ระบบวัดและแสดงผลพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์

Measurement and Display System for Solar Radiation

สิทธิโชค พรหมน้ำฉ่า, กิตติ นวลพลับ, บุญยัง ปลั่งกลาง, สมชาย เบียนสูงเนิน*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพลังงานจากแสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ใหญ่ที่สุดและไม่มีวันหมดสิ้น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ ในอนาคตการจะนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้นั้น สิ่งที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆ คือจากแสงดวงอาทิตย์ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องมีการวัดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บเป็นข้อมูลและเพื่อแสดงให้เห็นว่าพลังงานของแสงอาทิตย์แต่ละวันเป็นอย่างไร ระบบการวัดพลังงานแสงอาทิตย์จะมีส่วนสำคัญคือเซ็นเซอร์และระบบเก็บข้อมูลและนอกจากนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เห็นได้ชัดเจนถึงขนาดพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยระบบแสดงผลจึงมีความสำคัญเช่นเดียวกัน ระบบแสดงผลจะเป็นแบบ Real-Time System ซึ่งแสดงผลให้เห็นว่าพลังงานตอนนี้มีค่าเท่าใดเพื่อจะได้กระตุ้นให้เห็นว่าต้องมีการนำพลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวัดพลังงานจากแสงอาทิตย์จะมีรูปเป็นสถานีการวัด

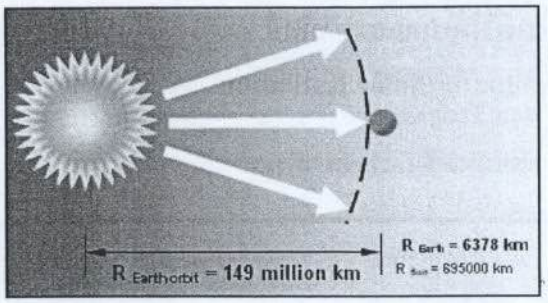
ระบบวัดและแสดงผลนี้จะเป็นตัวช่วยชี้ให้เห็นพลังงานจากแสงอาทิตย์ในแต่ละวันกระตุ้นให้คนเห็นความสำคัญของพลังงานจากแสงอาทิตย์และจัดเก็บข้อมูลพลังงานจากแสงอาทิตย์ อีกทั้งยังจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยและประเทศชาติต่อไป

1. บทนำ

ความเข้มการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามจุดศูนย์กลางของพื้นผิวของดวงอาทิตย์ ฟลักซ์การกระจายแสงจะขยายตัวออกมากกว่าพื้นที่ผิวของทรงกลมดวงอาทิตย์ ซึ่งมันจะมีค่าลดลงตามระยะทางยกกำลังสองจากดวงอาทิตย์ ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์และโลกมีระยะไกล ลำแสงการแผ่รังสีที่ได้รับบนโลกคือส่วนที่ขนานกับผิวโลกทั้งหมด การวัดค่าฟลักซ์การแผ่รังสีที่ตกกระทบบนชั้นบรรยากาศภายนอกโลกจะมีค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่า Solar Constant มีค่าเท่ากับ 1,367 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ได้รับที่ชั้นบรรยากาศภายนอกโลก โดยระยะทางนั้นเป็นระยะทางเฉลี่ยจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จากการเปลี่ยนแปลงของระยะทางของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์กับโลกในระหว่างปี

ค่าโดยประมาณของ Solar Constant สามารถพิสูจน์ได้โดยใช้หลักการคือ ให้ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำ ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผ่านบนพื้นผิวภายนอกของทรงกลมจะเกี่ยวข้องกันกับดวงอาทิตย์ (รูปที่ 2.2) โดยฟลักซ์นี้จะผ่านพื้นผิวของระยะรัศมีเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก ความเข้มของฟลักซ์ที่ความยาวนี้คือค่า Solar Constant ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลกเป็นดังรูปที่ 1

* ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทร. 08-6899-2996, 0-2549-3570 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: pboonyang@hotmail.com



