

## บทความวิจัย

# ผลของมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ มศว

ทรงศักดิ์ พงษ์หิรัญ\* และ รัชฎนพ นิลกำจร

### บทคัดย่อ

ตำแหน่งและมุมเอียงมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่ตัวแปรทั้งสองทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีที่ตกกระทบ จากการทดลองปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าเปลี่ยนไป โดยมุมเอียงที่ทำให้กระแสไฟฟ้ามีค่าสูงสุดจะมีค่าแตกต่างกันแต่ละช่วงเวลาของปีอยู่ในช่วงระหว่าง  $-8^{\circ}$  ถึง  $36^{\circ}$  จากผลการทดลองสามารถพบค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าและความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุดในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. นอกจากนี้ การศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ มศว ตลอดทั้งปี พบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 850 ถึง 930 วัตต์ต่อตารางเมตร

คำสำคัญ: มุมเอียง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์

## Effect of Tilt Angle of Solar Cell in SWU Area

Songsak Phonghirun\* and Tunyanop Nilkamjon

---

### ABSTRACT

Performance of solar (PV) cell is affected by its orientation and its tilt angle with horizontal plane. These two parameters change the amount of radiation flux incident upon a solar cell. The rotational solar cell was positioned in the predefined angles. It was observed that electrical energy changed with angular position. The optimum tilt angle producing maximum current varied over time in the course of year between  $-8^\circ$  and  $36^\circ$ . The results show that the maximum electric current produced from the solar cell and maximum intensity of direct solar radiation can be observed from 12.00 pm to 1.00 pm. In SWU area, the solar energy potential varies from 850 to 930 watt per square meter.

**Keywords:** tilt angle, solar cell, solar energy

## บทนำ

ดวงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) ที่ไม่มีวันสิ้นสุด เมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานด้านอื่นที่กำลังจะหมดไป ซึ่งในทุกๆ ประเทศทั่วโลกต่างหันมาให้ความสนใจศึกษาการใช้พลังงานหมุนเวียนให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อรองรับปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ในหลายๆ ประเทศมีการศึกษาถึงศักยภาพของพลังงานหมุนเวียนในประเทศของตนเองเพื่อนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ทดแทนแหล่งพลังงานหลักและเป็นพลังงานสำรองเพื่อเป็นฐานรองรับความมั่นคงทางพลังงานในอนาคต

ปัจจุบันมีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การตากแห้งหรืออบแห้ง การผลิตความร้อน และการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี และมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์สูง ทำให้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับพลังงานจากโฟตอนที่ตกกระทบตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยโฟตอนฟลักซ์ (photon flux) มีค่าตามสมการ [1]

$$\Phi_{\text{Photon}} = N_{\text{Photon}} E = \frac{N_{\text{Photon}} hc}{\lambda} \quad (1)$$

- $N_{\text{Photon}}$  คือ จำนวนโฟตอนทั้งหมดที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วย  
 $E$  คือ พลังงานของโฟตอน  
 $h$  คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant)  
 $c$  คือ ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศ  
 $\lambda$  คือ ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ทำให้ระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันตามการโคจรของโลก โดยความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศ (extraterrestrial solar irradiance) สามารถคำนวณได้จากสมการ [2, 3]

$$I_0 = I_{SC} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{2\pi \cdot N}{365} \right) \right] \quad (2)$$

- $I_0$  คือ ความเข้มของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศมีหน่วยคือวัตต์ต่อตารางเมตร  
 $I_{SC}$  คือ ค่าคงที่สุริยะ มีค่าเท่ากับ 1367 วัตต์ต่อตารางเมตร  
 $N$  คือ จำนวนวันในรอบปี มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 365

พลังงานแสงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศของโลกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าคงที่สุริยะ คือ 1367 วัตต์ ต่อตารางเมตร และจะมีค่าลดลงเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศของโลก โดยจากศึกษาข้อมูลพบว่า ที่ระดับน้ำทะเล ที่ตำแหน่งค่ามวลอากาศ (air mass) เท่ากับ 1 (มุม Zenith) พลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าประมาณ 1060 วัตต์ต่อตารางเมตร และที่ตำแหน่งค่ามวลอากาศเท่ากับ 2 (มุม  $60^\circ$  จาก Zenith) ที่ระดับน้ำทะเล พลังงานแสงอาทิตย์จะลดลงเหลือค่าประมาณ 880 วัตต์ต่อตารางเมตร [2, 3] ดังนั้น จะเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวโลกจะแปรผันกับตำแหน่งการหมุนรอบตัวเองและการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก

โลกหมุนรอบตัวเองโดยทำมุมเอียง (declination angle) ตั้งแต่  $23.45$  องศา ถึง  $-23.45$  องศา โดยมุมเอียงของโลกนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ [2-4]

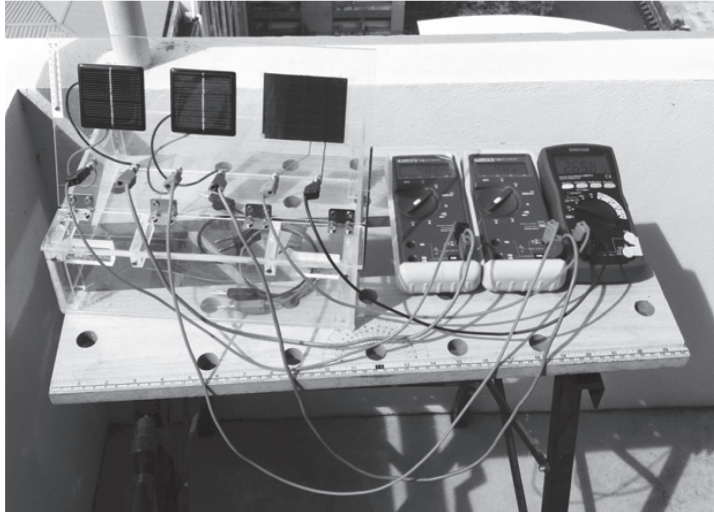
$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (3)$$

$N$  คือ จำนวนวันในรอบปี มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 365

จากสมการจะเห็นว่า มุมเอียงของโลกมีค่าเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา และจากตำแหน่งการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เป็นเวลา 1 ปี ทำให้ตำแหน่งและช่วงเวลาที่ได้รับแสงอาทิตย์นั้นมีค่าต่างกันไป ส่งผลให้การรับพลังงานแสงอาทิตย์ของโลกในแต่ละพื้นที่มีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น มุมเอียง (tilt angle) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากตำแหน่งแนวราบ (horizontal) ต้องมีค่ามุมที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้ตั้งฉากกับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกมากระทบ จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด [4, 5]

## วิธีการทดลอง

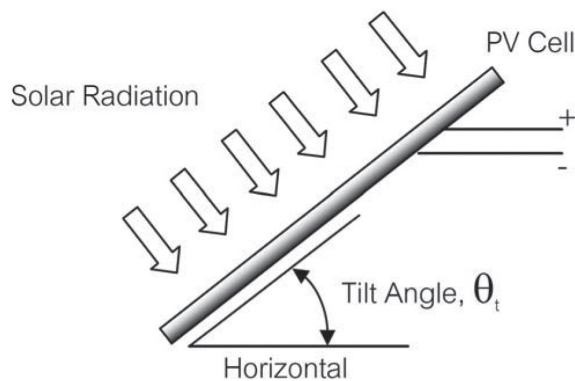
การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ทำการวิจัยโดยใช้ตำแหน่งของอาคาร 19 คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (มศว) กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีพิกัดละติจูดที่  $13^\circ 45'$  เหนือ และลองจิจูดที่  $100^\circ 34'$  ตะวันออก เป็นสถานที่ทำการทดลอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี และมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดในพื้นที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร อุปกรณ์ประกอบการวิจัยประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV cell) ชนิดผลึกเดี่ยว (mono-crystalline) ชนิดผลึกรวม (poly-crystalline) และชนิดอะมอร์ฟัส (amorphous) ขนาดกว้าง 6 ซม. ยาว 6 ซม. กำลังไฟฟ้า 0.5 วัตต์ เพื่อจัดประกอบเป็นชุดวัดมุมเอียงในแต่ละช่วงเวลาของวัน เครื่องวัดความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น CEM DT-1307 เครื่องวัดความสว่างของแสง Digicon รุ่น LX-70 มัลติมิเตอร์ Sanwa รุ่น CD771 และมัลติมิเตอร์ Fluke รุ่น 73III



