

การตรวจพบความสัมพันธ์ของเวลาระหว่างค่าผลต่างกระแสไฟฟ้ากับการลดลงของอุณหภูมิ ผิวพื้นด้วยโซลาร์เซลล์

Detection of the Corresponding Time between the Photovoltaic Current Difference and the Surface Temperature Dropdown by using Solar Cell

นิริวัฒน์ ชูสกุล^{1*} ชนกนันท์ บางเลี้ยง¹ และ ทักษ์กมนต์ วิจักขณ์ธนาวุฒิ¹

¹อาจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

ในช่วงเวลากลางวัน เราสามารถประยุกต์ใช้โซลาร์เซลล์ในเชิงอุตุนิยมวิทยาได้ เนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ มีการผันแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงประจำวันของสภาวะอากาศ จากกรณีศึกษา ซึ่งใช้ข้อมูลผลต่างกระแสไฟฟ้า (Ipv_d) ที่ได้จากโซลาร์เซลล์ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 อันเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย มาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิผิวพื้น แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพบการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นในช่วงเวลาเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่มากกว่า 6,000 mA แต่จะไม่พบการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นเมื่อค่า Ipv_d เพิ่มขึ้นไม่เกิน 6,000 mA การลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นอาจสอดคล้องกับการขยายอิทธิพลของความกดอากาศสูงกำลังแรงมาปกคลุมพื้นที่บริเวณศึกษา และปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำที่อยู่ประจำที่ ณ บริเวณนั้นอยู่ก่อนแล้ว ผลของการปะทะกันก่อให้เกิดเมฆปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งส่งผลต่อเนื่องก็คือค่า Ipv_d มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ

Abstract

During the daytime, solar cells can be used in terms of meteorology because the variations of the current obtained from solar cells are associated with changes in daily climate. The case study of the comparison between the surface temperature and the different current (Ipv_d) obtained from the solar cells in the periods of November 2011 to February 2012 which known as the winter period of Thailand had been conducted. The result showed that it was possible to observe the decreased surface temperature at the time that the increased Ipv_d was more than 6,000 mA. Vice versa, the decreased surface temperature would not be observed when the Ipv_d was below 6,000 mA. The decreased surface temperature may reflect the influence of the traveling high pressure area moving to cover and collide with the steady-low pressure area at the study area. The result of the collision caused extensive cloud cover resulting in increasing Ipv_d.

คำสำคัญ : กระแสไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าอ้างอิง ผลต่างค่ากระแสไฟฟ้า โซลาร์เซลล์

Keywords : Ipv, Ipv_i, Ipv_d, Solar Cell

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ cnwatthn@hotmail.com โทร. 0 2549 4186-7

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยมีการให้ความสำคัญกับพลังงานสะอาดเพิ่มมากขึ้น โซลาร์เซลล์จึงเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้เพื่อการผลิตพลังงานสะอาดกันอย่างแพร่หลาย ดังจะเห็นได้จาก การมีโซลาร์ฟาร์มเกิดขึ้นมากมายหลายแห่ง กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ผลของการใช้โซลาร์เซลล์ที่เพิ่มมากขึ้นนั้นทำให้โซลาร์เซลล์ สามารถหาซื้อได้ง่ายและยังมีราคาถูกลงกว่าสมัยก่อนเป็นอย่างมาก พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ที่สัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้ ซึ่งในแต่ละวันกระแสไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้จะมีค่าผันแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงประจำวันของสภาวะอากาศ ไม่ว่าจะเป็น ลมพัด การเคลื่อนที่ของเมฆ ความหนาหรือความทึบตัวของชั้นเมฆ หรือแม้กระทั่ง องค์การรับแสงอาทิตย์ของโซลาร์เซลล์ เป็นต้น