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลก

จากรูปที่ 1 ได้ความสัมพันธ์คือ
ฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ = ฟลักซ์การแผ่รังสีที่วงโคจรโลก
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\dot{q}_{Sun,surface} \cdot A_{Sun,surface} = S_O . A_{Earth,orbit} \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{q}_{Sun,surface}$ = รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ [W/m^2]

S_O = Solar Constant [W/m^2]

$A_{Sun,surface}$ = พื้นที่ผิวของ ดวงอาทิตย์ [m^2]

$A_{Sun,surface}$ = พื้นที่ผิวของทรงกลมที่วงโคจรของโลก [m^2]

เพราะฉะนั้น

$$S_O = \frac{A_{Sun,surface}}{\dot{q}_{Sun,surface} . A_{Earth,orbit}}$$

$$= \sigma . T^4_{Sun,surface} \cdot \frac{4\pi (R_{Sun})^2}{4\pi (R_{Earth,orbit})^2}$$

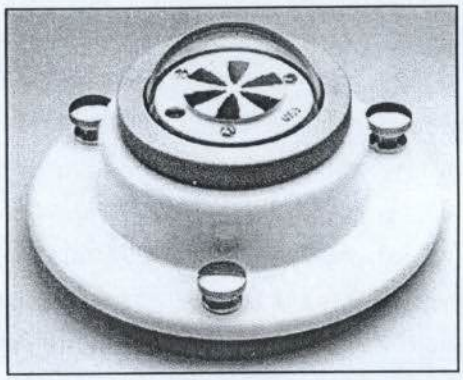
$$= 5.67 \times 10^{-8} . (5762)^4 . \left(\frac{695 \times 10^6}{149 \times 10^9} \right)^2$$

$$= 1360 \ W/m^2$$

เนื่องจากรัศมีโคจรของโลกมีค่าไม่คงที่จะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในหนึ่งปี (1300 W/m^2<1390 W/m^2)

2. การวัดค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สามารถที่จะใช้ไพรานอมิเตอร์ช่วยในการวัดค่าหรือไพเรลไลโอมิเตอร์ ไพรานอมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2 นี่คือตัวอย่างของเครื่องวัดพื้นฐานที่ใช้ในการวัดค่าการแผ่รังสี หลักการวัดจะให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างส่วนที่เป็นสีขาวและดำ ส่วนที่เป็นฝาครอบแก้วจะมีอุปกรณ์ในการเซนเซอร์ เมื่อใช้เครื่องวัดนี้วัดค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิที่แตกต่างกันจะเกิดระหว่างส่วนที่เป็นสีขาวและดำ เทอร์โมพิลจะตรวจจับได้และจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า และจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแรงดันขนาดเป็น mV และจะเปลี่ยนเป็นค่าพลังงานของการแผ่รังสีในหน่วย W/m^2



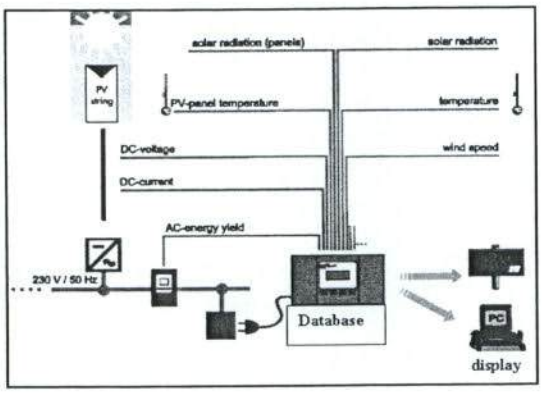
รูปที่ 2 Model 240 – 8101 Star Pyranometer

