

ปีการศึกษา 2542

เซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์
SOLAR ENERGY TRACKING SYSTEM



เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 36996
วัน, เดือน, ปี..... 30 ส.ค. 2543

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

ผู้จัดทำ

- 
1. นายจตุเลิศ สกกุลศักดิ์
 2. นายพีรสิทธิ์ ลิขิตดุขฎี
 3. นายสรพรเพชญ พันธ์เจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

นายจตุเลิศ สกุลศักดิ์

นายพีรสิทธิ์ ลิขิตคุษฎี

นายสรรเพชญ พันธ์เจริญ

รศ.ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและทดลองคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุมให้เป็นระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ โดยทดลองเปรียบเทียบการรับพลังงานในแต่ละเวลา ตลอดทั้งวันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานที่มากที่สุด แหล่งพลังงานที่นำมาใช้ขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมาจากพลังงานที่ได้จากการแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เอง โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นี้ จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดคริสตอลไลน์ ซิลิกอนเซลล์ ขนาด 55 วัตต์ 12 โวลต์ จำนวน 2 แผงต่อขนานกัน ซึ่งสามารถเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้ง 2 แนวแกน โดยใช้ ดีซี มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์นี้ จะใช้ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงและใช้หลักการบังเงาในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ระบบจะถูกควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F84 พลังงานที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์จะถูกเก็บสะสมในแบตเตอรี่ชนิด กรด - ตะกั่ว ขนาด 70 Ah โดยผ่านวงจรอัดประจุ

ผลการทดลองสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบนั้น มีค่ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานที่มากที่สุดประมาณ 3 – 5 %

SOLAR ENERGY TRACKING SYSTEM

Jutilert Sgoolsuk

Peerasit Likitdoosadee

Sunpetch Panasjaroen

Assc.Prof.Siriwat Potivejkul Advisor

1999

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study a characteristic of the solar tracking system. This experiment, let us know the maximum power between maximum power fixed-position solar system and stand alone solar tracking system. Which is the maximum power transform from 55 Watt 12 Volt photovoltaic panel (we used 2 of them) , and stored by charger circuit through a 70 Ah 12 Volt lead-acid battery. We can drive the photovoltaic panel in two direction by using DC motors. LDR (Light Decrease Resistor) and shading method take place in order to be sensing part of this system. It will operation when the dark is came. The microcontroller PIC16F84 is the central control unit for this system.

All the data compare with the maximum power fixed – position solar system and analysis how both solar system have a characteristic and benefit. So, lead us to find the way to control the solar energy tracking system for the maximum power. And after building the prototype and lots experiments, it is show us that W-h in the solar cell with maximum power fixed position is lower than solar cell with tracking system 3 – 5 %

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์.....	2
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์.....	2
2.1.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์.....	2
2.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก.....	2
2.1.3 พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลก.....	3
2.1.4 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์.....	4
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์.....	6
2.2.1 การดูดซับพลังงานของสารกึ่งตัวนำ.....	6
2.2.2 การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน.....	8
2.2.3 บายพาสไดโอด.....	8
2.2.4 บล็อกกิ้งไดโอด.....	9
2.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
2.2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงของแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิ.....	11
2.2.7 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.2.8 ผลของอุณหภูมิและการส่องสว่าง.....	12
2.3 แบตเตอรี่.....	12
2.3.1 ทฤษฎีและหลักการอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	13
2.3.2 การเลือกแบตเตอรี่.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 หลักการคำนวณและออกแบบ.....	14
3.1 แนวคิดในการเปรียบเทียบการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับ ที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุมให้ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ได้.....	14
3.2 หลักการออกแบบ.....	15
3.3 ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	18
3.4 ชุดโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุม ให้เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์.....	18
3.5 ชุดแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุ และวงจรควบคุมแรงดัน.....	24
3.5.1 ชุดแบตเตอรี่.....	24
3.5.2 วงจรอัดประจุ.....	25
3.5.3 วงจรควบคุมแรงดัน.....	25
3.6 ชุดตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์.....	26
3.7 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อน.....	27
3.7.1 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	27
3.7.2 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	29
3.8 ชุดควบคุมการทำงานของระบบ.....	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	39
4.1 การทดลองหาขนาดมุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่.....	39
4.1.1 วิธีการทดลอง.....	39
4.1.2 ผลการทดลอง.....	40
4.1.3 สรุปผลการทดลอง.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดลองเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด.....	45
4.2.1 วิธีทำการทดลอง.....	46
4.2.2 ผลการทดลอง.....	47
4.2.3 สรุปผลการทดลอง	50
4.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด.....	53
4.3.1 วิธีทำการทดลอง.....	54
4.3.2 ผลการทดลอง.....	55
4.3.3 สรุปผลการทดลอง.....	61
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์.....	74
5.1 ผลสรุปการทดลอง.....	74
5.2 แนวทางพัฒนาต่อ.....	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84	
ภาคผนวก ข. โปรแกรมควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์	
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้แผงควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง.....	XII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์.....	2
รูปที่ 2.2 ผลงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก.....	3
รูปที่ 2.3 คำจำกัดความของแอร์แมส.....	4
รูปที่ 2.4 การพิจารณามุมต่างๆ เพื่อหาค่ามุมเดคลิเนชัน.....	5
รูปที่ 2.5 ตำแหน่งมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในรอบ 1 ปี.....	5
รูปที่ 2.6 การกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	7
รูปที่ 2.7 ลักษณะการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน.....	7
รูปที่ 2.8 บายพาสไดโอด และบล็อกกิงไดโอด.....	8
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับโลก.....	16
รูปที่ 3.2 การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ทั้ง 2 แนวแกน.....	16
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ.....	17
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของโครงการ.....	19
รูปที่ 3.5 (ก) โครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง ตามดวง อาทิตย์ (ด้านหน้า)	20
รูปที่ 3.5 (ข) โครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง ตามดวง อาทิตย์ (ด้านหลัง)	21
รูปที่ 3.6 (ก) ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง ตามดวง อาทิตย์.....	22
รูปที่ 3.6 (ข) ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง ตามดวง อาทิตย์.....	23
รูปที่ 3.7 การปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสามารถปรับมุมเอียง ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศา.....	24
รูปที่ 3.8 วงจรฮับประจำ.....	25
รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบการรับแสงอาทิตย์ของตัวด้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง ในแค่ ละแนวแกน.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.10 วงจรที่ใช้ตัดต่อการทำงานเมื่อไม่ได้รับแสงของชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวแกนต่างๆ.....	27
รูปที่ 3.11 การติดตั้ง ดิซี มอเตอร์ ที่มีชุดเฟืองทดในตัวเอง เข้ากับชุดเฟืองทด 1/60 โดยมองจากด้านหน้าและด้านบน ในชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์.....	28
รูปที่ 3.12 การติดตั้ง ดิซี มอเตอร์ ประกอบเข้ากับ ชุดเฟืองทดแรง 1/24 และเฟืองรีดในชุดต้นกำลังเคลื่อนที่ในการปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์.....	29
รูปที่ 3.13 วงจรขับเคลื่อน ดิซี มอเตอร์.....	30
รูปที่ 3.14 โพลีชาร์ทการออกแบบ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบ.....	31
รูปที่ 3.15 การจัดหาไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84.....	32
รูปที่ 3.16 ตำแหน่งการติดตั้งชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสวิตซ์รักษาระดับ.....	33
รูปที่ 3.17 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ด้วยการบังคับมือ.....	37
รูปที่ 3.18 แผงควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง ตามดวงอาทิตย์.....	37
รูปที่ 4.1 กราฟระหว่างแรงดันเปิดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำการทดลองตั้งแต่ เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่ทำกับพื้นระนาบ 15, 20, 25 องศา.....	42
รูปที่ 4.2 กราฟระหว่างกระแสลัดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการทดลองตั้งแต่ เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่ทำกับพื้นระนาบ 15, 20, 25 องศา.....	43
รูปที่ 4.3 กราฟระหว่างกำลังไฟฟ้า กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการทดลองตั้งแต่ เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่ทำกับพื้นระนาบ 15, 20, 25 องศา.....	44
รูปที่ 4.4 การทดลองเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ตั้งอยู่กับที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5	กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 13.30 น.....	50
รูปที่ 4.6	กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ องศา ที่เวลา 14.00 น.....	51
รูปที่ 4.7	กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.30 น.....	52
รูปที่ 4.8	การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด.....	54
รูปที่ 4.9	กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 22 มีนาคม 2543.....	61
รูปที่ 4.10	กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 22 มีนาคม 2543.....	62
รูปที่ 4.11	กราฟระหว่างวัตต์ – ชั่วโมง กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 22 มีนาคม 2543.....	63
รูปที่ 4.12	กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 29 มีนาคม 2543.....	64
รูปที่ 4.13	กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 29 มีนาคม 2543.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.14 กราฟระหว่างวัดศั – ชั่วโมง กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่ เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุม กับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 29 มีนาคม 2543.....	66
รูปที่ 4.15 กราฟระหว่างแรงดัน กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยน ตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนว ระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 2 เมษายน 2543.....	67
รูปที่ 4.16 กราฟระหว่างกระแส กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยน ตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนว ระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 2 เมษายน 2543.....	68
รูปที่ 4.17 กราฟระหว่างวัดศั – ชั่วโมง กับ เวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่ เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุม กับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งเวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. 2 เมษายน 2543.....	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 รูปแบบการทำงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตาม ดวงอาทิตย์.....	34
ตารางที่ 3.2 การต่อขาสัญญาณออกของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับ คีชี มอเตอร์.....	35
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุม 15 องศา กับพื้นระนาบ.....	40
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุม 20 องศา กับพื้นระนาบ.....	40
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุม 25 องศา กับพื้นระนาบ.....	41
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับ ที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 13.30 น.	47
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับ ที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.00 น.	47
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับ ที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.30 น.	48
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาค่ากระแส และ แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 13.30 น.....	48
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหาค่ากระแส และ แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 14.00 น.....	49
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองหาค่ากระแส และ แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 14.30 น.....	49
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ – ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543.....	55
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ – ชั่วโมง ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543.....	57
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ - ชั่วโมง ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543.....	58
ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543.....	59
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองหาค่า วัดต์ - ชั่วโมง ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่ เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543.....	60
ตารางที่ 4.16 ประสิทธิภาพของการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา.....	73

เอกสารอ้างอิง

- [1] France Lasnier and Tony Fan Ang, “Photovoltaic Engineering Handbook”, Adam Hilger, Bristol and New York, 1990
- [2] Tomas Markvart, “Solar Electricity”, John Wiley & Sons, England, 1994
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา, “สถิติภูมิอากาศเกษตรของประเทศไทย ประจำปี 2540”, รายงานอากาศ เลขที่ 551.586-01-2541, กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ, 2541
- [4] กองควบคุมและส่งเสริมพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, “สถิติการแผ่รังสีพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย 2519”, สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, 2519
- [5] กฤษดา ใจเย็น และชัยวัฒน์ ถิมพรจิตรวิไล, “PIC16F84 THEORY & PRACTICAL APPROACH”, Innovative Experiment.

บทที่ 1

บทนำ

ณ ปัจจุบัน พลังงานนับว่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตประจำวัน หากแต่การให้ได้มาซึ่งพลังงานนั้นจำเป็นต้องสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ มากมาย เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ซึ่งทรัพยากรต่าง ๆ เหล่านี้มีอยู่อย่างจำกัด

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์นั้น ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการพัฒนาแหล่งพลังงานใหม่ ๆ เพื่อที่จะได้ไม่สูญเสียพลังงานเหล่านั้น ซึ่งได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ฯลฯ โดยจะเห็นว่า สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้เริ่มมีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น หากแต่ยังไม่ถึงระดับที่ดีที่สุด โดยกล่าวกันว่า ถ้าหากในอดีต 50-60 ปีที่แล้ว ไม่มีการพัฒนาทางด้านเครื่องยนต์แล้ว พลังงานแสงอาทิตย์คงมีความก้าวหน้าไปถึงระดับที่ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติอีก

ในปัจจุบัน พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่แปรรูปมาจากรังสีของดวงอาทิตย์และได้มีการพัฒนารูปแบบพลังงานชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย โดยในโครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุมให้สามารถเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และโดยจากความเป็นไปได้แล้วการที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานสูงสุดนั้นจำเป็นต้องเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา อีกทั้งในโครงการนี้ยังมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F84 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ด้วยขนาดเล็ก แต่มีประสิทธิภาพ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งที่จะนำมาใช้กับโครงการเฉพาะด้านดังเช่น โครงการนี้ โดยรายละเอียดต่างสามารถศึกษาได้จากบทต่อไป

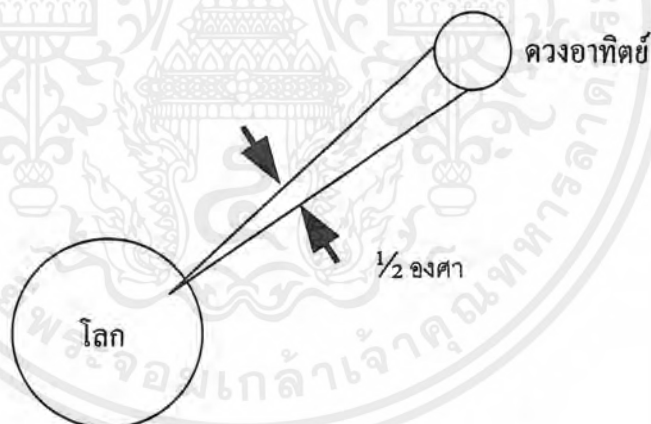
บทที่ 2

พลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

2.1.1 โครงสร้างของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน ในปริมาณ 75 % ที่เหลือเป็นธาตุฮีเลียมและธาตุหนักอื่น เช่น เหล็ก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1.39×10^6 กิโลเมตร มีมวลเท่ากับ 1.99×10^{30} กิโลกรัมและมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ณ จุดใด ๆ บนพื้นโลกเมื่อมองขึ้นไปยังดวงอาทิตย์ จะเห็นดวงอาทิตย์ครอบคลุมขนาดไปประมาณครึ่งองศา ดังรูปที่ 2.1 และจากที่ทราบว่าการที่โลกหมุนรอบตัวเองใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ดังนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนตำแหน่งไป 1 องศา จะใช้เวลา 4 นาที



รูปที่ 2.1 แสดงขนาดของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์

2.1.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญในระบบสุริยะจักรวาล พลังงานที่เกิดขึ้นดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน (Thermonuclear Fusion) ของไฮโดรเจน 4 อะตอม (Atom) คือ พลังงานเท่ากับมวลคูณด้วยความเร็วกำลังสอง ($E = mc^2$) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นมาแล้ว 4.5 พันล้านปี และคาดว่าจะยังมีไฮโดรเจนเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยานี้ไปอีกประมาณ 4.5 พันล้านปี

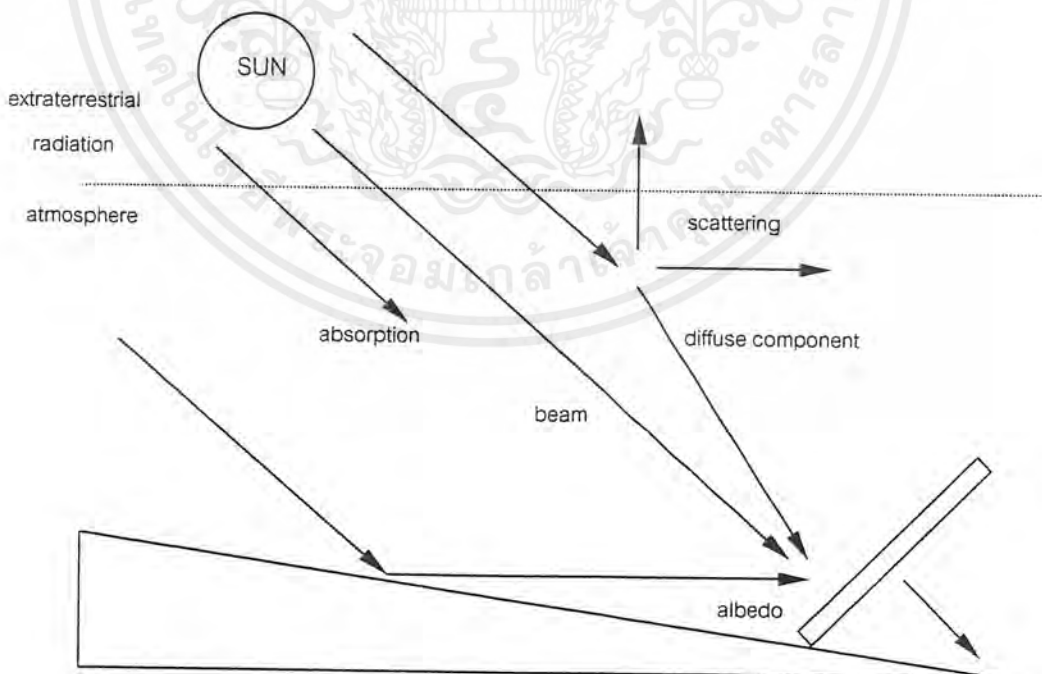
1. สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ในอวกาศเรียกว่าเป็นสเปกตรัมแบบ AM0 (Air Mass Zero) ส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเปกตรัมบนพื้นโลกที่วัดที่เส้นศูนย์สูตรระดับน้ำทะเล ขณะที่ฟ้าแจ่มใสและดวงอาทิตย์อยู่เหนือหัวเรียกว่า สเปกตรัมแบบ AM1 (Air Mass One) หากเป็นการวัดที่ตำแหน่งอื่นๆ สภาพอากาศที่สเปกตรัมที่ได้จะเป็นแบบ AM2 , AM3 แล้วแต่ปริมาณและสภาพบรรยากาศที่แสงผ่านตลอดจนทางยาวของทางผ่านของแสงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์มีอัตราการปลดปล่อยกำลังงาน 3.85×10^{23} กิโลวัตต์และบรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับ 1.725×10^{14} กิโลวัตต์ เทียบเป็นพลังงานที่ได้รับ ใน 1 ปี คือ 1.51×10^{18} กิโลวัตต์ชั่วโมง

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์จะแปรปรวนอยู่ในช่วง 1.5×10^8 กิโลเมตร $\pm 1.7\%$ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับนอกบรรยากาศที่ระยะห่างดังกล่าวค่าสูงสุดเท่ากับ 1400 วัตต์/ ตารางเมตร ในช่วงเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1,305 วัตต์/ ตารางเมตร ในช่วงเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม โดยเฉลี่ยแล้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับรายปีเท่ากับ 1367 วัตต์/ตารางเมตร

2.1.3 พลังงานแสงอาทิตย์บนพื้นโลก

โลกประกอบไปด้วยก๊าซชนิดต่าง ๆ ฝุ่นละออง และไอน้ำ เมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศของโลก พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับโดยอนุภาคของอากาศ เมฆ และฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเรา



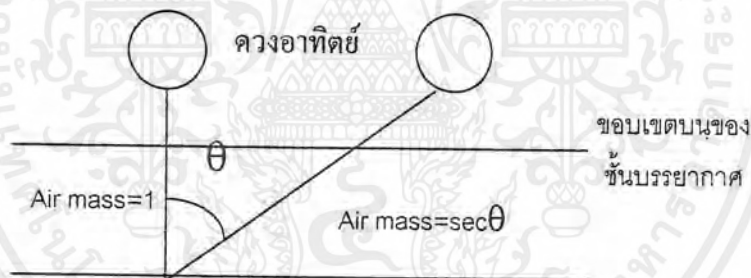
รูปที่ 2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแยกประเภทพลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ออกได้เป็นดังนี้

1. ลำแสงที่ตกกระทบพื้นโลกโดยตรง
2. ลำแสงที่สะท้อนมาจากพื้นโลก (Albedo)
3. ลำแสงที่สะท้อนมาจากฝุ่นละอองต่าง ๆ ในอากาศ (Diffuse Radiation)
4. ลำแสงทั้งหมดที่สะท้อนมาจาก 3 ส่วนข้างต้น (Global)

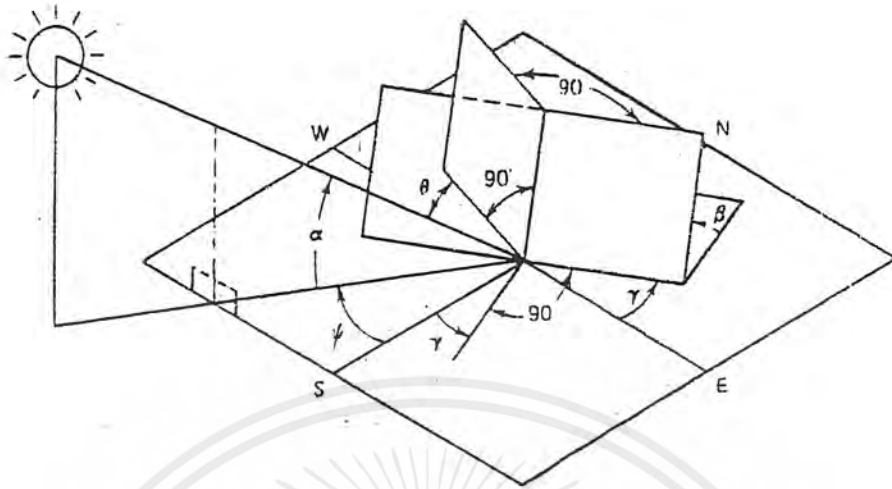
ระยะทางที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศ เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ฉายลงบนพื้นโลก ถ้าระยะทางที่แสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศยาว เช่น ในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น ปริมาณแสงอาทิตย์ที่รับได้จะลดลง โดยนิยามค่าศัพท์ “ แอร์แมส “ (Air Mass) ขึ้นเพื่อใช้ระบุระยะทางสัมพัทธ์ที่แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศ โดยกำหนดให้ตำแหน่งซึ่งดวงอาทิตย์ตรงศีรษะมีค่าแอร์แมสเป็น 1 ที่ตำแหน่งอื่น แอร์แมส มีค่าเท่ากับ $\sec \theta$ เมื่อ θ คือมุมที่แนวแสงอาทิตย์ทำกับเส้นตั้งฉากที่แสดงในรูปที่ 2.3 ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่แอร์แมส ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่รับได้นอกบรรยากาศ (แอร์แมส เท่ากับ 0)



รูปที่ 2.3 คำจำกัดความของแอร์แมส

2.1.4 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เนื่องจากวงโคจรของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ เป็นวงรี และโลกมีการโคจรรอบตัวเอง ทำให้มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับตำแหน่งเดียวกันในแต่ละวันเปลี่ยนไปในทุก ๆ วัน ซึ่งสามารถคำนวณมุมเอียงของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับแต่ละตำแหน่งในแต่ละวันได้โดยใช้สูตรเอมพิริกัลใช้คำนวณมุมเคลินชัน

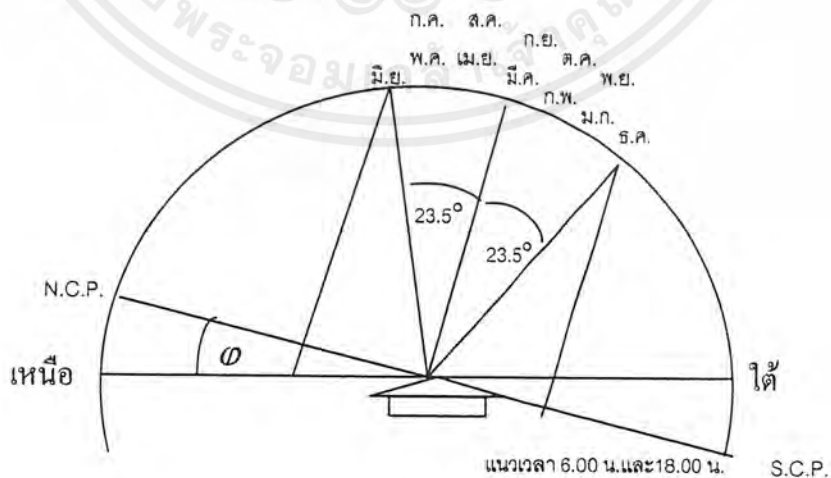


รูปที่ 2.4 การพิจารณามุมต่าง ๆ เพื่อหาค่ามุมเดคลิเนชัน

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(\left(\frac{284+N}{N_y}\right) \times 360\right)$$

(2.1)

- เมื่อ δ : มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับ โลก ในแต่ละวันซึ่งมีค่าตั้งแต่ 23.45° จนถึง -23.45°
- N : จำนวนนับตั้งแต่ 1 มกราคมจนถึงวันที่ต้องการหา
- N_y : จำนวนวันในปีนั้น ๆ



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในรอบ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 1 ปีนั้น ดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นโลกตามแนวตั้งตั้งแต่ 23.45 องศา ถึง -23.45 องศา

ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถรับพลังงานมากที่สุดจะคำนวณได้จาก

$$\beta = \varphi - \delta \quad (2.2)$$

เมื่อ β : มุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
 φ : มุมเส้นละติจูดที่ของสถานที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นหน่วยย่อยพื้นฐานของระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์สร้างจากสารกึ่งตัวนำซึ่งในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด แต่ชนิดที่ได้รับความนิยมและมีการใช้อย่างแพร่หลายคือ คริสตอลไลน์ ซิลิกอนเซลล์ (Crystalline silicon cell) สารกึ่งตัวนำที่สามารถนำไปใช้สร้างเซลล์แสงอาทิตย์มีหลายชนิด แต่ประเภทที่มีประสิทธิภาพสูง คือ แกลเลียม อาเซไนด์ (gallium arsenide) มีการนำไปติดตั้งบนดาวเทียมแต่เนื่องจากใช้ต้นทุนสูงจึงไม่มีการใช้โดยทั่วไป

2.2.1 การดูดซับพลังงานแสงของสารกึ่งตัวนำ

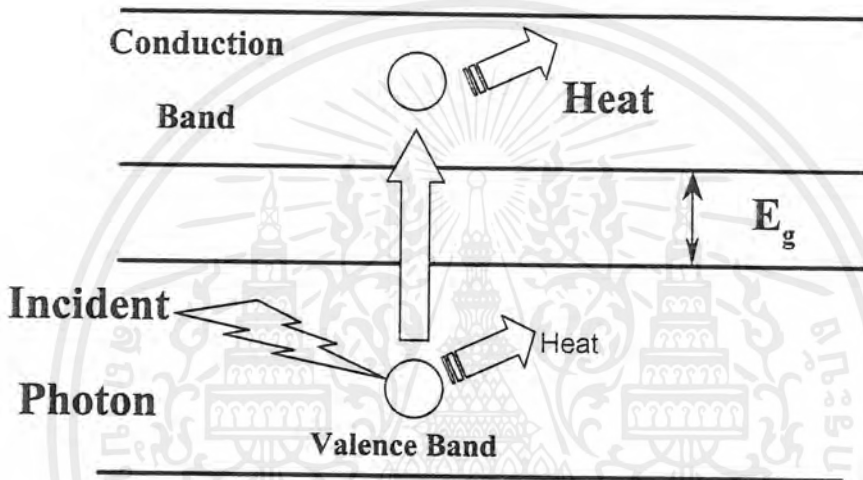
ระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยหลักการของทฤษฎีควอนตัมที่ว่า แสงมีคุณสมบัติเป็นอนุภาคที่มีพลังงานเรียกว่า โฟตอน (photons)

ในวันที่อากาศปลอดโปร่งจะมีปริมาณโฟตอน 4.4×10^{17} โฟตอน ตกกระทบพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรบนผิวโลกทุกวินาที แต่มีประมาณพลังงานเพียงน้อยนิดเท่านั้นที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแปลงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

