

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะอากาศกับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงโซลาร์
เซลล์บริเวณอำเภอธัญบุรี

The Relationship between the Weather and the Incidental Solar Radiation
onto the Solar cell in Amphoe Thanyaburi Area

นิธิวัฒน์ ชุสกุล^{1*} พัชรภรณ์ สุขทอง² และ สุปราณี เสือดาว²

¹ อาจารย์ ² นักศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

บทคัดย่อ

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้กระแสไฟฟ้า (I_{pv}) ที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์มีการแปรปรวนก็คือ ความผันแปรของสภาวะอากาศประจำวัน จากการทดลองนำค่า I_{pv} ไปคำนวณหาค่าผลต่างกระแสไฟฟ้า (I_{pv_d}) ประจำวัน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาวะอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 พบว่า ค่า I_{pv_d} ตลอดช่วง 1 ปีการทดลอง สามารถจัดแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ คือ 1) I_{pv_d} ระดับต่ำประมาณ 2,000 mA และมีความแปรปรวนน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับสภาวะอากาศแบบฟ้าเปิด แสงแดดจ้า ไม่มีเมฆ 2) I_{pv_d} แปรปรวนบางช่วงเวลา ซึ่งสัมพันธ์กับสภาวะอากาศที่มีเมฆปกคลุม ณ ช่วงเวลานั้น 3) I_{pv_d} แปรปรวนมากตลอดช่วงเวลา ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะอากาศที่มีฝนตกสลับกับเมฆปกคลุมตลอดวัน และ 4) I_{pv_d} ระดับสูงประมาณ 4,000 mA และมีความแปรปรวนน้อย ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะอากาศที่มีเมฆปกคลุมตลอดวัน หรือ ฟ้าหลัว

Abstract

One important factor that makes the variations of electric current produced from solar cells (I_{pv}) is the variability of the weather conditions of the day. The one year experiment from January to December, 2012 had been set up. The experiment of the comparison of the weather data, satellite images, and the different current (I_{pv_d}) was obtained from daily I_{pv}. The results illustrated that there were 4 major types of the relationship between the I_{pv_d} and weather conditions; 1) Low I_{pv_d} at around 2,000 mA with low perturbations would correspond to the clear sky condition. 2) Perturbation of I_{pv_d} in some periods would correspond to the cloudy condition. 3) High perturbations of I_{pv_d} for all day long would relate to the rainy – cloudy condition. 4) High I_{pv_d} at around 4,000 mA with low perturbations would relate to the cloudy condition all day long.

คำสำคัญ : กระแสไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าอ้างอิง ผลต่างค่ากระแสไฟฟ้า

Keywords : I_{pv}, I_{pv_i}, I_{pv_d}

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

1. บทนำ

เพื่อจุดประสงค์แห่งการมุ่งไปสู่การพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่จากโซลาร์เซลล์ที่มีความเสถียรอย่างสูงสุด นั้น การทราบลักษณะหรือสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงประจำวัน จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพราะว่า การเปลี่ยนแปลงประจำวันของสภาวะอากาศ จะส่งผลโดยตรงต่อกระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ เนื่องมาจากความเข้มของแสงอาทิตย์ที่จะตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ ผลวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการบดบังแสงของก้อนเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า เป็นตัวการสำคัญที่ไปลดความเข้มของแสงที่จะตกกระทบพื้นดินลง ซึ่งในการนี้อาจจะหมายรวมถึงความเข้มของแสงที่จะตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ที่มีการลดลงด้วยเช่นกัน

แต่ในช่วงเวลาระหว่างวันนั้น ลักษณะของก้อนเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งผล การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นเมื่อมอง ในมุมมองกลับกัน การเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ในแต่ละช่วงเวลาของวัน อาจสะท้อนกลับไปถึง การเปลี่ยนแปลงของลักษณะอากาศ ณ ช่วงเวลาดังกล่าวได้ ดังนั้น ในการวิจัยนี้ จึงได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการ เปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์กับลักษณะอากาศในแต่ละวัน ที่อาจพัฒนาไปสู่การนำโซลาร์เซลล์ไปเป็น หนึ่งในเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการตรวจวัดสภาวะอากาศประจำวันได้ โดยในบทความวิจัยนี้จะเน้นถึงการนำโซลาร์ เซลล์ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและจำแนกรูปแบบลักษณะอากาศที่ปรากฏ ในแต่ละวัน ตามช่วงฤดูกาล