เมื่อมองในเชิงพลังงาน การผันแปรของค่ากระแสไฟฟ้าจะถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ แต่ในทางกลับกัน ถ้ามองในทางด้านอุตุนิยมวิทยา จะถึงว่าการผันแปรของกระแสไฟฟ้าดังกล่าวเป็นข้อมูลที่น่าจะช่วยบ่งบอกถึงสภาวะอากาศ ณ เวลานั้นได้อย่างดีทีเดียว ประกอบกับตามที่นำเสนอในช่วงต้นเกี่ยวกับจำนวนการใช้งานโซลาร์เซลล์ที่เพิ่มมากขึ้นและมีการติดตั้งตามที่ต่างๆ กระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ดังนั้น อาจสามารถกล่าวได้ว่า โซลาร์เซลล์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงอุตุนิยมวิทยาได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับการมีข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเพิ่มขึ้นในบริเวณที่ไม่มีเครื่องมือทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ ติดตั้งนอกจากโซลาร์เซลล์ ดังนั้น ในบทความวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอผลวิจัย ที่อาจบ่งชี้ถึงการประยุกต์ใช้โซลาร์เซลล์เพื่องานทางด้านอุตุนิยมวิทยาเป็นการเฉพาะ โดยอาจพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยในเชิงเวลา ที่สัมพันธ์กันระหว่าง ช่วงเวลาที่กระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์เปลี่ยนแปลงและช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวพื้น ณ บริเวณที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์มีการเปลี่ยนแปลง

2. วิธีการทดลอง

ในการทดลอง ได้มีการเก็บข้อมูลจากโซลาร์เซลล์ขนาด 1kW ที่ติดตั้งไว้ที่ชั้นดาดฟ้าของตึกคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ไม่มีเงาจากแหล่งกำเนิดใดๆ จะไปบังโซลาร์เซลล์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1 โซลาร์เซลล์จะถูกควบคุมและบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่มาจากโซลาร์เซลล์ไว้โดยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ซึ่งจะบันทึกข้อมูล 24 ข้อมูลต่อ 1 ชั่วโมง และทำงานช่วงกลางวันเป็นเวลาประมาณ 11 ชั่วโมง ตั้งแต่ประมาณ 6.00 LT ถึงประมาณ 17.00 LT ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลประมาณ 260 ข้อมูลต่อวัน การทดลองนี้ได้เลือกใช้ข้อมูล กระแสไฟฟ้าตรงจากโซลาร์เซลล์ (Ipv) เป็นข้อมูลหลักในการวิจัย



รูปที่ 1 โซลาร์เซลล์ที่ใช้ ในการทดลอง

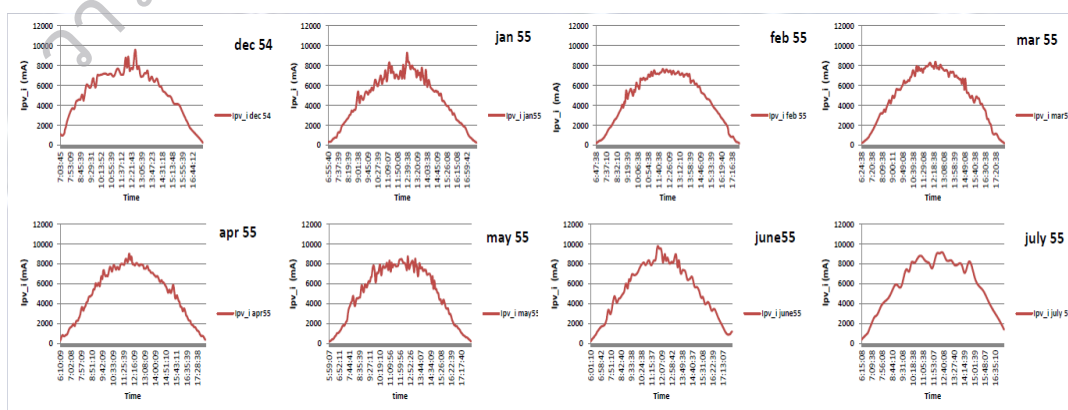
ข้อมูลอุณหภูมิตามชนิดอื่นที่เข้าร่วมในการทดลองครั้งนี้ คือข้อมูลอุณหภูมิผิวพื้น มีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ ที่ติดตั้งไว้ไม่ห่างจากบริเวณที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 2 เครื่องจะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 15 วินาที ในหน่วย องศาเซลเซียส และเก็บบันทึกด้วยระบบคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังมีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากดาวเทียม MTSAT-2 IR1 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวจะดาวน์โหลดจาก Kochi University

