การประเมินสมรรถนะ และความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย

Evaluation of Rooftop Solar PV Performance of Different PV Module Technologies operating in Thailand

พีระวุฒิ ชินวรรังสี ศศิวิมล ทรงไตร ณัฐกานต์ อุดมเดชาณัติ ทรงเกียรติ กิตติสนธิรักษ์ อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง
ทวีวัฒน์ กระจ่างสังข์ จรัญ ศรีธาราธิคุณ กอบศักดิ์ ศรีประภา
ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (STL) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สวทช.

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอผลการประเมินสมรรถนะ (Performance ratio : PR) และความคุ้มค่าของเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันโดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 6 ระบบบนหลังคาในประเทศไทยด้วยการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 1 ปี พบว่า ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่าสมรรถนะสูงที่สุดเท่ากับ 82.2% ขณะที่ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si มีค่าสมรรถนะต่ำที่สุดเท่ากับ 68.9% นอกจากนี้ยังพบว่า เทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด poly-Si มีความเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดสำหรับใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในปัจจุบัน

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์, แผงเซลล์แสงอาทิตย์, สมรรถนะของระบบ, ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

Abstract

This paper presents the evaluation results of the performance ratio (PR) of different photovoltaic (PV) module technologies by installing the six generated PV systems onto roof in Thailand with records data of one year period. It was found that a-Si:H PV system has a highest initial PR of 82.2%, while mono c-Si PV system has a lowest PR of 68.9%. Furthermore, it also found that poly-Si PV module technology is suitability and the best worthiness for use in rooftop solar PV system on present-day.

Keywords : Photovoltaic, PV module, Performance ratio, Rooftop solar PV system

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร ซึ่งสามารถรับแสงได้ตลอดทั้งปี มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี 17.4 MJ/m^2.day (4.83 kWh/ m^2.day)[1] ซึ่งมีศักยภาพที่เพียงพอต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานได้ทั้งปี และในแผนพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก (Alternative Energy Development Plan : AEDP) ของประเทศไทย มีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในปี พ.ศ. 2564 ตั้งอยู่ที่ 25% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญต่อการใช้พลังงานทดแทน ในส่วนของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีเป้าหมายการติดตั้งที่ 3,000 MW ซึ่งหน่วยงานภาครัฐพยายามส่งเสริมให้เกิดการลงทุนติดตั้งใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตั้งบนหลังคาอาคาร บ้านพักอาศัย (Solar Rooftop) ทำให้มีปริมาณการติดตั้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน

โดยทั่วไปคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบุโดยผู้ผลิตนั้นทำการทดสอบที่เงื่อนไขมาตรฐาน (Standard Test Condition : STC) นั่นคือ การทดสอบที่อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ºC ความเข้มรังสีอาทิตย์ 1,000 W/m^2 และสเปกตรัมแสง AM 1.5 (Air Mass 1.5) ซึ่งมีความแตกต่างจากสภาวะการใช้งานจริง ด้วยปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความเข้มรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์, ฝุ่นละออง และอื่น ๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์[2] จากปัญหาดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่มีเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างชนิดกัน จำนวน 6 ระบบ เพื่อทดสอบการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริงในประเทศไทย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินสมรรถนะของระบบ เพื่อหาเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม และคุ้มค่าที่สุดในการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาต่อไป