รูปที่ 1 ชุดเครื่องมือวัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือวัดมุมเอียงซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิด ประกอบรวมกันบนแผ่นอะคลีลิกเรียบหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถปรับมุมเอียงได้ โดยติดกับชุดอุปกรณ์วัดมุม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามแผงถูกต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้าซึ่งต่อเข้ากับมัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าพร้อมกัน การทำการทดลองจะดำเนินการในวันที่มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน

ขั้นตอนการทำการทดลองเริ่มจากการหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าหาดวงอาทิตย์เพื่อให้ได้รับแสงอาทิตย์สูงสุด จากนั้นทำการปรับมุมเอียง  $\theta_t$  จากพื้นแนวราบ (horizontal) ตั้งแต่ 0 องศาถึง 90 องศา เพื่อหาค่ามุมเอียงที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด ( $\theta_{t,max}$ ) ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องทำมุมตั้งฉาก (90 องศา) กับรังสีจากดวงอาทิตย์ [4, 5] ดังรูปที่ 2 จากนั้นวัดมุมเอียง ( $\theta_{t,max}$ ) และบันทึกค่า

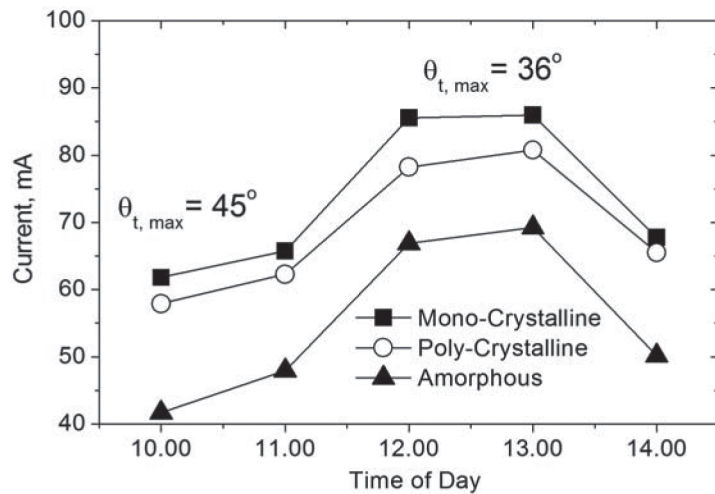


รูปที่ 2 การวางมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

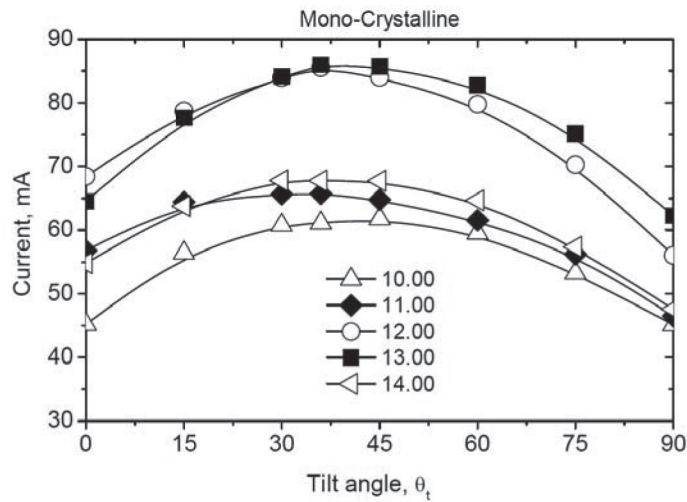
## ผลการทดลอง

### มุมเอียงและช่วงเวลาในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

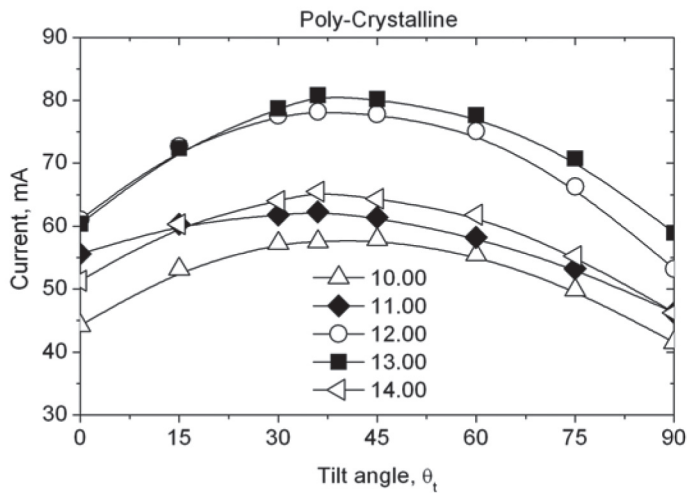
ในการทดลองได้นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิด ได้แก่ ชนิดผลึกเดี่ยว ชนิดผลึกรวม และชนิดอะมอร์ฟิสมารับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างกัน ตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น. โดยมีระยะห่าง 1 ชั่วโมง ในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์และทำการปรับมุมเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 0 องศา ถึง 90 องศา โดยการวัดมุมเอียงแต่ละครั้ง จะทำการวัดมุมเอียงสูงสุด ( $\theta_{t,max}$ ) ที่ส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด โดยผลจากการทดลองแสดงในรูปที่ 3 ถึง 6



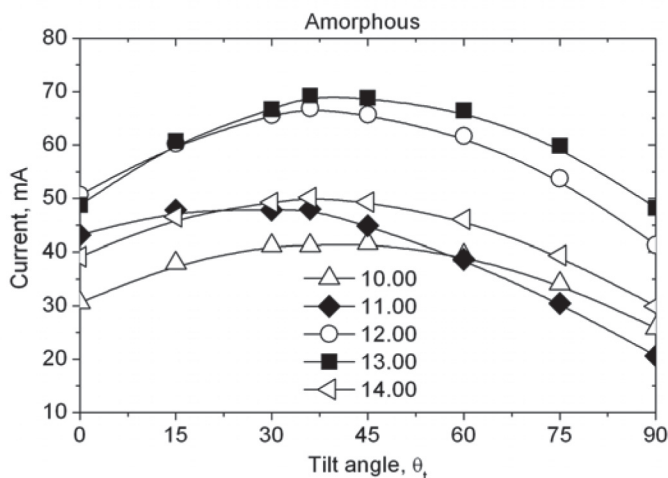
รูปที่ 3 กระแสไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ของวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ผลึกรวม และอะมอร์ฟิสม



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับมุมเอียงในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ของวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (mono-crystalline)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับมุมเอียงในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ของวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (poly-crystalline)



**รูปที่ 6** ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับมุมเอียงในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ของวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส (amorphous)

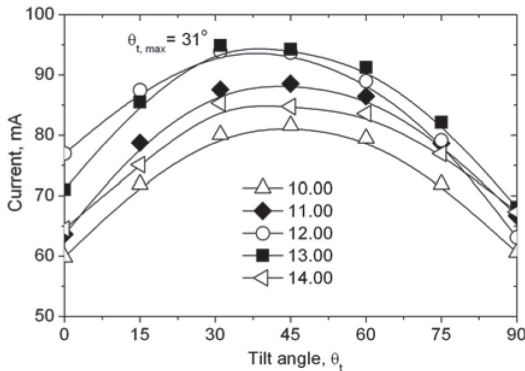
จากผลการทดลองการวัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิดในเวลา 10.00 น. 11.00 น. 12.00 น. 13.00 น. และ 14.00 น. ของวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งมีรังสีตรงของแสงอาทิตย์ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลองพบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด (รูปที่ 3) ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. โดยทำมุมเอียง ( $\theta_{t,max}$ ) จากพื้นดิน 36 องศาเข้าหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์