2. วิธีการทดลอง

โซลาร์เซลล์ขนาด 1 kW ได้ถูกติดตั้งไว้ที่ชั้นดาดฟ้าของตึกคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยที่บริเวณที่ติดตั้งโซลาร์เซลล์นั้น ตรวจพบว่า ไม่มีแหล่งต้นกำเนิดใดๆ ที่จะให้เกิดเงาพาด ผ่านบนแผงโซลาร์เซลล์ แผงโซลาร์เซลล์นี้ถูกควบคุม บันทึกผลและสังเกตการณ์ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ที่ซึ่งคอมพิวเตอร์ จะบันทึกค่าต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ โดยจะบันทึกข้อมูลต่างๆ 24 ชุดข้อมูล ต่อ 1 ชั่วโมง ชั่วโมงการปฏิบัติงาน โดยประมาณ คือ 11 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลาประมาณ 6.00 LT ถึงประมาณ 17.00 LT คิดเป็น ชุดข้อมูลที่บันทึกได้ ประมาณ 260 ชุดข้อมูลต่อวัน เนื่องจาก งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์สะท้อนถึงการ เปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศได้เด่นชัดที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้ข้อมูลกระแสไฟฟ้าตรงจากโซลาร์เซลล์ (Ipv) จากชุดข้อมูลที่บันทึกโดยคอมพิวเตอร์ โดยเลือกใช้ข้อมูล Ipv รายวันของเดือน มกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 มาทำการทดลอง

ข้อมูล Ipv สูงสุดรายนาที่ จะถูกนำมา สร้างเป็น ค่ากระแสไฟฟ้าอ้างอิง (I_{pv_i}) โดยระเบียบวิธีในการสร้างค่า I_{pv_i} อ้างตามระเบียบวิธีของ หลังจากนั้น จะนำค่า I_{pv_i} ที่คำนวณได้มาลบกับค่า Ipv รายวัน ส่งผลทำให้ได้ค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากโซลาร์เซลล์ (I_{pv_d}) รายวันออกมา หลังจากนั้น นำค่า I_{pv} รายวัน และ I_{pv_d} รายวันที่ได้ไป เปรียบเทียบ และจำแนกรูปแบบตามวันในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วฤดูกาลของประเทศไทย แบ่ง ช่วงเป็น ฤดูร้อน (เดือน มีนาคม เมษายน พฤษภาคม) มีระยะเวลา 3 เดือนโดยประมาณ ฤดูฝน (เดือน มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม) มีระยะเวลา 5 เดือนโดยประมาณ และฤดูหนาว (เดือน พฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์) มีระยะเวลา 4 เดือนโดยประมาณ

ข้อมูลลักษณะอากาศรายวันของอำเภอธัญบุรีตลอดทั้งปี 2555 ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูล Ipv และ I_{pv_d} รายวัน ได้รับความเอื้อเฟื้อจาก กรมอุตุนิยมวิทยา

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การจำแนกรูปแบบการเปลี่ยนแปลง ค่า I_{pv} และ I_{pv_d} ที่สัมพันธ์ต่อลักษณะอากาศที่เปลี่ยนแปลง ในการทดลอง เนื่องจากมีจำนวนวันที่มาก จึงได้ทำการสุ่มข้อมูล Ipv รายวันของปี 2555 จำนวน 122 วัน คิดเป็น 122 ชุดข้อมูล มาทำการทดลอง โดยนำค่า I_{pv}, ค่า I_{pv_d} และข้อมูลลักษณะอากาศรายวันของอำเภอธัญบุรี