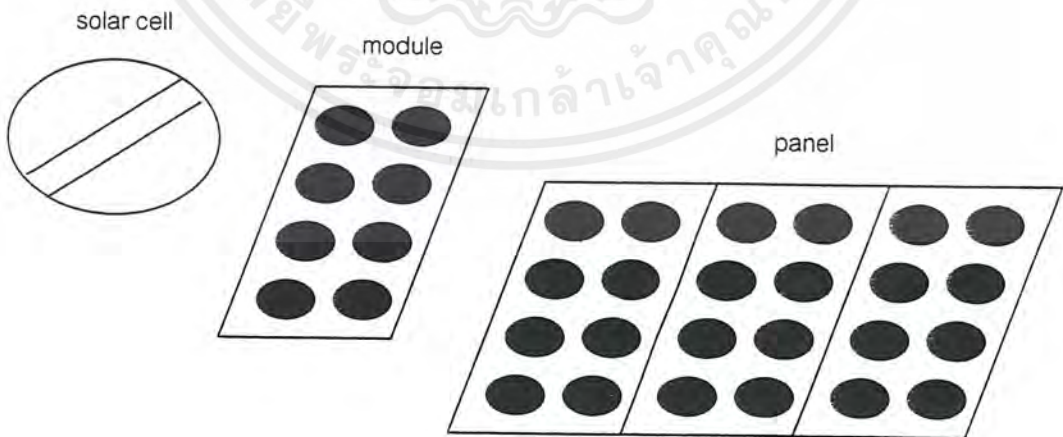
การเปลี่ยนรูปพลังงานเริ่มต้นจากเมื่อโฟตอนตกกระทบลงบนสารกึ่งตัวนำ จะทำให้เวเลนอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำได้รับพลังงานเพิ่ม ถ้าเวเลนอิเล็กตรอนตัวไหนได้รับพลังงานมากเพียงพอที่จะข้ามไปอยู่ยังแถบนำ เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระและตำแหน่งที่เดิมของอิเล็กตรอนตัวนั้นจะเกิด

โซลาร์เซลล์ชนิดรูปที่ 2.6 เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดอิเล็กตรอนโฮลแพร์ (Electron - hole pairs) การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากมายหลายเซลล์นำมาต่อเข้าด้วยกัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นแบบคริสตัลไลน์ ซิลิคอนเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีขนาด $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ใน 1 เซลล์จะจ่ายพลังงานได้ประมาณ 1 ถึง 1.5 W ที่สภาวะมาตรฐาน และมีค่าศักดาไฟฟ้า 0.5 ถึง 0.6 V



รูปที่ 2.6 การกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์



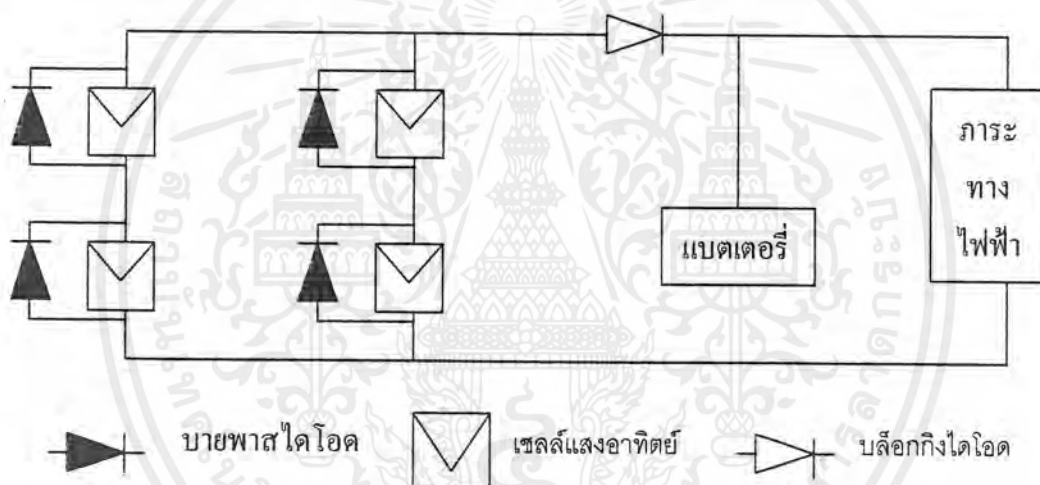
รูปที่ 2.7 ลักษณะการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน

เราสามารถนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าศักดาไฟฟ้าตามที่เรากำหนดไว้ ส่วนขนาดของกระแสที่ต้องการก็สามารถทำได้โดยการนำมาต่อขนานกัน เมื่อเราได้จำนวนเซลล์ที่เหมาะสมแล้วก็จะนำมาประกอบรวมกันเป็นแผงเรียกว่า โมดูล (module) แผงเซลล์ (panel) ดังรูปที่ 2.7 ก็คือ โมดูลหลาย ๆ โมดูลนำมารวมกันเพื่อให้ได้พลังงานตามที่ต้องการนั่นเอง

ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์นอกจากจะประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ยังต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ช่วยในการทำงานของระบบเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ บล็อกกิงไดโอด (blocking diode) และ บายพาสไดโอด (by-pass diode) ดังรูป



รูปที่ 2.8 บายพาสไดโอดและบล็อกกิงไดโอด

2.2.3 บายพาสไดโอด

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามต้องการ จะต้องนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกัน ถ้าเซลล์ใดเซลล์หนึ่งในสายที่ต่ออนุกรมกันอยู่เกิดไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ เซลล์นั้นจะมีสภาพเหมือนกับไดโอดที่อยู่ในสภาวะรีเวอร์สไบแอส (reverse bias) มีผลทำให้ตลอดทั้งสายนั้น ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ และตัวเซลล์เองก็จะเกิดความเสียหายได้

เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นได้ในกรณีที่เซลล์นั้นถูกเงาบัง ทำให้ไม่ได้รับแสงอาทิตย์ เป็นต้น สามารถแก้ไขได้โดยการต่อบายพาสไดโอดคร่อมเซลล์ได้แสดงใน รูปที่ 2.8 เพื่อที่ว่าเมื่อเซลล์ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ พลังงานจากเซลล์อื่นๆ ก็สามารถผ่านตัวบายพาสไดโอดไปได้ทำให้ไม่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสียหาย เพียงแต่พลังงานที่ได้จะลดลงไปบ้าง เมื่อเซลล์นั้นได้รับแสงอาทิตย์อีกครั้งก็จะสามารถจ่ายพลังงานได้ต่อไป

2.2.4 บล็อกกิ้งไดโอด

ระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้พลังงานจากที่ผลิตมาได้ (Stand-alone) ส่วนมากมักจะมีระบบแบตเตอรี่สำรองไว้สำหรับจ่ายภาระทางไฟฟ้า ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ทำการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่นั้นก็จะทำการประจุแบตเตอรี่ไปด้วย ซึ่งจะมีตัวบล็อกกิ้งไดโอดต่ออยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่มีลักษณะการต่อดังรูปที่ 2.8 ช่วงแรกขณะที่แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานก็จะไหลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปประจุในแบตเตอรี่จนกระทั่งเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวบล็อกกิ้งไดโอดจะทำหน้าที่ในการป้องกันจ่ายพลังงานกลับของแบตเตอรี่ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบตเตอรี่ โดยเฉพาะในเวลากลางคืน หรือขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้

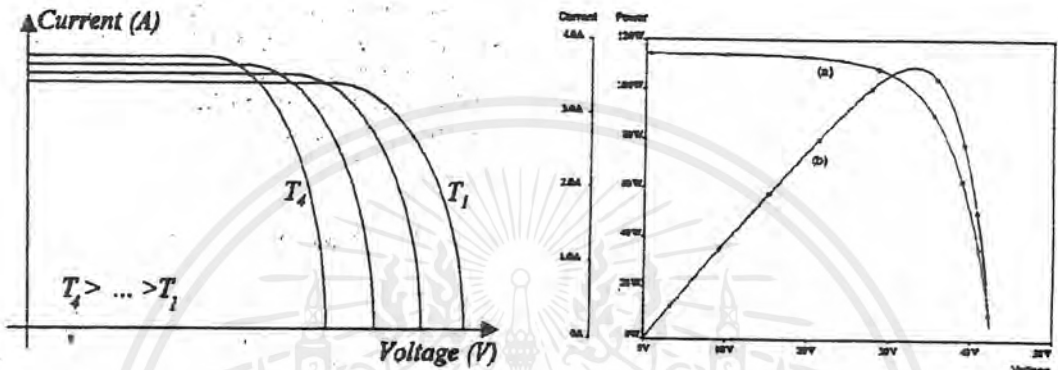
ตัวบล็อกกิ้งไดโอดจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายพลังงานกลับของแบตเตอรี่ไปสู่สูญเสียในแผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากตัวบล็อกกิ้งไดโอดจะอยู่ในสภาวะรีเวอร์สไบอัส ทำให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไปจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเท่านั้น ในการออกแบบต้องคิดเมื่อแรงดันในตัวบล็อกกิ้งไดโอดด้วย จึงจะได้แรงดันที่ต้องการที่ถูกต้อง

2.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปสามารถเขียนเป็นกราฟได้ ดังจะเห็นได้ว่าขณะเซลล์ได้รับแสง เซลล์จะสามารถจ่ายกระแสได้มากที่สุด เมื่อเซลล์ถูกลัดวงจร ซึ่งมีค่ากระแสขณะเปิดวงจร โดยทั่วไปสำหรับเซลล์เดี่ยวแล้วขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะมีค่าไม่เกิน 2.5 A

เซลล์จะสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุด เมื่อเซลล์ถูกเปิดวงจรออกซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันขณะเปิดวงจร กระแสที่เกิดจากเซลล์ขณะที่ได้รับแสงนี้ถูกเรียกว่า “กระแสไฟฟ้าแสง” (Photo Current) สำหรับเซลล์เดี่ยวจะมีค่าแรงดันขณะเปิดวงจร ไม่เกิน 0.6 V ทั้งนี้เนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่คร่อมแผง ขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มศักดาไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประยุกต์ไปใช้งานจริง

จากวงจรความต้านทานถ้าเราเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเรื่อยๆ โดยที่แต่ละครั้งในการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ให้บันทึกค่าศักดาที่ตกคร่อมตัวเซลล์แสงอาทิตย์ และค่ากระแสที่ไหลในวงจรเมื่อนำมาเขียนกราฟได้



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ถ้าพิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถหาได้จากกราฟศักดาไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า โดยจะแยกพิจารณาทีละตัวดังต่อไปนี้

1. ขนาดของศักดาไฟฟ้าเปิดวงจร คือ ขนาดของศักดาไฟฟ้าขณะที่มีความต้านทานมีค่าเป็นอนันต์ แยกพิจารณาดังนี้
 - สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์เดี่ยว จะมีค่าแรงดันเปิดวงจรไม่เกิน 0.6 V ทั้งนี้เนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเซลล์ก็คือ ค่าความต่างศักย์ของ รอยต่อพี-เอ็น (P-N Junction) นั่นเอง
 - สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่แผงขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มศักดาไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประยุกต์ไปใช้งานจริง
2. ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรมีลักษณะทำนองเดียวกันกับแรงดันเปิดวงจร โดยทั่วไปสำหรับเซลล์เดี่ยวแล้วขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะมีค่าไม่เกิน 2.5 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำลังไฟฟ้าสูงสุดหาได้จากตำแหน่งของกราฟที่ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าแรงดันไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าที่จุดนี้จะเป็นค่าที่มากที่สุด
4. ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเซลล์ (mW)} \times 100\%}{\text{พลังงานที่ได้จากแสง (mW/cm}^2\text{)} \times \text{พื้นที่รับแสง}} \quad (2.3)$$

พลังงานที่ได้จากแสงโดยทั่วไปแล้วจะคิดเทียบจากความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 100 mW/cm^2

2.2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดปฏิกิริยา 2 ชนิด ขึ้นภายในตัวเซลล์แสงอาทิตย์ อะตอมในคริสตอล (Crystal Lattice) จะสั่นสะเทือนแรงขึ้นเมื่อมีความร้อนสูงขึ้น ดังนั้นในการที่อิเล็กตรอน (Electron) จะหลุดออกมาก็ต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์น้อยลง ซึ่งก็คือพลังงานในแสงแดดที่มีความเข้มเท่ากันแต่มีอุณหภูมิสูงกว่า แต่พร้อมกันนั้นพวกอิเล็กตรอน (Electron) และ โฮล (Hole) จะมีพลังงานมากขึ้นพอที่จะข้ามแดนและวิ่งในทางตรงข้ามซึ่งจะมีผลให้กระแสไฟฟ้าลดลงในเวลาเดียวกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าแบบลัดวงจรเราจะได้กระแสไฟฟ้ามากกว่าตอนที่แผงยังมีความเย็นอยู่ แต่เมื่อมีภาระทางไฟฟ้าที่มีความต้านทานมากขึ้น จะมีการสะสมประจุไฟฟ้าในตัวเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงและกระแสไฟฟ้าก็จะลดลงด้วย

2.2.7 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวมีแรงดันไฟฟ้าเพียง 0.5 V สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน และ 1 V สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกเลียมอาร์เซไนด์ และกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตขึ้นได้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง ในกรณีใช้ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงแผ่นเดียวทำได้โดยจัดกลุ่มแถวลำดับซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์จำนวนหนึ่งซึ่งมีแรงดันไฟฟ้าเท่า ๆ กันทุกแผง ในการใช้ประโยชน์จะออกแบบโมดูลตามที่ต้องการใช้งานเช่น โมดูล ที่มีแรงดันมาตรฐาน 1.5 V, 6 V, 12 V, 24 V และ 48 V เป็นต้น ถ้าต้องการกำลังไฟฟ้าจำเพาะขนาดหนึ่งก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจนำมอดูลจำนวนหนึ่งที่เหมาะมาต่อในรูปแบบอนุกรม/ขนาน ก็เพื่อการใช้งานที่เหมาะสมกับภาระโดยอาศัยหลักการคือ ถ้าต้องการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าก็ต่อเซลล์แบบอนุกรม และถ้าต้องการกระแสสูง ๆ ก็ต่อเซลล์แบบขนาน ซึ่งคล้ายกับการต่อแบตเตอรี่ แต่การต่อเซลล์ในรูปแบบอนุกรม/ขนาน จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดบางประการ คือ เซลล์บางตัวเกิดชำรุด(เซลล์มีการเปิดหรือลัดวงจร) หรือ เกิดเงาบังเซลล์บางส่วนของเซลล์ ตัวอย่าง เช่น เซลล์ให้แรงดัน 0.5 V กระแส 2 A นำเซลล์ 200 ตัวต่ออนุกรมเป็น 1 สตริงค์ (String) ได้แรงดัน 100 V และต่อสตริงค์ นี้ขนานกัน 50 สตริงค์ จะได้กระแส 100 A ต่อ 200 ซับโมดูล (Sub modules) อนุกรมกัน ได้แรงดัน 100 V รวมได้กำลังไฟฟ้า 10,000 W เช่นเดียวกันกับวิธีแรก ในทางปฏิบัติแล้วการต่อเซลล์ด้วยเทคนิคต่างกันจะให้ผลต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อเกิดปัญหาเงาบัง เซลล์หรือเซลล์ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งในแถวลำดับเกิดชำรุด

2.2.8 ผลของอุณหภูมิและการส่องสว่าง

อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อเอาต์พุตของเซลล์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ค่าศักดาไฟฟ้าของเอาต์พุต ลดลง โดยในคริสตอลไลน์ ซิลิกอนเซลล์ ค่าศักดาไฟฟ้าจะลดลงประมาณ 2.3 mV ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 °C แต่จะไม่ค่อยมีผลมากนักต่อกระแส

คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ค่าการส่องสว่างต่างๆ จะพบว่าปริมาณกระแสจะเป็นสัดส่วนกับค่าของการส่องสว่าง คือ เมื่อค่าของการส่องสว่างเพิ่มขึ้น ปริมาณกระแสก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะไม่ค่อยมีผลมากนักต่อค่าศักดาไฟฟ้า

2.3 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีดังนี้

1. นิกเกิล-แคดเมียม (Nickel-cadmium)
2. ตะกั่ว-กรด (Lead-acid)
3. นิกเกิล-เหล็ก (Nickel-iron)
4. โซเดียม-กำมะถัน (Sodium-sulphur)

คุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ต้องการ ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ คือ

1. มีวงจรชีวิตสำหรับดีพไซเคิลสูง (deep cycle คือ ช่วงเวลาที่มีการประจุแทนที่ไม่เพียงพอ กับจำนวนที่ใช้ไปในแต่ละวัน)
2. ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประสิทธิภาพการประจุสูง
4. ความสามารถในการคายประจุสมบูรณ์
5. มีอัตราการคายประจุด้วยตนเองต่ำ
6. เชื้อถั่วได้
7. มีการเปลี่ยนแปลงต่ำในช่วงอุณหภูมิสูง

2.3.1 ทฤษฎีและหลักการอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

การอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นั้นกระทำได้โดยให้ระดับแรงดันวงจรอัดประจุสูงกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ในการอัดประจุแบตเตอรี่จะให้ขั้วบวกของวงจรอัดประจุต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ โดยที่กระแสที่ทำการอัดประจุแบตเตอรี่ จะมีทิศทางตรงกันข้ามของทิศทางของกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมา และเมื่อแรงดันแบตเตอรี่สูงกว่าแรงดันอัดประจุกระแสจะถูกจ่ายออกจากแบตเตอรี่ กระแสอัดประจุแบตเตอรี่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ส่วนมากจะมีค่าน้อยซึ่งมีหน่วยเป็น โอห์ม โดยจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่มีการอัดประจุแบตเตอรี่ ถ้ากระแสในการอัดประจุมีปริมาณมากเกินไปแบตเตอรี่จะทนได้ อาจจะทำให้แบตเตอรี่ชำรุดได้ การจะลดปริมาณกระแสการอัดประจุแบตเตอรี่ให้ต่ำลง ทำได้โดยนำความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปเพื่อจำกัดปริมาณกระแสไหลได้ตามต้องการ

2.3.2 การเลือกแบตเตอรี่

ในการเลือกแบตเตอรี่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือว่าภาระที่ใช้เป็นอะไร มีขนาดเท่าไรและต้องการจะสำรองไฟไว้กี่ชั่วโมง ซึ่งการพิจารณาสิ่งเหล่านี้ จะมีประโยชน์มากคือ จะช่วยให้ลดต้นทุนใช้งานอย่างได้มีประโยชน์คุ้มที่สุด และต้องคำนึงถึงเสถียรภาพด้วย

บทที่ 3

หลักการคำนวณและออกแบบ

3.1 แนวคิดในการเปรียบเทียบการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุมให้เคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ได้

รูปแบบในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นสามารถแบ่งรูปแบบการติดตั้งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ๆ นั่นคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมคงที่ที่ทำกับพื้นระนาบไว้ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนที่รับแสงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมคงที่ไว้สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ในแนวระดับ
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ทำมุมเอียงกับพื้นระนาบตามตำแหน่งเส้นละติจูดของสถานที่ติดตั้ง

ซึ่งเมื่อนำประสิทธิภาพการรับพลังงานมาเปรียบเทียบกันแล้วผลที่ได้จะเห็นว่าประสิทธิภาพการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ทำมุมเอียงกับพื้นระนาบตามตำแหน่งเส้นละติจูดของสถานที่ติดตั้งจะมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ในแนวระดับ แต่ประสิทธิภาพการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ในแนวระดับอาจจะมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งแบบอยู่กับที่ทำมุมเอียงกับพื้นระนาบตามตำแหน่งเส้นละติจูดของสถานที่ติดตั้งในบางวัน เนื่องจากมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกมีค่าใกล้ 0 องศา ซึ่งสามารถคำนวณมุมเคลื่อนที่ขึ้นได้โดยใช้สูตรเอมพิริคัล

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนที่รับแสงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนที่รับแสงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ 1 แนวแกน โดยเคลื่อนที่ในแนวตะวันออกไปยังตะวันตก
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนที่รับแสงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ 2 แนวแกน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น
 - 2.1 แบบเคลื่อนที่อิสระตามทิศทางและตำแหน่งของดวงอาทิตย์
 - 2.2 แบบเคลื่อนที่ตามการคำนวณจากสมการ ซึ่งจะกำหนดค่ามุมในแนวเหนือ – ใต้ไว้ โดยการคำนวณจากมุมเคลื่อนที่ขึ้น (โดยจะนำค่ามุมเส้นละติจูดของตำแหน่งนั้นลบด้วยมุมเคลื่อนที่ขึ้น) ซึ่งมุมเคลื่อนที่ขึ้นนี้จะเปลี่ยนแปลงทุกวัน และให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่จากแนวตะวันออกไปยังตะวันตก

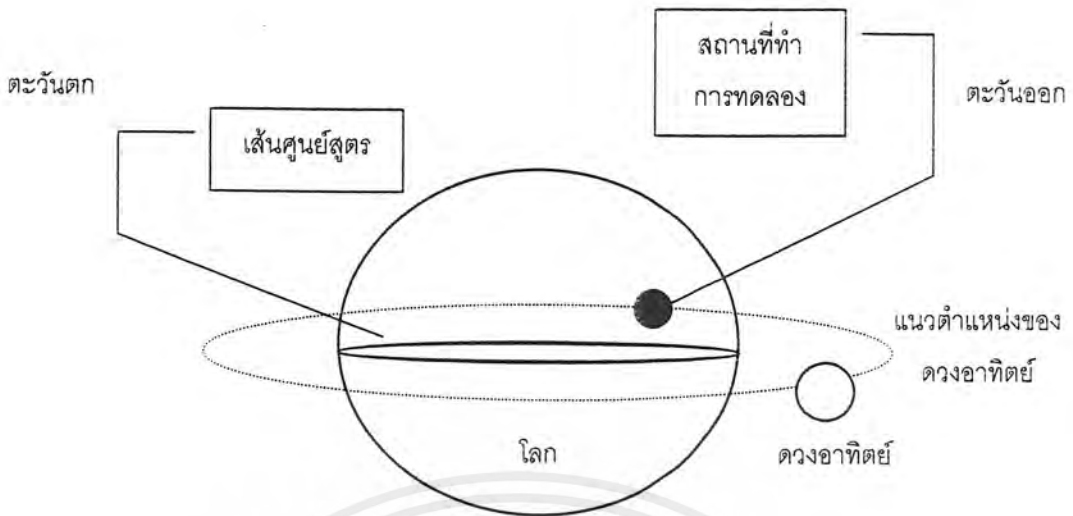
ซึ่งเมื่อนำประสิทธิภาพในการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาเปรียบเทียบกันแล้ว ผลที่ได้จะเห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเคลื่อนระนาบรับแสงได้ 2 แนวแกนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเคลื่อนระนาบรับแสงได้ 1 แนว และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถเคลื่อนระนาบรับแสงได้อิสระตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพในการรับพลังงานมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เคลื่อนระนาบรับแสงตามการคำนวณจากสมการ

ใน โครงการนี้เป็นการจัดสร้างและศึกษาการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับพลังงานได้มากที่สุด ระบบที่เลือกใช้นั้นจะเป็นระบบที่สามารถเคลื่อนระนาบรับแสงได้โดยอิสระ การเคลื่อนระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้รับพลังงานสูงสุดนั้นจำเป็นที่จะต้องให้ระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา แต่พลังงานที่ได้รับมาส่วนหนึ่งจะต้องสูญเสียไปในการขับเคลื่อนชุดต้นกำลังเพื่อเคลื่อนระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โดยการทดลองหาประสิทธิภาพการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้น จะทำการทดลองเปรียบเทียบพลังงานที่เก็บสะสมในแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับพลังงานที่เก็บสะสมในแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด ซึ่งจะทำการทดลองในเวลาเดียวกัน สถานที่เดียวกัน อุปกรณ์การทดลองที่ใช้มีประสิทธิภาพเท่ากัน เพื่อนำพลังงานที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

3.2 หลักการออกแบบ

จุดมุ่งหมายของโครงการแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นี้ ต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานมากที่สุดนั่นคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องเคลื่อนระนาบรับแสงไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มของแสงมากที่สุด (ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา) เพื่อที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงานออกมาได้เต็มที่ ซึ่งถ้าเราพิจารณาตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับโลกแล้ว ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปในแต่ละเวลาจะอยู่ที่แนวเส้นศูนย์สูตรของโลก และเนื่องจากสถานที่ที่ทำการทดลองอยู่ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ทางเหนือของเส้นศูนย์สูตร



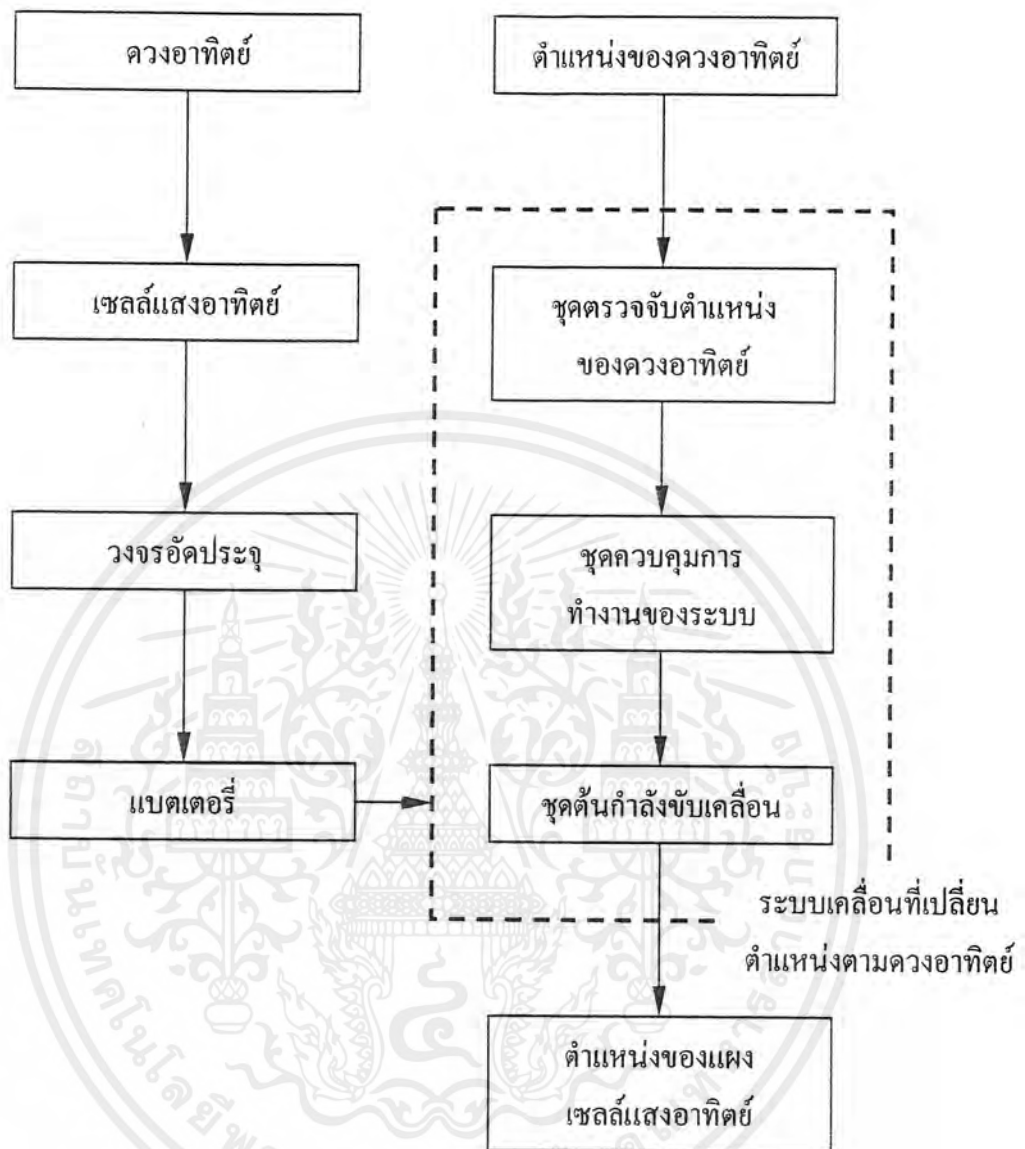
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับโลก

ดังนั้นในการออกแบบในส่วน โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 แนวแกน โดยแบ่งเป็นการเคลื่อนที่หมุนในแนวนอน และการปรับมุมที่ทำกับดวงอาทิตย์ในแนวตั้ง ระบบที่ใช้ควบคุมนั้น จะใช้ตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์เป็นตัวควบคุมตำแหน่งและทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้การตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ทุกช่วงเวลา



รูปที่ 3.2 การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ทั้ง 2 แนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

ระบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้น ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ชุดโครงสร้างของระบบ
3. ชุดแบตเตอรี่ วงจรอับประจุ และวงจรควบคุมแรงดัน
4. ชุดตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์
5. ชุดต้นกำลังขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ชุดควบคุมการทำงานของระบบ

3.3 ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบคริสตอลไลน์ ซิลิกอน เซลล์ จำนวน 2 แผง ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีประสิทธิภาพในการรับพลังงานสูง แต่แผงมีขนาด 55 W พิกัดแรงดัน 12 V พิกัดกระแส 3.5 A น้ำหนักประมาณแผงละ 5 กิโลกรัม ในแต่ละแผงจะมีบายพาสไดโอดขนาด 6 A เนื่องจากระบบที่เลือกใช้เป็นระบบ 12 V จึงต้องนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แผงมาต่อขนานกัน ซึ่งจะทำให้แรงดันของระบบค่อนข้างคงที่และจะทำให้กระแสที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อประโยชน์ในการขับมอเตอร์ในชุดต้นกำลังขับเคลื่อน