ในช่วงเวลา 10.00 น. กระแสไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุม 45 องศาทั้งสามชนิด กระแสไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 62 มิลลิแอมแปร์ 58 มิลลิแอมแปร์ และ 42 มิลลิแอมแปร์ตามลำดับ หลังจากนั้นตั้งแต่เวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. มุมเอียงสูงสุด ( $\theta_{t,max}$ ) ลดลงมาที่ 36 องศา โดยกระแสไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลามีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดที่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ซึ่งสามารถวัดความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จากรังสีตรงได้ 850-860 วัตต์ต่อตารางเมตร แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวให้กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 86 มิลลิแอมแปร์ ชนิดผลึกรวมผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 81 มิลลิแอมแปร์ และชนิดอะมอร์ฟัส 70 มิลลิแอมแปร์ หลังจากนั้นที่เวลา 14.00 น. กระแสไฟฟ้าสูงสุดลดลงมาเหลือ 68 มิลลิแอมแปร์ 66 มิลลิแอมแปร์ และ 50 มิลลิแอมแปร์ สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิดตามลำดับ

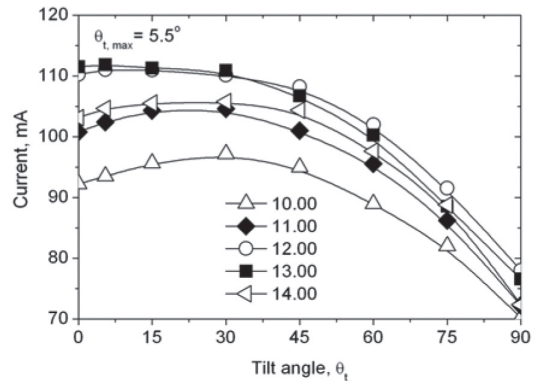
รูปที่ 4 ถึง 6 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับมุมเอียงในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ในวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามประเภท ซึ่งสามารถพบลักษณะที่คล้ายกัน คือ การเปลี่ยนมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าแตกต่างกัน โดยค่าของกระแสไฟฟ้าจะมีค่าสูงเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมเอียงในช่วง 30 องศา ถึง 45 องศา ในทุกช่วงเวลา



จากผลการทดลองข้างต้น กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการวัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนเมษายน พ.ศ. 2555 เพื่อหามุมเอียงสูงสุดจากการโคจรของโลกที่เปลี่ยนไป โดยผลการทดลองแสดงในรูปที่ 7



8 กุมภาพันธ์ 2555



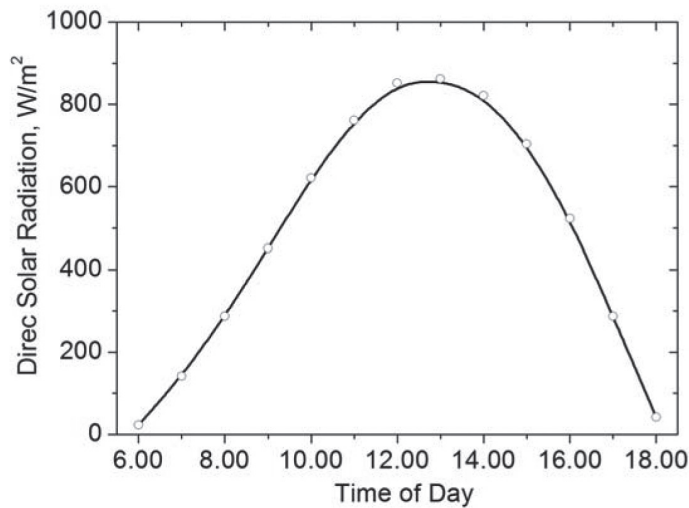
19 เมษายน 2555

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับมุมเอียงในช่วงเวลา 10.00 น.-14.00 น. ของวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 และ 19 เมษายน พ.ศ. 2555 ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

การทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวพบว่า ในช่วงเวลา 12.00 น ถึง 13.00 น. สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด โดยในวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 มุมเอียงสูงสุด ( $\theta_{t,max}$ ) ที่วัดได้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 31 องศา กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 95 มิลลิแอมแปร์ โดยมีความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ 905 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนเมษายนสามารถวัดค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดที่ 930 วัตต์ต่อตารางเมตร มุมเอียงสูงสุด ( $\theta_{t,max}$ ) ที่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. วัดได้ที่ 5.5 องศา ซึ่งลดลงจากการวัดในเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์ที่ผ่านมา ขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าสูงสุดวัดค่าเท่ากับ 112 มิลลิแอมแปร์

### รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา

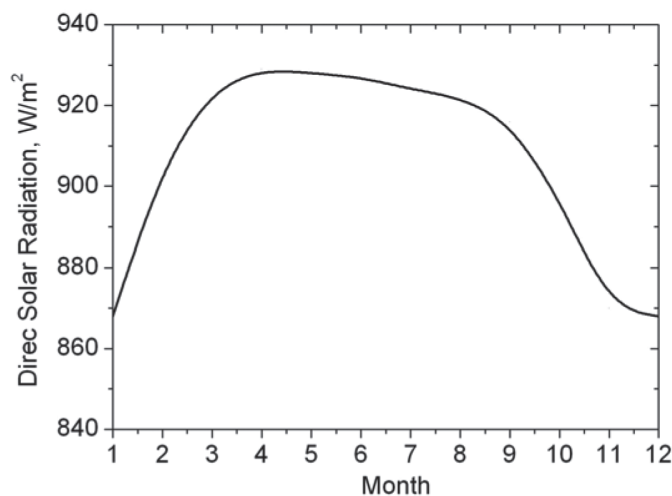
กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการวัดปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาระหว่างวัน โดยเริ่มทำการวัดตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2555 โดยผลการวัดค่าความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์แสดงในรูปที่ 8



**รูปที่ 8** ความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาของวันตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. ของวันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2555

ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มของรังสีมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 6.00 น. เป็นต้นไป ความเข้มของรังสีมีค่าเท่ากับ 23 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มของรังสีสูงสุดวัดได้ที่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. มีค่าอยู่ในช่วง 850-870 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 18.00 น. ความเข้มของรังสีลดลงเหลือ 42 วัตต์ต่อตารางเมตร

จากผลการทดลองที่ได้ กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการวัดความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาหนึ่งปี โดยเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน เวลาในการวัดอยู่ในช่วง 12.00 น.-13.00 น. เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 9



**รูปที่ 9** ค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีที่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.

ผลการวัดความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาหนึ่งปีพบว่า มีค่าแตกต่างกันในรูปที่ 9 โดยความเข้มของรังสีเฉลี่ยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกันยายนมีค่ามากกว่า 900 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งค่าสูงสุดสามารถวัดได้ในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมในช่วงประมาณ 920 ถึง 930 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าต่ำสุดที่วัดได้ในเดือนธันวาคมอยู่ที่ประมาณ 850 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มของรังสีในเดือนมกราคมเป็นต้นมาจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยตลอดทั้งปีจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 890 วัตต์ต่อตารางเมตร ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น.

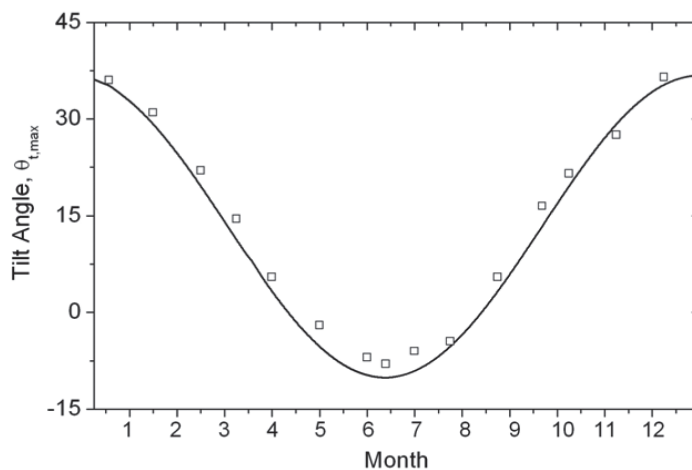
### มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 1 ปี

