บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ เป็นการหาผลลัพธ์โดยใช้กระบวนการทดลอง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 เป็นการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุมต่างกัน ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ โดยหันพื้นที่รับแสงไปทางทิศใต้

การทดลองที่ 2 เป็นการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ, เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในมุมที่ต่างกันดังนี้ 38 องศา 7 องศา และ 14 องศา ตามลำดับ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองหันพื้นที่รับแสงไฟทางทิศใต้

การทดลองที่ 3 เป็นการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในมุมที่ต่างกับดังนี้ 38 องศา และ 14 องศา ตามลำดับ โดยปรับแนวระนาบอ้างอิงของพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงให้มีมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกับแนวระนาบอ้างอิงตามมุมของดวงอาทิตย์ที่โคจรอยู่ในแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน

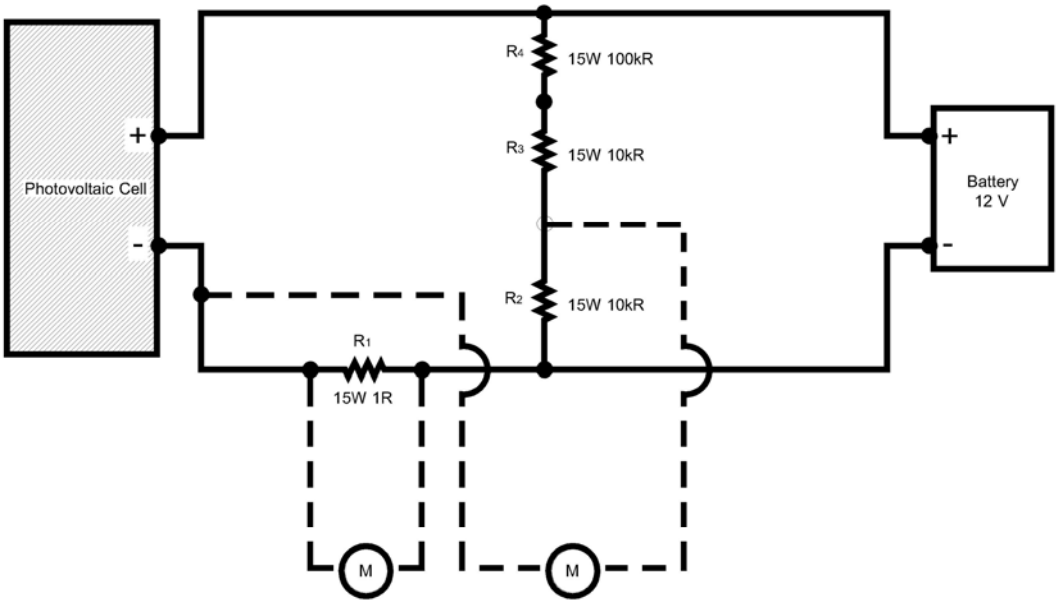
3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยที่ใช้ในการทดลองที่ 1 2 และ 3 ได้แก่

1) เครื่องวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (pyranometer รุ่น SP-Lite)
2) เซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง (photovoltaic cell thin film)

3) อุปกรณ์ต่อพ่วงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อวัดค่า กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1
แผนผังวงจรแปลงค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
และตำแหน่งที่ทำการวัด



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

4) ขาตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถปรับมุมได้ทั้งแนว azimuth และ altitude

5) แผ่นกระจกสะท้อนแสง พร้อมขาตั้งปรับมุมได้ (reflector)

6) อุปกรณ์เก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ (data logger ยี่ห้อ Campbell และ อุปกรณ์ขยายช่องรับข้อมูล รุ่น AM25T)

7) อุปกรณ์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ (mullti-meter)

8) กล้องถ่ายภาพ (camera)

โดยอุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งดังภาพที่ 3.2

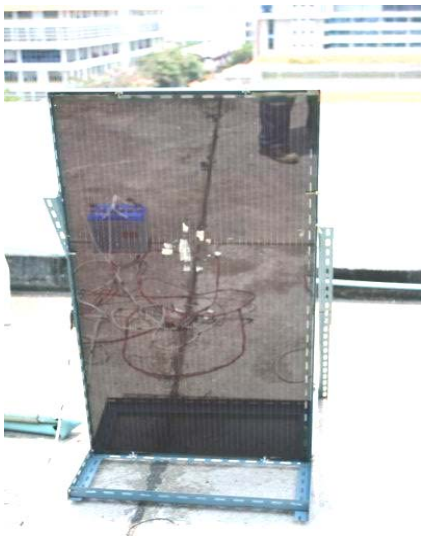
ภาพที่ 3.2
การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองบนพื้นที่ดาดฟ้าอาคารปฏิบัติการ
สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิยาลัยธรรมศาสตร์

หมายเหตุ: ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

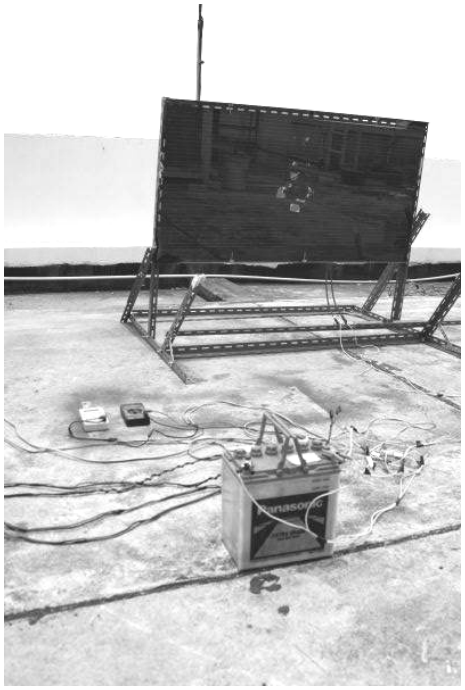
ภาพที่ 3.3
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก. Pyranometer

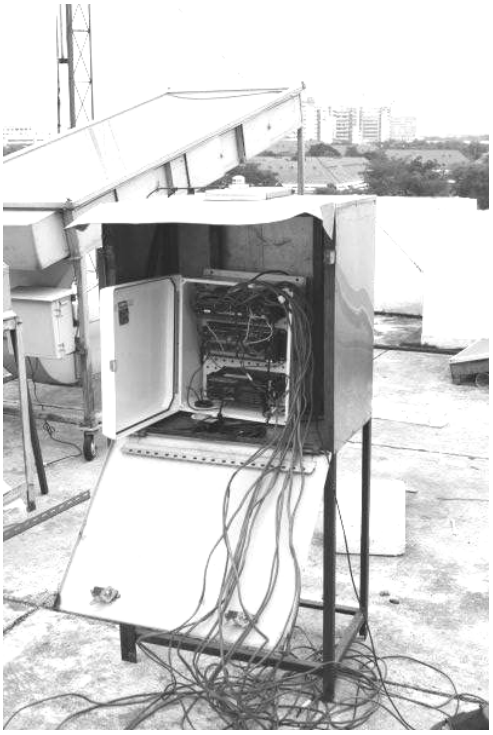
ข. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง



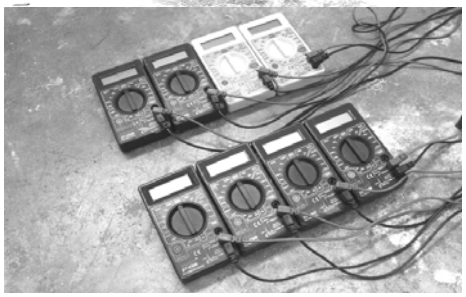
ค. อุปกรณ์ต่อพ่วง



ง. อุปกรณ์เก็บข้อมูลอัตโนมัติ

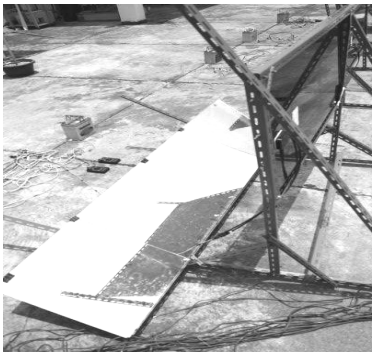


จ. มัลติมิเตอร์



ฉ. สายวัดอุณหภูมิ

ช. กระจกสะท้อนแสง สำหรับการทดลองที่ 2 และ 3



ซ. กล้องถ่ายภาพ

หมายเหตุ: ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

3.1.2 **การทดสอบเครื่องมือ**

1) เขียนโปรแกรม ให้อุปกรณ์เก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ (data logger ยี่ห้อ Campbell และอุปกรณ์ขยายช่องรับข้อมูล AM25T) ให้สามารถอ่านค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เป็นการอ้างอิงในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิต
2) ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ทุกแผงที่ใช้ในการทดลอง โดยนำส่วนต่างที่ได้แทนค่าในสมการทำนายผล ซึ่งยึดค่าที่ได้จาก อุปกรณ์วัดค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ (multi-meter)

3.1.3 **สถานที่ทำการทดลอง**

ผู้วิจัยได้เลือกทำการทดลองที่ชั้นดาดฟ้าอาคารปฏิบัติการสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ดังภาพที่ 3.2

3.2 การทดลองที่ 1

3.2.1 การเตรียมการทดลอง

จากการศึกษาผลงานวิจัยและเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีดัชนีชี้วัดที่สำคัญได้แก่ กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งทั้งสองดัชนีชี้วัดดังกล่าว จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ และอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หากพิจารณาแล้วพบว่าสิ่งที่ส่งผลต่อปัจจัยดังกล่าว คือ มุมที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้น การทดลองจึงประกอบด้วย

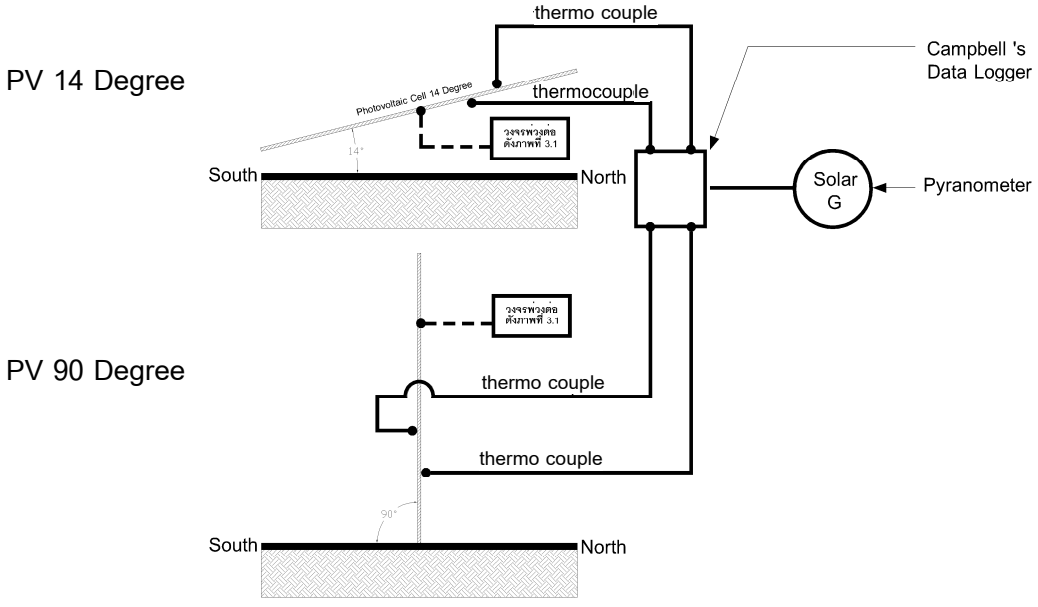
1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ (ภาพที่ 3.4)

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ (ภาพที่ 3.4)

โดยทำการวัดค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิแผง และค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ไปในขณะเดียวกัน โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ หนึ่งนาที แล้วจึงนำมาเฉลี่ยทุก 5 นาทีโดยการถ่ายภาพจาก มัลติมิเตอร์ ทุกตัวพร้อมกัน และบันทึกค่าอุณหภูมิ และค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ใน data logger ไปพร้อม ๆ กัน สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เบื้องต้นเรื่องเกี่ยวกับประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เท่านั้น