ของแต่ละวันมาเปรียบเทียบกัน ผลการเปรียบเทียบค่า I_{pv} , ค่า I_{pv_d} และข้อมูลลักษณะอากาศรายวันของอำเภอ ัญบุรีของแต่ละวันทั้ง 122 วัน พบว่าสามารถจำแนกรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่า I_{pv} และ I_{pv_d} รายวันได้ 4 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 ค่า I_{pv} ใกล้เคียงกับค่า I_{pv_i} มีลักษณะกราฟเป็นโค้งเรียบไม่มีความแปรปรวน ค่า I_{pv_d} ระดับต่ำ (ประมาณ 2,000 mA)

รูปแบบที่ 2 ค่า I_{pv} ใกล้เคียงกับค่า I_{pv_i} แต่ลักษณะกราฟของค่า I_{pv} แปรปรวนบางช่วงเวลา ค่า I_{pv_d} มีการแปรปรวนบางช่วง

รูปแบบที่ 3 ค่า I_{pv} ใกล้เคียงกับค่า I_{pv_i} แต่ลักษณะกราฟของค่า I_{pv} แปรปรวนมาก ค่า I_{pv_d} มีการแปรปรวนตลอดช่วง

รูปแบบที่ 4 ค่า I_{pv} มีลักษณะต่ำกว่าค่า I_{pv_i} มากและลักษณะกราฟของค่า I_{pv} แปรปรวนมาก ค่า I_{pv_d} ระดับสูง (ประมาณ 4,000 mA)

โดยที่รูปแบบที่ 1 จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศในวันที่ฟ้าเปิด แสงแดดจ้า ไม่มีเมฆ เนื่องจาก ค่า I_{pv} มีค่าใกล้เคียงกับ ค่า I_{pv_i} จึงส่งผลให้ ค่า I_{pv_d} มีค่าน้อย อีกทั้งการที่ค่า I_{pv} มีการแปรปรวนน้อยนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่าในวันดังกล่าวเป็นวันที่ท้องฟ้าโปร่งนั่นเอง

รูปแบบที่ 2 จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศในวันที่มีการเปลี่ยนแปลงในบางช่วงเวลา กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่มีเมฆปกคลุมท้องฟ้าหรือ มีฝนตกในบางช่วงของวัน จะทำให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ ในช่วงเวลานั้นมีค่าลดลง ค่า I_{pv} จึงมีค่าลดลง ตามไปด้วย และส่งผลต่อเนื่องไปถึง ค่า I_{pv_d} จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น ณ ช่วงเวลานั้นๆ

รูปแบบที่ 3 จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศในวันที่มีฝนตกสลับกับเมฆปกคลุมตลอดวัน กล่าวคือ เมฆฝนจะมีลักษณะเป็นก้อนเมฆที่มีความทึบแสง ส่งผลให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ มีค่าน้อยมาก ผลที่ได้คือ ค่า I_{pv} มีค่าน้อย และทำให้ค่า I_{pv_d} มีค่ามาก ส่วนการแปรปรวนของค่า I_{pv_d} สามารถอธิบายได้จากข้อเท็จจริงที่ว่าหยดน้ำหรือ หยดน้ำฝน จะเป็นตัวกลางสำคัญในการหักเหและเบี่ยงเบนทิศทางของแสงอาทิตย์ การหักเหและการเบี่ยงเบนทิศทางของแสงนั้นจะทำให้ค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ มีการแปรปรวนอย่างมาก ดังนั้น ค่า I_{pv_d} จึงมีการแปรปรวนตามไปด้วยนั่นเอง

รูปแบบที่ 4 จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศในวันที่มีเมฆปกคลุมตลอดวัน หรือ ฟ้าหลับ ฟ้าครึ้มแต่ไม่มีฝนตก ค่า I_{pv} มีค่าน้อยตลอดทั้งวัน อันเนื่องมาจาก ความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์มีค่าน้อย ทำให้ค่า I_{pv_d} ที่ได้มีค่ามาก แต่ในรูปแบบที่ 4 นี้ ค่า I_{pv_d} จะมีการแปรปรวนน้อย อันเนื่องมาจาก ไม่มีหยดน้ำฝนที่จะทำให้ค่าความเข้มแสงแปรปรวน ก่อนตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์

