

การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์

ANALYSIS OF PLANT AVAILABILITY OF A LARGE SCALE 1 MW
PV ROOFTOP POWER PLANT

บัญชา งามชื่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์




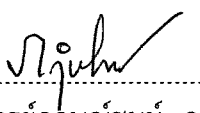
บัญชา งามชื่น

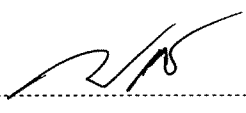
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

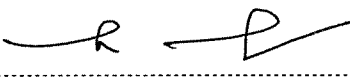
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกกะวัตต์ Analysis of Plant Availability of a Large Scale 1 MW PV Rooftop Power Plant
ชื่อ - นามสกุล	นายบัญชา งามชื่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.
ปีการศึกษา	2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงศ์, Ph.D.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ฤกษ์ชนม์ ฤกษ์กิตติพิชญ์, Ph.D.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร พันธุ์คง, Ph.D.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์
ชื่อ - นามสกุล	นายบัญชา งามชื่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์บุญยัง ปลั่งกลาง, Dr.-Ing.
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์ ด้วยโปรแกรมจำลอง PVsyst และผลการติดตั้งจริงของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกะวัตต์ อำเภอแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมที่ติดตั้งบนหลังคา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์สมรรถนะและความพร้อมในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา

การดำเนินการจะเก็บข้อมูลของโรงไฟฟ้าและค่ากำลังการผลิตจริงในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะและความพร้อมในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลจากการจำลองผลด้วยโปรแกรมจำลอง PVsyst และข้อมูลจริงของโรงไฟฟ้า รวมทั้งทำการวิเคราะห์ผลของค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อม ค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกำลังการผลิต ค่าความเข้มแสง ค่าความพร้อมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตได้

ผลการศึกษาพบว่าค่ากำลังการผลิตรวมที่ได้จากโปรแกรมจำลอง PVsyst มีค่า 1,452,004 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งสูงกว่ากำลังการผลิตรวมจริงในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 ที่ค่า 1,450,036 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 1,412,652 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยมีกำลังการผลิตรวมจริงน้อยกว่า คิดเป็นร้อยละ -0.13 และ -2.7 ซึ่งเป็นผลกระทบทางอ้อมจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมจากค่าจริงที่ตรวจวัดได้ที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 1.61 และ 1.85 ตามลำดับ ทำให้มีค่าอัตราส่วนสมรรถนะที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 2.08 เป็นผลของการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล ในขณะที่ค่าความพร้อมการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 ที่ร้อยละ 100 และ ร้อยละ 99.97 ซึ่งในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2561 จะมีค่าต่ำที่ค่าร้อยละ 99.97 ที่ไม่สามารถขายไฟฟ้าได้จากปัญหาอุปกรณ์การเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบกริดของการไฟฟ้าชำรุด ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมรรถนะการผลิตของโรงไฟฟ้ามีความจำเป็นต้องพิจารณาประกอบการออกแบบในอนาคต

คำสำคัญ : โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา สมรรถนะโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ค่าความพร้อมการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Thesis Title	Analysis of Plant Availability of a Large Scale 1 MW PV Rooftop Power Plant
Name - Surname	Mr. Bancha Ngarmchuen
Program	Electrical Engineering
Dissertation Advisor	Associate Professor Boonyang Plangklang, Dr.-Ing.
Academic Year	2019

ABSTRACT

This thesis presents an analysis of plant availability of large scale 1 MW PV rooftop power plant by using PVsyst simulation program and the actual installation information and data of a 1 MW PV power plant in Mae Klong district, Samutsongkram province using PV crystalline module. Analysis of monitored data will be used as supplementary information to evaluate the performance ratio and plant availability of the PV rooftop power plants.

The study used actual monitored data and power generation in year 2017 and 2018. The comparison analysis was investigated by using actual data and PVsyst simulation program. Analysis of important parameters were also included such as the effect of changes in ambient temperature, performance ratio (PR), Intensity of irradiation, plant availability factors (PAF), and the electric power production, respectively.

The results showed that the total production capacity obtained from the PVsyst simulation program was 1,452,004 kWh, which was higher than the actual capacity in year 2017 and 2018 at 1,450,036 kWh and 1,412,652 kWh. The real total production capacity was less than simulation results at -0.13% and -2.7%, respectively. This result caused by an indirect effect of the ambient temperature from the actual measured values which increased by 1.61% and 1.85%, respectively. This effect of temperature was also influenced the reduction of performance ratio (PR) at 0.02% and 2.08%. While the Plant Availability Factor (PAF) in year 2017 and 2018 was 100% and 99.97%. The low PAF value of 99.97% happened in August 2018 because the power plant was unable to connect to PEA grid due to a problem of grid failure. Therefore, it is necessary to consider the impact of PR and PAF for future production capacity of the power plant.