ภาพที่ 3.4

แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 1



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

3.2.2 ตัวแปรในการทดลอง

ตัวแปรในการทดลองที่ 1 ได้แก่

1. ตัวแปรต้น
   1) มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับแนวระนาบ (มุม14 องศา และ 90 องศา)
2. ตัวแปรตาม
   1) ค่ากระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้
   2) ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้
3. ตัวแปรควบคุม
   1) ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ทุกชุดการทดลอง
   2) ทิศที่พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์หันไปคือ ทิศใต้
   3) วงจรต่อพ่วงอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์เก็บข้อมูล
   4) อุปกรณ์วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และวิธีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์
   5) ทำการทดลองทั้งหมดในช่วง เวลา 25 กุมภาพันธ์ 2553 – 31 มีนาคม 2553

3.2.3 วิธีการทดลอง

1) ในการทดลองได้ใช้แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนขาตั้งที่สามารถปรับมุมได้ จำนวน 2 แผง คือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ โดยพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้

2) ในการติดตั้งเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์จะทำการติดตั้งที่ระดับพื้นที่ทดลอง และต้องไม่โดนแนวเงาของอาคาร หรืออุปกรณ์ในการทดลองพาดผ่าน โดยเชื่อมต่อกับเครื่องเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ (Data Logger ของ Campbell และอุปกรณ์ขยายช่องรับข้อมูล AM25T) และทำการเก็บข้อมูลทุก 1 นาที

3) ในการติดตั้งเครื่องวัด กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ (Multi-Meter) จะต้องติดตั้งโดยต่อที่สายไฟฟ้าที่ต่อจากเซลล์แสงอาทิตย์ ที่อยู่ทางหลังแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการวัดค่าโดยการถ่ายภาพทุก 5 นาทีโดยกล้องถ่ายภาพ และเก็บข้อมูลไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

4) นำผลที่ไดทำการคำนวณเพื่อหาค่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

จากสมการ

$$P = I \times V \qquad \textit{(สมการ 3.1)}$$

โดยที่

P หมายถึง กำลังไฟฟ้า (electric power) มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

I หมายถึง กระแสไฟฟ้า (electric current) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Amp)

V หมายถึง ความต่างศักย์ไฟฟ้า (electric voltage) มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt)

คำนวณหาค่า ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จากสมการ

$$\eta = (P \times 100) / (G) \qquad \textit{(สมการ 3.2)}$$

โดยที่

η หมายถึง ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์หน่วยเป็น ร้อยละ

P หมายถึง พลังงานไฟฟ้า (Power) ที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้หน่วยเป็น วัตต์ (W)

G หมายถึง ปริมาณความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ทำมุมกับแนวระนาบ พื้นผิวโลก หน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร (W/m^2)

นำค่า *P* และ η ที่ได้จากสมการที่ 3 และ สมการที่ 4 ของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองกรณี มาเปรียบเทียบเพื่อประมาณการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในการทดลองที่ 2 รวมทั้งทราบขีดความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศา และ 90 องศากับแนวระนาบที่พบเห็นมากในปัจจุบัน