การหาค่า Ipv_i และ Ipv_d

อ้างอิงจากงานวิจัยของ Choosakul et al., 2011 ที่ได้นำค่า Ipv สูงสุดของเดือน ไปคำนวณหาค่ากระแสอ้างอิง (Ipv_i) ของเดือนในปีนั้นๆได้ โดยมีวิธีการคือ เริ่มจากนำข้อมูล Ipv ของเดือนที่สนใจตลอดทั้งเดือนมาเรียงลำดับรายนาที่ แล้วเลือกข้อมูล Ipv สูงสุดรายนาที่ออกมา ด้วยโปรแกรม Origin Pro 8.1 ซึ่งในการทดลองได้ใช้ข้อมูล Ipv ตั้งแต่เวลาประมาณ 06.00 – 17.00 น. (11 ชั่วโมงโดยประมาณ) หรือคิดเป็น 660 นาที่ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูล Ipv รายนาที่ตลอดทั้งเดือนมาเรียงลำดับ แล้วเลือกเฉพาะค่าที่สูงที่สุดในแต่ละนาที่นั้นออกมา จะทำให้ได้ข้อมูล Ipv สูงสุดรายนาที่ที่เป็นตัวแทนของข้อมูล Ipv ตลอดทั้งเดือน คิดเป็นจำนวนจุดข้อมูลประมาณ 660 จุด หลังจากนั้น ทำการคัดกรองข้อมูลและทำข้อมูลให้เรียงด้วยใช้ฟังก์ชัน Upper Envelope ของโปรแกรม Origin Pro 8.1 ผลก็คือ จะทำให้ได้ค่ากระแสไฟฟ้าอ้างอิง (Ipv_i) รายนาที่ของเดือนออกมา จากการทดลองได้ค่า Ipv_i ของเดือนธันวาคม 2554 ถึงเดือนมิถุนายน 2555 ดังแสดงในรูป ที่ 3



รูปที่ 2 เครื่องจะบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ



รูปที่ 3 ค่า Ipv_i ของเดือนธันวาคม 2554 ถึงเดือนมิถุนายน 2555

เมื่อได้ค่า Ipv_i ของแต่ละเดือนที่อยู่ในช่วงเวลาการทดลองแล้ว จะทำการนำค่า Ipv_i ไปคำนวณหาค่าผลต่างกระแส (Ipv_d) โดยค่า Ipv_d สามารถคำนวณได้จากสมการ

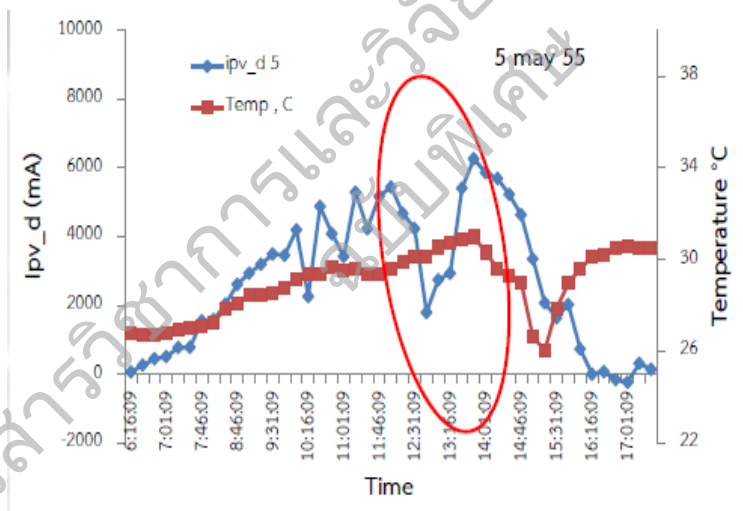
$$Ipv_d = Ipv_i - Ipv \quad \dots\dots\dots(1)$$

โดยที่ Ipv_d คือค่าผลต่างกระแสของวัน Ipv_i คือค่ากระแสไฟฟ้าอ้างอิงประจำเดือนนั้น และ Ipv คือค่าข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่บันทึกได้ของวันนั้น ๆ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้า (Ipv_d) กับอุณหภูมิ