การแผ่รังสีโดยตรงสามารถวัดค่าไพเรลไลโอมิเตอร์ไพรานอมิเตอร์ในไพรานอมิเตอร์จะมีแผ่นเซนเซอร์สีดำอยู่ที่ฐานถูกติดตั้งในทิศทางที่มีลำแสงดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีแบบกระจายจะถูกป้องกันจากพื้นผิวของเซนเซอร์ไพเรลไลโอมิเตอร์จะถูกติดตั้งบนตัวปรับเลื่อนหาแสงอาทิตย์ที่ผ่านโดยตรงในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งแบบนี้จะมีราคาแพง

การแผ่รังสีแบบกระจายสามารถที่จะคำนวณได้โดยการวัดค่าการแผ่รังสีโดยตรงโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์หรือสามารถวัดค่าได้จากแถบค่าของไพรานอมิเตอร์

3. การออกแบบเบื้องต้น

ระบบวัดและแสดงผลพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์เป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลจากแสงอาทิตย์ โดยการวัดโดยตรงพร้อมกับวัดค่าแฟกเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาวิเคราะห์การนำพลังงานมาใช้ระบบประมวลผลจะนำผลที่วัดได้จาก Database มาแสดงผลที่ระบบแสดงผลที่มีความสามารถพิเศษในการแสดงผลกลางแจ้ง และในระบบประมวลผลจะสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ด้วยเพื่อง่ายต่อการ download ข้อมูลไปใช้งานซึ่งแนวคิดของระบบนี้จะเป็นดังรูปที่ 3



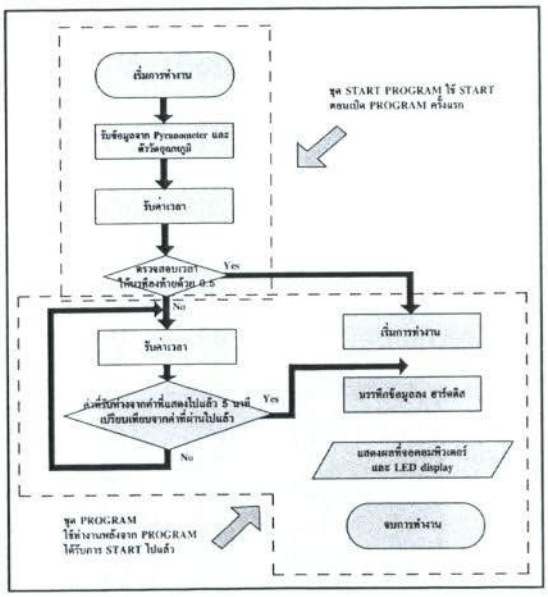
รูปที่ 3 ระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์

จากแนวความคิดของโครงงานนี้จะทำให้สามารถสร้างและติดตั้งระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ จึงจะเป็นการกระตุ้นและนำพลังงานจากเซลแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการนำพลังงานไปใช้อย่างสูงสุด

ระบบวัดผลและแสดงผลพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิจัยด้านพลังงานที่ต้องนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานระบบประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 โครงสร้างระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์

จากรูปส่วนของเซ็นเซอร์จะเป็นส่วนที่วัดแสงแดด และแฟกเตอร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิความชื้น รวมทั้งกระแสลม เพื่อเป็นแฟกเตอร์ในการวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ Data base จะเป็นชุดที่อ่านค่าจากเซ็นเซอร์และนำค่ามาประมวลผลเพื่อจัดเก็บข้อมูลและส่งต่อไปที่ชุดแสดงผล ซึ่งชุดแสดงผลนี้จะเป็นชุดแสดงผลที่มีความสามารถพิเศษสามารถที่จะแสดงผลกลางแจ้งได้ เพื่อที่จะกระตุ้นคนให้เห็นค่าของพลังงานในแต่ละวันและเป็นแบบ real time ด้วย และนอกจากนี้ที่ระบบประมวลผลจะสามารถต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะสามารถนำค่าพลังงานมาใช้ได้ อย่างง่ายๆจะเห็นได้ว่าระบบวัดและแสดงผลพลังงานจากแสงอาทิตย์นี้มีความสำคัญมากในการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลแสงอาทิตย์มาใช้งานและการสร้างระบบวัดผลและจัดเก็บข้อมูลรว มทั้งระบบแสดงผลกลางแจ้งยังเป็นสิ่งที่ยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิจัยและพัฒนาระบบขึ้นมาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่รวมทั้งส่งเสริมการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลแสงอาทิตย์มาใช้งานอย่างสูงสุด การทำงานของชุดแสดงผลนี้จะเป็นดังรูปที่ 5