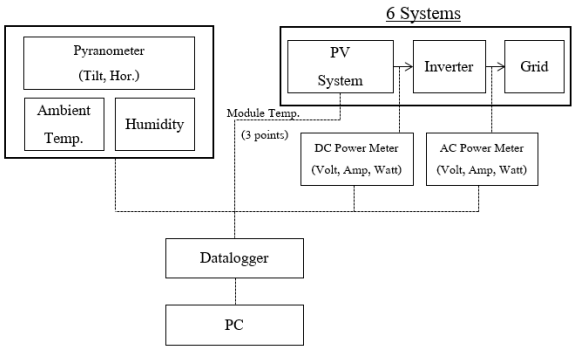
2. การทดสอบ

ในการทดสอบนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน จำนวน 6 ระบบ ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous Silicon Single-Junction (a-Si:H), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous/ Microcrystalline Silicon Double-Junction (a-Si:H/μc-Si:H), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Copper Indium Gallium Selenide (CIGS), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono-Crystalline Silicon (mono c-Si), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly-Crystalline Silicon (poly c-Si) และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Hetero-Junction with Intrinsic Thin Film (HIT) โดยแต่ละระบบมีขนาดกำลังการติดตั้งประมาณ 1 kWp ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 6 ระบบนี้ติดตั้งอยู่บนหลังคาลานจอดรถของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หันหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ทำมุม 14 องศา ซึ่งเป็นทิศทางและมุมที่สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีได้มากที่สุดสำหรับพื้นที่ติดตั้ง ดังรูปที่ 1 ทำการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ที่มีขนาดและชนิดเดียวกันดังรูปที่ 1 เพื่อแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current : AC) และทำการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ Power Grid ทำการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าของระบบ โดยติดตั้งมิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า นั่นคือ ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังงานไฟฟ้าทั้งทางด้าน DC และ AC แล้วเก็บบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 นาที ลง Data Logger ดังรูปที่ 2

ในส่วนของการเก็บข้อมูลสภาวะแวดล้อมได้ทำการติดตั้ง Pyranometer เพื่อวัดค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ ติดตั้ง Sensor สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นบรรยากาศ ติดตั้ง Sensor สำหรับวัดค่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าความเร็ว และทิศทางลม โดยข้อมูลสภาวะแวดล้อมเหล่านี้ ทำการวัดและเก็บบันทึกข้อมูลทุก ๆ 1 นาทีลง Data Logger เช่นเดียวกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 1 (ก)ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาลานจอดรถ และ (ข)อินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งในห้องควบคุม



รูปที่ 2 ไดอะแกรมระบบการวัด และเก็บบันทึกข้อมูล

3. การประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

วิธีการประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อ้างอิงตามมาตรฐาน International Electrotechnical Commission : IEC 61724[3] ถึงแม้ว่าจะมีค่าพารามิเตอร์เป็นจำนวนมากที่ใช้ในการคำนวณ แต่จะมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของระบบฯ ที่ติดตั้งกับระบบฯ อื่น ๆ ดังนี้

$$Y_a = \frac{E_{pv(DC)}}{P_{o(installed)}} \quad (1)$$

$$Y_f = \frac{E_{grid(AC)}}{P_{o(installed)}} \quad (2)$$

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (3)$$

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่

Ya คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง : Array Yield (kWh/kWp)

Yf คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง : Final Yield (kWh/kWp)

Yr คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางทฤษฎี : Reference Yield (kWh/kWp)

PR คือ ค่าสมรรถนะของระบบ : Performance Ratio (%)

$E_{pv(DC)}$ คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

$E_{grid(AC)}$ คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้า (kWh)

Po (installed) คือ ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้ง (kWp)

H_i คือ ค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ (kWh/m^2)

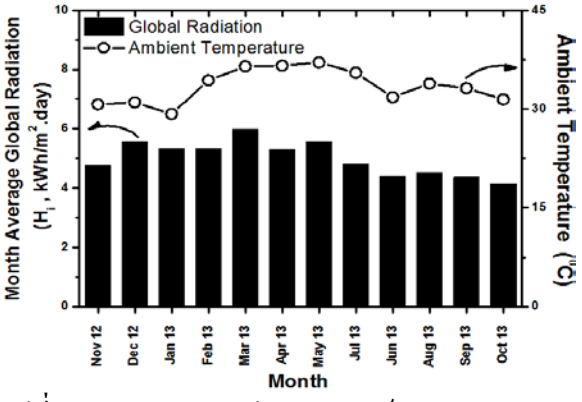
G_{STC} คือ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ ที่มาตรฐาน STC (1 kW/m^2)

4. ผลการประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

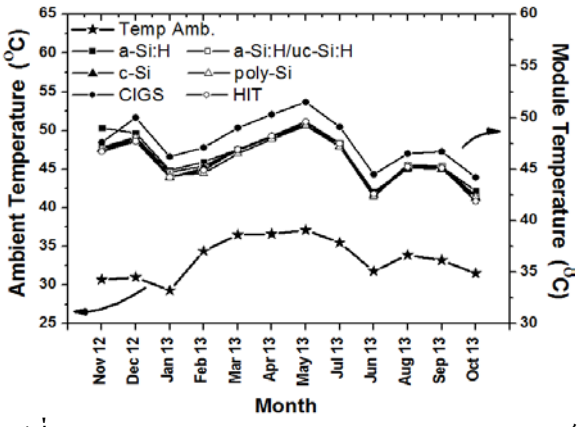
ทำการเก็บข้อมูลทางไฟฟ้า และสภาวะแวดล้อมของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาลานจอดรถของสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนตุลาคม 2556 แล้วนำมาวิเคราะห์ คำนวณเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามสมการในหัวข้อที่ 3