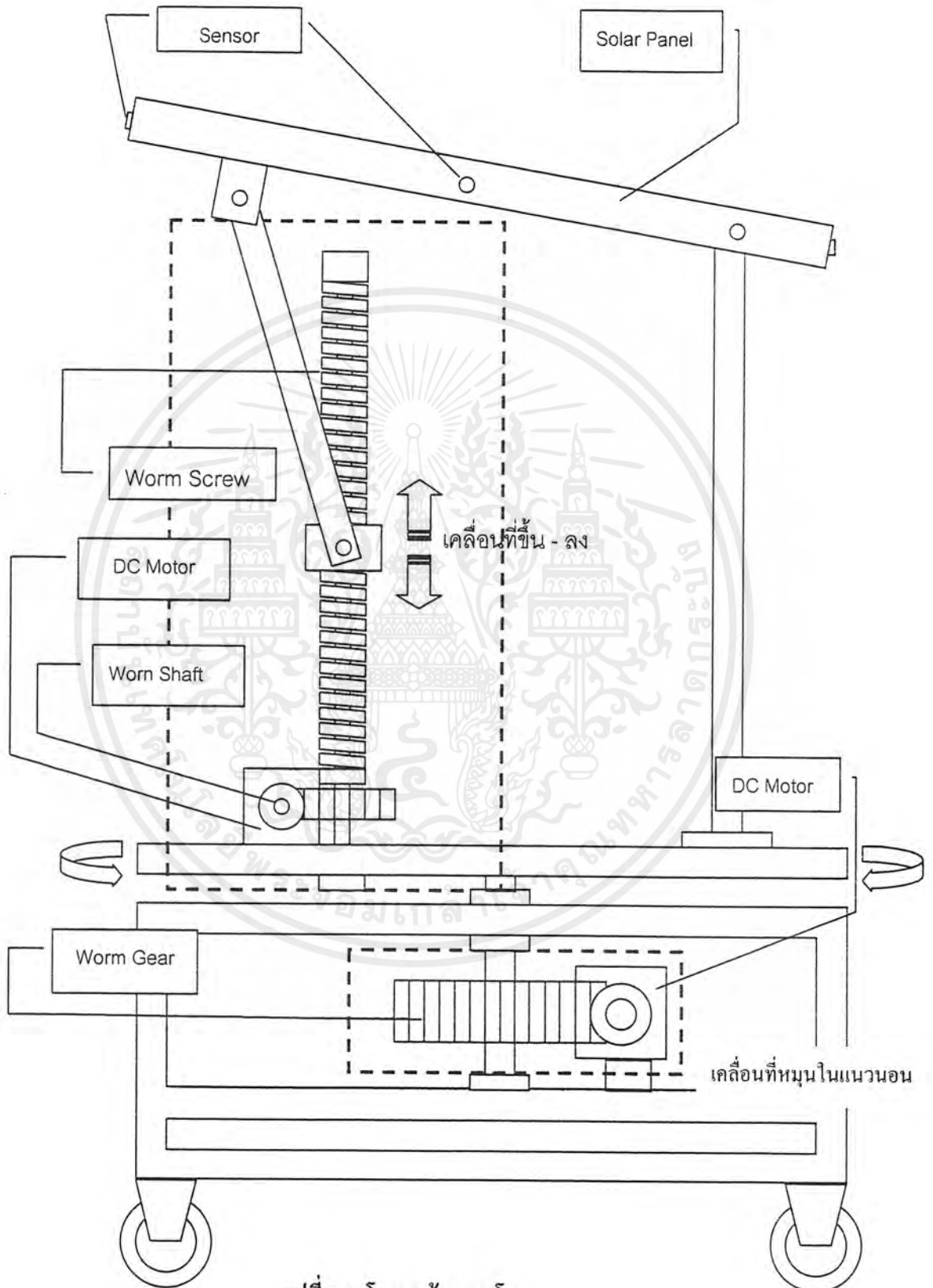
3.4 ชุดโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

โครงสร้างของระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เคลื่อนที่หมุนในแนวนอน สามารถหมุนได้ 360 องศา
2. ส่วนที่เคลื่อนที่ปรับมุมยกในแนวตั้ง สามารถปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศา

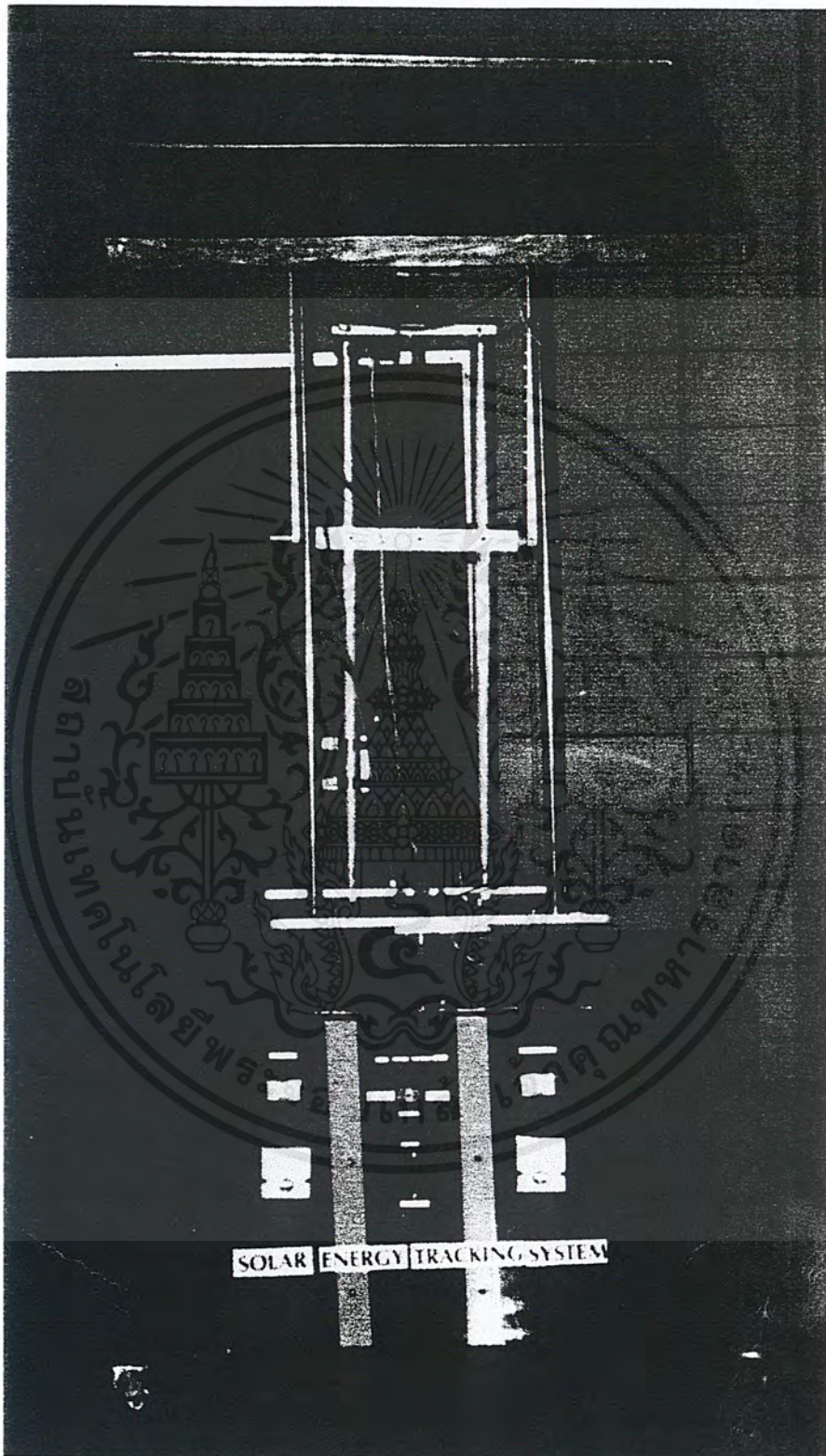
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นี้ มีแผ่นรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด $90 \times 100 \text{ cm}^2$ สามารถรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้จำนวน 2 แผง ฐานรองรับมีขนาด $105 \times 105 \text{ cm}^2$ เมื่อแผงวางอยู่ในแนวระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงจากพื้น 190 cm แขนคั่นแผงทั้ง 2 ด้านยาว 80 cm

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้โครงสร้างของระบบ (ยกเว้นชุดส่งกำลัง) ส่วนใหญ่จะทำจากอลูมิเนียมเพื่อที่จะนำไปลดความสูญเสียทางกลและเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ขนาดปริมาตรเดียวกัน อลูมิเนียมจะเบากว่าเหล็กถึง 3 เท่า ในส่วนของการส่งผ่านกำลังนั้น จะทำการส่งโดยใช้ชุดเฟือง โดยจะไม่นำระบบสายพานมาใช้เนื่องจากสายพานนั้นมีข้อเสียอยู่หลายประการ ได้แก่ตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนเนื่องมาจากแรงเฉื่อยขณะหยุดหมุน มีอายุการใช้งานต่ำ และความน่าเชื่อถือต่ำกว่าชุดเฟือง ซึ่งมีความน่าเชื่อถือทั้งตำแหน่งและความเร็ว



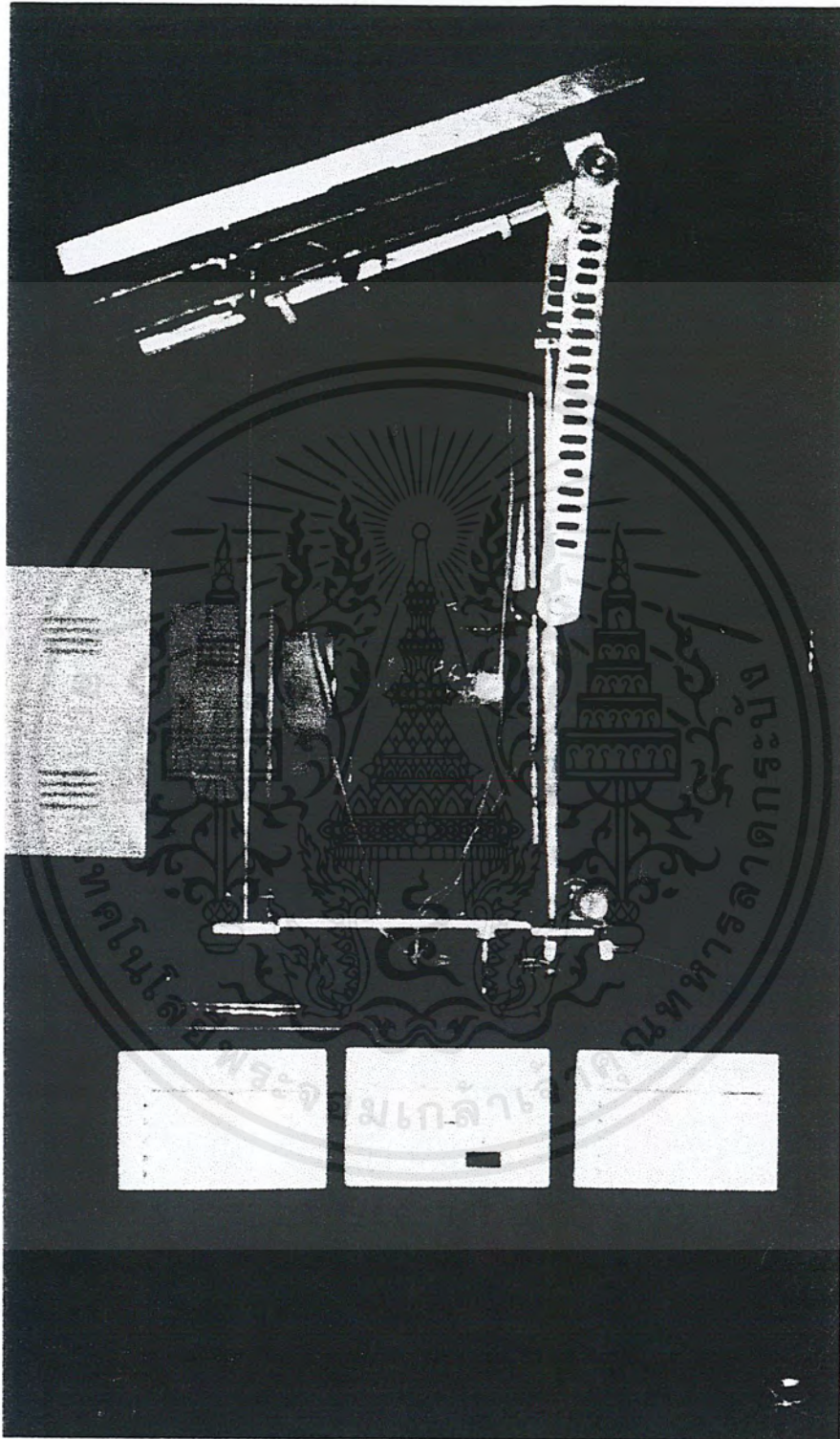
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



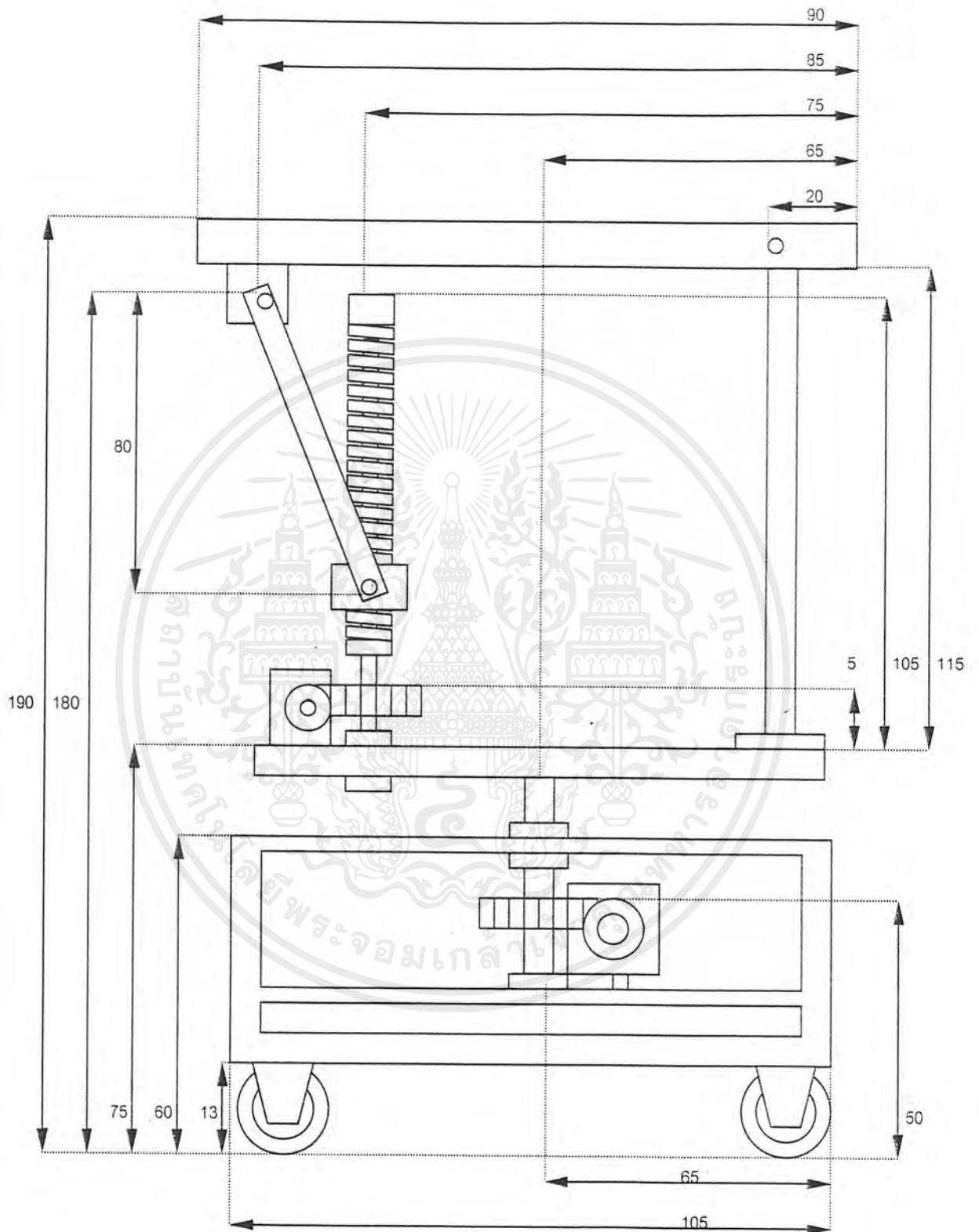
รูปที่ 3.5 (ก) โครงงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



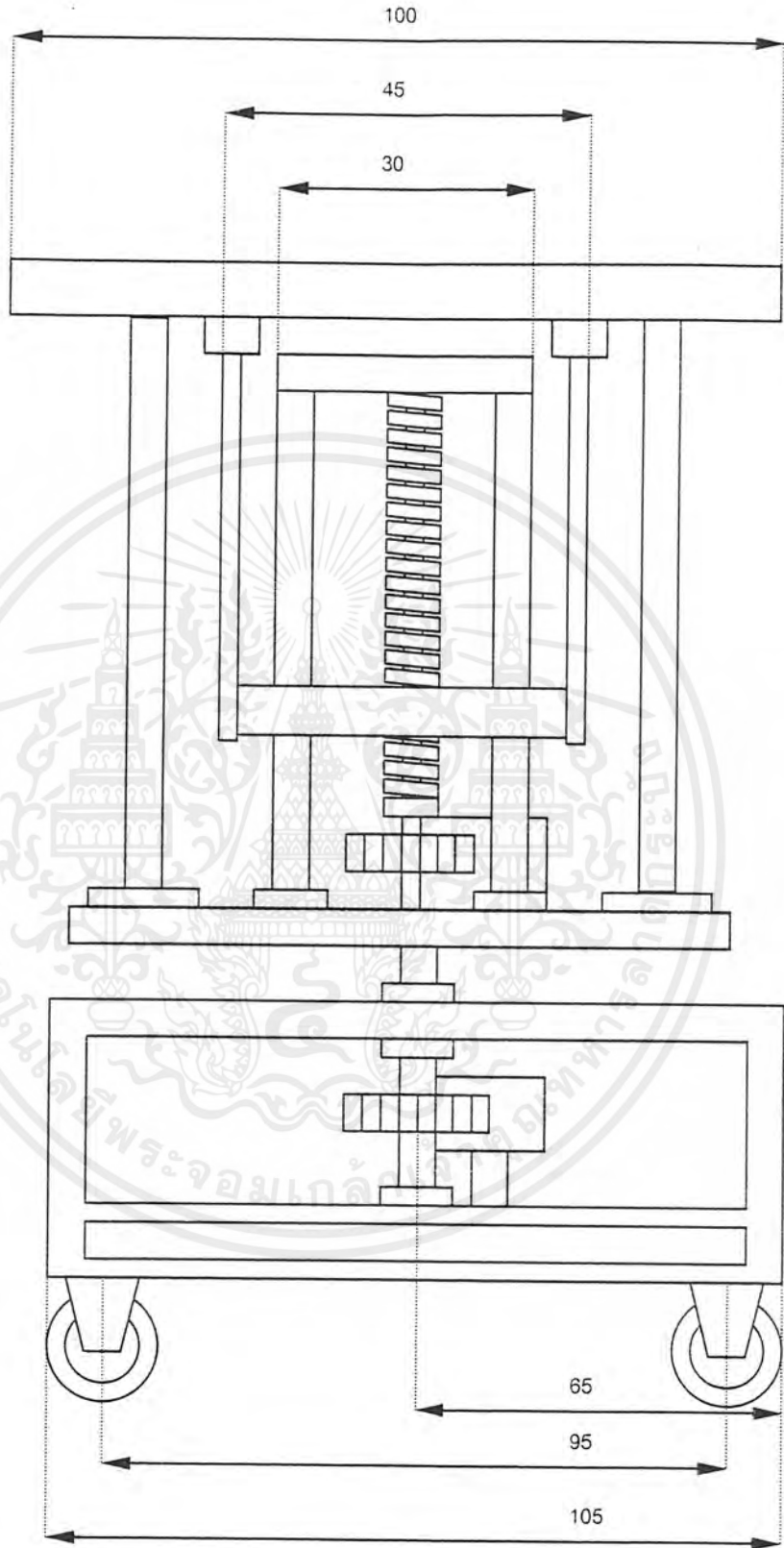
รูปที่ 3.5 (ข) โครงงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



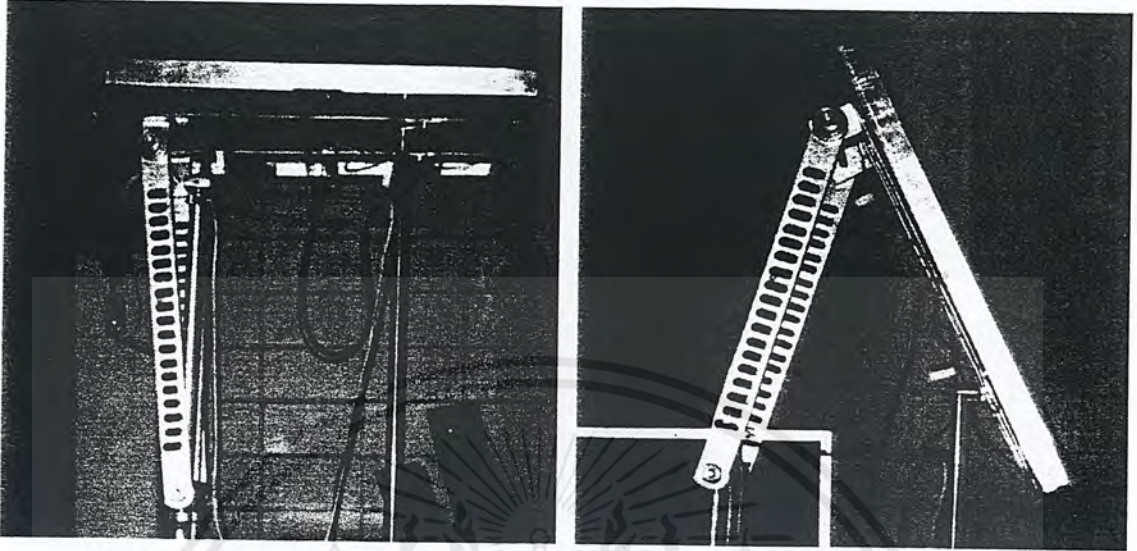
รูปที่ 3.6 (ก) ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 (ข) ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ซึ่งสามารถปรับมุมเอียงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศา

3.5 ชุดแบตเตอรี่ วงจรอัดประจุ และวงจรควบคุมแรงดัน

3.5.1 ชุดแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด ขนาดแรงดัน 12 V ซึ่งสามารถออกแบบขนาดของแบตเตอรี่ได้จากพลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้ในระบบมอเตอร์ที่ใช้ในระบบมี 2 ชุด

ชุดที่ใช้ส่งกำลังปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องใช้กระแสเฉลี่ยประมาณ 3.5 A

ส่วนมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่หมุนนั้นต้องใช้กระแสประมาณ 2.5 A

ถ้าคิดค่ากระแสรวมสูงสุดที่ใช้ต้องสำรองใช้ตั้งแต่

8.00 น. ถึง 18.00 น. ต้องจ่ายพลังงานให้มอเตอร์ประมาณ 3 ชั่วโมง

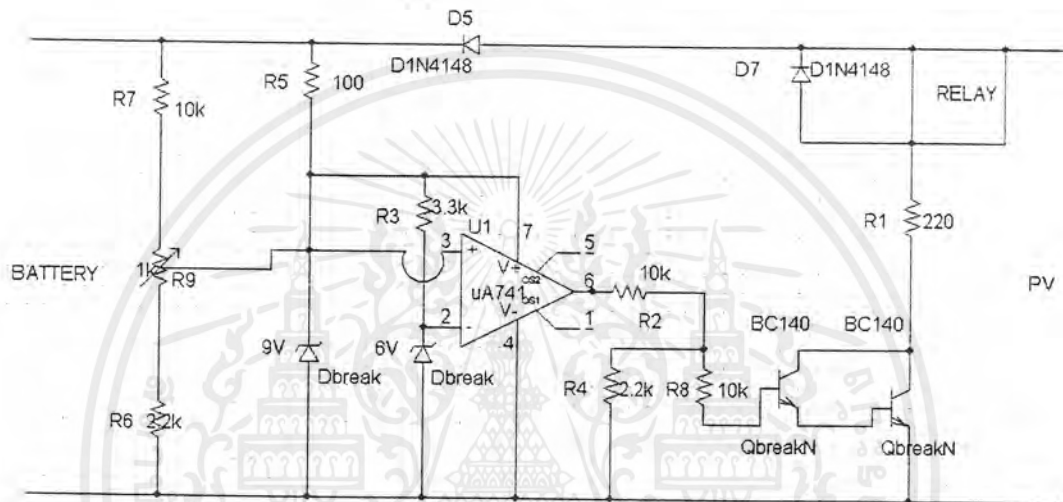
ดังนั้นต้องใช้แบตเตอรี่ขนาด $(3.5+2.5) \times 3 = 18$ Ah

ซึ่งถ้าเมื่อกระแสที่ต้องจ่ายให้กับชุดตรวจจับ และชุดควบคุม จึงต้องให้กระแสมีขนาดมากกว่า 21 Ah ดังนั้นจึงเลือกแบตเตอรี่ขนาด 70 Ah (ออกแบบให้กระแสที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 30 % ของขนาดแบตเตอรี่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วงจรตัดประจุ

วงจรตัดประจุที่ใช้นั้นเลือกใช้ที่กระแสตัดประจุประมาณ 4 A เนื่องจากการใช้งานจริงนั้นมอเตอร์ไม่ได้ขับเคลื่อนตลอดเวลาจึงไม่จำเป็นต้องใช้กระแสตัดประจุที่มีขนาดสูงๆ และวงจรตัดประจุที่ใช้จะมีรีเลย์คอยควบคุมไม่ให้แบตเตอรี่มีแรงดันสูงจนเกินไป และยังมีบล็อกกิ่งไดโอดขนาด 6 A ไว้ป้องกันไม่ให้กระแสย้อนกลับเข้าสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย



รูปที่ 3.8 วงจรตัดประจุ

3.5.3 วงจรรักษาระดับแรงดัน

วงจรรักษาระดับแรงดัน เป็นวงจรที่นำมาติดตั้งเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันของแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเสียหายเนื่องจากการเพิ่มหรือลดระดับแรงดันของแบตเตอรี่

3.6 ชุดตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์

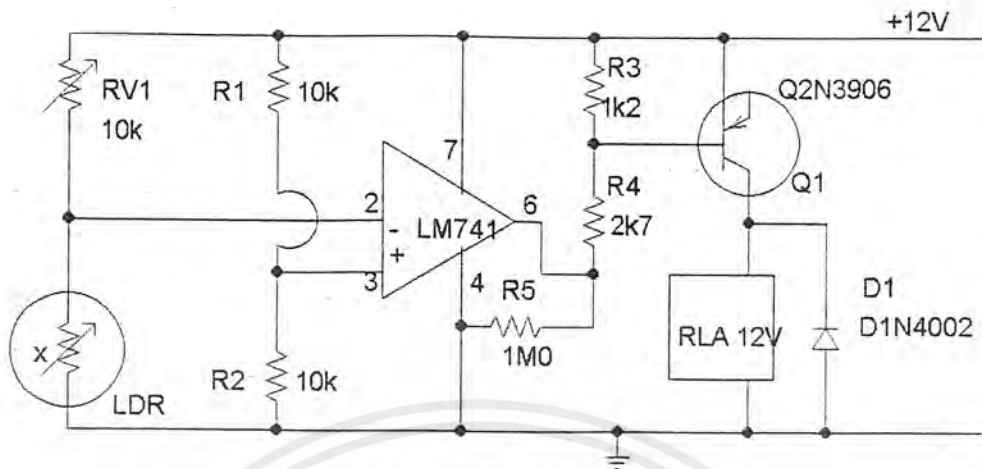
การตรวจจับทิศทางและตำแหน่งของดวงอาทิตย์นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง” (LDR – Light Decrease Resistor) โดยติดตั้งอยู่ที่กึ่งกลางด้านนอกของขอบริมทั้ง 4 ด้านของแผงรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกมาก รังสีที่ตกกระทบลงบนพื้นโลกจึงมีลักษณะเกือบจะขนานกัน หรือไม่สามารถอ้างว่าแสงเหล่านี้มาจากแหล่งกำเนิดจุดเดียว ดังนั้นสูตรที่อ้างว่าความเข้มแสงแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง จึงนำมาใช้ไม่ได้ หรือในทางกลับกัน ถ้าถือว่าดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงจุดเดียว ระยะทางที่แสงตกลงมาบนชุดตรวจจับเกือบเท่ากัน ดังนั้น เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมเอียงไปเท่าไร ความเข้มแสงของแสงบนตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงแต่ละตัวจะมีค่าเท่าๆ กัน