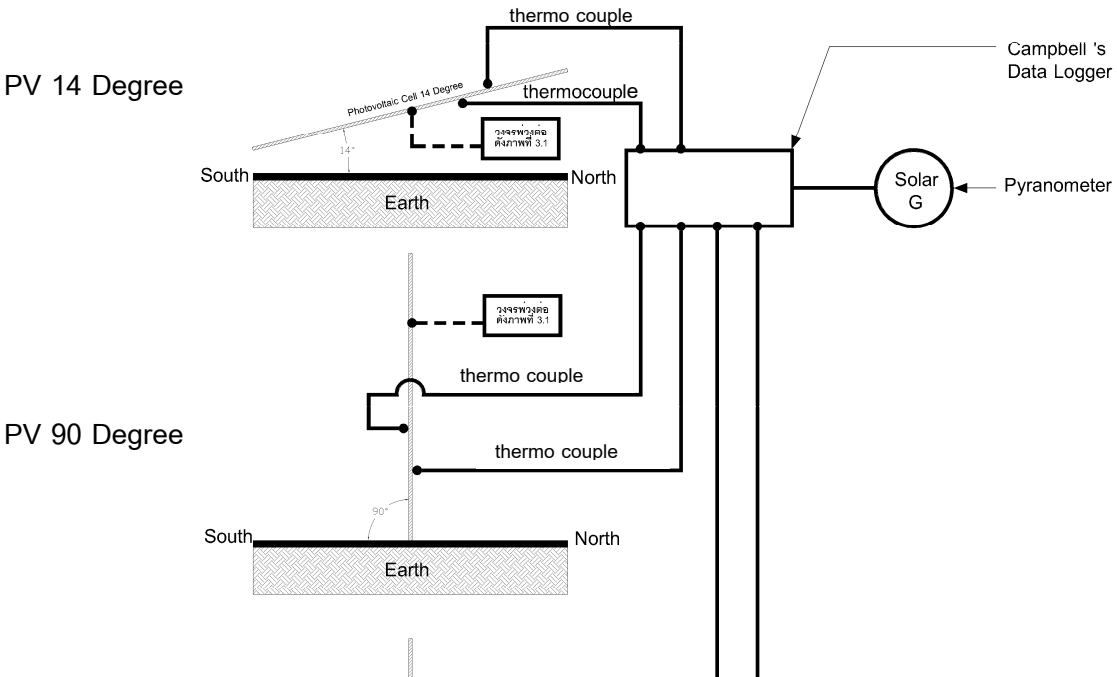
3.3 การทดลองที่ 2

ทำการเปรียบเทียบ กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในมุมที่ต่างกับดังนี้ 7 องศา 14 องศา และ 38 องศาตามลำดับ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองหันพื้นที่รับแสงไฟทางทิศใต้

3.3.1 การเตรียมการทดลอง

จากการเปรียบเทียบผลต่างระหว่าง กระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ในการทดลองที่ 1 พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในมุม 14 องศา มีค่ามากกว่ากรณีเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในมุม 90 องศากับระนาบเกือบตลอดทั้งวัน ดังนั้นการเพิ่มอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงให้มีมุมมาตกกระทบตั้งฉาก หรือมุมอื่น ๆ ที่เหมาะสมน่าจะช่วยเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้นได้ จึงเป็นที่มาของการทดลองที่ 2 ซึ่งทำการวิจัยเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.5 และภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.5
การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 2