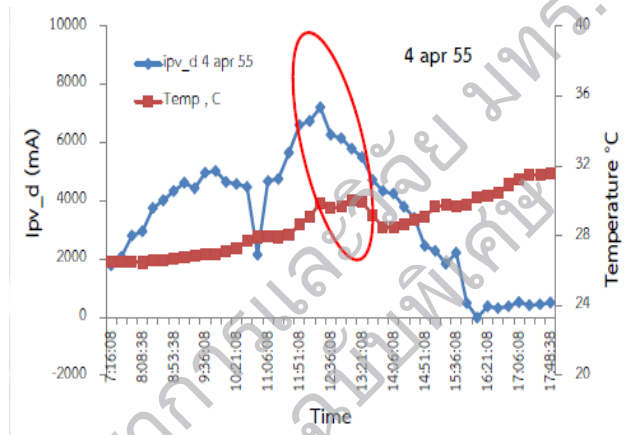
จากการทดลองโดยนำค่า Ipv_d ที่ได้ในแต่ละวันของช่วงการทดลอง เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิผิวพื้นประจำวัน พบว่าอุณหภูมิอาจมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า Ipv_d ที่อย่างน้อยในเชิงเวลา กล่าวคือพบลักษณะการลดลงของอุณหภูมิหลังจากพบค่า Ipv_d ที่ประมาณ 6,000 mA ดังแสดงในรูปที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่าง ค่า Ipv_d กับอุณหภูมิผิวพื้นในบริเวณศึกษา ณ วันที่ 5 พฤษภาคม 2555 ซึ่งจากรูปที่ 4 จะพบว่าค่า Ipv_d เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 6,000 mA ที่ช่วงเวลาประมาณ 14.00 LT และหลังจากนั้นมีการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นจากประมาณ 30 องศาเซลเซียส มาที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 15.30 LT เมื่อเปรียบเทียบผลดังกล่าวกับภาพถ่ายดาวเทียม ณ เวลา 09.00 UT ซึ่งตรงกับเวลา 16.00 LT ของประเทศไทยดังรูปที่ 5 พบว่าในวันและเวลาดังกล่าวมีเมฆปกคลุมพื้นที่ศึกษาอย่างเห็นได้ชัด



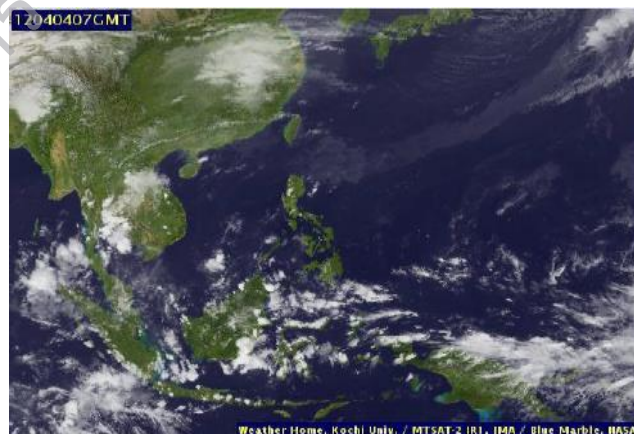
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแส Ipv_d กับค่าอุณหภูมิ วันที่ 5 พฤษภาคม 2555



รูปที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียมของวันที่ 5 พฤษภาคม 2555 ช่วงเวลา 16.00 น. ของประเทศไทย



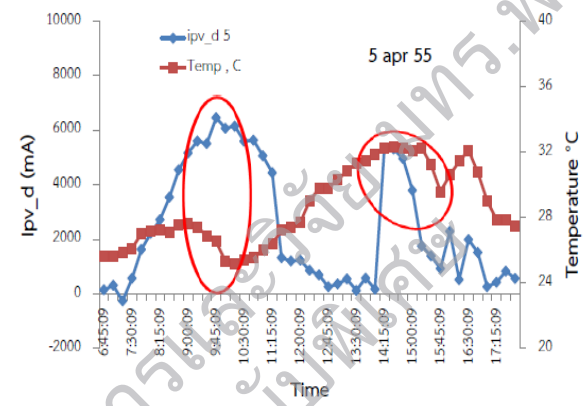
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแส Ipv_d กับค่าอุณหภูมิ วันที่ 4 เมษายน 2555