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการอื่น ๆ ที่ทำให้ความเข้มแสงของแสงบนตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยถ้าเรานำฉากกั้นมาบังตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงแต่ละตัวในแต่ละทิศทางเราจะได้ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่จะส่งสัญญาณเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบในแต่ละแนวแกน



รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบการรับแสงอาทิตย์ของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงในแต่ละแนวแกน



รูปที่ 3.10 วงจรที่ใช้ตัดต่อการทำงานเมื่อไม่ได้รับแสง
ของชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวแกนต่าง ๆ

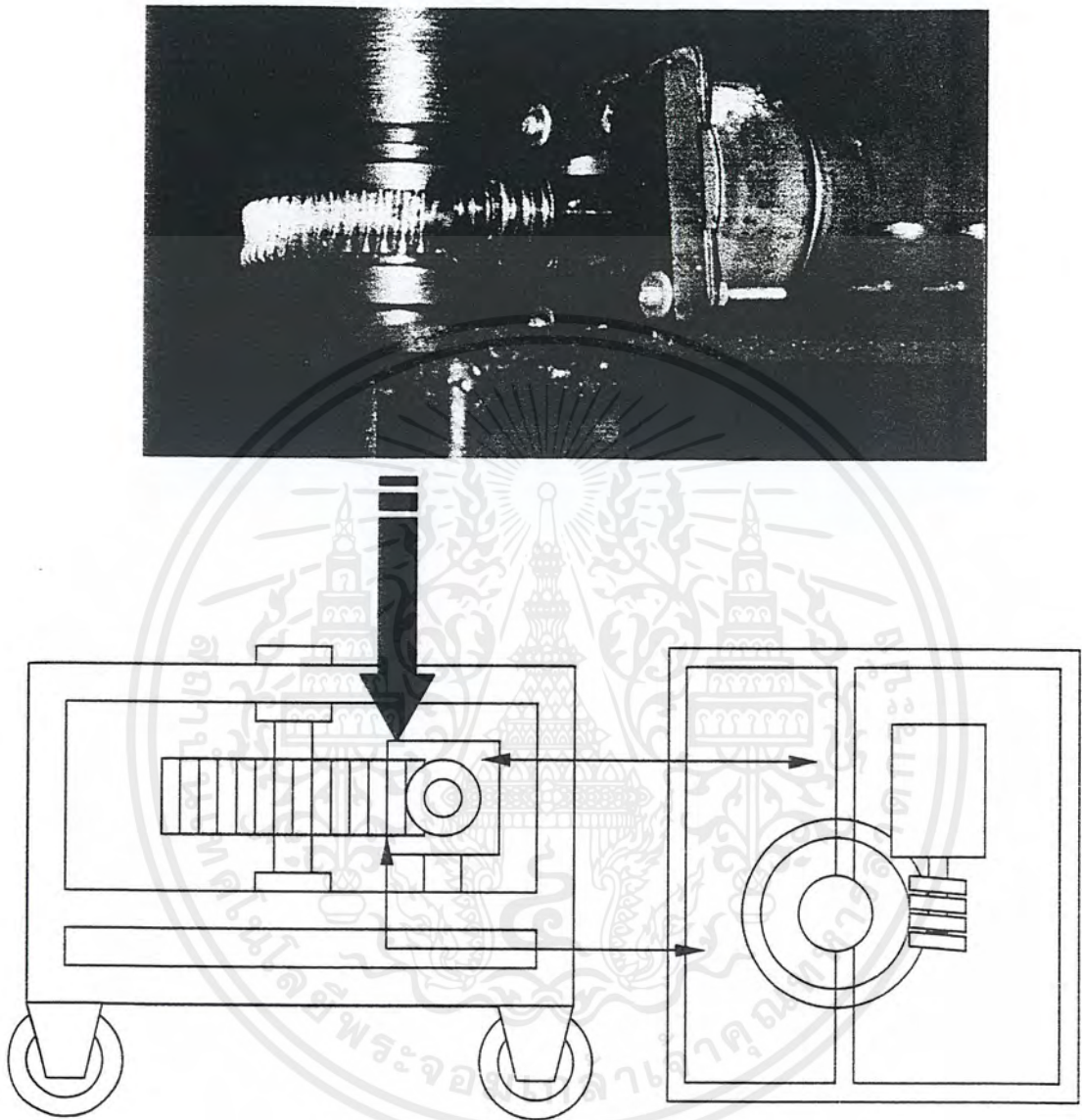
3.7 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อน

ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแบ่งการขับเคลื่อนออกเป็น 2 แนวแกน

1. การเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. การเคลื่อนที่ปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.7.1 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

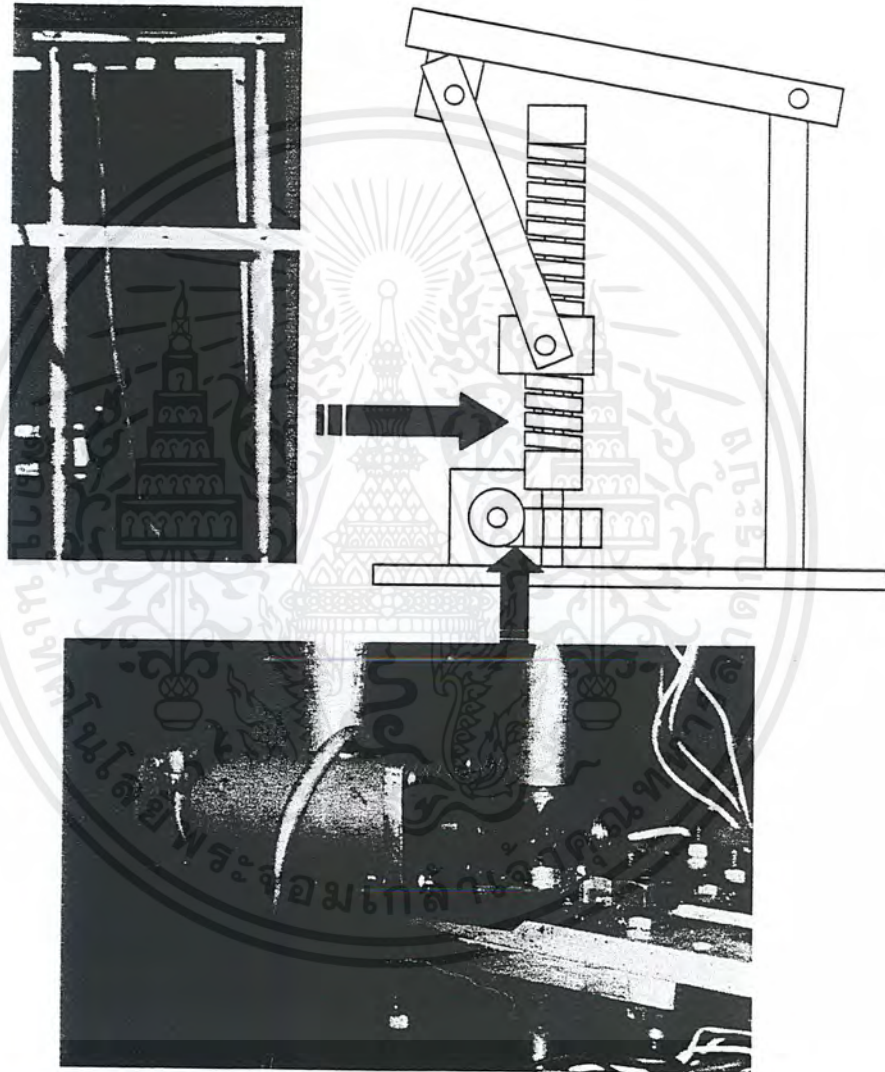
ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการเคลื่อนที่หมุนนั้น จะใช้แรงบิดที่จะส่งไปยังส่วนเคลื่อนที่หมุนน้อย เนื่องจากการเคลื่อนที่หมุนนั้นไม่ได้รับแรงกดจากน้ำหนักของระบบโดยตรง และในระบบจะมีตลับลูกปืน (Baring) ติดตั้งไว้กับแกนเพลลาเพื่อลดแรงเสียดทานในการหมุน และไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่หมุนสูง เพราะดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแนวโคจรทุก 1 องศา ในเวลา 4 นาที จึงเลือกใช้มอเตอร์ที่มีชุดเฟืองทดในตัวเอง มีพิกัด กำลังไฟฟ้า 120 W แรงดันไฟฟ้า 24 V ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที ซึ่งจะมีความเร็วรอบต่ำเมื่อนำมาใช้ในระบบแรงดัน 12 V ประกอบกับชุดเฟืองที่ใช้ภายนอกซึ่งมีอัตราทด 1/60 ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งซ้าย / ขวา อยู่ในอัตรา 1.3 รอบ/นาที



รูปที่ 3.11 การติดตั้งดีซี มอเตอร์ที่มีชุดเฟืองทดในตัวเอง เข้ากับชุดเฟืองทด 1/60 โดยมองจาก
ด้านหน้า และ ด้านบน ในชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่หมุน
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
 ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ปรับมุมเอียงให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา นั้น จะใช้ดีซี มอเตอร์ขนาดที่พิกัด กำลังไฟฟ้า 60 W แรงดันไฟฟ้า 12 V

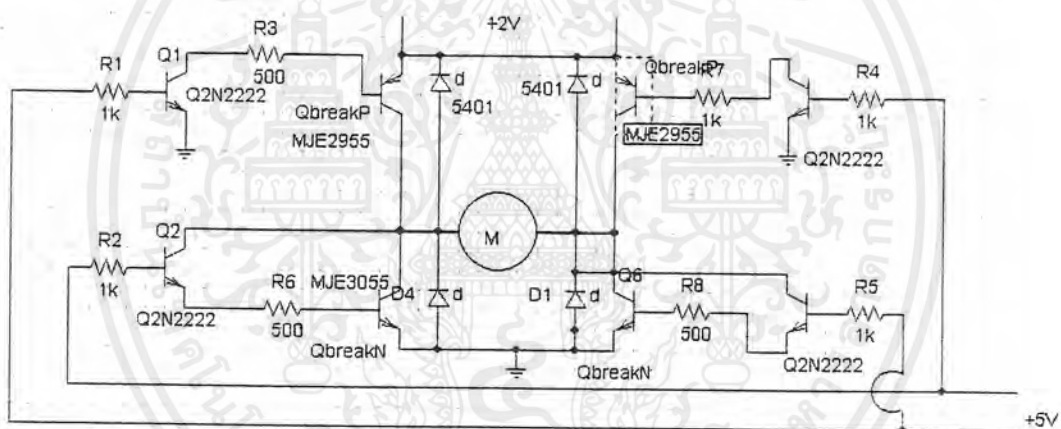


รูปที่ 3.12 การติดตั้งดีซี มอเตอร์ประกอบเข้ากับชุดเฟืองทดแรง 1/24 และเฟืองรีด ในชุดต้นกำลังเคลื่อนที่ในการปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที เนื่องจาก ดีซี มอเตอร์นั้นมีแรงบิดขณะเริ่มต้นสูง และสามารถควบคุมตำแหน่งหยุดหมุนได้ง่าย ซึ่งจะประกอบเข้ากับชุดเฟืองทดแรง 1/24 และเฟืองรีด เป็นอุปกรณ์ลดแรงบิดของดีซี มอเตอร์ ทำให้ดีซี มอเตอร์ สามารถเคลื่อนที่ยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ และทำให้กระแสที่ใช้ขับมอเตอร์มีขนาดลดลงซึ่งเมื่อประกอบเข้ากับชุดเฟืองแล้ว สามารถดันให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยกขึ้นในแนวตั้งในอัตรา 51.85 เซนติเมตร/นาที และดึงให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กลงในแนวตั้งประมาณ 60.86 เซนติเมตร/นาที

วงจรที่ใช้ในการขับเคลื่อนดีซี มอเตอร์ นั้นจะใช้แรงดันไฟควบคุมการทำงานได้ตั้งแต่ 12 ถึง 24 V ใช้สัญญาณแรงดัน 5 V เป็นตัวควบคุมทิศทางและเวลาการหมุน (ซึ่งสามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนโดยเปลี่ยนขั้วการป้อนสัญญาณ)

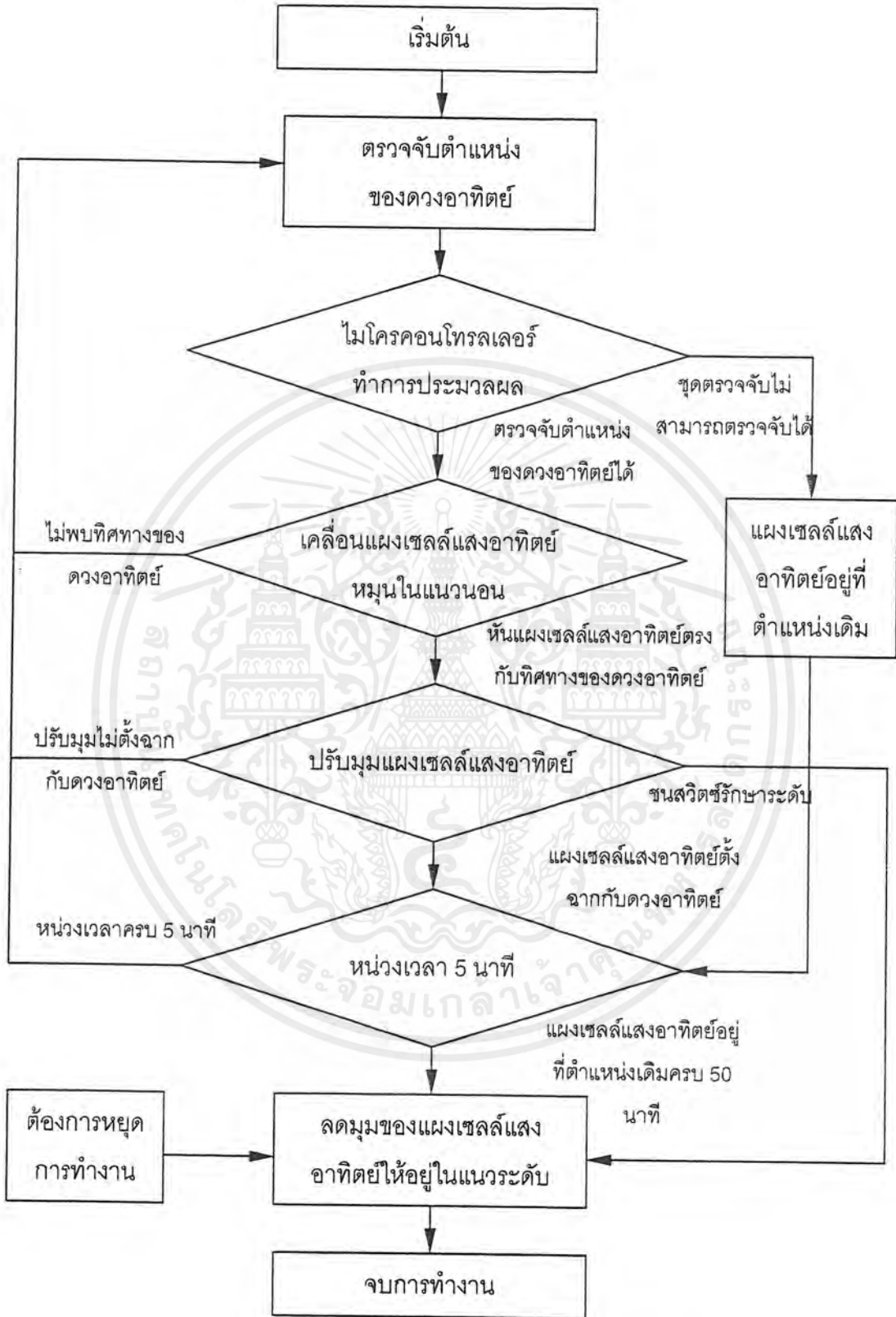


รูปที่ 3.13 วงจรขับเคลื่อนดีซี มอเตอร์

3.8 ชุดควบคุมการทำงานของระบบ

การควบคุมการทำงานของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้นจะใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F84 ซึ่งมีขนาดเล็ก ใช้คำสั่งในการควบคุมน้อยประมาณ 33 คำสั่ง ช่วงเวลาการทำงานเร็ว ราคาถูก ใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) ซึ่งสามารถลบได้ด้วยไฟฟ้าจึงสามารถทำการโปรแกรมได้หลายครั้ง เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานเฉพาะด้าน การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 นั้นจะใช้งานคู่กับแผงเบสิค แสตมป์ (Basic Stamp V.2) และการควบคุมโดยใช้ไมโคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 โฟล์วชาร์ตการออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรลเลอร์นั้นจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าวงจรเปรียบเทียบทั่ว ๆ ไป ในส่วนการออกแบบโปรแกรมจะใช้แนวคิดตามโฟลว์ชาร์ท ตามที่แสดงในรูปที่ 3.14

การกำหนดพอร์ต (Port) ข้อมูลเข้าออกของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะกำหนดให้เป็นดังนี้

พอร์ต RA0 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณที่มาจาก ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ชุด D

พอร์ต RA1 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณที่มาจาก ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ชุด C

พอร์ต RA2 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณที่มาจาก ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ชุด B

พอร์ต RA3 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณที่มาจาก ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ชุด A

พอร์ต RA4 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณของสวิตช์รักษาระดับด้านล่าง

พอร์ต RB0 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณของสวิตช์รีเซต (Reset)

พอร์ต RB1 กำหนดให้เป็น ทางออกสัญญาณควบคุมดีซี มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนการหมุน

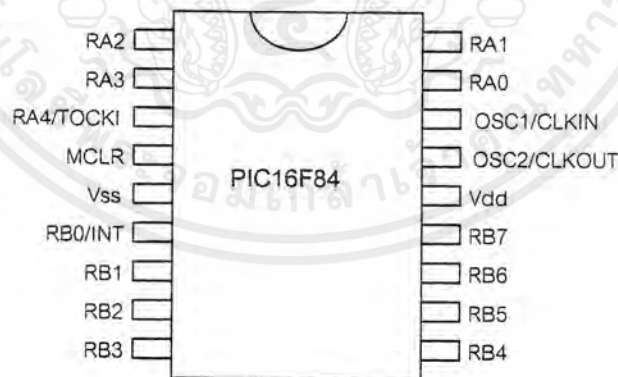
พอร์ต RB2 กำหนดให้เป็น ทางออกสัญญาณควบคุมดีซี มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนการหมุน

พอร์ต RB3 กำหนดให้เป็น ทางออกสัญญาณควบคุมดีซี มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนการปรับมุม

พอร์ต RB4 กำหนดให้เป็น ทางออกสัญญาณควบคุมดีซี มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนการปรับมุม

พอร์ต RB5 กำหนดให้เป็น ทางออกสัญญาณป้อนให้หลอดไฟแสดงการผิดปกติของระบบ

พอร์ต RB6 กำหนดให้เป็น ทางเข้าสัญญาณของสวิตช์รักษาระดับด้านบน



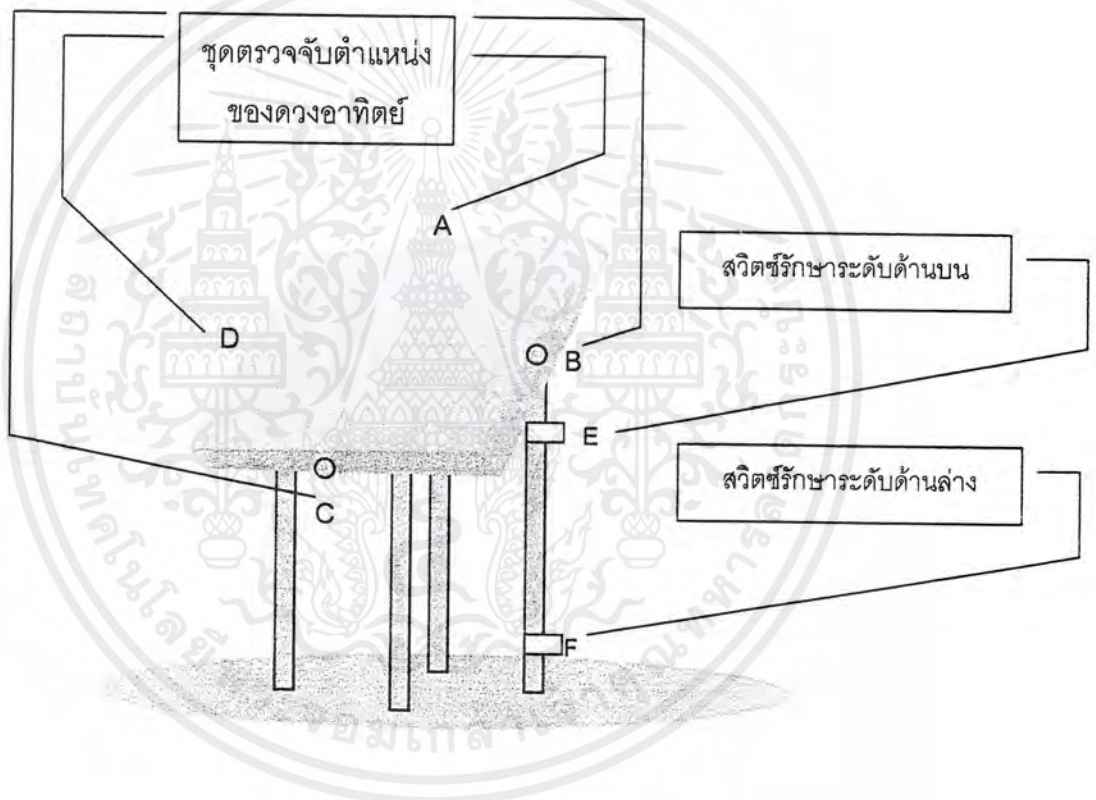
รูปที่ 3.15 การจัดขาไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

ซึ่ง โปรแกรมที่ออกแบบนั้นสามารถควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์แสดงในตารางที่ 3.1 โดยแบ่งลักษณะการตรวจจับออกเป็นกรณีต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริง โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากชุดตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ทุก ๆ 5 นาที (เนื่องมาจากดวงอาทิตย์เปลี่ยนวงโคจร 1 องศา ใช้เวลาประมาณ 4 นาที และเพื่อให้แผงได้รับพลังงานที่จุดนั้นได้เต็มที่โดยไม่ต้องสูญเสียพลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์ตลอดเวลา) ส่วนสวิทซ์รักษาระดับและสวิทซ์รีเซตนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าได้ตลอดเวลา

ตำแหน่งของการติดตั้งชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสวิทซ์รักษาระดับแสดงไว้ในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ตำแหน่งการติดตั้งชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสวิทซ์รักษาระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ สวิตช์รักษาระดับและ สวิตช์รีเซต							การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
A RA3	B RA2	C RA1	D RA0	E RB6	F RA4	G RB0	
0	0	0	0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์หยุดนิ่งอยู่ตำแหน่งเดิม
X	X	X	X	X	X	1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ลงไปยังอยู่ในแนวระดับ (ชนสวิตช์ F) หลอดไฟแสดงผลความผิดปกติ
X	X	X	X	1	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ลงไปยังอยู่ในแนวระดับ (ชนสวิตช์ F) หลอดไฟแสดงผลความผิดปกติ
X	X	X	X	0	0	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมที่ทำกับ แนวระดับให้มากขึ้น
0	0	1	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางซ้าย
0	1	1	0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางขวา
0	1	1	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมที่ทำกับแนวระดับมากขึ้น
1	0	0	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางซ้าย
1	0	1	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางซ้าย
1	1	0	0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางขวา
1	1	0	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดมุมที่ทำกับแนวระดับลง
1	1	1	0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางขวา
1	1	1	1	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์หยุดนิ่งอยู่ตำแหน่งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- 1 : ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้รับแสงอาทิตย์
สวิตซ์รักษาระดับด้านบนทำงาน
สวิตซ์ตรวจจับด้านล่างไม่ทำงาน
- 0 : ชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงอาทิตย์
สวิตซ์รักษาระดับด้านล่างทำงาน
สวิตซ์รักษาระดับด้านบนไม่ทำงาน

**ตารางที่ 3.1 รูปแบบการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์**

การต่อขาสัญญาณออกของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับดีซี มอเตอร์แต่ละตัวนั้นต้อง
พิจารณาตามตารางที่ 3.2

ช่องสัญญาณที่ออกจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์				ลักษณะการทำงาน
RB4	RB3	RB2	RB1	
0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางซ้าย
0	0	1	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปทางขวา
1	0	0	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมที่ทำกับแนวระดับมากขึ้น
0	1	0	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมที่ทำกับแนวระดับลดลง
0	0	0	0	แผงเซลล์แสงอาทิตย์คงที่ตำแหน่งเดิม

ตารางที่ 3.2 การต่อขาสัญญาณออกของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับดีซี มอเตอร์

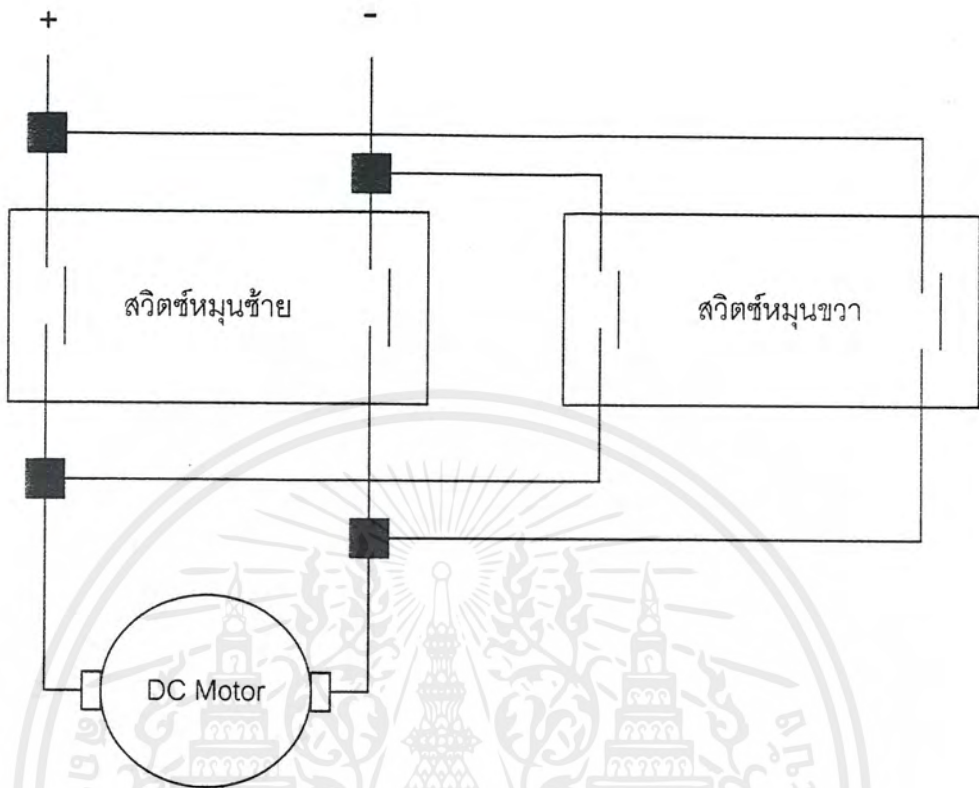
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางเหตุการณ์ที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์เกิดความสับสนขึ้น ได้แก่ เมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์ในช่วงการรับค่าจากชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