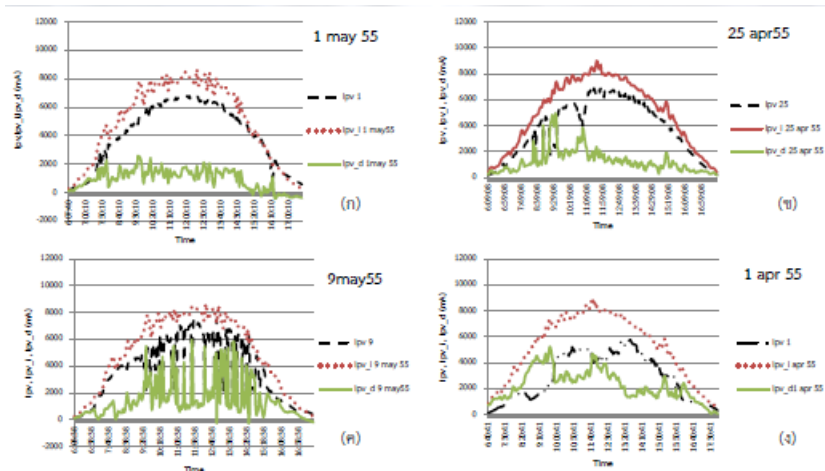
ความสัมพันธ์ของค่า I_{pv} ตามช่วงฤดูกาล (ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว)

สำหรับช่วงฤดูกาลที่ครอบคลุมประเทศไทย อ้างตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม 2555 แบ่งได้ดังนี้ ฤดูหนาวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม และ ฤดูฝนตั้งแต่ เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม ดังนั้น รูปแบบ I_{pv} ทั้ง 4 กรณีจากข้อมูล 122 ชุดข้อมูลข้างต้น สามารถจัดจำแนกตามแต่ละฤดู ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนข้อมูลการจำแนกรูปแบบลักษณะ I_{pv} แต่ละกรณี ในแต่ละฤดูกาลของปี 2555

ฤดูกาล	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ร้อน	1	6	20	6
ฝน	-	11	28	29
หนาว	2	13	5	1

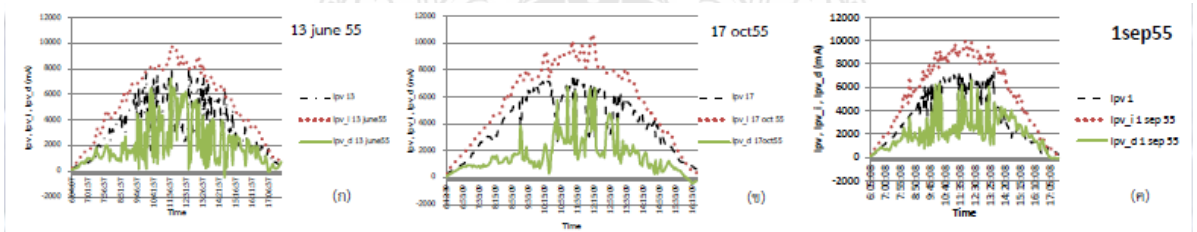
จากตารางที่ 1 พบว่า ในช่วงฤดูร้อนจะสามารถพบรูปแบบของ I_{pv} และ I_{pv_d} ได้ครบทั้ง 4 รูปแบบ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1 (ก) ถึง (ง)



รูปที่ 1 (ก) รูปแบบที่ 1 (ข) รูปแบบที่ 2 (ค) รูปแบบที่ 3 (ง) รูปแบบที่ 4

ในช่วงฤดูร้อนของปี 2555 นั้นจากตารางจะเห็นได้ว่า รูปแบบที่ 3 มีจำนวนที่พบมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสภาพอากาศประจำวันของอำเภอธัญบุรี ที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ที่บ่งชี้ว่าในวันดังกล่าว มีรายงานการมีฝนตกบางช่วงเวลา

ในช่วงฤดูฝนจะสามารถพบรูปแบบของ I_{pv} และ I_{pv_d} ได้ทั้งสิ้น 3 รูปแบบ คือรูปแบบที่ 2 3 และ 4 แต่จะไม่พบรูปแบบที่ 1 ในช่วงฤดูฝน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2 (ก) ถึง (ค)