เมื่อพิจารณาข้อมูลสภาวะแวดล้อมของระบบดังแสดงในรูปที่ 3 คือค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่ระนาบเดียวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และค่าอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยรายเดือน พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ มีค่าสูงที่สุดในเดือนมีนาคม 2556 มีค่าเท่ากับ 5.99 kWh/m^2.day เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อน และในเดือนตุลาคม 2556 ค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ มีค่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.16 kWh/m^2.day เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูฝน และค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีดวงอาทิตย์รายปีมีค่าเท่ากับ 5.00 kWh/m^2.day ซึ่งมีศักยภาพที่เพียงพอต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานได้ทั้งปี ในส่วนของข้อมูลอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยรายเดือนพบว่าในเดือนพฤษภาคม 2556 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 37.1°C ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และในเดือนมกราคม 2556 มีค่าอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 29.3 °C ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ในขณะที่ค่าอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 33.4 °C ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบที่สภาวะมาตรฐาน คือ 25 °C ซึ่งค่าอุณหภูมิบรรยากาศในสภาวะการใช้งานจริงที่สูงขึ้นนี้มีผลทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าสูงตามไปด้วยซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ข้อมูลอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 4 จากข้อมูลในรูปที่ 4 พบว่าในเดือนพฤษภาคม 2556 ซึ่งเป็นเดือนที่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศสูงที่สุด คือ 37.1 °C ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดมีค่าสูงที่สุดตามไปด้วย เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งปี พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย

ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด CIGS มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 47.7 °C เนื่องมาจากโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด CIGS ประกอบด้วย Glass / Cell / Glass ทำให้ดูดซับและเก็บความร้อนไว้ได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นที่นำมาติดตั้ง ในขณะที่โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si, poly c-Si และ HIT ประกอบด้วย Glass / Cell / Tedlar ทำให้เก็บความร้อนได้น้อยกว่าโครงสร้างแบบ Glass / Cell / Glass ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่มนี้มีค่าต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด CIGS



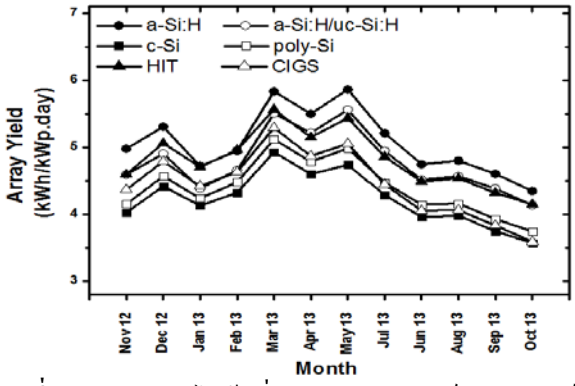
รูปที่ 3 ค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ และค่าอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยรายเดือน



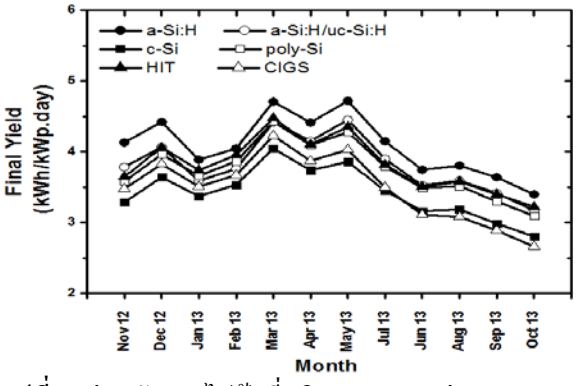
รูปที่ 4 อุณหภูมิบรรยากาศ และอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน

ข้อมูลทางไฟฟ้าที่เก็บบันทึกระหว่างช่วงเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือนตุลาคม 2556 ได้นำมาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ตามสมการที่ (1) ถึง (4) ในรูปที่ 5 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Ya) เฉลี่ยรายเดือน ซึ่งค่า Ya นี้จะเป็นตัวบอกว่าระบบจะผลิตไฟฟ้า DC ได้ปริมาณเท่าไหร่ต่อการติดตั้งระบบ 1 kWp ภายในระยะเวลา 1 วัน

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า ค่า Ya ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่ามากที่สุดในแต่ละเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ และมีค่ามากที่สุดในช่วงฤดูร้อน คือช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม ส่วนในช่วงฤดูฝน คือช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม ค่า Ya จะมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ดังรูปที่ 4 และเป็นแนวโน้มเดียวกันกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si ให้ค่า Ya น้อยที่สุดในแต่ละเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น