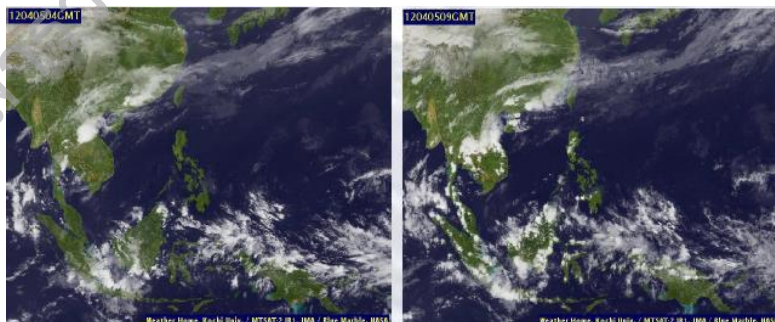
รูปที่ 7 ภาพถ่ายดาวเทียมของวันที่ 4 เมษายน 2555 ช่วงเวลา 14.00 น. ของประเทศไทย

ไม่ใช่แค่เฉพาะในวันที่ 5 พฤษภาคม 2555 เท่านั้นที่ตรวจพบลักษณะการลดลงของอุณหภูมิ เมื่อพบการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่ประมาณ 6,000 mA ในช่วงเวลาแห่งการทดลองนี้ยังพบลักษณะซ้ำเดิมในอีกหลายๆ วัน อาทิ เช่น ในวันที่ 4 เมษายน 2555 ดังแสดงในรูปที่ 6 ที่พบว่าเมื่อค่ากระแส Ipv_d ที่ช่วงเวลาประมาณ 12.00 LT มีค่าสูงขึ้นเกิน 6,000 mA และในเวลาต่อมาค่าอุณหภูมิมีการลดลง ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมในรูปที่ 7 พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมีกลุ่มเมฆปกคลุมอยู่ ดังนั้นเราอาจสามารถบอกได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่สูงถึงระดับ 6,000 mA วันนั้นจะพบลักษณะอากาศปิดที่มีเมฆปกคลุมท้องฟ้าเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ยังมีการตรวจพบการลดลงของอุณหภูมิเป็นช่วงๆ ตามการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่เป็นช่วงๆ ด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งจากรูปที่ 8 จะพบว่าเมื่อค่ากระแส Ipv_d ที่ช่วงเวลาประมาณ 09.40 LT และประมาณ 14.10 LT มีค่าสูงประมาณ 6,000 mA จะเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิผิวพื้นมีการลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมของช่วงแรกดังรูปที่ 9 (ก) และช่วงถัดมาคือรูปที่ 9 (ข) พบว่าในเวลาช่วงเวลาดังกล่าวทั้งสองช่วง มีการพบลักษณะของกลุ่มเมฆปกคลุมอยู่เหนือบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแส Ipv_d กับค่าอุณหภูมิ วันที่ 5 เมษายน 2555



(ก)

(ข)

รูปที่ 9 (ก) ภาพถ่ายดาวเทียมของวันที่ 5 เมษายน 2555 ช่วงเวลา 11.00 น. ของประเทศไทย

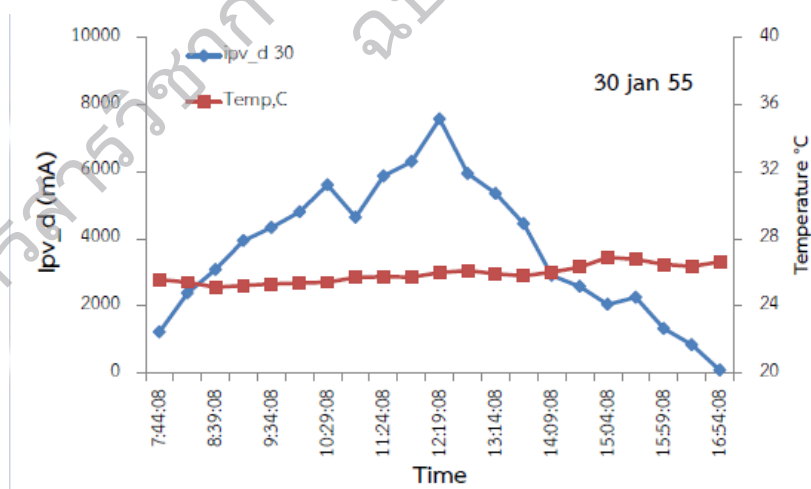
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียม ของวันที่ 5 เมษายน 2555 ช่วงเวลา 16.00 น. ของประเทศไทย