PV 90 Degree

And Reflector

thermo couple

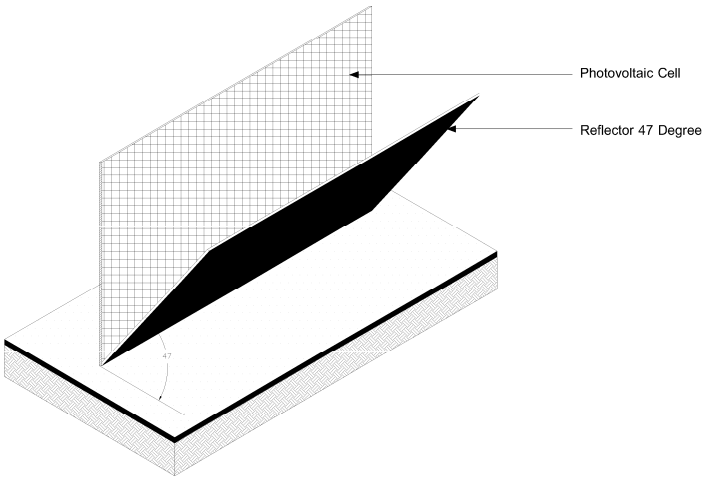
thermo couple

หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

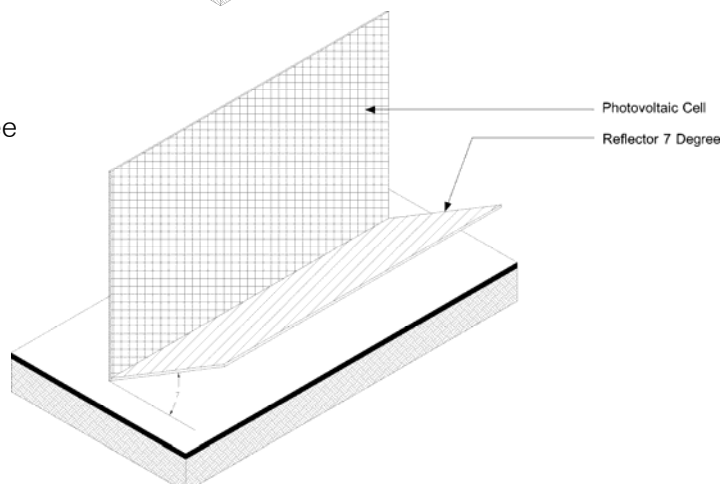
ภาพที่ 3.6

การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในการทดลองที่ 2

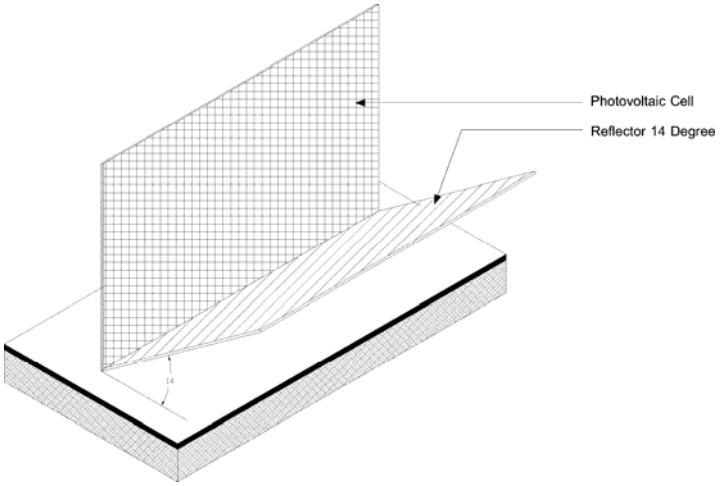
ก. Reflector 38 degree



ข. Reflector 7 degree



ค. Reflector 14 degree



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

3.4 การทดลองที่ 3

ทำการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ, เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในมุมที่ต่างกันดังนี้ 14 องศา และ 38 องศาตามลำดับ โดยปรับแนวระนาบอ้างอิงของ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงให้มีมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับแนวระนาบอ้างอิงตามมุมของดวงอาทิตย์ที่โคจรอยู่ในแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน

3.4.1 การเตรียมการทดลอง

จากการเปรียบเทียบผลต่างระหว่าง กระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ, เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ และเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงในมุมที่ต่างกันคือ 38 องศา 7 องศา และ 14 องศาตามลำดับ ตามการทดลองที่ 2 ซึ่งมีทั้งสิ้น 3 ชุดทดลอง 5 กรณีศึกษา ได้ผลลัพธ์คือมุมของแผ่นสะท้อนแสงที่มีขนาดเหมาะสมกับการติดตั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แบบถาวร ซึ่งในการทดลองที่ 3 นี้จะนำเอาค่ามุมดังกล่าวที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นมาทำการทดลอง เพื่อดูว่าในเดือนอื่น ๆ ของปี จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการ

สะท้อนแสงที่มุมเท่าไหร่จึงจะเหมาะสม โดยนำมุมที่ได้จากการทดลองที่ 2 มาทำการทดลอง ทั้งนี้อาจจะสรุปมุมของอุปกรณ์สะท้อนแสงได้ดังนี้ คืออุปกรณ์สะท้อนแสงทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ และ 38 องศากับแนวระนาบ ส่วนในกรณีของการติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงที่มุม 7 องศานั้นไม่นำมาทดลองเนื่องจากกระแสไฟฟ้า และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นน้อยมาก (ทั้งนี้มาจากผลลัพธ์จากการทดลองที่ 2 ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4) ดังนั้นในการทดลองนี้สามารถแบ่งกรณีทดลองได้ดังนี้