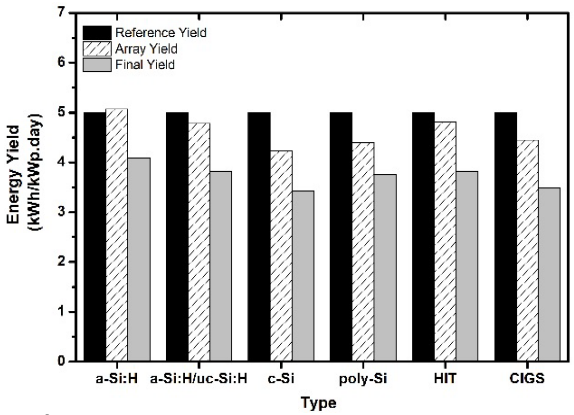


รูปที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Ya) เฉลี่ยรายเดือน



รูปที่ 6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Yf) เฉลี่ยรายเดือน

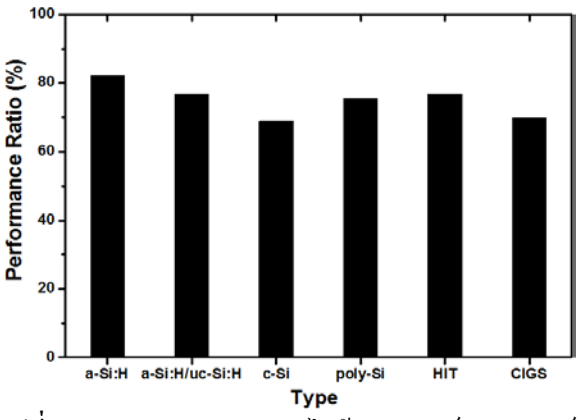
ในรูปที่ 6 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบต่อขนาดของระบบที่ติดตั้ง (Yf) เฉลี่ยรายเดือน โดยที่ค่า Yf นี้จะเป็นตัวบอกว่าระบบจะผลิตไฟฟ้า AC ได้ปริมาณเท่าไหร่ต่อการติดตั้งระบบ 1 kWp ภายในระยะเวลา 1 วัน จากรูปที่ 6 จะพบว่า ค่า Yf มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่า Ya คือ ค่า Yf ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่ามากที่สุด ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si ให้ค่า Yf น้อยที่สุดในทุกเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ



รูปที่ 7 ค่าผลผลิตทางไฟฟ้า (Yield) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด (Yr,Ya,Yf) เฉลี่ยรายปี

เมื่อพิจารณารูปที่ 7 ซึ่งแสดงค่าผลผลิตทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด (Yr,Ya,Yf) เฉลี่ยรายปีพบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ให้ค่า Yield สูงที่สุด โดยมีค่า Ya เท่ากับ 5.07 kWh/kWp.day , Yf เท่ากับ 4.09 kWh/kWp.day รองลงมาเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT และ a-Si:H/μc-Si:H ตามลำดับ ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด c-Si ให้ค่า Yield ต่ำที่สุด โดยมีค่า Ya เท่ากับ 4.22 kWh/kWp.day , Yf เท่ากับ 3.42 kWh/kWp.day ซึ่งมีค่าน้อยกว่า Yield ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ประมาณ 16 % ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต่อการผลิตไฟฟ้าซึ่งแสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ (Temperature Coefficient : Tc) ซึ่งค่า Tc นี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดซึ่งมีค่าแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่จะแสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของกำลังไฟฟ้า (Tc of Pmax) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 ºC โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si มีค่า Tc of Pmax -0.49 %/ ºC ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ (ติดลบมาก) เมื่อทำงานภายใต้สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจึงผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่า Tc of Pmax -0.20 %/ ºC ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ (ติดลบน้อย) จึงสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด

การหาค่าสมรรถนะของระบบ (Performance ratio) ทำได้โดยนำข้อมูลทางไฟฟ้ามาคำนวณหาค่า PR ตามสมการที่ (4) ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 8

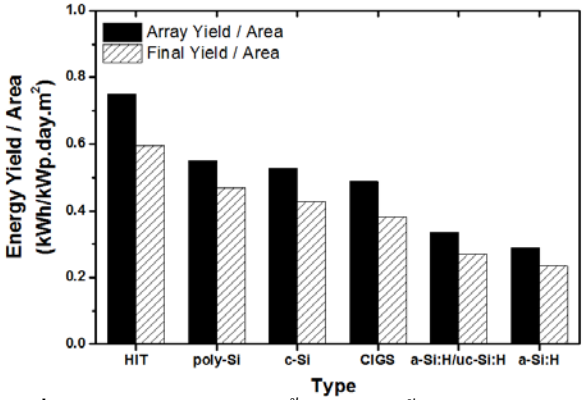


รูปที่ 8 ค่า PR ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดเฉลี่ยรายปี