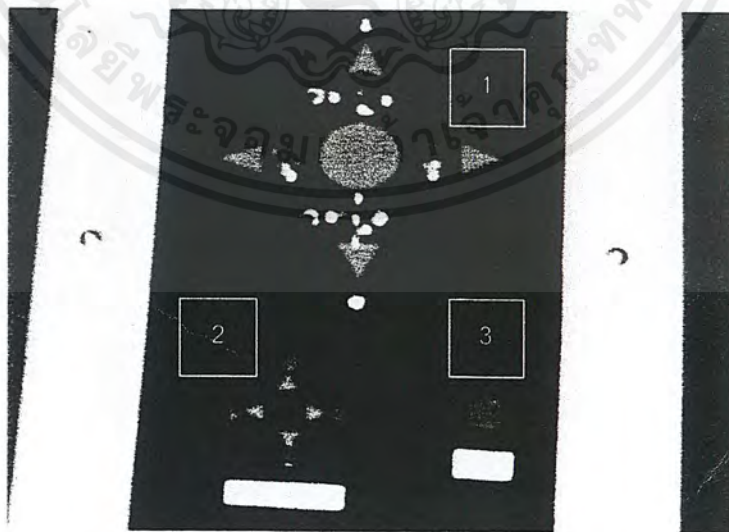
1. เมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์ทำให้ไม่มีแสงอาทิตย์ลอดผ่านออกมา เหตุการณ์นี้ชุดตรวจจับทั้ง 4 จะมีส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น 0 หหมด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์คงตำแหน่งไว้ แล้วหน่วงเวลาไว้ 5 นาที จึงรับค่าจากชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ใหม่ ถ้าชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ยังส่งค่าเป็น 0 หหมดทุกตัวอีก ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งงานให้แผงคงตำแหน่งเดิมไว้อีก แล้วหน่วงเวลาไว้ 5 นาที ถ้าเกิดการวนรอบซ้ำ ๆ อย่างนี้ ครบ 10 ครั้ง (เวลาประมาณ 50 นาที) นั้นอาจหมายความว่า เวลานั้นอาจเป็นช่วงเวลาดวงอาทิตย์ตกดิน หรือเวลาใกล้ฝนตก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานให้ระบบทำการปิดตัวเอง

2. เมฆเคลื่อนที่มาบังดวงอาทิตย์แต่มีแสงบางส่วนรอดมาผ่านมา จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนไปหาจุดที่มีความเข้มแสงมากที่สุด เมื่อเมฆเคลื่อนที่ผ่านดวงอาทิตย์ไป แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งที่ตั้งจากกับดวงอาทิตย์ แต่เหตุการณ์เช่นนี้ระบบต้องสูญเสียพลังงานไปในกระบวนการขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งการแก้ปัญหาสามารถทำได้คือ เพิ่มความเข้มแสงให้ชุดตรวจจับได้เพียงวิธีเดียวเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เคลื่อนที่ไปหาจุดที่มีความเข้มแสงต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่ก็ยังเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมนัก

ซึ่งจากเหตุการณ์ข้างต้นทำให้ต้องมีระบบบังคับการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยมือ ซึ่งจะให้คิซี มอเตอร์รับแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยตรง สามารถควบคุมทิศทางได้โดยอาศัยการกลับขั้วป้อนแรงดันของคิซี มอเตอร์

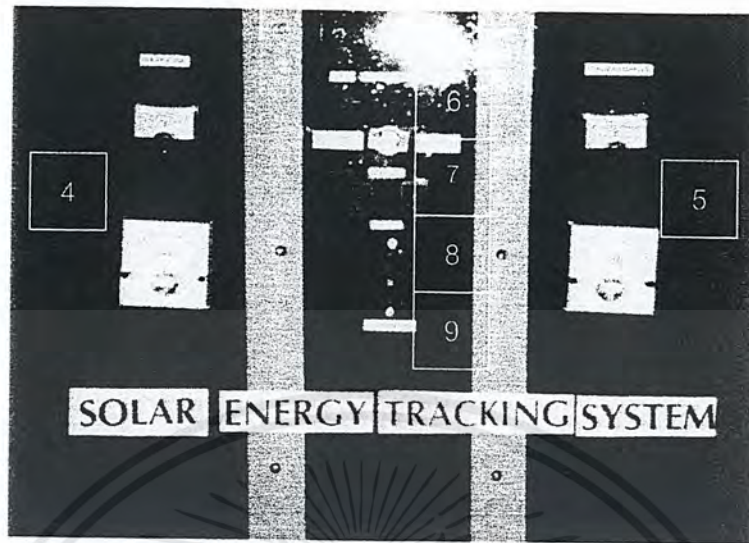


รูปที่ 3.17 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ด้วยการบังคับมือ



รูปที่ 3.18 แผงควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. แผงควบคุมทิศทางและตำแหน่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบบังคับด้วยมือ
2. หลอดไฟแสดงการทำงานของชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อมีการบังเงาเกิดขึ้น
3. สวิตช์รีเซต
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
5. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่เข้าสู่แบตเตอรี่
6. หลอดไฟแสดงการทำงาน
7. สวิตช์เลือกการควบคุมแบบบังคับด้วยมือกับการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
8. สวิตช์ตัดต่อการควบคุมมอเตอร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์
9. เมนสวิตช์

รูปที่ 3.18 แผงควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ (ต่อ)

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองหาขนาดมุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่

การทดลองนี้ทำเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ได้รับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับค่ามุมต่าง ๆ ที่แผงกระทำกับพื้นระนาบ และเพื่อเปรียบเทียบการรับพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มีขนาดมุมต่าง ๆ ที่กระทำกับพื้นระนาบ โดยจะทำการวิเคราะห์จากแรงดันเปิดวงจร (V_{oc}) และกระแสลัดวงจร (I_{sc}) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาทดลอง ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. ซึ่งสถานที่ทำการทดลองนั้นจะกระทำที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งตั้งอยู่ที่เส้นละติจูด 15 องศาเหนือ ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะทำการทดลองจะต้องหันด้านรับแสงไปทางทิศใต้

4.1.1 วิธีการทดลอง

1. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 3 แผง ซึ่งแต่ละแผงจะทำมุมกับพื้นในแนวระดับ 15 องศา, 20 องศา และ 25 องศา ตามลำดับ โดยหันด้านรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้
2. ทำการวัดแรงดันเปิดวงจร และกระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง โดยจะทำการวัดตั้งแต่ 07.00 น. ถึง 17.00 น. ทุก ๆ 1 ชั่วโมง
3. นำค่าแรงดันเปิดวงจร และค่ากระแสลัดวงจรมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่มีขนาดมุมที่กระทำกับพื้นระนาบแตกต่างกัน

4.1.2 ผลการทดลอง

การทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1

เวลา	Voc (V)	Isc(A)	Power (W)
7.00	17.5	0.29	5.075
8.00	18.6	0.84	15.624
9.00	18.5	1.64	30.34
10.00	18.2	1.92	34.944
11.00	18	2.18	39.24
12.00	17.9	2.22	39.738
13.00	18	1.98	35.64
14.00	17.5	1.75	30.625
15.00	18	1.1	19.8
16.00	17.6	0.69	12.144
17.00	16.5	0.21	3.465

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุม 15 องศา กับพื้นระนาบ

การทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 20 องศา ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.2

เวลา	Voc (V)	Isc(A)	Power (W)
7.00	17.5	0.27	4.725
8.00	18.6	0.85	15.81
9.00	18.5	1.55	28.675
10.00	18.3	1.82	33.306
11.00	18.5	2.04	37.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา	Voc (V)	Isc(A)	Power (W)
12.00	17.8	2.06	36.668
13.00	18	1.86	33.48
14.00	17.5	1.65	28.875
15.00	17.5	1.3	22.75
16.00	17.5	0.6	10.5
17.00	16.5	0.19	3.135

**ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุม 20 องศาับพื้นโลก**

การทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้นโลก 25 องศา ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3

เวลา	Voc (V)	Isc(A)	Power (W)
7.00	17.5	0.26	4.55
8.00	18.5	0.81	14.985
9.00	18.5	1.42	26.27
10.00	18.3	1.69	30.927
11.00	18	1.81	32.58
12.00	18	1.92	34.56
13.00	17.5	1.7	29.75
14.00	17.5	1.43	25.025
15.00	17.5	0.92	16.1
16.00	17.4	0.57	9.918
17.00	16.2	0.18	2.916

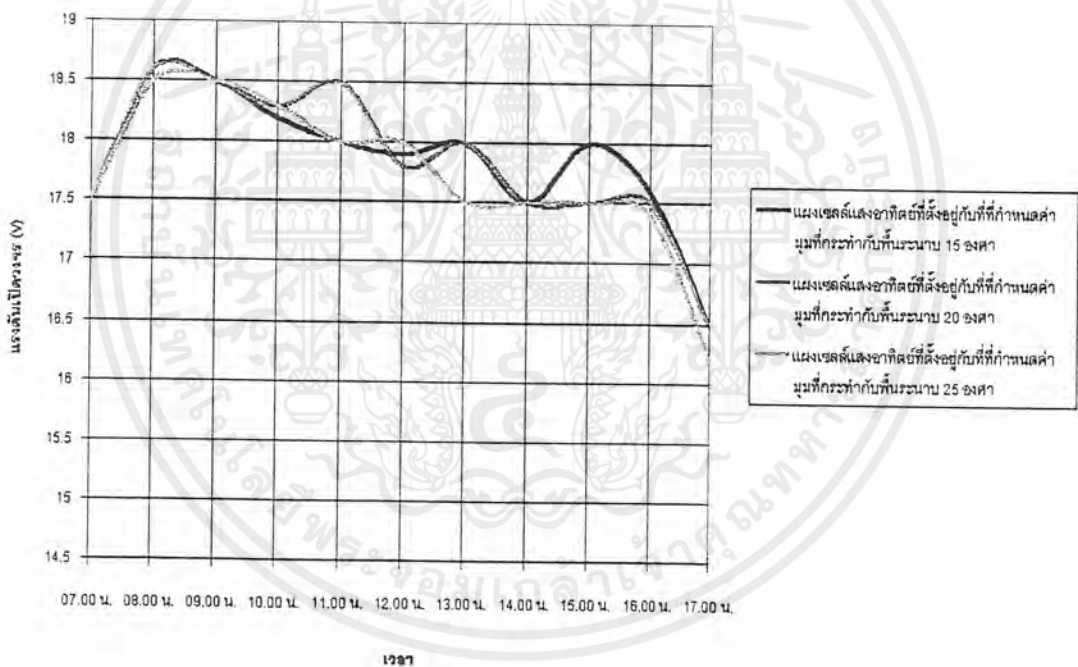
**ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุม 25 องศาับพื้นระนาบ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 รูปแบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมที่กระทำกับพื้นโลก สามารถนำมาเขียนกราฟเพื่อนำมาเปรียบเทียบการรับพลังงานได้ดังนี้

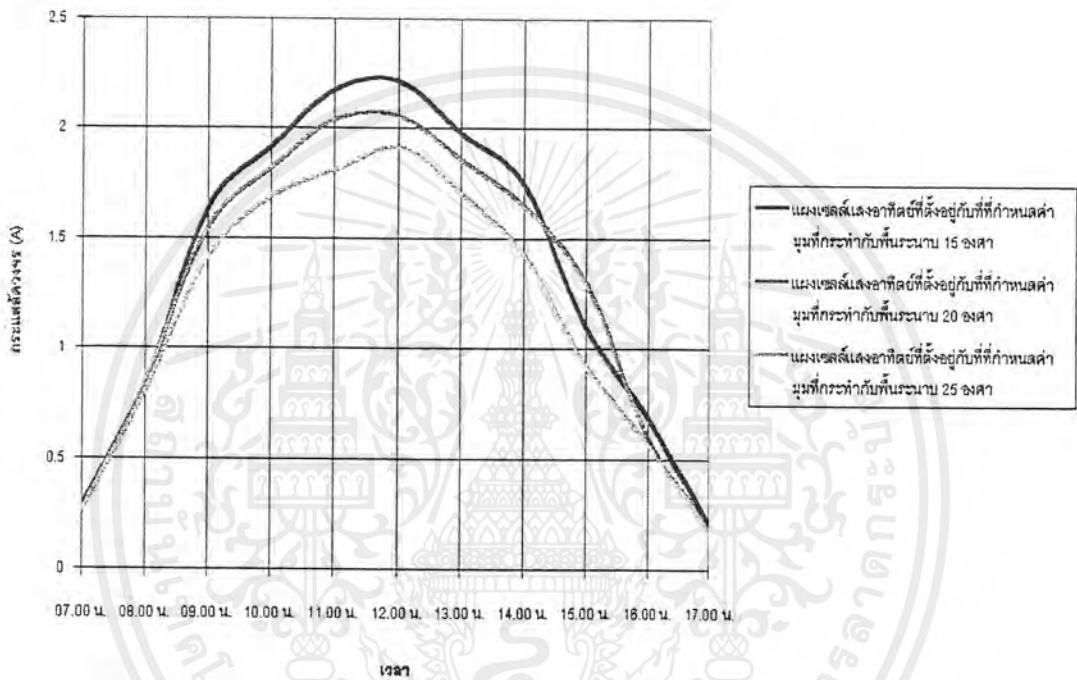
4.1.3.1 กราฟระหว่างแรงดันเปิดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมติดตั้งทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 4.1 กราฟระหว่างแรงดันเปิดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำกรทดลอง ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่กระทำกับพื้นระนาบ 15, 20, 25 องศา

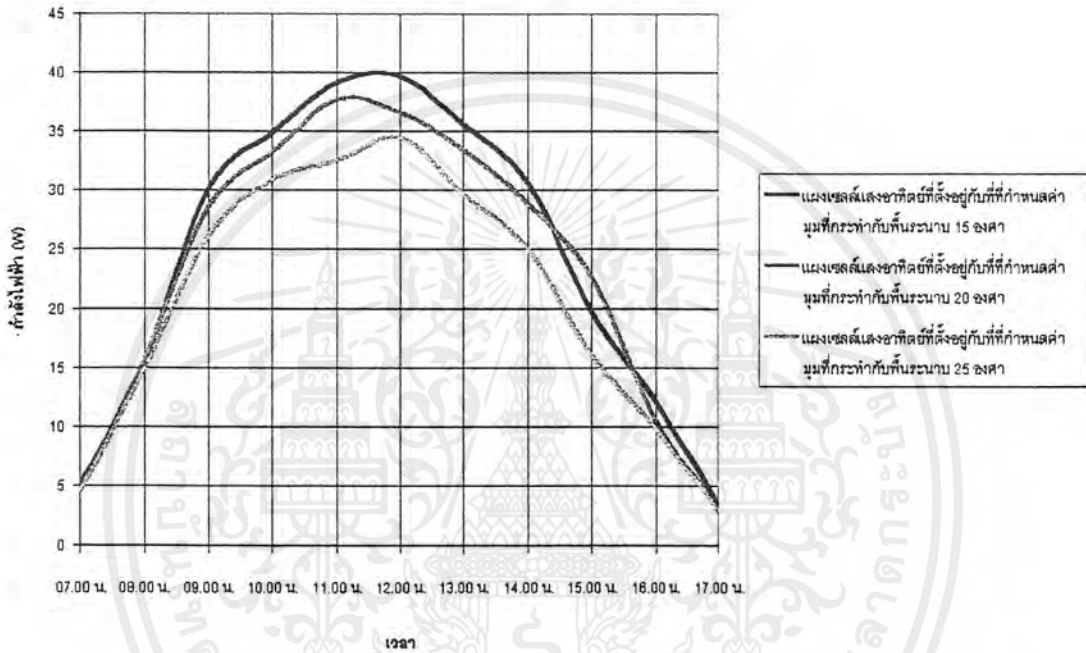
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 กราฟระหว่างกระแสลัดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมติดตั้งทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 4.2 กราฟระหว่างกระแสลัดวงจรกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ทำการทดลองตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่กระทำกับพื้นระนาบ 15 ,20,25 องศา

4.1.3.3 กราฟระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามุมติดตั้งทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 4.3 กราฟระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 07.00 น. ถึง 17.00 น. โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตั้งอยู่กับที่ หันแผงไปทางทิศใต้ กำหนดค่ามุมคงที่ที่กระทำกับพื้นระนาบ 15, 20, 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณากราฟระหว่างแรงดันเปิดวงจรกับเวลา จะเห็นว่าแรงดันเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดมุมเอียงที่กระทำกับพื้นระนาบทั้ง 3 รูปแบบนั้น แทบไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากว่าแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมุมเอียงในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบการรับพลังงานได้

เมื่อพิจารณาจากกราฟระหว่างกระแสลัดวงจรกับเวลา และกราฟระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา จะเห็นว่ามิลักษณะรูปภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่ากระแสลัดวงจรและกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดมุมเอียงที่กระทำกับพื้นระนาบ 15 องศา มีค่ามากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับพลังงานได้มากที่สุด ส่วนกระแสลัดวงจรและกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดมุมเอียงที่กระทำกับพื้นระนาบ 25 องศา จะมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 14.00 น. และจะเห็นชัดเจนมากที่สุดในเวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ที่ค่า แอร์แมส เท่ากับ 1 พอดี

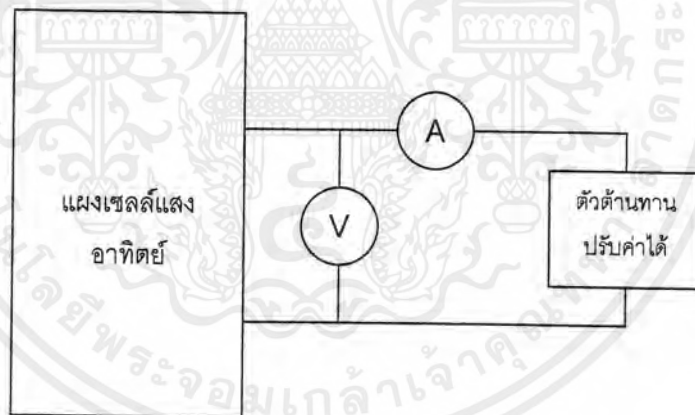
ซึ่งจากผลการทดลองเราสามารถสรุปได้ว่า มุมเอียงที่เหมาะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่กระทำกับพื้นระนาบควรจะเป็นมุมของเส้นละติจูดที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งก็คือมุม ที่ 15 องศา ของการทดลองนี้

4.2 การทดลองเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด กับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชุดควบคุมให้เป็นระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ซึ่งการทดลองนี้ทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งตั้งอยู่ที่เส้นละติจูด 15 องศาเหนือ ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่จะต้องทำมุมเอียงกับพื้นระนาบ 15 องศา หันด้านรับแสงไปทางทิศใต้ เพื่อให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด

4.2.1 วิธีการทดลอง

1. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง ซึ่งต่อขนานกัน วางท่ามุมกับพื้นระนาบ 15 องศา และหันด้านรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้
2. ค่อยๆ ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ปรับตัวต้านทานให้มีค่าต่าง ๆ แล้ว วัดค่า แรงดัน และกระแสที่ตัวต้านทานปรับค่าได้
3. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง ซึ่งต่อขนานกัน ติดตั้งเข้ากับชุดเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์
4. ค่อยๆ ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ปรับตัวต้านทานให้มีค่าต่าง ๆ แล้ว วัดค่า แรงดัน และกระแสที่ตัวต้านทานปรับค่าได้
5. เปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 4.4 การทดลองเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ตั้งอยู่กับที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

การทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.4 , ตารางที่ 4.5 , ตารางที่ 4.6

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	4.8
2	4	4.6
3	6	4.4
4	8	4.2
5	10	4.0
6	12	4.1
7	14	3.9

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 13.30 น.

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	4.2
2	4	4
3	6	3.9
4	8	3.6
5	10	3.4
6	12	3.2
7	14	1.7

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	3.6
2	4	3.5
3	6	3.4
4	8	2.9
5	10	2.6
6	12	2.5
7	14	1.7

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.30 น.

การทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยน
ตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.7 , ตารางที่ 4.8 , ตารางที่ 4.9

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	4.7
2	4	4.4
3	6	4.2
4	8	4.15
5	10	4.1
6	12	4
7	14	3.65

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 13.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	5.1
2	4	5
3	6	4.8
4	8	4.7
5	10	4.6
6	12	4.5
7	14	2.6

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 14.00 น.

ลำดับ	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	2	5.3
2	4	5.2
3	6	5
4	8	4.9
5	10	4.8
6	12	4.5
7	14	2.6

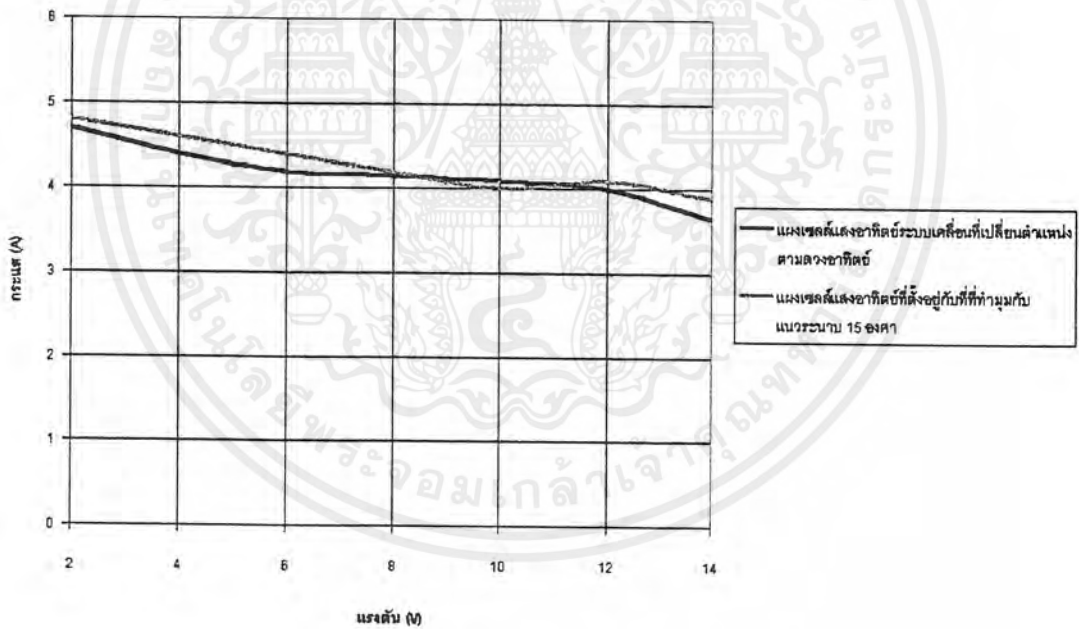
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองหาค่ากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ที่เวลา 14.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองหากระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด เพื่อเปรียบเทียบการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้ง 2 แบบ สามารถนำมาเขียนกราฟเพื่อนำมาเปรียบเทียบได้ดังนี้

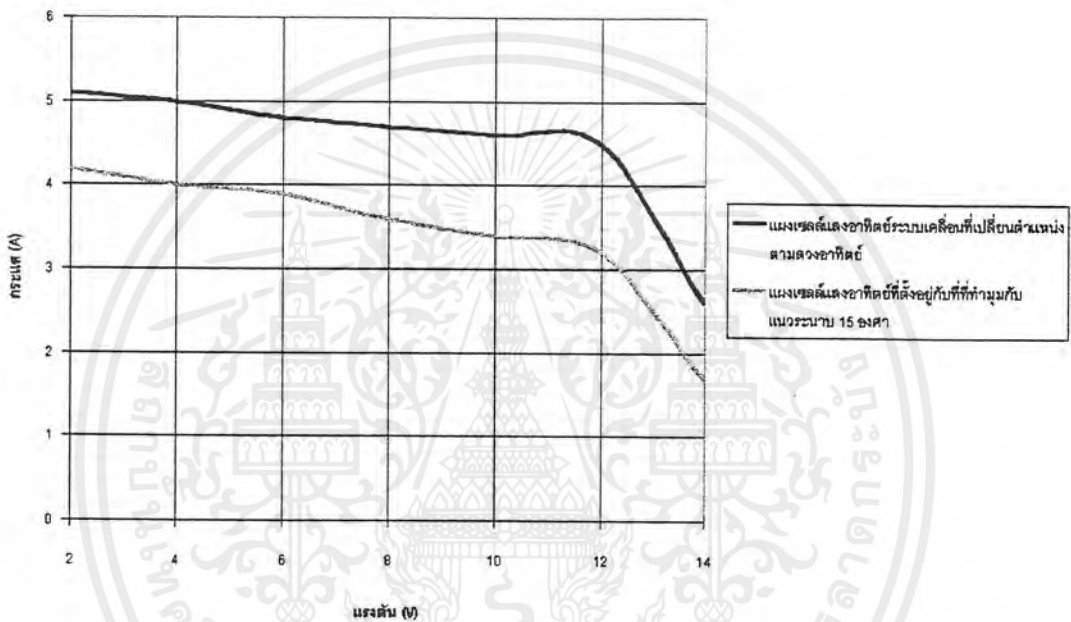
4.2.3.1 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 13.30 น.



รูปที่ 4.5 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 13.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

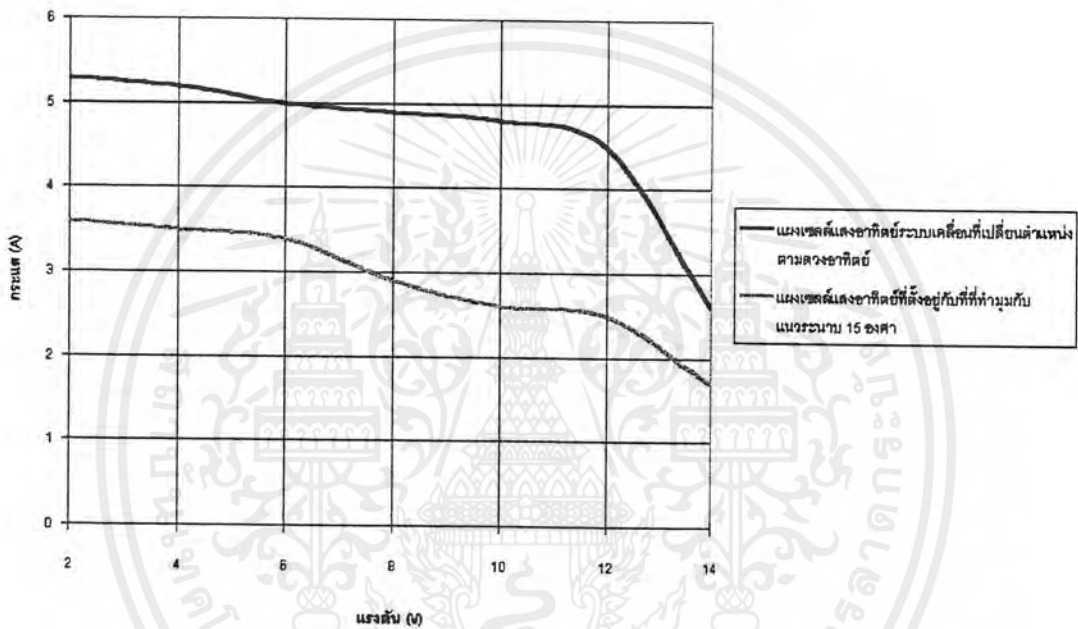
4.2.3.2 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.00 น.



รูปที่ 4.6 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.3 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.30 น.