Keywords: PV Rooftop Power Plant, performance of PV power plant, Plant Availability Factor (PAF)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำจากท่านอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ คือ รองศาสตราจารย์ ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งเพื่อให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนชี้แนะทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง และกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงกรรมการควบคุมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้ทำวิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือและเป็นแรงผลักดันให้ถึงเป้าหมาย และขอขอบคุณห้องวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ใช้สถานที่ในการศึกษาค้นคว้าตลอดระยะเวลา 2.5 ปี ที่ผ่านมา

บัญชา งามชื่น



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	13
1.3 สมมุติฐานของวิทยานิพนธ์.....	13
1.4 ขอบเขตของของวิทยานิพนธ์.....	13
1.5 ขั้นตอนการศึกษาของวิทยานิพนธ์.....	14
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 บทนำ.....	15
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์.....	18
2.4 อินเวอร์เตอร์ และการใช้งาน.....	29
2.5 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์.....	32
2.6 มาตรฐานการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา.....	33
2.7 มาตรฐานการประเมินคุณภาพไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....	34
2.8 การติดตั้ง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บน..	35
2.9 ระเบียบข้อบังคับงานติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบน หลังคา (PV Roof Top)	37
2.10 ค่าความพร้อมการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า (Plant Availability Factor, PAF)	38
2.11 บทสรุป.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
3.1 บทนำ.....	40
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	40
3.3 ข้อมูลเบื้องต้นของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัย.....	41
3.4 ข้อมูลที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์สมรรถนะสถานีไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย.....	48
3.5 บทสรุป.....	51
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	52
4.1 บทนำ.....	52
4.2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์.....	52
4.3 บทสรุป.....	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	61
5.1 บทนำ.....	61
5.2 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์.....	61
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	61
5.4 บทสรุป.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก รายละเอียดอุปกรณ์.....	66
ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	97

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความเข้มการแผ่รังสีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในสภาวะต่างๆ.....	29
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับแรงดันไฟฟ้าสูงและต่ำสุดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	34
ตารางที่ 2.3 ค่าความรุนแรงของไฟกะพริบระยะสั้น (Pst) และค่าความรุนแรงของไฟกะพริบระยะยาว (Plt).....	35
ตารางที่ 2.4 ขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ของแรงดันไฟฟ้า.....	35
ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	45
ตารางที่ 4.1 ค่า PAF ของโรงไฟฟ้าที่ทำการศึกษ ปี พ.ศ. 2560.....	58
ตารางที่ 4.2 ค่า PAF ของโรงไฟฟ้าที่ทำการศึกษ ปี พ.ศ. 2561.....	58