จากตัวอย่างที่นำเสนอในเบื้องต้นอาจสามารถใช้เป็นตัวช่วยยืนยันได้ว่าช่วงเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่ระดับเกิน 6,000 mA มีความสัมพันธ์กันกับช่วงเวลาที่อุณหภูมิมีการลดลง กล่าวคือ เมื่อพบการการเพิ่มขึ้นของค่า Ipv_d ที่ระดับเกิน 6,000 mA อาจจะมีการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นในเวลาต่อมา

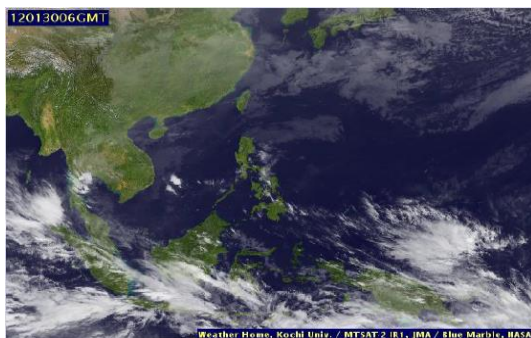
ลักษณะการเพิ่มขึ้นของค่า lpv_d ที่ระดับเกิน 6,000 mA นั้นอาจมีความสัมพันธ์กับความชื้นมวลของอากาศ กล่าวคือ ในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก สภาพอากาศปิดดังที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม จะเป็นเหตุทำให้ความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนแผงโซลาร์เซลล์มีค่าน้อย ส่งผลให้โซลาร์เซลล์ผลิต lpv ได้น้อยตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อนำ ค่า lpv_i ลบกับค่า lpv ตามสมการที่ 1 จะทำให้ได้ค่า lpv_d ที่มีค่าสูง ดังนั้นจึงอาจหมายความว่า ยิ่งสภาพอากาศปิด หรือมีเมฆมากก็ยิ่งทำให้ค่า lpv_d มีค่ามากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับในทางทฤษฎีที่ว่า ลักษณะของอากาศที่ปิดหรือมีเมฆปกคลุมท้องฟ้ามากจะส่งผลให้พื้นที่นั้นและบริเวณโดยรอบ ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์น้อยซึ่งหมายถึงมีการสะสมพลังงานความร้อนในพื้นที่ได้น้อยด้วย ผลที่ตามมาคืออาจทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง ณ ช่วงเวลาดังกล่าว

ระดับ 6,000 mA ของค่า lpv_d ที่เกิดขึ้นนั้น น่าจะสัมพันธ์กับระดับความชื้นมวลของอากาศที่น้อยที่สุดที่เพียงพอจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบริเวณนั้น แต่อย่างไรก็ตาม มีการตรวจพบวันที่ค่า lpv_d เพิ่มขึ้นกว่าระดับ 6,000 mA แต่ไม่พบการลดลงของอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 12 ที่ค่ากระแส lpv_d ในช่วงเวลาประมาณ 12.00 LT มีค่าสูงขึ้นจนถึงระดับ 8,000 mA แต่ค่าอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวัน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมดังรูปที่ 13 ก็พบว่า มีลักษณะของเมฆปกคลุมกระจายทั่วบริเวณศึกษา ดังนั้นค่า lpv_d ที่เพิ่มขึ้นจึงสัมพันธ์กับการมีเมฆมาปกคลุมเหนือพื้นที่นั้นเอง