รูปที่ 4.7 กราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ที่เวลา 14.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

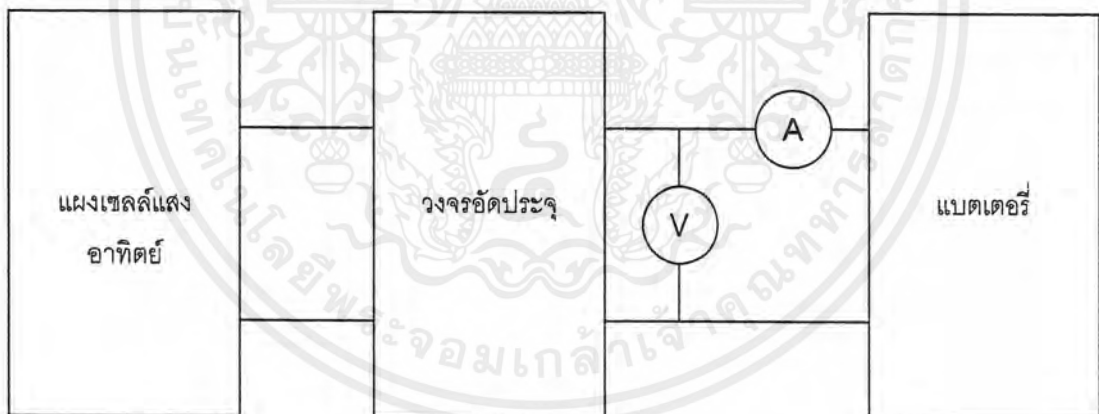
เมื่อพิจารณาจากกราฟระหว่างแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่เลือกทำการทดลองในเวลา 13.30 น. 14.00น. 14.30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์มีค่าใกล้เคียง แอร์แมส เท่ากับ 1 โดยจะเห็นได้ว่าที่แรงดันเดียวกัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้นจะมีค่ากระแสมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา แต่ที่เวลา 13.30 น. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศาจะมีค่ากระแสมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจเป็นเพราะวันที่ทำการทดลองมุมเอคลิปติกมีค่าเท่ากับ 0 องศาพอดี ดังนั้นที่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เข้าใกล้แอร์แมส เท่ากับ 1 นั้นจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา มีการจ่ายกระแสมากที่สุด ประกอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์อาจเกิดการผิดพลาดในการตรวจจับทิศทางและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถรับพลังงานได้มากที่สุดก็ต่อเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมด้านรับแสงตั้งฉากกับดวงอาทิตย์

4.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด ซึ่งการทดลองนี้ทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งตั้งอยู่ที่เส้นละติจูด 15 องศาเหนือ ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่จะต้องทำมุมเอียงกับพื้นระนาบ 15 องศา ด้านรับแสงไปทางทิศใต้ เพื่อให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด และในการทดลองจะทำการเปรียบเทียบพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในแบตเตอรี่ ซึ่งจะวัดออกมาอยู่ในรูปค่า วัตต์- ชั่วโมง (W-h) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ

4.3.1 วิธีการทดลอง

1. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง ซึ่งต่อขนานกัน วางท่ามุมกับพื้นระนาบ 15 องศา และหันด้านรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ ต่อวงจรตามรูปที่ 4.8 วัดค่าแรงดัน และกระแสที่วงจรอัดประจุจ่ายให้แบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. ทุก ๆ 30 นาที บันทึกผล
2. นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2 แผง ซึ่งต่อขนานกัน ติดตั้งเข้ากับชุดเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ต่อวงจรตามรูปที่ 4.8 วัดค่าแรงดัน และกระแสที่วงจรอัดประจุจ่ายให้แบตเตอรี่ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. ทุก ๆ 30 นาที บันทึกผล
3. เปรียบเทียบและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 4.8 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด

4.3.2 ผลการทดลอง

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.10

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	1.85	14.08	13.02
8.30 - 9.00	2.08	14.54	15.12
9.00 - 9.30	2.28	14.88	16.96
9.30- 10.00	2.33	14.89	17.35
10.00 -10.30	2.53	14.85	18.79
10.30 - 11.00	2.55	14.92	19.02
11.00 - 11.30	2.58	14.96	19.30
11.30 - 12.00	2.55	14.9	19.00
12.00 - 12.30	2.62	14.92	19.55
12.30- 13.00	2.65	14.96	19.82
13.00 - 13.30	2.62	14.87	19.48
13.30 - 14.00	2.6	14.61	18.99
14.00- 14.30	2.52	14.4	18.14
14.30 - 15.00	2.35	14.23	16.72
15.00 - 15.30	2.12	14.1	14.95
15.30 - 16.00	1.85	13.74	12.71
16.00 - 16.30	1.52	12.86	9.77
16.30 - 17.00	1.15	12.27	7.06
17.00 - 17.30	0.56	11.75	3.29
17.30 - 18.00	0	11.68	0.00
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			299.04

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.11

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	2.28	14.18	16.17
8.30 - 9.00	2.48	14.64	18.15
9.00 - 9.30	2.47	14.72	18.18
9.30- 10.00	2.45	14.87	18.22
10.00 -10.30	2.52	14.9	18.77
10.30 - 11.00	2.55	14.87	18.96
11.00 - 11.30	2.58	14.96	19.30
11.30 - 12.00	2.58	14.98	19.32
12.00 - 12.30	2.62	15.04	19.70
12.30- 13.00	2.68	15.12	20.26
13.00 - 13.30	2.64	14.98	19.77
13.30 - 14.00	2.62	14.72	19.28
14.00- 14.30	2.58	14.42	18.60
14.30 - 15.00	2.41	14.32	17.26
15.00 - 15.30	2.35	14.16	16.64
15.30 - 16.00	2.27	13.76	15.62
16.00 - 16.30	2.14	12.87	13.77
16.30 - 17.00	1.87	12.43	11.62
17.00 - 17.30	0.98	11.86	5.81
17.30 - 18.00	0.00	11.65	0.00
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			325.41

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.12

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	1.85	14.24	13.17
8.30 - 9.00	2.15	14.32	15.39
9.00 - 9.30	2.34	14.45	16.91
9.30 - 10.00	2.48	14.52	18.00
10.00 - 10.30	2.5	14.74	18.43
10.30 - 11.00	2.64	14.86	19.62
11.00 - 11.30	2.72	15.32	20.84
11.30 - 12.00	2.92	15.78	23.04
12.00 - 12.30	2.98	15.94	23.75
12.30 - 13.00	3.05	16.13	24.60
13.00 - 13.30	3.01	16.12	24.26
13.30 - 14.00	2.89	15.87	22.93
14.00 - 14.30	2.74	15.32	20.99
14.30 - 15.00	2.55	14.85	18.93
15.00 - 15.30	2.43	14.5	17.62
15.30 - 16.00	2.22	13.57	15.06
16.00 - 16.30	2.15	12.55	13.49
16.30 - 17.00	1.87	12.26	11.46
17.00 - 17.30	1.62	11.78	9.54
17.30 - 18.00	0	11.2	0.00
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			348.03

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.13

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	2.5	14.25	17.81
8.30 - 9.00	2.62	14.41	18.88
9.00 - 9.30	2.68	14.45	19.36
9.30 - 10.00	2.74	14.62	20.03
10.00 - 10.30	2.83	14.79	20.93
10.30 - 11.00	2.84	14.97	21.26
11.00 - 11.30	2.84	15.35	21.80
11.30 - 12.00	2.96	16.08	23.80
12.00 - 12.30	3.1	16.12	24.99
12.30 - 13.00	3.15	16.21	25.53
13.00 - 13.30	3.15	16.25	25.59
13.30 - 14.00	2.96	16.08	23.80
14.00 - 14.30	2.9	15.47	22.43
14.30 - 15.00	2.76	14.94	20.62
15.00 - 15.30	2.61	14.65	19.12
15.30 - 16.00	2.3	13.58	15.62
16.00 - 16.30	2.12	12.66	13.42
16.30 - 17.00	1.96	12.15	11.91
17.00 - 17.30	1.5	12.09	9.07
17.30 - 18.00	0	11.2	0.00
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			375.95

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.14

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	1.74	13.84	12.04
8.30 - 9.00	2.05	13.95	14.30
9.00 - 9.30	2.12	13.98	14.82
9.30 - 10.00	2.24	14.24	15.95
10.00 - 10.30	2.36	14.35	16.93
10.30 - 11.00	2.48	15.08	18.70
11.00 - 11.30	2.55	15.24	19.43
11.30 - 12.00	2.6	15.72	20.44
12.00 - 12.30	2.69	16.12	21.68
12.30 - 13.00	2.62	16.05	21.03
13.00 - 13.30	2.54	16.04	20.37
13.30 - 14.00	2.48	15.93	19.75
14.00 - 14.30	2.32	15.54	18.03
14.30 - 15.00	2.25	14.95	16.82
15.00 - 15.30	2.18	13.72	14.95
15.30 - 16.00	2.04	13.58	13.85
16.00 - 16.30	2.03	12.95	13.14
16.30 - 17.00	1.84	12.72	11.70
17.00 - 17.30	0.25	11.75	1.47
17.30 - 18.00	0	11.64	0.00
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			305.40

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระดับ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543 ผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.15

เวลา	กระแส (A)	แรงดัน (V)	วัตต์ - ชั่วโมง (W - h)
8.00 - 8.30	2.25	13.94	15.68
8.30 - 9.00	2.42	14.21	17.19
9.00 - 9.30	2.45	14.25	17.46
9.30- 10.00	2.45	14.32	17.54
10.00 -10.30	2.53	14.42	18.24
10.30 - 11.00	2.52	15.14	19.08
11.00 - 11.30	2.58	15.32	19.76
11.30 - 12.00	2.65	15.75	20.87
12.00 - 12.30	2.69	16.32	21.95
12.30- 13.00	2.64	16.41	21.66
13.00 - 13.30	2.62	16.28	21.33
13.30 - 14.00	2.54	16.05	20.38
14.00- 14.30	2.52	15.68	19.76
14.30 - 15.00	2.48	15.24	18.90
15.00 - 15.30	2.42	13.92	16.84
15.30 - 16.00	2.05	13.65	13.99
16.00 - 16.30	2.04	12.98	13.24
16.30 - 17.00	2.02	12.87	13.00
17.00 - 17.30	1.08	11.84	6.39
17.30 - 18.00	0.18	11.75	1.06
วัตต์ - ชั่วโมง (รวม)			334.32

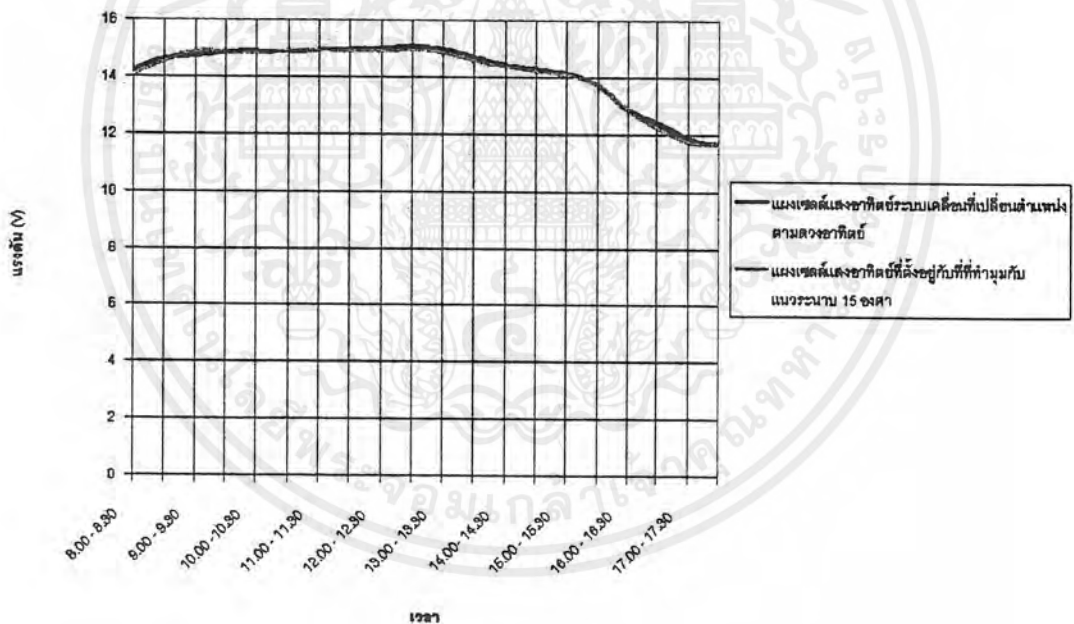
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองหาค่าวัตต์ - ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด ในวันที่ 22 มีนาคม 2543 ,วันที่ 29 มีนาคม 2543 , วันที่ 2 เมษายน 2543 ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 18.00 น. สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังนี้

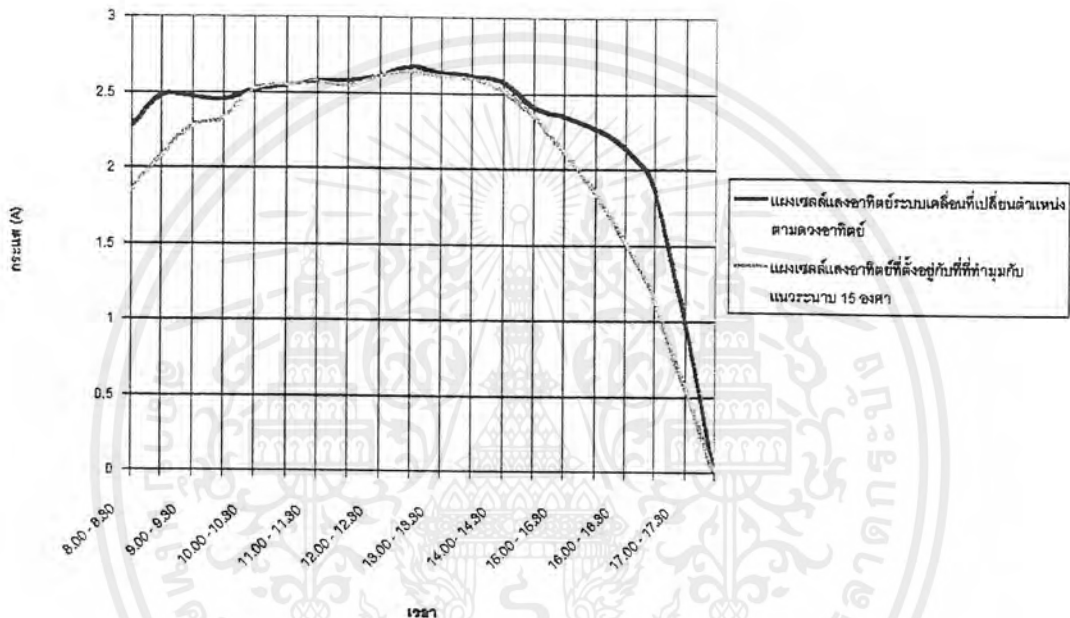
4.3.3.1 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.9 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

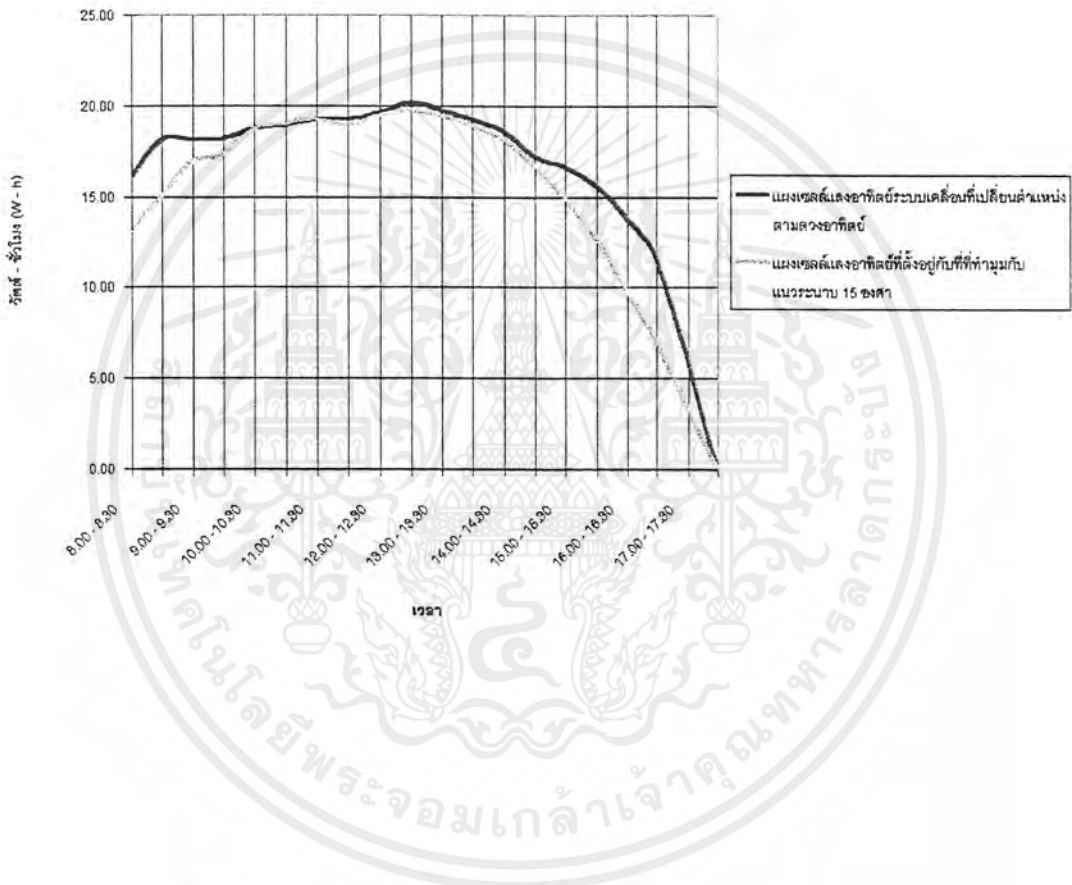
4.3.3.2 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่วันที่ 22 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.10 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่วันที่ 22 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

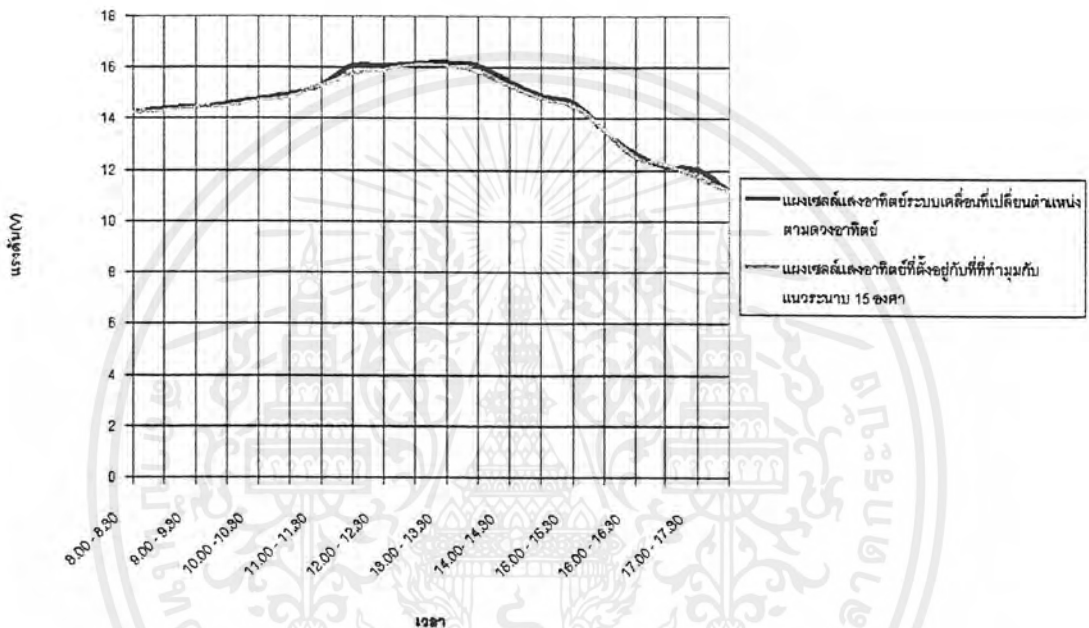
4.3.3.3 กราฟระหว่างค่าวัด - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15
องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.11 กราฟระหว่างค่าวัด - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 22 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

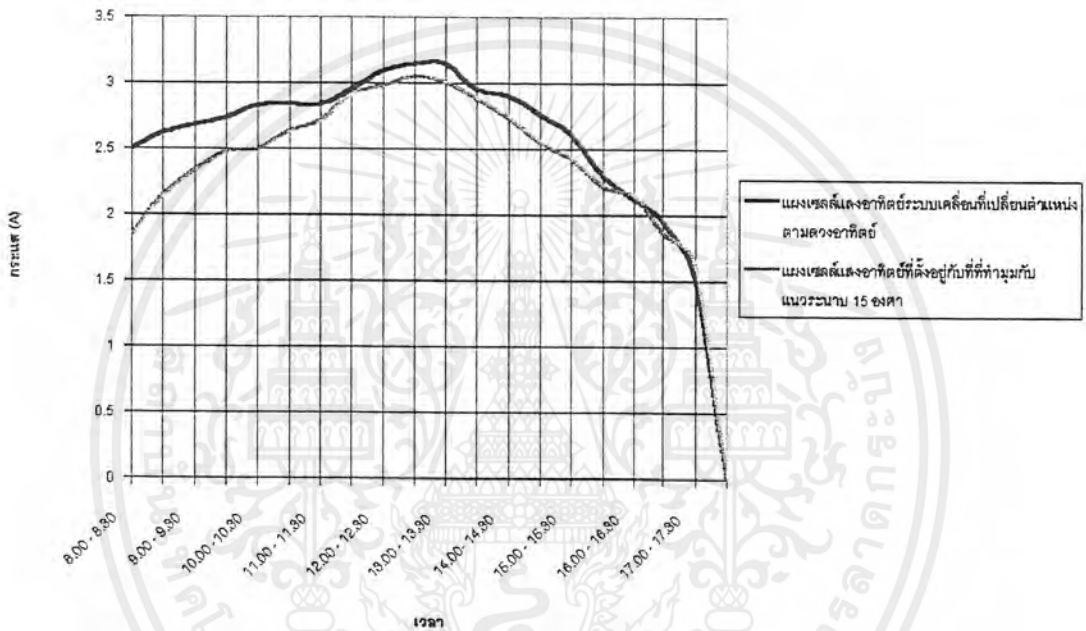
4.3.3.4 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.12 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

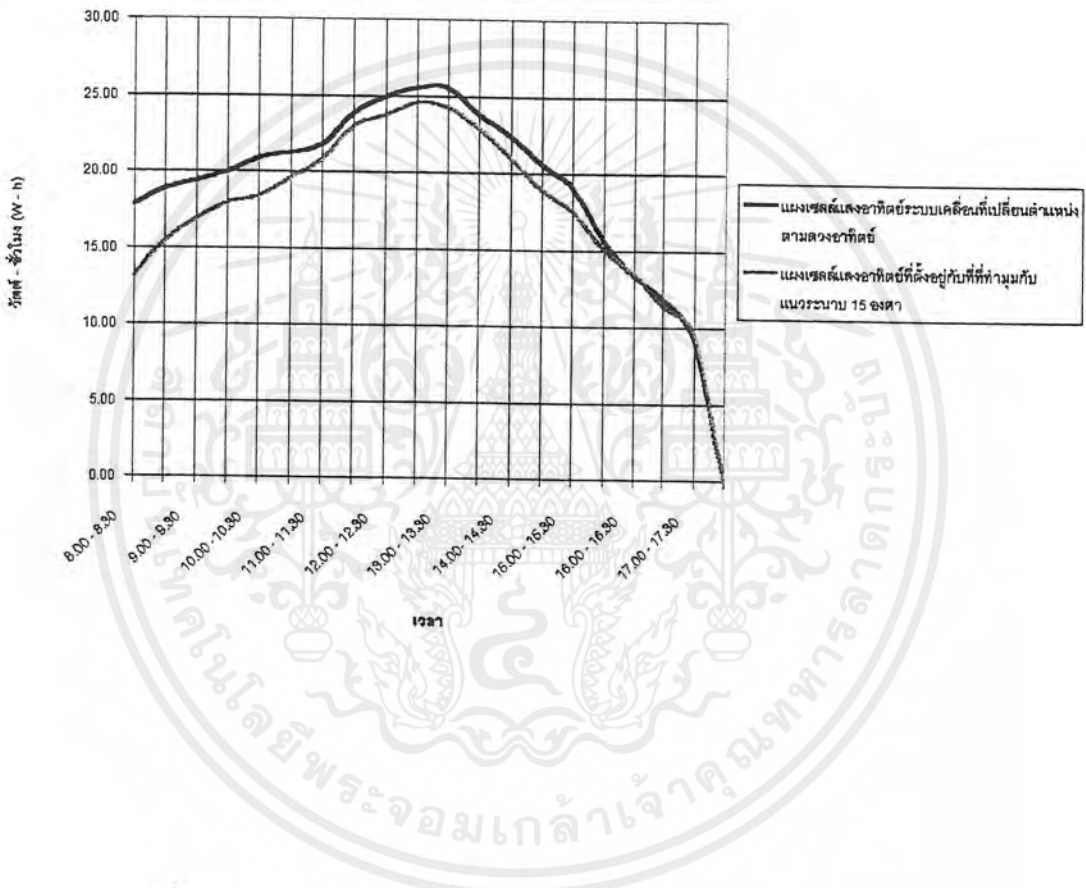
4.3.3.5 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.13 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543

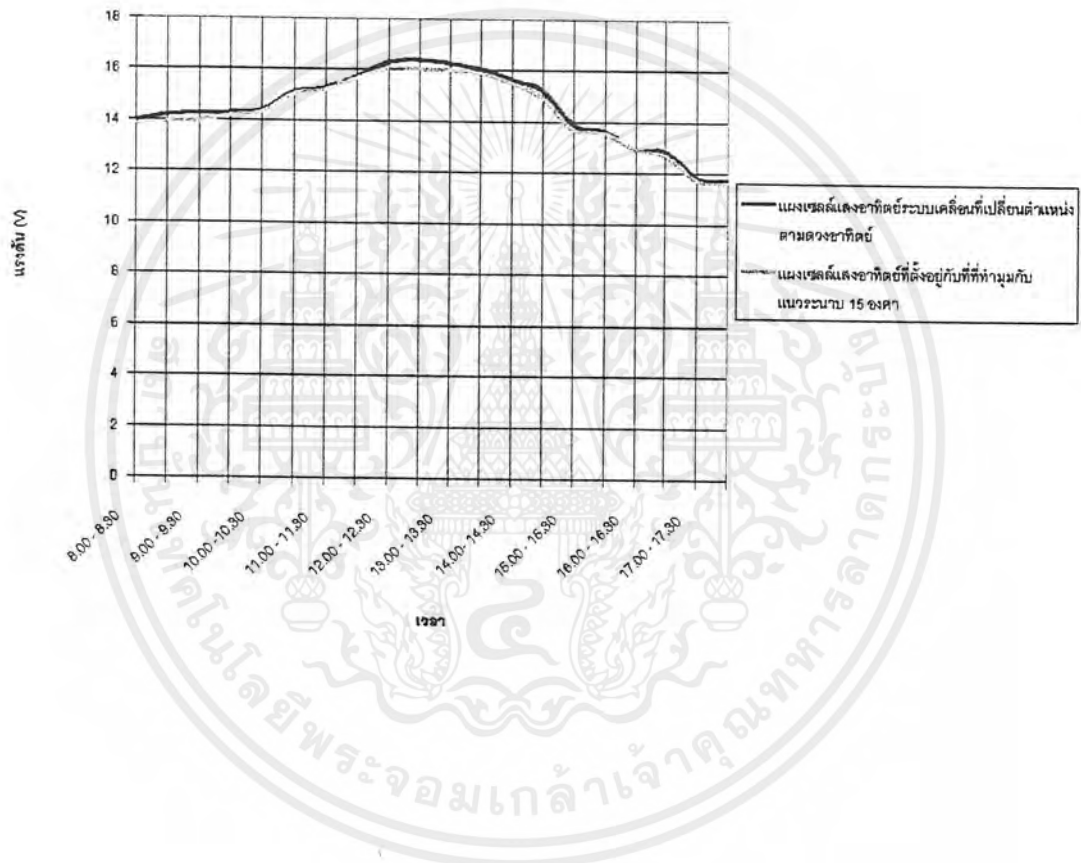
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.6 กราฟระหว่างค่าวัด - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543



รูปที่ 4.14 กราฟระหว่างค่าวัด - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 29 มีนาคม 2543

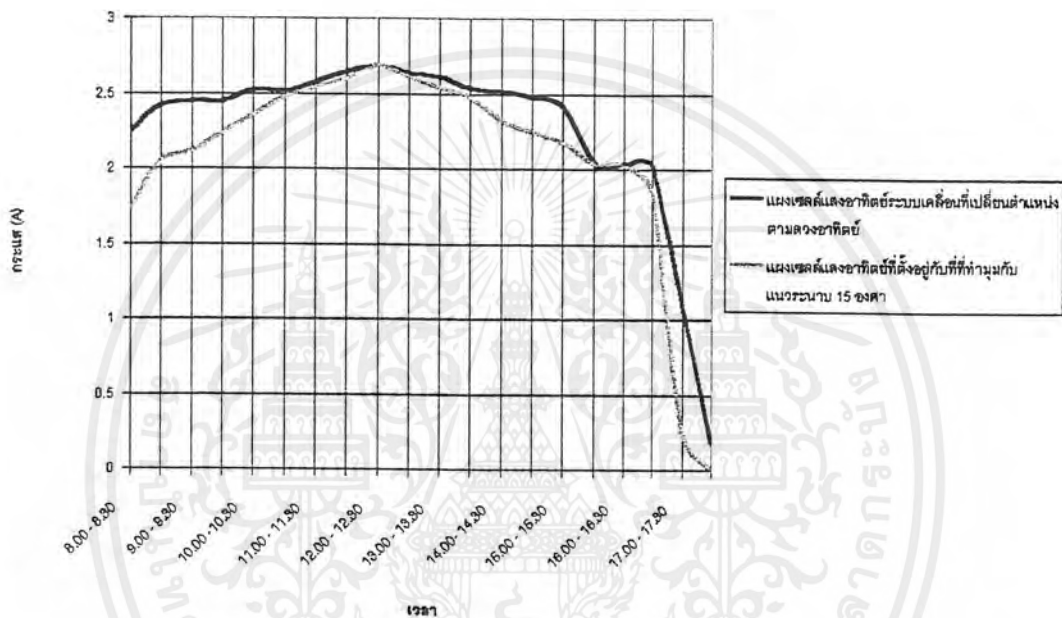
4.3.3.7 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543