จากการที่โลกหมุนรอบตัวเองด้วยมุมเอียงตามสมการที่ 2 ทำให้สามารถคำนวณตำแหน่งของมุมเอียงสูงสุดที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ที่เวลา 12.00 น. ได้จากสมการ [2, 6]

$$\theta_{i,\max} = \delta + \Phi \quad (4)$$

$\delta$  คือ มุมเอียงของโลกจากสมการที่ 2

$\Phi$  คือ พิกัดละติจูดของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่  $13^{\circ}45'$  เหนือ ผลจากการคำนวณและผลการทดลองวัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เวลาหนึ่งปีแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การปรับมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 12.00 น.-13.00 น. ในแต่ละเดือน

จากการวัดมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า มีความคลาดเคลื่อนกับมุมเอียงจากการคำนวณ (เส้นทึบ) เพียงเล็กน้อย โดยมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดวัดได้ในช่วงเดือนมกราคมที่มุม 36 องศา โดยหันเข้าหาทิศใต้ ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงศูนย์องศา ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม มุมเอียงที่สามารถวัดได้มีค่าแตกต่างจากมุมเอียงจากการคำนวณ โดยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 3 องศา ถึง 5 องศา ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม มุมเอียงจะมีค่าประมาณ 7 องศา ถึง 8 องศา โดยหันเข้าหาทิศเหนือ โดยหลังจากเดือนสิงหาคมเป็นต้นไปจนถึงเดือนมกราคม มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยหันเข้าหาทิศใต้

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีและการหมุนรอบตัวเองทำมุมเอียงนั้นทำให้ในแต่ละพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลกได้รับปริมาณแสงอาทิตย์แตกต่างกัน โดยในแต่ละช่วงเวลาของปีในพื้นที่หนึ่งจะได้รับปริมาณแสงอาทิตย์มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพื้นที่ คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลปริมาณความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีตำแหน่งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร  $13^{\circ}45'$  เพื่อหาค่าศักยภาพในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยการวัดมุมเอียงและศึกษาถึงช่วงเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยยังได้ทำการเก็บข้อมูลความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เพื่อศึกษาถึงศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่กำหนด ทั้งนี้ การดำเนินงานวิจัยขึ้นกับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายอย่างด้วยกัน โดยเฉพาะสภาพอากาศซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดช่วงวันและเวลาในการทำการวิจัย

จากการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว ผลึกรวม และอะมอร์ฟัสที่ตำแหน่งและเวลาเดียวกันพบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามชนิดผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดที่เวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. โดยชนิดผลึกเดี่ยวให้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ ชนิดผลึกรวม และอะมอร์ฟัส ตามลำดับ ซึ่งตรงตามลักษณะเฉพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสามประเภท [5] โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวเป็นสารเนื้อเดียวที่มีโครงสร้างอะตอมเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบและสามารถดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าประเภทผลึกรวมที่ประกอบขึ้นจากผลึกเล็กๆ เป็นจำนวนมาก และแตกต่างจากอะมอร์ฟัสที่มีโครงสร้างไม่เป็นผลึก

มุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากแนวราบมีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อตั้งฉากกับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ [4, 5] ทั้งนี้การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์และการหมุนทำมุมเอียงของโลก ทำให้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา การปรับมุมเอียงให้ถูกต้องจะทำให้ระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบอยู่เสมอ และส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพสูงสุด [7, 8] โดยจากการทำการวิจัยพบว่า ในพื้นที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร มุมเอียงที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด คือ 36 องศา ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม โดยหันเข้าหาทิศใต้ จากนั้นมุมเอียงจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ในเดือน