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ โดยหันพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ โดยหันพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้

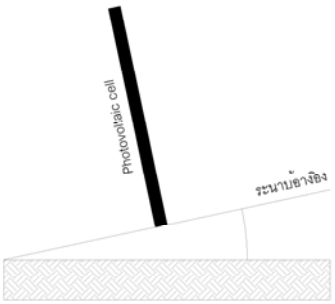
3) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงทำมุม 14 องศา กับแนวระนาบโดยหันพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้

4) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ ที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงทำมุม 38 องศา กับแนวระนายโดยหันพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะทำการทดลองโดยใช้การเอียงแนวระนาบอ้างอิงของเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพ 3.7

ภาพที่ 3.7

ตำแหน่งระนาบอ้างอิงในชุดทดลอง



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

พร้อมทั้งเอียงมุมอุปกรณ์สะท้อนแสงตามการคำนวณ โดยให้ดวงอาทิตย์เสมือนอยู่ในตำแหน่งในแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน ซึ่งทำมุมตามวันที่ดังต่อไปนี้

- 21 มกราคม
- 21 กุมภาพันธ์

- 21 มีนาคม
- 21 เมษายน
- 21 พฤษภาคม
- 21มิถุนายน
- 21 กรกฎาคม
- 21 สิงหาคม
- 21 กันยายน
- 21 ตุลาคม
- 21 พฤศจิกายน
- 21 ธันวาคม

3.2.2 **ตัวแปรในการทดลอง**

ทำการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ใน 4 ชุดทดลอง ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 14 องศากับแนวระนาบ

ชุดการทดลองที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศากับแนวระนาบ

ชุดการทดลองที่ 3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศาพร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงเอียงทำมุม 14 องศา

ชุดการทดลองที่ 4 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุม 90 องศาพร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงเอียงทำมุม 38 องศา

1. ตัวแปรต้น
   1) มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแนวระนาบ (14 องศา และ 90 องศา)
   2) มุมเอียงของอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสง (14 องศา และ 38 องศา)
2. ตัวแปรตาม
   1) ค่ากระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้
   2) ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้
3. ตัวแปรควบคุม
   1) ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางทุกชุดการทดลอง
   2) ทิศที่พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์หันไปคือ ทิศใต้
   3) วงจรต่อพวงอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์เก็บข้อมูล
   4) อุปกรณ์วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และวิธีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์
   5) กำหนดมุมของแนวระนาบอ้างอิงเป็นช่วงเวลาในแต่ละเดือนดังต่อไปนี้