ค่าสมรรถนะของระบบ (PR) จะเป็นตัวที่บอกถึงคุณลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากรูปที่ 8 พบว่า PR มีค่าสอดคล้องกับค่า Yield โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่า PR สูงที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 82.2 % รองลงมาเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT และ a-Si:H/μc-Si:H ตามลำดับ ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si ให้ค่า PR ต่ำที่สุด โดยมีค่า PR เท่ากับ 68.9 %

5. ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

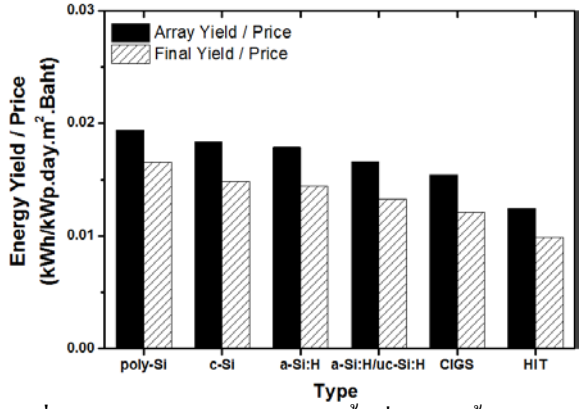
การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคามีปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ เรื่องขนาดของพื้นที่ในการติดตั้งที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นเพื่อหาเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) จะทำโดยพิจารณาจากผลผลิตทางไฟฟ้า (Yield) ต่อพื้นที่การติดตั้ง ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่การติดตั้ง (Yield / Area)

จากรูปที่ 9 พบว่า เมื่อใช้พื้นที่ในการติดตั้งระบบฯ เท่ากันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT จะให้ค่าผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.6 kWh/kWp.day.m^2 ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ให้ค่าผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.23 kWh/ kWp.day.m^2 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันประมาณ 61.67 %

อีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญนอกเหนือจากเรื่องพื้นที่ในการติดตั้งที่มีอยู่อย่างจำกัดแล้ว คือปัจจัยเรื่องราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด ซึ่งมีราคาแตกต่างกันตามเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์[4] ในรูปที่ 10 แสดงค่าผลผลิตทางไฟฟ้าที่ได้ต่อพื้นที่การติดตั้งต่อราคา นั่นคือ เมื่อมีพื้นที่ในการติดตั้งและใช้งบประมาณเท่ากัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด poly c-Si จะให้ผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่ต่อราคามากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.017 kWh/ kWp.day.m^2.baht ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT ให้ค่าผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่ต่อราคาต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.001 kWh/ kWp.day.m^2.baht เนื่องจากราคา ณ ปัจจุบันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT มีราคาสูงที่สุดในกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 10 ผลผลิตทางไฟฟ้าต่อพื้นที่การติดตั้งต่อราคา (Yield / Price)

6. สรุป

จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา และทดสอบการทำงานภายใต้สภาวะการใช้งานจริง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 6 ชนิด พบว่า ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และค่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ จากผลการทดสอบพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด CIGS มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแผงเซลล์สูงที่สุด จึงทำให้มีค่า PR ต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่า Tc of Pmax ต่ำที่สุด (ติดลบน้อย) จะให้ค่า PR ของระบบระบบผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดนั่นก็คือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si ให้ค่า PR ของระบบผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุดในกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบกัน

เมื่อนำผลการประเมินสมรรถนะของระบบฯ มาวิเคราะห์เพื่อหาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พบว่า เทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับระบบ Solar Rooftop ในประเทศไทย ณ ปัจจุบัน คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด poly c-Si ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เป็นที่รู้จักและใช้งานกันอย่างแพร่หลายทำให้มีราคาถูก แต่ในอนาคตถ้าหากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT มีราคาถูกลงอาจเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจกว่า เนื่องจากให้ค่า Yield / Area สูงที่สุด

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Solar energy research laboratory Silpakorn University, “Solar Radiation Maps from Satellite Data for Thailand”, Report, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2010.

[2] L. Fara and M. Yamaguchi, “Advanced solar cell materials, Technology, modeling and simulation, Hershey”, PA: Engineering Science Reference, 2013.

[3] International Electrotechnical Commision, “Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange and analysis IEC61724”, IEC standard, 1998.

[4] pvXchange GmbH [Online], Available : http://www.pvxchange.com, [2014, October].