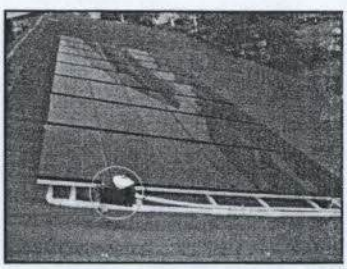
รูปที่ 5 Flow chart แสดงการทำงานของชุดวัดพลังงานแสงอาทิตย์

การทำงานจะเป็นดังนี้คือ

- เริ่มการทำงาน
- รับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) จากหัววัดแสง (Pyranometer) และค่าอุณหภูมิ (Tempurature) จากตัววัดอุณหภูมิ
- รับค่าเวลา (Time) จากคอมพิวเตอร์
- ทำการเปรียบเทียบเวลาโดยจับที่ตัวเลขนาทีตัวหลัง ให้มีค่า 0,5 เท่านั้น เช่น 1.05 ถ้าได้แล้วส่งค่าต่างที่รับได้ไปเพื่อทำการประมวลผลในขั้นต่อไป
- แต่เมื่อเวลาไม่ลงท้ายด้วย 0,5 ให้ทำการรับค่าเวลาใหม่จนกว่าจะได้ค่าเวลาจะลงท้ายด้วย 0,5 แล้วโปรแกรมจะประมวลผลว่าห่างจากค่าเดิม 5 นาทีหรือยัง หากว่า ใช่ โปรแกรมก็จะทำการนำค่าที่ได้ไปบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) และแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์และจอไฟวิ่ง (LED display)
- โดยโปรแกรมจะทำการบันทึกค่าตลอด 24 ชั่วโมง และผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้จากคอมพิวเตอร์และสามารถดูกราฟเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิและพลังงานแสงอาทิตย์ได้อีกด้วย
- โปรแกรมออกแบบมาให้เก็บข้อมูลเป็นตัวอักษร (Text file) ลงในโปรแกรม Notepad จึงสามารถคัดลอก (Copy) ข้อมูลไปใช้ในงานอื่นๆ ได้อีกด้วย

4. การดำเนินงาน

ในการนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลนั้นจะนำข้อมูลดิบ คือ เลข 8 บิตจากตัววัด Pyranometer มาแสดงโดยโปรแกรมประมวลผล Visual Basic ซึ่งติดตั้งตัววัดจะเป็นดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การติดตั้งหัววัดแสง Pyranometer

จากการทำงานนี้สามารถนำค่าที่ได้มาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อทำให้ได้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในหน่วยของ W/m^2

- จากค่าอ้างอิงที่ปรากฏบน Pyranometer เท่ากับ 12.56 x 10-6 mV
- จากค่าสูงสุดที่หัววัดแสงจ่ายได้เมื่อรับแสงสูงสุด เท่ากับ 25 มิลลิโวลต์หาค่าสูงสุดที่หัววัดแสง Pyranometer สามารถวัดได้จะได้

$$25\ mV / 12.56 \times 10\text{-}6 = 1990\ W/m^2$$

ค่าสูงสุดที่ที่หัววัดแสง Pyranometer สามารถวัดได้จะได้= 1990 W/m^2 หากต้องการหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ขณะนั้นสามารถหาได้จากสูตร

$$X\ mV / 12.56 \times 10\text{-}6 = Ans\ W/m^2 \qquad (2)$$

กำหนดให้

X = ค่าที่หัววัดแสง Pyranomter จ่ายออกมามีค่าตั้งแต่ 0-25 mV ซึ่งค่าที่ได้นี้จะเป็นค่าที่นำมาแสดงผลนั่นเอง

