาตรฐานดีที่สุดคือการทดลองที่ 3 การทดสอบใช้งานต้นไม้อเซลล์สุริยะ โดยดูได้จากเส้นกราฟบนสุดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาการออกแบบและควบคุมแผงเซลล์สุริยะให้มีการเคลื่อนที่ตามหาแสงจากดวงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถรับแสงที่ให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุด โดยใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO เป็นอุปกรณ์ควบคุมในการควบคุมแบบลูปปิด(Closed-Loop) และรับสัญญาณควบคุมมาจากค่าแรงดันเอาต์พุตที่แผงเซลล์สุริยะวัดได้

จากการทดลอง การวางแผงเซลล์สุริยะในตำแหน่งเดียวคือทำมุม 15 องศากับทางทิศใต้ มีขนาดแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ ไม่สม่ำเสมอมีค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าและมาตรฐานด้อยที่สุด ในการทดลองเปลี่ยนตำแหน่งแผงเซลล์สุริยะให้เคลื่อนไปตามมุมการเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันออก – ตะวันตกนั้นวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยได้สูงขึ้นและมีมาตรฐานดีขึ้น เนื่องจากค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น แต่ก็ยังมีช่วงเวลาที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้น้อยเป็นบางช่วง ส่วนในการทดลองวัดค่าแรงดันจากการเคลื่อนที่หาแสงที่ให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดของใบไม้เซลล์สุริยะนั้น สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ในปริมาณที่มากที่สุด(ตามสมบัติของแผง คือประมาณ 20 โวลต์) ได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวัน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

อุปกรณ์ที่ใช้มีความเสียหายที่เป็นความผิดพลาดจากการผลิต(Manufacturing Error) เป็นจำนวนมาก เช่น อุปกรณ์เรกกูเรเตอร์ (12 to 5 V) เซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยในอนาคต

1. ควรศึกษาเรื่องความคุ้มค่าในเรื่องของค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้รับกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายไปให้กับวงจรการใช้งาน
 2. เลือกขนาดของเซอร์โวมอเตอร์ให้เหมาะสมที่จะใช้งานร่วมกับแผงเซลล์สุริยะในแต่ละขนาด
 3. ในการออกแบบและสร้างโครงสร้างของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันทางกลไกนั้น ต้องจัดทำให้มีขนาดที่เหมาะสม มีความสมดุลและมีความคงทนก็การใช้งาน เพราะในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์มักมีแรงเหวี่ยงเกิดขึ้นในเสมอ ในทุกครั้งที่เริ่มการใช้งาน
 4. ศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการใช้บอร์ดควบคุม Arduino UNO ในงานควบคุมที่มีเงื่อนไขซับซ้อนมากขึ้น
- เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

บรรณานุกรม

- [1] เอกชัย มะการ. “เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino”
กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด, 2552.
- [2] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. Pic microcontroller learning by doing ด้วยภาษาC, 2550.
- [3] ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์สุริยะ (ออนไลน์).
สืบค้นจาก : http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/2549/khonkhan/electric/content/2_5.htm
- [4] ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์สุริยะ (ออนไลน์).
สืบค้นจาก : <http://www.premiumsolarcell.com/tag/solar-cell>
- [5] ค้นหาCode สำหรับ Arduino (ออนไลน์).
สืบค้นจาก : <https://forum.arduino.cc/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar Cell Mono Crystalline 5W 12V

Electrical Ratings	
at STC (1000 W/m ² , AM1.5 spectrum, cell temperature 25 °C)	
Maximum Power (P _{max})	5W (±5%)
Open Circuit Voltage (V _{oc})	21.5V
Short Circuit Current (I _{sc})	0.32A
Maximum Power Voltage (V _{mp})	17.5V
Maximum Power Current (I _{mp})	0.29A
Maximum System Voltage	1000VDC
Normal Operating Cell Temperature (NOCT)	47±2°C
Dimensions	193 x 245 x 18 mm

TowerPro SG-5010 - Standard Servo

Modulation :	Analog
Torque :	8 kg-cm (4.8V) 11 kg-cm (6.0V)
Speed :	0.17 sec/60° (4.8V) 0.14 sec/60° (6.0V)
Weight :	38.0 g
Dimensions :	0.80 * 1.58 * 1.70 in
Gear Type :	Plastic
Rotational Range :	180°
Pulse Cycle :	600-2400 μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar Cell Tree Code

```

#include <Servo.h>

Servo servox;
Servo servoy;
int sensorPin = A3;
int posx = 0;
int posy = 0;
int anglex = 0;
int angley = 0;
int valx = 0;
int valy = 0;
int Maxx = 0;
int Maxy = 0;
float Out1v = 1023/5;
float cmp = 4.8*Out1v;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  servox.attach(9, 600, 2400);
  servoy.attach(10, 600, 2400);
  pinMode (9, OUTPUT);
  pinMode (10, OUTPUT);
}

void loop() {
  servoy.write(0);
  if (Maxx < cmp) {
    servox.write(0);
    for (posx = 0; posx < 180; posx += 1) {
      servox.write(posx);
      valx = analogRead(A3);
      Serial.print(posx); Serial.print(" : "); Serial.println(valx);
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if (valx > Maxx) {
        Maxx = valx;
        anglex = posx;
    }
    delay(300);
}
servox.write(180);
}

loop2();

loop3();

loop4();

maxpoint();

check();
delay(60000);
servox.write(0);
servoy.write(0);
}

void loop2() {
    if (Maxy < cmp) {
        servox.write(0);
        for (posy = 0; posy < 120; posy += 1) {
            servoy.write(posy);
            valy = analogRead(A3);

            Serial.print(posy); Serial.print(" : "); Serial.println(valy);

            if (valy > Maxy) {
                Maxy = valy;
                angley = posy;
            }
            delay(300);
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    servoy.write(120);
  }
}

void loop3() {
  for (posx = 180; posx >= 1; posx -= 1) {
    servox.write(posx);
    valx = analogRead(A3);

    Serial.print(posx); Serial.print(" : "); Serial.println(valx);

    if (valx > Maxx) {
      Maxx = valx;
      anglex = posx;
    }
    delay(300);
  }
  servox.write(0);
}

void loop4() {
  servoy.write(120);
  for (posy = 120; posy >= 1; posy -= 1) {
    servoy.write(posy);
    valy = analogRead(A3);

    Serial.print(posy); Serial.print(" : "); Serial.println(valy);

    if (valy > Maxy) {
      Maxy = valy;
      angley = posy;
    }
    delay(200);
  }
  servoy.write(0);
}

```

```
}  
  
void maxpoint() {  
    servox.write(anglex); valx = analogRead(A3);  
    servoy.write(angley); valy = analogRead(A3);  
    Serial.print("Maxx : "); Serial.println(Maxx);  
    Serial.print("Anglex : "); Serial.println(anglex);  
    Serial.print("Maxy : "); Serial.println(Maxy);  
    Serial.print("Angley : "); Serial.println(angley);  
    delay(800);  
}  
  
void check() {  
    servox.write(anglex); valx = analogRead(A3);  
    servoy.write(angley); valy = analogRead(A3);  
    delay(5000);  
    if (valx < cmp || valy < cmp); {  
        Maxx = valx;  
        Maxy = valy;  
    }  
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้