รูปที่ 4.15 กราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

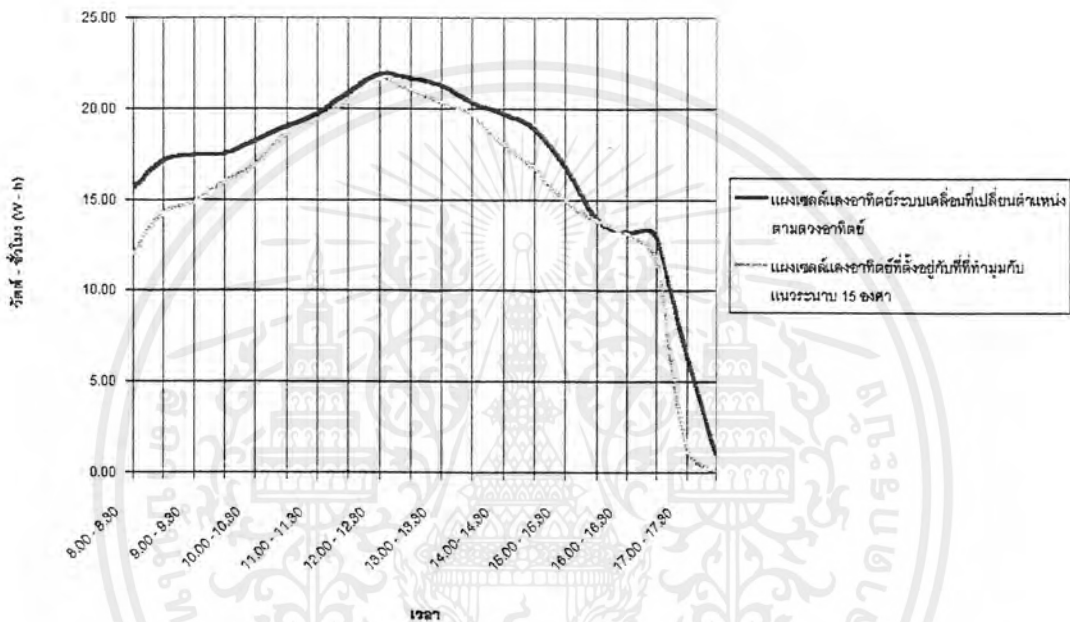
4.3.3.8 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543



รูปที่ 4.16 กราฟระหว่างกระแสกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.9 กราฟระหว่างค่าวัตต์ - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15
องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543



รูปที่ 4.17 กราฟระหว่างค่าวัตต์ - ชั่วโมงกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่
ที่ทำมุมกับแนวระนาบ 15 องศา ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. วันที่ 2 เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการทดลองนี้ทำในวันที่ 22 มีนาคม 2543 ,วันที่ 29 มีนาคม 2543 และวันที่ 2 เมษายน 2543 ตั้งแต่เวลา 08.00 – 18.00 น. ซึ่งค่ามมูมเคลลินชั้น ในวันที่ 22 มีนาคม 2543 นั้นมีค่าใกล้เคียง 0 องศา (วันที่ 23 เมษายน 2543 ค่ามมูมเคลลินชั้นมีค่าเท่ากับ 0 องศา) ดังนั้นแสงที่ตั้งอยู่กับที่ที่กำหนดค่ามมูมคงที่ที่ทำกับพื้นระนาบในช่วงเวลานี้จะได้รับพลังงานอาทิตย์มากที่สุด แต่ผลการทดลองที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวันด้วย ซึ่งในวันที่ 22 มีนาคม 2543 นั้นจะเห็นได้ว่าค่าพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายออกมาได้มีค่าน้อย เนื่องจากสภาพอากาศในวันนั้นมีเมฆปกคลุมมากทำให้ปริมาณแสงอาทิตย์ส่องผ่านมายังพื้นโลกมีค่าน้อย ส่วนในวันที่ 29 มีนาคม 2543 ค่าพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบสามารถจ่ายออกมาได้นั้นมีค่ามาก เนื่องจากสภาพอากาศในวันนั้นท้องฟ้าโปร่งเมฆน้อย ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่

เมื่อพิจารณากราฟระหว่างแรงดันกับเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมมูมกับแนวระนาบ 15 องศา จะเห็นได้ว่าแรงดันในแต่ละช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบได้

จากกราฟระหว่างกระแสกับเวลา และกราฟค่าวัตต์ – ชั่วโมง กับเวลา ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมมูมกับแนวระนาบ 15 องศา จะเห็นได้ว่ารูปกราฟทั้ง 2 แบบมีลักษณะคล้ายกัน เนื่องจากว่าค่าแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเราพิจารณาผลการทดลองในวันที่ 22 มีนาคม 2543 เราจะเห็นได้ว่าช่วงเวลา 10.30 – 14.30 นั้นค่ากระแสและค่าวัตต์ – ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมมูมกับพื้นระนาบ 15 องศา

เมื่อเราพิจารณาผลการทดลองในวันที่ 29 มีนาคม 2543 จะเห็นความแตกต่างของกราฟอย่างชัดเจนตั้งแต่ช่วง 08.00 – 16.00 น. ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าค่าวัตต์ – ชั่วโมงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่ทำมมูมกับแนวระนาบ 15 องศา ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการรับพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้นมีค่ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มมูมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด

แต่เมื่อพิจารณาพลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์จ่ายออกมาได้นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้เวลาบางส่วนหนึ่งส่งให้ชุดค้นกำลังเพื่อขับให้มอเตอร์และชุดควบคุมการทำงานของระบบ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

พลังงานที่สูญเสียไปในการติดตามดวงอาทิตย์

การเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนซ้าย/ขวา ต้องจ่ายกระแสให้มอเตอร์	2.5 A
และในการเคลื่อนที่หมุน 1 รอบต้องใช้เวลา	45 วินาที
การปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องจ่ายกระแสให้มอเตอร์ในการดันแผงเซลล์ขึ้น	5 A
และ ในการเคลื่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยกขึ้นตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศาต้อง ใช้เวลา	90 วินาที
การปรับมุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องจ่ายกระแสให้มอเตอร์ในการลดแผงเซลล์ลง	2.5 A
และ ในการเคลื่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ดึงลงตั้งแต่ 0 ถึง 75 องศาต้อง ใช้เวลา	75 วินาที
การควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องจ่ายกระแส	2 mA
ซึ่งใช้งานตั้งแต่ 8.00 ถึง 18.00 น. รวมเป็นเวลา	9 ชั่วโมง

- ขณะเริ่มต้นเวลา 8.00 น. ตำแหน่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 0 องศา กับพื้นระนาบและดวงอาทิตย์ทำมุมประมาณ 30 องศา กับพื้นระนาบ

ในการตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเคลื่อนที่หมุนซ้าย/ขวาไม่เกิน 1 รอบ และจะดันแผงขึ้นประมาณ 30 องศา ซึ่งต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$(12 \times 2.5 \times 45 / 3600) + (12 \times 5 \times 30 / 3600) = 0.875 \text{ W-h}$$

- ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 12.00 น. ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากมุม 30 องศาตะวันออก ไปที่มุมตั้งฉากกับพื้นระนาบ

ในการเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ จะดึงแผงลงจาก 30 องศา จนทำมุม 0 องศา กับพื้นระนาบ ซึ่งต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$(12 \times 2.5 \times 30 / 3600) = 0.5 \text{ W-h}$$

- ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 17.00 น. ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากมุมตั้งฉากกับพื้นระนาบ ไปที่มุม 75 องศาตะวันตก

ในการเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ แผงจะเคลื่อนที่หมุนครึ่งรอบ และดันแผงขึ้นตั้งแต่ตำแหน่งที่ทำกับพื้นระนาบ 0 องศา ถึง 75 องศา ซึ่งต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$(12 \times 2.5 \times 22.5 / 3600) + (12 \times 5 \times 90 / 3600) = 1.6875 \text{ W-h}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้งานไมโครคอลโทลเลอร์ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$(12 \times 0.002 \times 10) = 0.24 \text{ W-h}$$

- การเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้มีบางครั้งที่ผู้ตรวจจับไม่สามารถตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ จึงใช้ระบบบังคับด้วยมือ เคลื่อนตำแหน่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในทิศทางและตำแหน่งใกล้เคียงดวงอาทิตย์มากที่สุด แล้วจึงเปลี่ยนระบบควบคุมเป็นการควบคุมโดยไมโครคอลโทลเลอร์ ซึ่งต้องใช้พลังงานเสียไปในความผิดพลาดของระบบ โดยประมาณเท่ากับ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนโดยไม่พบทิศทางของดวงอาทิตย์	5	รอบ/วัน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมยกขึ้นโดยไม่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์	4	ครั้ง/วัน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับมุมยกลงโดยไม่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์	4	ครั้ง/วัน

ดังนั้นต้องใช้พลังงานเท่ากับ

$$(12 \times 2.5 \times 45 / 3600)(5) + (12 \times 5 \times 90 / 3600)(4) + (12 \times 2.5 \times 75 / 3600)(4) = 10.375 \text{ W-h}$$

- ดังนั้นพลังงานที่สูญเสียไปในชุดควบคุมระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ

$$0.875 + 0.5 + 1.6875 + 0.24 + 10.375 = 13.67 \text{ W-h}$$

จากผลการทดลอง และค่าพลังงานสูญเสียที่ได้เราสามารถหาประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์จากประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา ได้ดังตารางที่ 4.16

หัวข้อ		ผลการทดลอง		
		22 มี.ค. 43	29 มี.ค. 43	2 เม.ย.43
ค่า วัดต์- ชั่วโมงที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ตั้งอยู่กับที่มุมกับพื้นระนาบ 15 องศา	(W-h)	299.04	348.03	305.40
ค่า วัดต์- ชั่วโมงที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์	(W-h)	325.41	375.95	334.32
ค่า วัดต์- ชั่วโมงที่สูญเสียไปในระบบควบคุม การเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์	(W-h)	13.67	13.67	13.67
ประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสง อาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตาม ดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแผง เซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุม กับพื้นระนาบ 15 องศา	ก่อนหักพลังงานที่สูญเสีย ในการเคลื่อนที่ของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ (%)	8.49	8.02	9.47
	หลังหักพลังงานที่สูญเสีย ในการเคลื่อนที่ของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ (%)	4.24	4.09	4.99

**ตารางที่ 4.16 ประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น
เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา**

ดังนั้นประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ทำมุมกับพื้น
ระนาบ 15 องศา เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองเป็นดังนี้

ก่อนหักพลังงานที่สูญเสียในการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ	8.66	%
หลังหักพลังงานที่สูญเสียในการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ	4.44	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์

5.1 บทสรุปการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด (ในการทดลองนี้ให้แผงเอียงทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา และหันระนาบรับแสงไปทางทิศใต้) กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บสะสมอยู่ในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด โดยเปรียบเทียบเป็นค่าวัตต์ - ชั่วโมง ใน 1 วัน ตั้งแต่เวลา 8.00 น. - 18.00 น. รวมเป็นเวลา 10 ชั่วโมง

พบว่าค่าวัตต์ - ชั่วโมง ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าวัตต์ - ชั่วโมง ที่ได้จากแผงที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด ประมาณ 7 - 8 % นั้นหมายความว่าประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุด แต่เมื่อย้อนกลับมาพิจารณาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้น พบว่าการที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ได้จำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนกำลัง ซึ่งประกอบด้วย ดีซี มอเตอร์ จำนวน 2 ตัว ซึ่งในระบบนี้พลังงานที่จะนำมาใช้ในชุดขับเคลื่อนกำลังจะมาจากพลังงานที่เก็บสะสมอยู่ในแบตเตอรี่ที่ทำการอัดประจุลงไปในนั่นเอง

ซึ่งเมื่อคำนวณพลังงานที่สูญเสียไปในชุดขับเคลื่อนกำลังแล้ว พบว่าประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ที่มุมที่ได้รับพลังงานมากที่สุดประมาณ 3 - 5 % เท่านั้น แต่ก็ยังมีความเป็นไปได้ที่จะนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์มาใช้แทนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่กับที่ และนอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่จะสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบนี้ได้

5.2 แนวทางพัฒนาต่อ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์นั้น พบว่าประสิทธิภาพจะเหลือเพียง 3 - 5 % เท่านั้น หลังจากหักพลังงานสูญเสียในการขับเคลื่อนกำลัง หากจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้มากขึ้นนั้น จำเป็นต้องนำส่วนต่างๆ เหล่านี้มาพิจารณา

1. การที่ต้องใช้โครงสร้างของระบบที่แข็งแรงและมีน้ำหนักมากนั้น เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีน้ำหนักมาก ซึ่งหนักประมาณแผงละ 5 กิโลกรัม และในการที่จะดันให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น ได้นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้แรงบิดของมอเตอร์มากแม้จะใช้ชุดเฟืองทดมาช่วยในระบบแล้วก็ตาม ดังนั้นเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นควรใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีน้ำหนักเบากว่านี้
2. โครงสร้างที่ใช้ในระบบเป็น โครงสร้างอย่างง่ายที่คิดค้นขึ้น จึงมีการลดพลังงานสูญเสียในระบบน้อยถึงแม้ว่าจะใช้ชุดเฟืองทดเข้าช่วยแล้ว ถ้าหากทำการปรับปรุงโครงสร้างของระบบ เช่น ลดน้ำหนักส่วนเกิน หรือใช้ระบบเฟืองทดเข้าช่วยเพิ่มอีก พลังงานที่จะต้องไปสูญเสียในชุดต้นกำลังจะน้อยลง จะช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
3. ถ้าเราทำการเพิ่มจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็น 4 แผง จากจำนวน 2 แผง เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอ ซึ่งจะทำให้ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในขณะที่ค่าการสูญเสียในการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง มีค่าใกล้เคียงกับค่าการสูญเสียในการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แผง
4. จากการศึกษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า การจ่ายพลังงานของแผงจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของแผงเพิ่มขึ้น รวมทั้งระบบควบคุมการทำงานที่ต้องทำงานท่ามกลางความร้อนของแสงแดดตลอดเวลาทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ดังนั้นน่าจะมีการติดตั้งระบบหล่อเย็น (Cooling) ให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. การใช้รีเลย์แบบแม่เหล็กเหนี่ยวนำจะมีผลต่อการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้การประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ผิดพลาด ดังนั้นเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นควรใช้เป็นสวิตช์แบบอิเล็กทรอนิกส์แทน เช่น ทรานซิสเตอร์
6. การตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในโครงการนี้ใช้ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง(LDR) ซึ่งมีความละเอียดในการทำงานน้อย ทำให้ยากต่อการปรับตั้งชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควรใช้อุปกรณ์อื่นที่มีความละเอียดในการทำงานมากกว่ามาใช้แทน
7. ในการเคลื่อนที่หมุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะเกิดปัญหาในการพันรอบของสายไฟ สายสัญญาณ ดังนั้นการแก้ปัญหาจะสามารถทำได้โดยการติดสวิตช์แบบชน (limit switch) ซึ่งเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนไปชนสวิตช์ (แผงเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ) ระบบควบคุมจะสั่งงานให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่หมุนกลับอีกทิศทาง พร้อมตรวจจับทิศทางของดวงอาทิตย์ไปพร้อมกัน แต่วิธีนี้จะมีข้อเสียคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถเคลื่อนที่หมุนได้เกิน 1 รอบ จึงมีการแก้ปัญหาอีกวิธี คือ ใช้แผ่นทองแดงเป็นทางเดินกระแสไฟฟ้าแทนสายไฟ ซึ่งจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) ของไมโครชิพ เทคโนโลยี (Microchip Technology) ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC มีด้วยกันหลายเบอร์ แต่ละเบอร์ก็จะมีขีดความสามารถแตกต่างกันไป สำหรับในด้านการเรียนรู้เบื้องต้น เบอร์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ PIC16F84 เนื่องจากภายใน PIC16F84 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program memory) เป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบได้ด้วยสัญญาณไฟฟ้า เมื่อผู้เรียนหรือผู้ใช้งานต้องการพัฒนาโปรแกรมก็สามารถทำได้อย่างสะดวก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ที่จัดอยู่ในกลุ่มของไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้จะมีชุดคำสั่งน้อยมากเพียง 33 คำสั่งพื้นฐานเท่านั้นและทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นได้ด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียว ทั้งยังทำงานในลักษณะไปป์ไลน์ (Pipe Line) เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ในสมัยใหม่ ความเร็วในการทำงานจึงสูงมากเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ ที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากัน

คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F84

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) ส่วนของเพอร์ipheral (Peripheral) และคุณสมบัติอื่นๆ

คุณสมบัติทางเทคนิคของหน่วยประมวลผลกลางภายใน PIC16F84

- หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
- มีคำสั่งเพียง 33 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
- ทุกคำสั่งใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 1 ไชเคิลของสัญญาณนาฬิกา หรือประมาณ 400 นาโนวินาทีที่สัญญาณนาฬิกาความถี่ 10 MHz ยกเว้นชุดคำสั่งการกระโดดจะใช้เวลา 2 ไชเคิล ของสัญญาณนาฬิกา
- ประมวลผลข้อมูลขนาด 8 บิต
- มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 15 ตัว
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีโหมดการอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมด คือ แบบโดยตรง (direct), แบบโดยอ้อม (indirect), และแบบสัมพัทธ์ (relative)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ 4 แหล่ง ได้แก่
 1. รับสัญญาณจากภายนอกโดยป้อนสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้าที่ขาอินพุท RBO/INT
 2. จาก TMR0 ไทเมอร์โอเวอร์โฟลว์
 3. เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงที่พอร์ต B
 4. เมื่อการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำอีพีรอมเสร็จสิ้นสมบูรณ์
- หน่วยความจำข้อมูล (data memory) เป็นแบบอีพีรอมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี
- ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นแบบแฟลชมีขนาด 1 กิโลเวิร์ด (1 เวิร์ดของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต) , หน่วยความจำอีพีรอมภายใน 64 ไบต์ และหน่วยความจำแรม 68 ไบต์ ซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์

คุณสมบัติทางเทคนิคของเพอร์เฟอรัลใน PIC16F84

- มีขาอินพุทเอาต์พุท 13 ขา สามารถกำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุทได้อย่างอิสระ
- กระแสซิงก์ / ซอร์สของแต่ละขาอินพุท เอาต์พุทสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง
- กระแสซิงก์สูงสุด 25 mA ต่อขา
- กระแสซอร์สสูงสุด 20 mA ต่อขา
- มีไทเมอร์/คาน์เตอร์ขนาด 8 บิตคือ TMR0 พร้อมกับปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตที่สามารถโปรแกรมได้

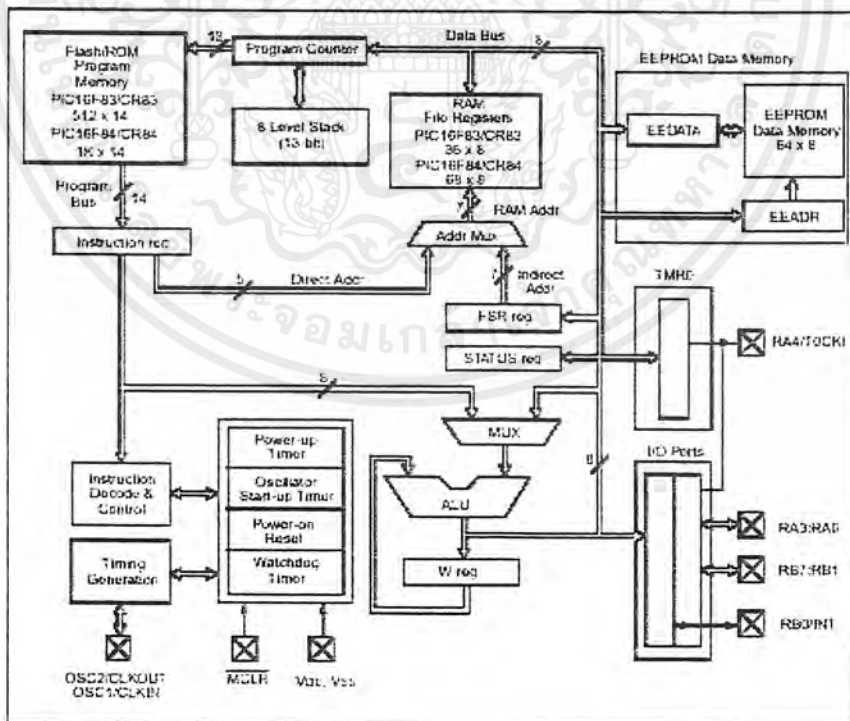
คุณสมบัติอื่นๆ

- มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว (POR : Power-On Reset)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว (PWRT : Power-up Timer)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทมเมอร์ (OST : Oscillator Start-up Timer)
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT : Watch Dog Timer)พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยในการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์มีความแน่นอนยิ่งขึ้น
- ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม
- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป (Sleep mode) สามารถเลือกวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดการทำงานได้

- การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมผ่านขา ใช้งานเพียง 2 ขา
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีมอสเฟต/อีอีพรมความเร็วสูง พลังงานต่ำ
- ย่านไฟเลี้ยง 2.0 – 6.0 V
- ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า
 - < 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz
 - 15 μ A ที่ไฟเลี้ยง +2 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 32 MHz
 - < 1 μ A ที่ไฟเลี้ยง +2 V ขณะสแตนด์บาย (Stand by)

สถาปัตยกรรมของ PIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ได้รับการบรรจุหน่วยประมวลผล, หน่วยความจำ, หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และหน่วยอินพุท เอาท์พุท ไว้พร้อมสรรพ ทั้งยังมีไทมเมอร์ และวอตช์ ไดอกรบถ้วนสมบูรณ์ดังแสดงสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F84 ในรูปที่ ผ.ก.1



รูปที่ ผ.ก.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F84 มีการจัดสรรหน่วยความจำดังนี้

- หน่วยความจำโปรแกรมมีโครงสร้างเป็นหน่วยความจำแบบแฟลชมีขนาด 1 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC16F84 มีขนาด 14 บิต
- หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอมขนาด 64 ไบต์
- หน่วยความจำแรมได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์กำหนดเพิ่มข้อมูลหรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 68 ไบต์

การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำได้ทั้งในลักษณะโดยตรง, โดยอ้อม, และแบบสลับพัทธ์ โดยมีรีจิสเตอร์ FSR (File Select Register) ทำหน้าที่ในการควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำ

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามคำสั่งที่กำหนดให้ข้อมูลของชุดคำสั่งจะถูกนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction register) จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังวงจรถอดรหัส เพื่อทำการควบคุมไทมเมอร์ทั้งหมดภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนั้นยังส่งไปควบคุมหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์ด้วย

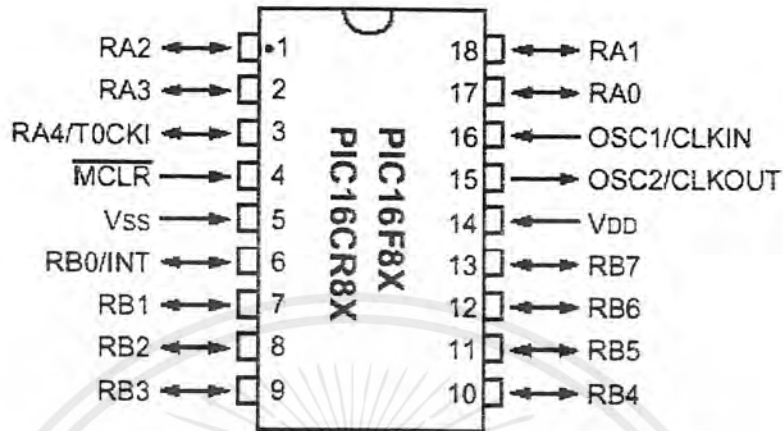
ใน PIC16F84 มีไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต 1 ตัวคือ TMR0 ภายในไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์นี้มีปริสเกลขนาด 8 บิตที่สามารถโปรแกรมได้ โดยมีขาต่อใช้งาน 1 ขา คือ ขา RA4 / TOCKI

หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit : ALU) มีขนาด 8 บิต สามารถทำการบวก, ลบ, เลื่อนข้อมูล และประมวลผลทางลอจิก โดยใช้ฟังก์ชันบูลีนในการทำงาน ALU จะต้องมีรีจิสเตอร์ W ช่วย ซึ่งซีพียูจะไม่สามารถเข้าถึงรีจิสเตอร์ W ได้โดยตรง เมื่อ ALU ทำงานจะมีผลต่อบิตทด (carry bit), บิตหลักทด (digit carry) และบิตศูนย์ (zero bit) ในรีจิสเตอร์ STATUS

ในส่วนของพอร์ตอินพุตใน PIC16F84 มีด้วยกัน 2 พอร์ต คือ พอร์ต A และ B โดยในพอร์ต A มี 5 บิตคือ RA0 – RA4 สำหรับขา RA4 ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกให้แก่ TMR0 ด้วย ส่วนพอร์ต B มีบิตคือ RB0 – RB7 สำหรับขา RB0 ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ด้วย

การกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 เป็นหน้าที่ของส่วนกำเนิดจังหวะการทำงาน (timing generation) ซึ่งต้องทำงานสัมพันธ์กับไทมเมอร์ทั้ง 3 ตัว คือ เพาเวอร์อัปไทมเมอร์, ออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทมเมอร์ และวอตช์ด็อกไทมเมอร์ สำหรับ PIC16F84 สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกโดยต่อสัญญาณเข้าที่ขา OSC1 และ OSC2 หรือจะใช้สัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้

PDIP, SOIC



รูปที่ ผ.ก.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

การจัดขาของ PIC16F84

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 บรรจุในตัวถัง 2 แบบคือ PDIP (Plastic Dual-In Line package) ซึ่งมีลักษณะเดียวกับไอซีแบบดินตะขามาที่พบเห็นโดยทั่วไป และแบบ SOIC อันเป็นตัวอย่างแบบที่ใช้ติดตั้งบนผิวหน้าของแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวถังทั้งสองแบบของ PIC16F84 มีขาต่อไปใช้งานทั้งสิ้น 18 ขา ดังแสดงในรูปที่ ผ.ก.2 ซึ่งสามารถจัดขาต่อใช้งานของ PIC16F84 เป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มสัญญาณนาฬิกา มี 2 ขา คือ OSC1/CLKIN (ขา16) และ OSC2/L\CLKOUT (ขา15)
2. กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขาคือ MCLR(ขา4)
3. กลุ่มขาพอร์ตอินพุท เอาท์พุท มี 13 ขา แบ่งเป็น
ขาพอร์ต A 5 ขา ได้แก่ RA0 – RA4 (ขา 17,18,1,2 และ 3) และ
ขาพอร์ต B ได้แก่ ขา RB0 – RB7 (ขา 6 ถึงขา 13)
4. กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 2 ขา คือขา Vss (ขา5) หรือขาต่อกราวด์ และขา Vdd (ขา14) หรือขาต่อไฟเลี้ยง ปกติใช้ +5 VDC

การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC16F84

สามารถเลือกได้ 4 วิธี ดังนี้

1. RC - เป็นการใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุร่วมกับแหล่งกำเนิดสัญญาณภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง
2. XT - ใช้คริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์
3. HS - ใช้คริสตอลความเร็วสูง
4. LP - ใช้คริสตอลกำลังงานต่ำ

การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (RC clock circuit)

การใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและใช้งบประมาณต่ำที่สุด โดยสามารถเลือกความถี่ของสัญญาณนาฬิกาได้จากการกำหนดค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

การป้อนสัญญาณนาฬิกาแบบนี้เหมาะสำหรับงานที่มีการควบคุมขนาดของวงจร ที่มีพื้นที่ของแผ่นวงจรพิมพ์จำกัด และต้องเป็นงานที่ไม่เข้มงวดเรื่องความแม่นยำและเสถียรภาพของความถี่ของสัญญาณนาฬิกามากนัก

การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอล

วงจรมีกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบนี้ความเที่ยงตรงสูงมาก ส่งผลให้การคำนวณเกี่ยวกับการหน่วงเวลาในการเขียนโปรแกรมกระทำได้อย่างแม่นยำมากขึ้นสัญญาณนาฬิกาป้อนเข้าขา OSC1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 จะทำการหารความถี่ลง 4 เท่าเพื่อให้เกิดสัญญาณนาฬิกาภายในมีความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ ที่ขา OSC2 จะมีสัญญาณออกมามีความถี่เท่ากับความถี่ที่ขา OSC1/4

ด้วยการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในเท่ากับ 1 MHz ทำให้เวลาของการทำงาน 1 คำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่ขา OSC1 มีการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของ 1 ไซเคิลการทำงานก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยใช้เซรามิกเรโซเนเตอร์