ตัวอย่าง ถ้าหัววัดแสงวัดค่าได้ 10 mV

วิธีทำ

จากสูตร $X\ mV / 12.56 \times 10\text{-}6 = Ans\ W/m^2$

แทนค่า $(10\ mV)10\ mV / 12.56 \times 10\text{-}6 = Ans\ W/m^2$

จะได้ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ = 796.18 W/m^2

ส่วนแสดงผล LED Display จะติดตั้งส่วนแสดงผลที่ด้านหน้าตึกวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยเลือกสีแดงเพื่อให้สังเกตได้จากระยะไกล

รูปที่ 7 แสดงการติดตั้งส่วนแสดงผล LED Display

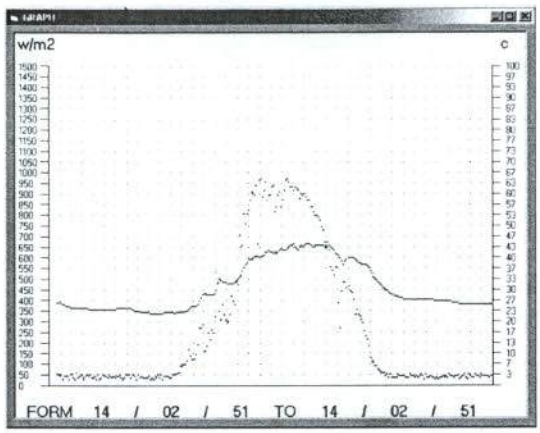
ส่วนโปรแกรมประมวลผลจะจัดเก็บโดยระบบคอมพิวเตอร์การจัดเก็บข้อมูลจะเป็นชื่อของวันที่ทำการจัดเก็บ ตัวอย่างผลของข้อมูล

140251000054.41 26.0
140251000554.41 26.0
140251001054.41 26.0
140251001554.41 26.0
140251002054.41 26.0
140251002554.41 26.0
140251003054.41 26.0

วิธีการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์เก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์สามารถดูได้จากรูปด้านล่างดังนี้

รูปที่ 8 วิธีการอ่านค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์

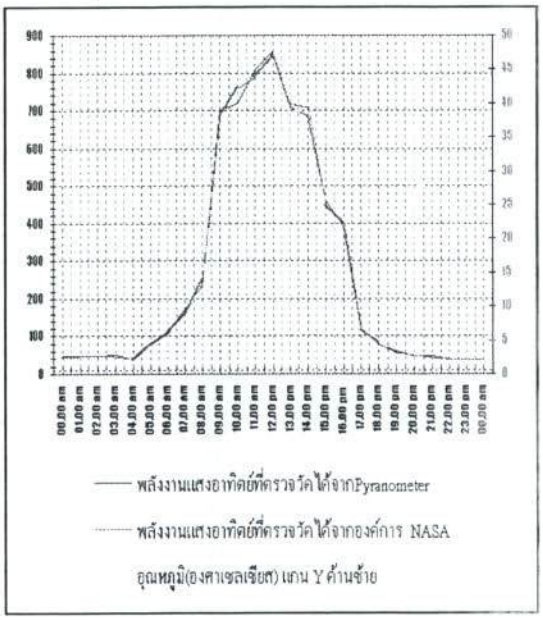
เมื่อได้ข้อมูลแล้วสามารถนำค่ามาแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงกราฟเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ใน 1 วันที่วัดได้