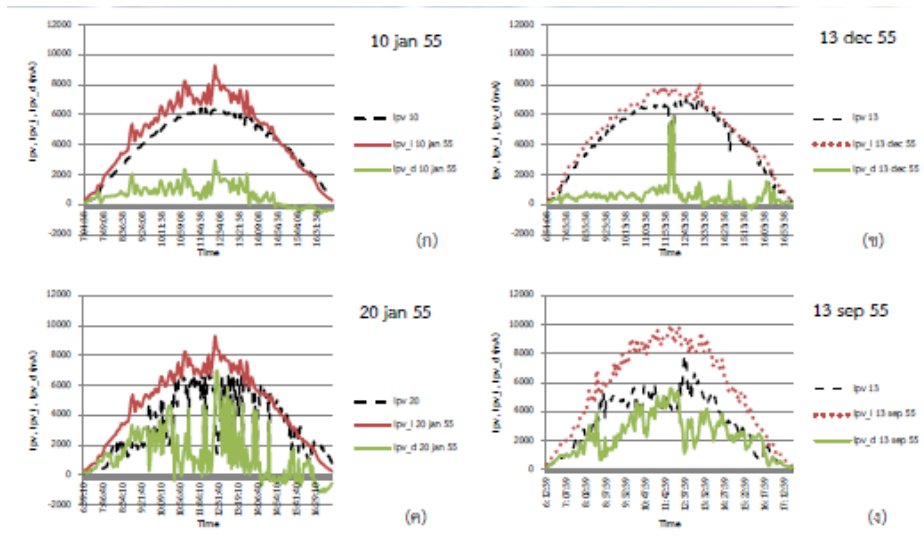


รูปที่ 2 (ก) กรณีที่ 2 (ข) กรณีที่ 3 (ค) กรณีที่ 4

สำหรับช่วงฤดูฝน ที่ไม่พบรูปแบบที่ 1 เนื่องจากข้อเท็จจริงที่ว่า ประเทศไทยในช่วงฤดูฝนจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาเอาความชื้นจากทะเลเข้ามาในแผ่นดินทวีป ดังนั้นในแต่ละวันจึงมีการก่อตัวของก้อนเมฆได้ง่าย อันเนื่องมาจากความชื้นในบรรยากาศมีค่าสูง ส่งผลให้วันที่เป็นฟ้าโปร่งจะพบเห็นได้ยากหรือไม่มีเลยในช่วงฤดูฝนนั่นเอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ค่า I_{pv_d} ของวันใดๆ ในช่วงฤดูร้อนกับ ค่า I_{pv_d} ของวันใด ๆ ในช่วงฤดูฝน จะพบว่า ค่า I_{pv_d} ในช่วงฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,000 mA ส่วน ค่า I_{pv_d} ในช่วงฤดูร้อน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,500 mA จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวอาจสามารถอธิบายได้ว่า ช่วงฤดูฝนจะมีก้อนเมฆหรือท้องฟ้ามีความขุ่นมัวเนื่องจากมีความชื้นในบรรยากาศมากกว่าช่วงฤดูร้อน ดังนั้นค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ในช่วงฤดูฝนจึงมีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์ในช่วงฤดูร้อน ผลก็คือ ค่า I_{pv} ในฤดูร้อนจะเข้าใกล้ ค่า I_{pv_i} มากกว่าในช่วงฤดูฝน ดังนั้น ค่า I_{pv_d} ในฤดูฝนจึงมีค่ามากกว่าในฤดูร้อนนั่นเอง

ส่วนในช่วงฤดูหนาวจะสามารถพบรูปแบบของ l_{pv} และ l_{pv_d} ได้ครบทั้ง 4 รูปแบบ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3 (ก) ถึง (ง)