- 21 มกราคม มุมระนาบอ้างอิง 337 องศา
- 21 กุมภาพันธ์ มุมระนาบอ้างอิง 349 องศา

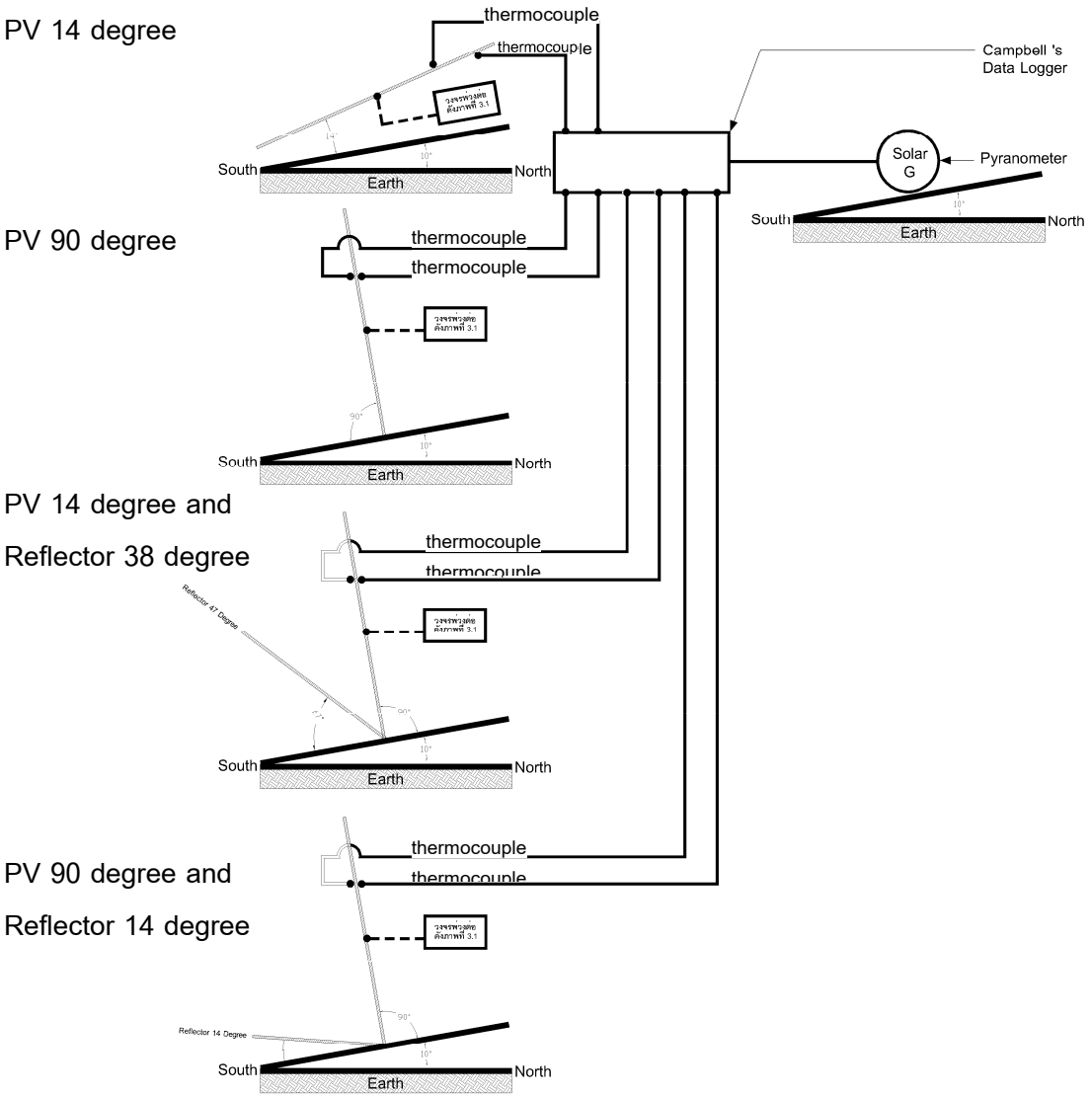
- 21 มีนาคม มุมระนาบอ้างอิง 0 องศา
- 21 เมษายน มุมระนาบอ้างอิง 356 องศา
- 21 พฤษภาคม มุมระนาบอ้างอิง 10 องศา
- 21 มิถุนายน มุมระนาบอ้างอิง 24 องศา
- 21 กรกฎาคม มุมระนาบอ้างอิง 24 องศา
- 21 สิงหาคม มุมระนาบอ้างอิง 10 องศา
- 21 กันยายน มุมระนาบอ้างอิง 356 องศา
- 21 ตุลาคม มุมระนาบอ้างอิง 0 องศา
- 21 พฤศจิกายน มุมระนาบอ้างอิง 349 องศา
- 21 ธันวาคม มุมระนาบอ้างอิง 337 องศา

ซึ่งมุมดังกล่าวใช้เฉพาะทำการทดลองในช่วง เวลา 25 กุมภาพันธ์ 2553 – 31 มีนาคม 2553 เท่านั้น

3.2.3 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง และการคำนวณ ในการทดลองที่ 3 จะเหมือนกับการทดลองที่ 2 เพียงแต่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4 แผง และมีการปรับมุมตามมุมดวงอาทิตย์ของตำแหน่ง ณ เดือนต่าง ๆ ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8
ตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองที่ 3 สำหรับ เดือน สิงหาคม



หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553