5. การวิเคราะห์ผลที่ได้เทียบกับข้อมูลอ้างอิง

การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถทำได้โดยการนำค่าที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ค่าที่วัดได้มีความเที่ยงตรงแค่ไหน และความคลาดเคลื่อนมากหรือน้อยเท่าไหร่ จึงต้องทำการหาแหล่งข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงสูงและน่าเชื่อถือ จึงได้มีการทำการอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งที่มาที่น่าเชื่อถือที่สุดในตอนนี้คือ องค์การ NASA นั่นเอง ข้อมูลที่ได้เมื่อนำมาเทียบกับค่าอ้างอิงที่ได้จากหน่วยงาน NASA เป็นค่าที่นำมาจากการวัดและบันทึกผลแล้ว (จากโปรแกรม Homer) โดยเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบจะได้เป็นกราฟดังรูป



รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบแสงอาทิตย์จาก Pyranometer กับองค์การ NASA

จากการเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบกันของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บได้ขององค์การ NASA เท่าที่เห็นเป็นการเปรียบเทียบกันทุกๆ 2 ชม. ในวันและเวลาเดียวกัน จากกราฟจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานแสงอาทิตยนั้นมีการเพิ่มขึ้นเป็นค่า Linear โดยค่าพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 5.00 น. และไต่ระดับกราฟไปเรื่อยๆ เนื่องจากดวงอาทิตย์

เริ่มขึ้นมา แสงอาทิตย์เริ่มมีมากขึ้นทำให้เป็นช่วงที่มีค่าความชันสูงจนถึงเที่ยงจะมีค่าสูงสุด และไต่ระดับกราฟลงมาอีกครั้งจนเท่ากับระดับต่ำสุดในที่สุด ซึ่งผลที่ได้มีค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้

6. สรุปผลการทำงาน

จากการทดลองการเก็บค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากหัววัด Pyranometer จะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดของพลังงานแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้คือ 1360 W/m^2 แต่จากปัจจัยต่างๆ ทำให้ค่าที่วัดได้ลดลงอย่าง เช่น เมฆ ฝน ฯลฯ และอีกอย่างหนึ่งคือช่วงเวลาที่ทำการเก็บค่านั้นเป็นช่วงของฤดูที่ใกล้หน้าฝน ท้องฟ้าจึงไม่เปิดมากนักเป็นผลให้ค่าสูงสุดที่วัดได้จึงน้อยกว่าที่คำนวณได้คือ ประมาณ 850 W/m^2 นั่นเอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์ติดต่อรับค่าจาก Pyranometer โดยตรงได้ จึงต้องหาทางติดต่อด้วยการทำให้ค่าที่รับมานั้นเปลี่ยนเป็นบิตดิจิตอล ก่อนซึ่งบิตที่ส่งมาต้องมีค่าแรงดันไม่เกิน 5 โวลต์ จึงได้มีการนำวงจรแปลงอะนาล็อก เป็นค่าดิจิตอล หรือที่เรียกว่า A to D (Analog to Digital circuit) มาทำการแปลงค่าก่อน โดยทำการต่อแรงดันที่ได้จากหัววัด Pyranometer ที่มีค่าแรงดันสูงสุดคือ 25 มิลลิโวลต์ ให้มีค่าแรงดันเต็มพิกัดที่ 5 โวลต์ โดยให้ออปแอมป์ขยาย 200 เท่า (ในวงจรจริงใช้ 201 เท่า เพราะไม่สามารถหาความต้านทาน 199 โอห์ม มาใช้งานได้) โดยวงจรจะรับค่าและส่งค่ามา 3 บิต และค่าจากตัววัดอุณหภูมิ 3 บิต รวม 6 บิต แล้วโปรแกรมจะไปรับค่ามาประมวลผลเพื่อแสดงผลและเก็บต่อไปด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลที่ได้มีค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550 ขอขอบคุณ บริษัทพรีไซซ์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุน

8. เอกสารอ้างอิง

ประจิน พลังสันติกุล, และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : innovative

อภิชาต ภูพลับ. 2546. เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมด้วย VB. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ Infopress.

อภิชาต ภูพลับ. 2546. สนุกกับการใช้VB. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ Infopress.