เมษายนและพฤษภาคม เป็นช่วงที่มีความเข้มของรังสีตกกระทบสูงสุด วัดมุมเอียงได้ที่ 0 องศา ถึง 10 องศา ในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม เป็นช่วงที่มุมเอียงมีค่าประมาณ 5 ถึง 8 องศา โดยหันเข้าหาทิศเหนือ และจะลดลงเข้าหามุมเอียงที่ 0 องศาอีกครั้ง ในเดือนกันยายนเป็นต้นไป มุมเอียงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยหันไปทางทิศใต้ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อถึงเดือนธันวาคมที่ประมาณ 36 องศา

การเปลี่ยนมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการทดลองทำการวิจัยนั้น เกิดจากการที่โลกทำมุมเอียงตั้งแต่ 23.45 องศา ถึง -23.45 องศา [2, 3] ในช่วงเวลาหนึ่งปี โลกทำมุมเอียงสูงสุด 23.45 องศา ประมาณวันที่ 21 ถึง 22 มิถุนายน [3, 9, 10] ทำให้ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของเส้นศูนย์สูตรจึงต่ำกว่าระนาบของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกมากระทบ ทำให้พื้นที่ที่ทำการทดลองซึ่งมีพิกัดละติจูด  $13^{\circ}45'$  ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรต้องหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นทางทิศเหนือในช่วงเดือนมิถุนายน ในเวลากลางคืนโลกทำมุมเอียง -23.45 องศา ประมาณวันที่ 21-22 ธันวาคม [3, 9, 10] ทำให้เส้นศูนย์สูตรอยู่เหนือระนาบการตกกระทบของแสงอาทิตย์ ดังนั้น การเอียงทำมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเดือนธันวาคมจึงมีค่าสูงสุด และเพื่อให้ง่ายต่อการตั้งจากกับระนาบการตกกระทบ จึงต้องหันแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาทางทิศใต้

การศึกษาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 1 ปี พบว่า พื้นที่ที่ทำการทดลองมีปริมาณความเข้มของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตั้งแต่ 850 ถึง 930 วัตต์ต่อตารางเมตร ในช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. โดยมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ดังนั้น พื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ที่สูง อย่างไรก็ตาม การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน [5] เช่น ความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสิ่งแวดล้อม รวมถึงตำแหน่งในการติดตั้งเพื่อให้อาจได้รับแสงอาทิตย์สูงสุดเช่นเดียวกัน

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2554 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.อารีญา เอี่ยมบุญ และ อาจารย์ ดร.ปณิธาน วานกมล ที่ช่วยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

## เอกสารอ้างอิง

1. Zeghbroeck, B. 2010. Principles of Semiconductor Devices and Heterojunctions. London. Prentice Hall.
2. Walraven, R. 1978. Calculating the Position of the Sun. *Solar Energy* 20: 393-397.
3. Quaschnig, V. 2005. Understanding Renewable Rnergy Systems. London. Earthscan.
4. Kumar, A. Thakur, N. Makade, R., and Shivhare, W. 2011. Optimization of Tilt Angle for Photovoltaic Array. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)* 3(4): 3153-3161.
5. Nelson, J. 2003. The Physics of Solar Cells. London. Imperial College Press.
6. Chang, T. 2008. Study on the Optimal Tilt Angle of Solar Collector According to Different Radiation Types. *International Journal of Applied Science and Engineering* 6(2): 151-161.
7. Shariah A., Al-Akhras M. -A., and Al-Omari I. A. 2002. Optimizing the Tilt Angle of Solar Collectors. *Renewable Energy* 26(12): 587-598
8. Maczulak, A. 2010. Renewable Energy: Sources and Methods. New York. Facts on File.
9. Reda, I., and Andreas, A. 2004. Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications. *Solar Energy* 76: 577-589.
10. Meeus, J. 1999. Astronomical Algorithms. Richmond. Willman-Bell Inc.

ได้รับบทความวันที่ 21 สิงหาคม 2555

ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 31 ตุลาคม 2555