สารบัญรูป

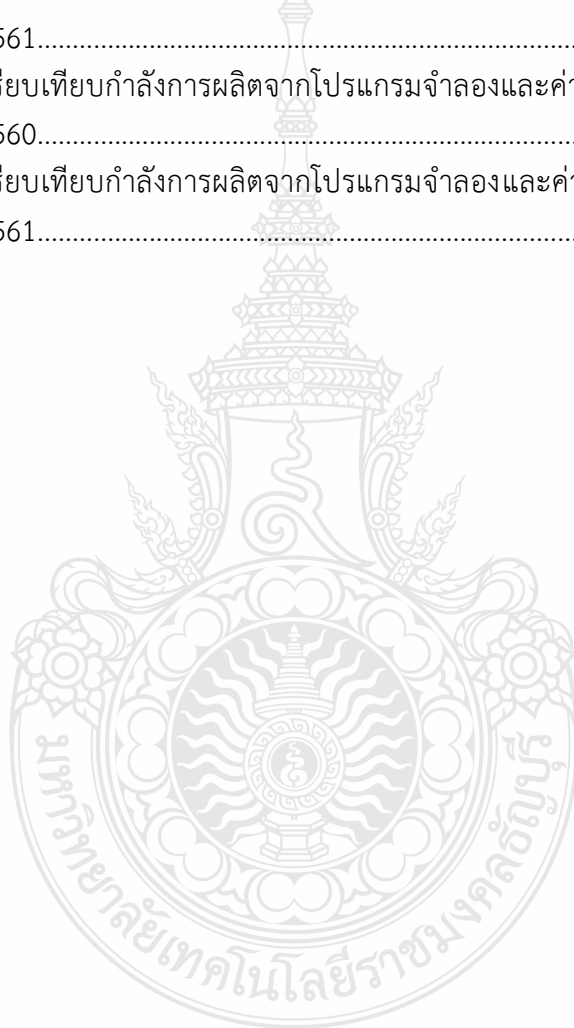
	หน้า	
รูปที่ 2.1	การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จากสารกึ่งตัวนำ P-type และ N-type.....	18
รูปที่ 2.2	การต่อเซลล์หลายตัวมาต่อรวมกันในแผงโซลาร์เซลล์.....	19
รูปที่ 2.3	ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพแต่ละประเภท.....	20
รูปที่ 2.4	วงจรเทียบเคียงเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่ต่ออยู่กับโหลด.....	20
รูปที่ 2.5	เส้นโค้งของกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ จากคุณลักษณะของไดโอด....	21
รูปที่ 2.6	วงจรเทียบเคียงของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปิดวงจร.....	21
รูปที่ 2.7	เส้นโค้งรังสีไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPP).....	22
รูปที่ 2.8	วงจรเทียบเคียงของ เซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้งานจริง.....	23
รูปที่ 2.9	กราฟเส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานอนุกรมค่าต่างๆ กัน.....	24
รูปที่ 2.10	กราฟเส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานขนานค่าต่างๆ กัน.....	24
รูปที่ 2.11	ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย.....	26
รูปที่ 2.12	ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลก.....	27
รูปที่ 2.13	วงจรอินเวอร์เตอร์ Square Wave.....	28
รูปที่ 2.14	วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ Modified Sine Wave.....	29
รูปที่ 2.15	วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM.....	29
รูปที่ 2.16	การต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ในรูปแบบต่างๆ.....	30
รูปที่ 2.17	รูปแบบการเชื่อมกริดด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบยกแรงดันไฟฟ้า.....	36
รูปที่ 2.18	แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์.....	36
รูปที่ 2.19	อินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	36
รูปที่ 2.20	หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบยกแรงดันไฟฟ้า.....	37
รูปที่ 3.1	แบบไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดพิกัด 1 เมกะวัตต์.....	41
รูปที่ 3.2	จุดเชื่อมต่อขายไฟการไฟฟ้าและเครื่องวัดขายไฟฟ้า.....	42
รูปที่ 3.3	การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าบนเสาขนาด 1,250 kVA แบบยกแรงดันไฟฟ้า.....	42
รูปที่ 3.4	ห้องไฟฟ้าแบบติดตั้งกลางแจ้งสำหรับติดตั้งตู้จ่ายไฟและ อินเวอร์เตอร์ สำหรับ	43
รูปที่ 3.5	ห้อง MDB และอินเวอร์เตอร์.....	43

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.6	การเดินสายป้อนจากกล่องต่อแยกสายรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาไปยังห้องไฟฟ้าแบบติดตั้งกลางแจ้ง.....	44
รูปที่ 3.7	กล่องต่อสายรวม (Combiner Box).....	44
รูปที่ 3.8	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอนที่ติดตั้งบนหลังคา.....	45
รูปที่ 3.8	รูปแบบการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภักขนาดใหญ 1 เมกะวัตต์ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย.....	45
รูปที่ 3.9	พิภักสถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภักขนาดใหญ 1 เมกะวัตต์.....	46
รูปที่ 3.10	วงจรการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภักขนาดใหญ 1 เมกะวัตต์ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย.....	47
รูปที่ 3.11	แบบไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดพิภัก 1 เมกะวัตต์.....	48
รูปที่ 3.12	ข้อมูลการผลิตไฟฟ้ารายเดือนของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ พ.ศ. 2561.....	49
รูปที่ 3.13	ข้อมูลสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากโปรแกรมจำลอง.....	50
รูปที่ 3.14	ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากโปรแกรมจำลอง.....	50
รูปที่ 4.1	การเปรียบเทียบค่าความต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2560.....	53
รูปที่ 4.2	การเปรียบเทียบค่าความต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2561.....	53
รูปที่ 4.3	การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่าความเข้มแสงจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริงปี พ.ศ. 2560.....	54
รูปที่ 4.4	การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่าความเข้มแสงจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริงปี พ.ศ. 2561.....	54
รูปที่ 4.5	การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2560.....	55

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการ ตรวจวัดจริง ปี พ.ศ.2561.....	56
รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่า PAF ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ปี พ.ศ. 2560.....	57
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า PAF ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ปี พ.ศ. 2561.....	57
รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตจากโปรแกรมจำลองและค่ากำลังไฟฟ้าจริง ปี พ.ศ. 2560.....	59
รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตจากโปรแกรมจำลองและค่ากำลังไฟฟ้าจริง ปี พ.ศ. 2561.....	59