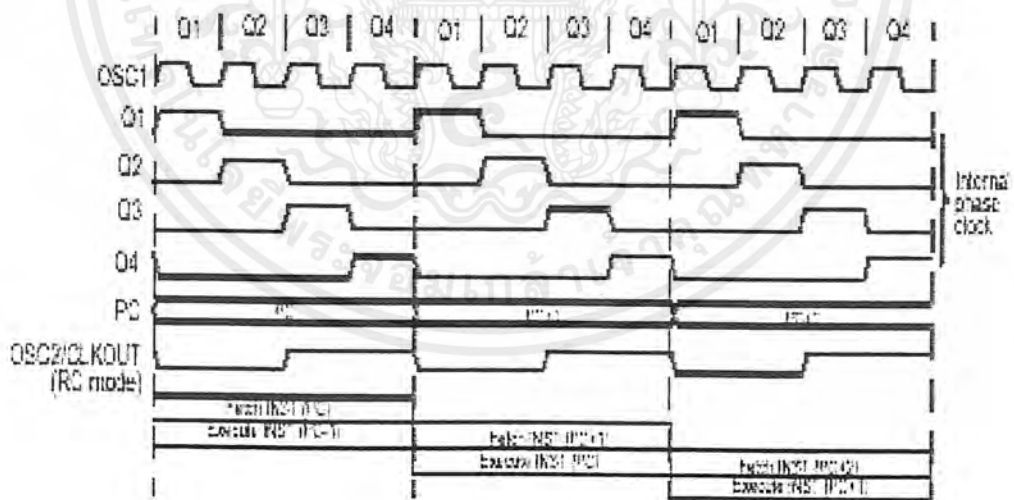
ภายในเซรามิกเรโซเนเตอร์จะมีตัวเก็บประจุน้อย ๆ ต่อยู่ด้วย เพื่อช่วยให้สัญญาณนาฬิกาที่ออกมาจากเซรามิกเรโซเนเตอร์มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งในแง่ความเที่ยงตรงของความถี่และความเพี้ยนของรูปสัญญาณ อย่างไรก็ตาม ในการใช้เซรามิกเรโซเนเตอร์ ในการป้อนสัญญาณให้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ต้องออกแบบสายเชื่อมต่อหรือลายทองแดงที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างตัวเซรามิกเรโซเนเตอร์กับ PIC16F84 มีความยาวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว อุปกรณ์ที่ควรใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 คือ คริสตอล เว้นแต่ในงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำในเรื่องของคาบเวลามากนักและต้องการลดต้นทุนก็สามารถใช้ตัวต้านและตัวเก็บประจุในการสร้างสัญญาณนาฬิกา

จังหวะสัญญาณนาฬิกาและไซเคิลการทำงานของ PIC16F84

สัญญาณนาฬิกาอินพุทของ OSC1 จะถูกหารด้วย 4 แล้วแบ่งเป็น 4 ช่วง กำหนดเป็น Q1, Q2, Q3 และ Q4 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ภายในซีพียูจะเพิ่มค่าขึ้นทุกๆ ครั้งที่ช่วงสัญญาณนาฬิกา Q1

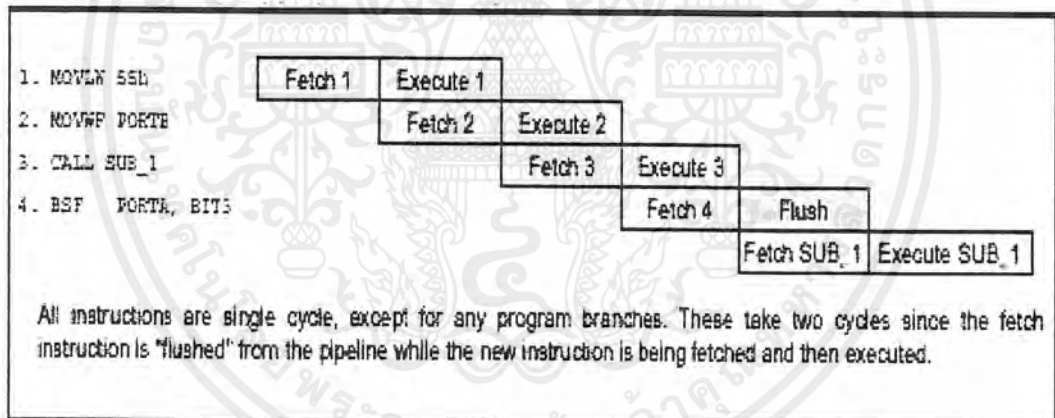
เมื่อโปรแกรมเคาน์เตอร์เพิ่มค่าขึ้น คำสั่งจะถูกเฟตช์จากหน่วยความจำโปรแกรม (เฟตช์ : Fetch หมายถึง การเรียกหรือการเข้าถึงคำสั่ง แล้วทำการถอดรหัสเป็นภาษาเครื่อง แล้วส่งให้แก่ซีพียูเพื่อเตรียมประมวลผล) จากนั้นซีพียูทำการแลตซ์ข้อมูลคำสั่งนี้ไว้ในรีจิสเตอร์คำสั่ง ที่ช่วงสัญญาณนาฬิกา Q4 คำสั่งจะถูกถอดรหัสและเอ็กซีคิวต์ (executed : การกระทำตามคำสั่งที่กำหนดให้) จนเสร็จสิ้นภายในช่วงสัญญาณนาฬิกา Q1 – Q4 หรือภายใน 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกานั้นเอง



รูปที่ ผ.ก.3 โค้ดแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

ในรูปที่ ผ.ก.3 เป็นไคอะแกรม แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะของสัญญาณนาฬิกากับการประมวลผลคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 ถ้าพิจารณาให้ดีจะพบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 จะทำงาน โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกต่อหนึ่งคำสั่งเป็นอย่างน้อย แต่สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก จะถูกแบ่งย่อยเป็น 4 ช่วงเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานของซีพียูให้มีความชัดเจนมากขึ้น

ไซเคิลการทำงาน (Instruction cycle) ของ PIC16F84 แบ่งเป็น 2 ไซเคิล คือ เฟตช์และเอ็กเซคิวต์ ประกอบด้วย 4 ทิวไซเคิล (Q-cycle : Quadrate cycle) คือ Q1, Q2, Q3 และ Q4 การเฟตช์และเอ็กเซคิวต์คำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีลักษณะเป็นแบบไปป์ไลน์ (Pipeline การทำงานที่เชื่อมกันในแต่ละขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้เร็วขึ้น) กล่าวคือ เมื่อซีพียูทำคำสั่งหนึ่ง โดยที่คำสั่งนั้นมี 2 ขั้นตอนเมื่อทำงานไปแล้ว 1 ขั้นตอน คือขั้นตอนเฟตช์คำสั่ง ซีพียูจะเริ่มเฟตช์คำสั่งต่อไปทันที พร้อมๆ กับการเอ็กเซคิวต์คำสั่งก่อนหน้านี้ ดังแสดงกระบวนกรไปป์ไลน์ในรูปที่ ผ.ก.4



รูปที่ ผ.ก.4 ลักษณะการทำงานแบบไปป์ไลน์ที่ใช้ใน PIC16F84

ข้อเด่นของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC นี้โดยตรงที่การกระทำคำสั่งแบบไปป์ไลน์ เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ตั้งแต่ระดับ 80266 เป็นต้นมา ทำให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากัน

ไซเคิลการเฟตช์คำสั่งเริ่มต้นในทุกๆ ทิวไซเคิลที่ 1 พร้อมๆ กับคำสั่ง ข้อมูลที่ได้รับการเฟตช์จะถูกนำเข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ คำสั่งในทิวไซเคิลที่ 1(Q1) จากนั้นคำสั่งดังกล่าวจะได้รับ

การถอดรหัส และนำไปดำเนินการจนเสร็จสิ้นภายในไซเคิลที่ 2-4 (Q2-Q4) โดยกำหนดให้ในคิวไซเคิลที่ 2 หน่วยความจำข้อมูลที่ใช้เก็บค่าโอเปอร์เรนด์จะถูกอ่าน และถูกเขียนข้อมูลใหม่เข้าไปแทนที่ในคิวไซเคิลที่ 4

กลับไปพิจารณาในรูปที่ ผ.ก.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 จะกระทำทุกคำสั่งให้เสร็จสิ้นภายใน สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (ตั้งแต่ Q1-Q4) ยกเว้นในการณีก่เกิดการสั่งให้กระโดดไปกระทำคำสั่งในโปรแกรมย่อยอื่นๆ ดังเช่นในไซเคิลการทำงานที่ 4 จะต้องกระทำคำสั่ง bsfPORTA,3 ในไซเคิลการทำงานที่ 3 มีการสั่งให้ซีพียูกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย SUB_1 ทำให้ซีพียูไม่สามารถกระทำคำสั่งในไซเคิลการทำงานที่ 4 ได้เสร็จสิ้นลง เพราะต้องกระโดดไปเฟตซ์คำสั่งที่โปรแกรมย่อย SUB_1 เมื่อเรียบร้อยก็จะกระโดดกลับมากระทำคำสั่งที่ค้างไว้ให้เสร็จสิ้น ช่วงที่เกิดการทำงานไม่เสร็จสิ้น อันเนื่องมาจากการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยเรียกว่า ฟลัช (flush) จะเกิดขึ้นเมื่อซีพียูกระทำคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการกระโดดเสมอเนื่องจากคำสั่งนี้จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 2 ลูก ซึ่งแตกต่างจากคำสั่งอื่นๆ ที่สามารถดำเนินการเสร็จสิ้นได้ภายในสัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียว

ตารางสรุปชุดคำสั่งของ PIC16F84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F8X

TABLE 9-2 PIC16FXX INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes
			MSb	LSb		
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00 0111	dfff ffff	C,DC,Z 1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00 0101	dfff ffff	Z 1,2
CLRF	f	Clear f	1	00 0001	1fff ffff	Z 2
CLRWF	-	Clear W	1	00 0001	0xxx xxxx	Z
COMF	f, d	Complement f	1	00 1001	dfff ffff	Z 1,2
DECF	f, d	Decrement f	1	00 0011	dfff ffff	Z 1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00 1011	dfff ffff	1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00 1010	dfff ffff	Z 1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00 1111	dfff ffff	1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00 0100	dfff ffff	Z 1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00 1000	dfff ffff	Z 1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00 0000	1fff ffff	
NOP	-	No Operation	1	00 0000	0xx0 0000	
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00 1101	dfff ffff	C 1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00 1100	dfff ffff	C 1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00 0010	dfff ffff	C,DC,Z 1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00 1110	dfff ffff	1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00 0110	dfff ffff	Z 1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01 00bb	bfff ffff	1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01 01bb	bfff ffff	1,2
BTFSZ	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01 10bb	bfff ffff	3
BTSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01 11bb	bfff ffff	3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS						
ADDLW	k	Add literal and W	1	11 111x	kkkk kkkk	C,DC,Z
ANDLW	k	AND literal with W	1	11 1001	kkkk kkkk	Z
CALL	k	Call subroutine	2	10 0kkk	kkkk kkkk	
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00 0000	0110 0100	$\overline{TO,PD}$
GOTO	k	Go to address	2	10 1kkk	kkkk kkkk	Z
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11 1000	kkkk kkkk	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11 00xx	kkkk kkkk	
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00 0000	0000 1001	
RETLW	k	Return with literal in W	2	11 01xx	kkkk kkkk	
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00 0000	0000 1000	
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00 0000	0110 0011	$\overline{TO,PD}$
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11 110x	kkkk kkkk	C,DC,Z
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11 1010	kkkk kkkk	Z

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTE, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 Module.

3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

โปรแกรมการควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

List p=16f84

```
; Code Protect OFF
; Power Up Timer ON
; Watch Dog Timer OFF
; XT Oscilator

;-----byte define-----
status equ 0x03
porta equ 0x05
portb equ 0x06
mcount equ 0x0c
ncount equ 0x0d
mncount equ 0x0e
pcount equ 0x0f
fcount equ 0x10
emp equ 0x11
ctemp equ 0x12
tcount equ 0x13
stemp equ 0x14
cstemp equ 0x15
clstemp equ 0x16
etemp equ 0x17

;-----bit define-----
rp0 equ 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

w    equ    0
f    equ    1

                org    0x00

start    bsf    status,rp0    ;Select Bank 1
        movlw  b'01000001'
        movwf  portb          ;Set port B for out put port except rb0 and rb6
        movlw  b'00011111'
        movwf  porta          ;Set port A for input port
        bcf    status,rp0     ;Select Bank 0
        clrf   portb          ;Send 0 for port B
        movlw  0x0a           ;Set Value for Shut down counter
        movwf  tcount         ;if tcount=0, system will be shut down
        movlw  0x0f8
        andwf  status,f       ;Reset C,DC and C bits of Status Register

;-----main-----
main    call   pdelay
        movf   porta,w        ;move from port A to Register W
        movwf  ctemp          ;move from Register W to Register temp
        andlw  b'00001111'
        movwf  temp

        movf   temp,w         ;move from Register temp to Register W
        sublw  0x00            ;0-W --> W
        btfsc  status,2       ;if W=0 then call next statement else jump 1 statement
        call   mstop

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
movf temp,w
sublw 0x03
btfsc status,2
call mtleft
```

```
movf temp,w
sublw 0x06
btfsc status,2
call mtright
```

```
movf temp,w
sublw 0x07
btfsc status,2
call mup
```

```
movf temp,w
sublw 0x09
btfsc status,2
call mtleft
```

```
movf temp,w
sublw 0x0b
btfsc status,2
call mtleft
```

```
movf temp,w
sublw 0x0c
btfsc status,2
call mtright
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

movf    temp,w
sublw   0x0d
btfsc   status,2
call    mdown

movf    temp,w
sublw   0x0e
btfsc   status,2
call    mtright

movf    temp,w
sublw   0x0f
btfsc   status,2
call    mstopd
call    chfres    ;check for key reset
goto    main

;-----delay for 5 mins-----
delay   movlw  0x06
        movwf  fcount

f_dec   movlw  0xff
        movwf  mcount
m_dec   movlw  0xff
        movwf  ncount

movlw   0xff
movwf   mncount

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

p_dec  movlw 0xff
        movwf pcount
nm_dec decfsz pcount,f
        goto  nm_dec
        decfsz mncount,f
        goto  p_dec

```

```

n_dec  decfsz ncount,f
        goto  n_dec
        decfsz mcount,f
        goto  m_dec

        decfsz fcount,f
        goto  f_dec

return

```

```

;-----pdelay-----

```

```

pdelay movlw 0x20
        movwf mcount
m1_dec movlw 0xff
        movwf ncount
n1_dec decfsz ncount,f
        goto  n1_dec
        decfsz mcount,f
        goto  m1_dec
return

```

```

;-----check for reset system-----

```

```

chfres call pdelay

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

movf portb,w
movwf ctemp
btfss ctemp,0
return
call shutd

```

```

;-----motor1 turn left-----

```

```

mleft movlw b'00000100'
movwf portb
call stcount
return

```

```

;-----motor1 turn right-----

```

```

mtright movlw b'00000010'
movwf portb
call stcount
return

```

```

;-----motor2 up include check limited switch up-----

```

```

mup call chflsu
movlw b'00010000'
movwf portb
call stcount
return

```

```

;-----motor2 down-----

```

```

mdown btfss ctemp,4
goto turn
goto down
turn movlw b'00000010'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    movwf portb
    call    stcount
    return

down  movlw b'00001000'
    movwf portb
    call    stcount
    return

```

```

;-----motor stop-----

```

```

mstop movlw b'00000000'
    movwf portb
    call    delay
    nop
    decfsz tcount,f
    return

shutd  call    pdelay
    movf   porta,w
    movwf stemp
    btfss stemp,4
    goto   sled
    goto   godown

sled   movlw b'00100000'
    movwf portb
    goto   sled

godown movlw b'00001000'
    movwf portb
    goto   shutd

```

```

;-----motor stop and delay for 5 min-----

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mstopd movlw b'00000000'
        movwf portb
        call  delay
        nop
        call  stcount
        return

```

```

;-----set tcounter-----

```

```

stcount movlw 0x0a
        movwf tcount
        return

```

```

;-----check for limited switch up-----

```

```

chflsu call  pdelay
        movf  portb,w
        movwf clstemp
        btfs  clstemp,6
        return
        goto  err

```

```

err     call  pdelay
        movf  porta,w
        movwf etemp
        btfs  etemp,4
        goto  eled
        goto  errdown

```

```

eled   movlw b'00100000'
        movwf portb
        goto  eled

```

```

errdownmovlw b'00001000'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


movwf portb

goto err

end



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



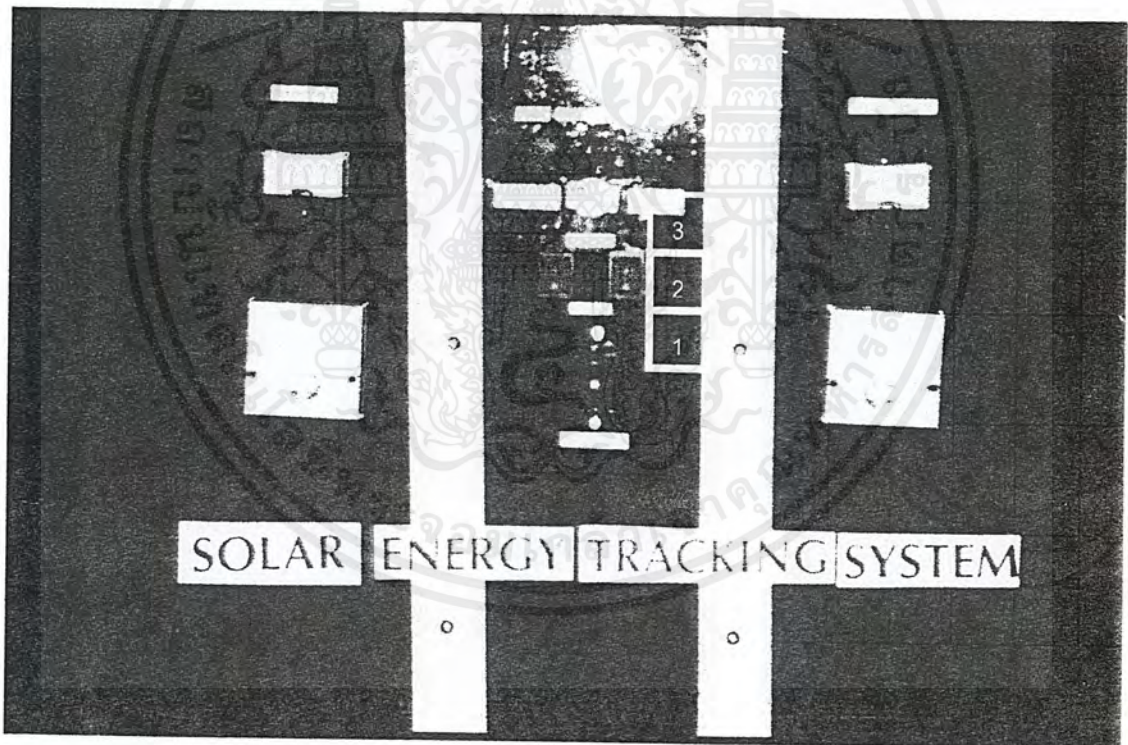
ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้แผนควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้งานแผงควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. การควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84
2. การควบคุมโดยตรงด้วยการบังคับมือ

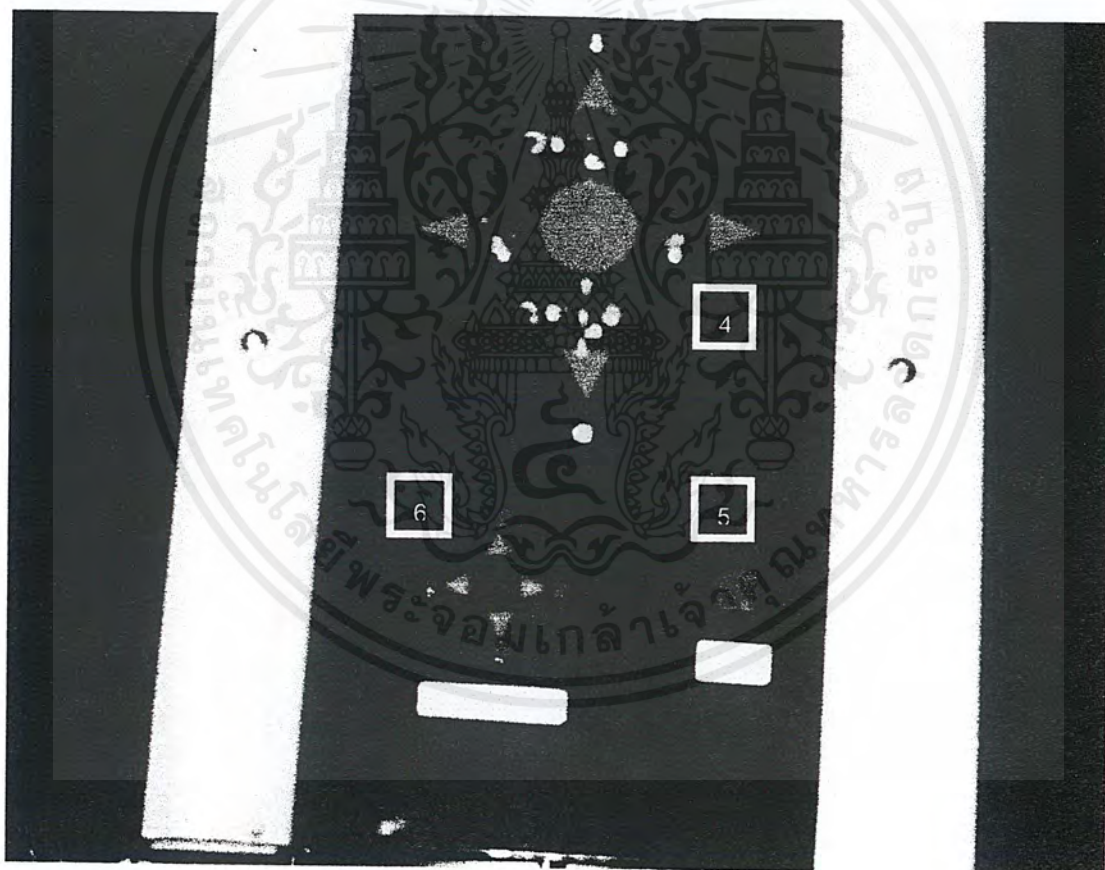


รูปที่ ผ.ค.1 แผงควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84

1. เปิด เมนสวิตช์ [1] ไปที่ ตำแหน่ง ON หลอดไฟ “POWER ON” จะสว่าง
2. กดสวิตช์ตัดต่อการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [2] ไปที่ ตำแหน่ง ON หรือไปที่ตำแหน่งคำว่า “SOLAR TRACKING”
3. เลื่อนสวิตช์เลือกการควบคุม[3]ไปทางขวามือหรือไปทางคำว่า “SOLAR TRACKING MODE” หลอดไฟ “SOLAR TRACKING” จะสว่าง



รูปที่ ผ.ค.2 แผงควบคุมการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่
เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งตามดวงอาทิตย์ การเข้าสู่ระบบที่ควบคุมโดยตรงด้วยมือ

1. เปิดเมนสวิตช์ [1] ไปที่ ตำแหน่ง ON (ถ้ายังอยู่ที่ตำแหน่ง OFF) หลอดไฟ “POWER ON” จะสว่าง
2. กดสวิตช์ตัดต่อการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [2] ไปที่ ตำแหน่ง OFF หรือไปทางคำว่า “MANUAL MODE”
3. เลื่อนสวิตช์เลือกการควบคุม [3] ไปทางซ้ายมือ หรือไปทางคำว่า “MANUAL DIRECTION MODE” หลอดไฟ “MANUAL MODE” จะสว่าง
4. แล้วทำการควบคุมด้วยมือ โดยการกดสวิตช์ที่แผงควบคุมการทำงานด้วยมือ[4] (โดยสวิตช์เป็นแบบ กดติด กดดับ)

คำเตือน ห้ามกดสวิตช์บังคับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยกขึ้นและดึงลง ให้ทำงานพร้อมกันมิฉะนั้น จะเกิดการลัดวงจรขึ้น และในกรณีเดียวกัน ห้ามกดสวิตช์บังคับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เลื่อนซ้าย และเลื่อนขวา ให้ทำงานพร้อมกันด้วย

การหยุดการทำงาน

ทำได้โดยการกดปุ่ม “RESET” [5] แผงจะลดระดับลงมาอยู่ที่ 0 องศา แล้วไฟ “SHUT DOWN” จะติด

การตรวจสอบการทำงานของชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์

แผง “DIRECTION SENSOR” [6] จะมีสัญญาณไฟแสดงเมื่อชุดตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งนั้นทำงาน

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่

เครื่องวัดที่อยู่ทางด้านคำว่า “SOLAR PANEL” จะวัดแรงดันและกระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เครื่องวัดที่อยู่ทางด้านคำว่า “BATTERY CHARGER” จะวัดแรงดันและกระแสที่เข้าสู่แบตเตอรี่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ. ศิริวัฒน์ โภธิเวชกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาทุกๆ ด้าน ด้วยความเป็นกันเอง และเป็นกำลังใจให้ตลอดจนเสร็จโครงการได้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมโภชน์ ประไพ ที่ให้ความเมตตาและเอ็นดู พวกเราเสมอมา

ขอขอบพระคุณพี่อ้อด (อ. สุรินทร์ คำฝอย) ที่ให้ความช่วยเหลือในช่วงสุดท้าย

ขอขอบคุณพี่ตัวเล็ก และพี่เอ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองของภาควิชาไฟฟ้าตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณพี่โก้ ที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ในการทำโครงสร้างที่ห้องปฏิบัติการวิชาเครื่องกล

ขอขอบคุณพี่บุญชู ห้องปฏิบัติการภาควิชาเกษตร ที่ให้ยืมอุปกรณ์ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณซุมนุมอิเล็คทรอนิกส์ ที่ให้และให้ยืมอุปกรณ์ในการทำโครงการ

ขอขอบคุณซุมนุมโรบอท ที่ให้วัสดุในการทำโครงการ

ขอขอบคุณพี่เอ พี่แสบ พี่จ้อ พี่แก้ว พี่เบิ้ม พี่ไฉ่ และพี่ที่เรียนปริญญาโทกับ รศ. ศิริวัฒน์ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอดจนเสร็จ

ขอขอบคุณพี่เบิร์ด เป็นอย่างมากที่ให้ความช่วยเหลืออย่างมากในเรื่องเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกๆ ด้าน โดยตลอดจนเสร็จ

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ เป็นอย่างสูงที่ให้การช่วยเหลือทุกๆ ด้าน ทั้งทางกายและใจ

พี่ๆ ได้แก่ เฮียต้อม พี่เอก พี่แสน ซุมนุมประชาสัมพันธ์ ที่ให้กำลังใจโดยตลอด พี่เคียร์ ที่ให้กำลังใจและให้ความปรึกษา

เพื่อนๆ ได้แก่ เหลิม เต๋ย เขี้ย เบ็งค์ (ที่ให้กำลังใจและกำลังใจและคำปรึกษา), ตาล (ที่ให้การสนับสนุนทางการเงินมาโดยตลอด), เอี้ยว (ให้ความช่วยเหลือทางด้านเครื่องกล), โอง ยุท วิ (ที่ให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์), หนุ่ม (ที่ใช้ความช่วยเหลือในการทำวงจรอัดประจุ), พันและเพื่อน (ที่ให้ยืม VOM), ไหญ่ (ที่ให้ยืมเครื่องพิมพ์ และสแกนเนอร์), เต็น (ที่ให้ยืมสถานที่เจาะแผ่นปรินท์), คุ เต็น จอง ฮง ชะ (ที่ให้กำลังใจ), ผึ่ง (ส่งข้าวส่งน้ำ ให้กำลังใจ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้องๆ ได้แก่ น้องยุ่น (ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างมากมาย อดหลับ อดนอนด้วยกันเหมือน เป็น โปรเจคของตัวเอง ขอขอบคุณจริงๆ), น้องเบิ้ม (ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างมาก ในช่วงแรกๆ ที่ตอน หลังไม่ได้ช่วยเพราะต้องไปฝึกงานแต่เป็นกำลังใจตลอด ขอขอบคุณครับ), น้องบี (ที่ช่วยบ้างไม่ช่วย บ้างแล้วแต่อารมณ์ แต่ก็ขอบคุณนะ) น้องอู๋, น้องหิน, น้องโบ, น้องกิ๊ก และน้องๆ ชุมชุมประชา สัมพันธ์ทุกๆ คน

และทุกๆคนที่ไม่ได้เอ่ยนาม (ต้องขอโทษด้วยจริงๆ นะ นึกไม่ออก พยายามแล้วนะ)

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ของเราทั้ง 3 คน (ป๊อง เอก เมย์) ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู และให้กำลังใจ ตั้งแต่ลืมตาดู โลกจน ได้สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้