ส่วนสาเหตุที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิในวันที่มีการเปลี่ยนแปลง ค่า lpv_d เกินกว่า 6,000 mA นั้น อาจจะมีสาเหตุที่สอดคล้องกันกับช่วงฤดูกาลด้วย กล่าวคือมีการตรวจพบในลักษณะนี้ เฉพาะในช่วงเดือนธันวาคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ ซึ่งถือเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่มีอุณหภูมิต่ำ ในระดับ 25 องศาเซลเซียส ที่เป็นเช่นนั้นอาจเป็นไปได้ที่ว่า ในวันนั้น อุณหภูมิถูกควบคุมด้วยปัจจัยอย่างอื่นที่มากกว่า ค่าความเข้มข้นแสงอาทิตย์ อาทิ กลุ่มความกดอากาศสูงแผ่ปกคลุมพื้นที่ศึกษา ส่งผลทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำตลอดช่วงการแผ่ปกคลุมของความกดอากาศสูง ซึ่งในวันดังกล่าว กรมอุตุนิยมวิทยา ได้รายงานว่า มีแถบความกดอากาศสูงหรือมวลอากาศเย็นจากทางตอนใต้ของประเทศจีนแผ่ปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่ภาคเหนือเรื่อยมาจนถึงกรุงเทพมหานครรวมถึงจังหวัดปทุมธานี ลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ พื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานครและโดยรอบมีอุณหภูมิต่ำตลอดทั้งวัน



รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่ากระแส lpv_d กับค่าอุณหภูมิ วันที่ 30 มกราคม 2555



รูปที่ 11 ภาพถ่ายดาวเทียมของวันที่ 30 มกราคม 2555 ช่วงเวลา 12.00 น. ของประเทศไทย

4. สรุป

มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งานโซลาร์เซลล์ในเชิงอุตสาหกรรม จากการทดลองพบว่า มีความสัมพันธ์อย่างน้อยในเชิงเวลาระหว่าง ค่า Ipv_d ที่เปลี่ยนแปลงและการแปรผันของอุณหภูมิ กล่าวคือ พบรูปแบบหรือลักษณะการเพิ่มขึ้นของ ค่า Ipv_d ในช่วงเวลาที่มีการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้น แต่รูปแบบดังกล่าวจะไม่พบในช่วงฤดูหนาว อันเนื่องมาจากปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิตัวอื่น อาทิ ความกดอากาศสูงหรือ มวลอากาศเย็น มีผลกระทบที่เด่นหรือรุนแรงกว่าปัจจัยทางด้านความเข้มของแสงอาทิตย์ ส่วนระดับของค่า Ipv_d ที่ประมาณ 6,000 mA อาจกล่าวได้ว่าเป็นระดับที่สัมพันธ์กับความชื้นมวลของอากาศน้อยสุดที่อาจส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิ ในช่วงเวลานั้นๆ ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน งบประมาณประจำปี 2556 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ข้อมูลดาวเทียม MTSAT-2 IR1 ได้รับการสนับสนุนจาก Kochi University ประเทศญี่ปุ่น

6. เอกสารอ้างอิง

- Schmid, J.; Drapalik, M.; Kancsar E.; Schlosser V.; and Klinger G.: A study of power quality loss in PV modules caused by wind induced vibration located in Vienna. *Solar Energy*, Vol 85 (2011). pp. 1530-1536.
- Germain Augsburg and Daniel Favrat : Modelling of the receiver transient flux distribution due to cloud passages on a solar tower thermal power plant. *Solar Energy*, Vol 87 (2013). pp. 42-52.
- Choosakul, N.; Buddhakala, M.; Barnthip, N.; Muakngam, A.; and Banglieng, C.: Application of Solar Cells for Daytime Weather Study. *Energy Procedia*, Vol. 9 (2011), pp 171-177
- Norris, D. J.; Correlation of Solar Radiation with Clouds, *Solar Energy*, Vol. 12 (1968).pp. 107-112
- Brinsfield, R.; Yaramanoglu, M.; and WHEA, F.: Ground Level Solar Radiation Prediction Model including Cloud Cover Effects, *Solar Energy* Vol. 33(1984), No. 6, pp. 493-499
- Kocifaj M. : Angular distribution of scattered radiation under broken cloud arrays: An approximation of successive orders of scattering, *Solar Energy* Vol. 86 (2012), pp. 3575-3586
- Moran J.M.; Morgan M.D.: *Meteorology: the atmosphere and science of weather*, Macmillan Publishing Company, ISBN 0-02-383330-0, New York, (1989).
- Thai Meteorological Department, Introduction to Meteorology, Available from <http://www.tmd.co.th>, Accessed: 2013-05-03.