รูปที่ 3 (ก) กรณีที่ 1 (ข) กรณีที่ 2 (ค) กรณีที่ 3 (ง) กรณีที่ 4

ในช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงที่ประเทศไทย ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูง หรือมวลอากาศเย็นและแห้ง จากทางตอนใต้ของประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทย ซึ่งจะทำให้เป็นช่วงที่บรรยากาศมีความชื้นน้อย ผลที่ตามมาคือ ฝนจะลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 1 ของช่วงฤดูหนาวที่พบรูปแบบที่ 4 เพียง 1 ครั้งจากจำนวนทดลองทั้งหมด เมื่อพิจารณาค่า l_{pv_d} ของวันใดๆ ในช่วงฤดูหนาว จะพบว่า ค่า l_{pv_d} มีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำ และไม่ค่อยมีการแปรปรวน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อเท็จจริงที่ว่า ความชื้นในบรรยากาศน้อย แสงอาทิตย์จึงมีการหักเหหรือเบี่ยงเบนทิศทางอันเนื่องมาจากความชื้นในบรรยากาศน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงที่จะตกกระทบลงบนโซลาร์เซลล์มีค่าสูง ทำให้ค่า l_{pv} มีค่าใกล้เคียงกับ ค่า l_{pv_i} และ ค่า l_{pv_d} ที่คำนวณออกมาได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำ

4. สรุป

การประยุกต์ใช้งานโซลาร์เซลล์ในเชิงอุตสาหกรรมสามารถทำได้ จากการทดลองพบว่าค่า l_{pv_d} สามารถแบ่งชนิดออกเป็น 4 รูปแบบที่สอดคล้องกับลักษณะอากาศที่ตรวจวัดได้ โดยรูปแบบที่ 1 ค่า l_{pv} ใกล้เคียงกับค่า l_{pv_i} มีลักษณะกราฟเป็นโค้งเรียบไม่มีความแปรปรวน ค่า l_{pv_d} ระดับต่ำ จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศแบบฟ้าโปร่งอากาศแจ่มใส รูปแบบที่ 2 ค่า l_{pv} ใกล้เคียงกับ ค่า l_{pv_i} แต่ลักษณะกราฟของค่า l_{pv} แปรปรวนบางช่วงเวลา ค่า l_{pv_d} มีการแปรปรวนบางช่วง จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศที่มีเมฆทึบหรือฝนตกในบางช่วงเวลา รูปแบบที่ 3 ค่า l_{pv} ใกล้เคียงกับค่า l_{pv_i} แต่ลักษณะกราฟของค่า l_{pv} แปรปรวนมาก ค่า l_{pv_d} มีการแปรปรวนตลอดช่วง จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศที่มีฝนตกหรือมีเมฆมากตลอดทั้งวัน และรูปแบบที่ 4 ค่า l_{pv} มีลักษณะต่ำกว่า ค่า l_{pv_i} มากและลักษณะกราฟของค่า l_{pv} แปรปรวนมาก ค่า l_{pv_d} ระดับสูง จะสอดคล้องกับลักษณะอากาศที่มีเมฆปกคลุมตลอดวัน หรือ ฟ้าหลัว

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน งบเงินอุดหนุน ประจำปี 2556 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ข้อมูลรายงานลักษณะอากาศประจำวันของอำเภอธัญบุรีได้รับความเอื้อเฟื้อจากกรมอุตุนิยมวิทยา

6. เอกสารอ้างอิง

- Choosakul, N.; Buddhakala, M.; Barnthip, N.; Muakngam, A.; and Banglieng, C.: Application of Solar Cells for Daytime Weather Study. *Energy Procedia*, Vol. 9 (2011), p 171-177
- Jimmy S.G. Ehnberg and Math H.J. Bollen : Simulation of global solar radiation based on cloud observations. *Solar Energy*, Vol. 78 (2005) .pp. 157-162
- Liancong Luo, David Hamilton and Boping Han : Estimation of total cloud cover from solar radiation observations at Lake Rotorua, New Zealand. *Solar Energy*, Vol. 84 (2010) .pp. 501-506
- 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
- Thai Meteorological Department, Introduction to Meteorology, Available from <http://www.tmd.co.th>, Accessed: 2013-05-03.
- Moran J.M.; Morgan M.D.: *Meteorology: the atmosphere and science of weather*, Macmillan Publishing Company, ISBN 0-02-383330-0, New York, (1989).