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้ามีบทบาทและจำเป็นมากต่อการดำรงชีวิตประจำวัน อีกทั้งปัจจุบันมีแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีปัจจัยหลักมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐาน และคุณภาพชีวิตของสังคมโดยรวม ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยประมาณปีละ 1200 เมกะวัตต์ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้หลักมาจากก๊าซธรรมชาติร้อยละ 70 รองลงมาได้จากเชื้อเพลิงจากลิกไนต์ และถ่านหินร้อยละ 20 และพลังงานที่เหลืออีกร้อยละ 10 ได้จากพลังงานหมุนเวียน และการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านโดยรอบ อาทิเช่น มาเลเซีย พม่า และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว การนำเข้าพลังงานและก๊าซธรรมชาติจากประเทศเพื่อนบ้านนี้ อาจถือเป็นความเสี่ยงด้านความมั่นคงของพลังงานอันส่งผลกระทบต่อประเทศไทยได้ และจากเหตุผลนี้เองรัฐบาลจึงเล็งเห็นความสำคัญของพลังงานทดแทน จากความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้นนี้เอง การใช้พลังงานทดแทนเพื่อมาผลิตไฟฟ้าจึงได้รับการส่งเสริมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญ เพราะเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีวันหมด อีกทั้งการใช้พลังงานชนิดนี้ได้มีการศึกษาวิจัย พร้อมทั้งตัวแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น พร้อมทั้งพัฒนาอุปกรณ์ประกอบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามมาด้วย ส่งผลให้การติดตั้งต่อหน่วยมีค่าลดลงอย่างมากมากในปัจจุบัน อีกทั้งภาครัฐยังได้ให้การสนับสนุน และอุดหนุนราคาส่วนต่างในการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทำรัฐบาลให้ความสนับสนุนนี้เองส่งผลให้เกิดการลงทุนด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชนิดนี้อย่างกว้างขวาง ก่อให้เกิดผู้ลงทุนเอกชนด้านพลังงานทดแทนเกิดขึ้นมากมาย เช่น บมจ. พลังงานบริสุทธิ์ (EA) บมจ. โรงพิมพ์ตะวันออก (EPCO) บมจ. กัลกุลเอ็นจิเนียริง (GUNKUL) บมจ.ผลิตไฟฟ้า (EGCO) และตามแผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ปี 2558-2579 ได้กำหนดสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้เป็นร้อยละ 30% จากพลังงานทั้งหมดในประเทศ จากเป้าหมายการพัฒนาการใช้งานพลังงานทดแทนขั้นต้น พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกที่นิยม อีกทั้งลักษณะภูมิศาสตร์ของประเทศไทย อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียโดยมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ ซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่เขตร้อนและเหมาะแก่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 2,600 เมกะวัตต์ [1] กระจายตามพื้นที่ต่างๆ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต

การติดตั้งใช้งานพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น การติดตั้งทั้งชนิดบนพื้นดิน (PV farm) และบนหลังคาอาคาร (PV rooftop) โดยงานวิจัยนี้เน้นศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อสมรรถนะ ด้านกายภาพ ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (PV rooftop) ขนาดใหญ่ พิกัด 1 เมกะวัตต์ เทียบกับผลจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PVsyst

โดยแนวคิดของวิทยานิพนธ์นี้จะทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะ จากการติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา เช่น รูปแบบการติดตั้ง ทำเลที่ตั้ง มลภาวะแวดล้อมบริเวณที่ตั้ง ตลอดจนถึงทิศทางและมุมมองของหลังคาที่ทำมุมกับแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Azimuth) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประกอบใช้ในการออกแบบสร้างระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะ กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา พิกัด 1 เมกะวัตต์

1.2.2 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดจริงกับค่าจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PVsyst รวมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์

1.2.3 สรุปผลการทดลองและนำไปพัฒนาในการออกแบบและติดตั้งสำหรับระบบแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาต่อไป

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะเน้นศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา โดยใช้ข้อมูลด้านกายภาพ ที่จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้แก่

1.3.1 ค่าความถูกต้องของพิกัด ทำเลที่ตั้ง ทิศทางและมุมมองของหลังคาบริเวณที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

1.3.2 ข้อมูลลักษณะการออกแบบสร้างระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา รวมถึงสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ ที่ใช้ในการตรวจวัด

1.3.3 ค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจวัด

1.3.4 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงที่มีการตรวจวัด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบจากการติดตั้งด้านกายภาพต่อสมรรถนะระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ พิกัด 1 เมกะวัตต์ โดยการจำลองและประมวลผลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PVsyst

1.4.2 วิเคราะห์สมรรถนะจากการวัดค่าจริงของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ พิกัด 1 เมกะวัตต์

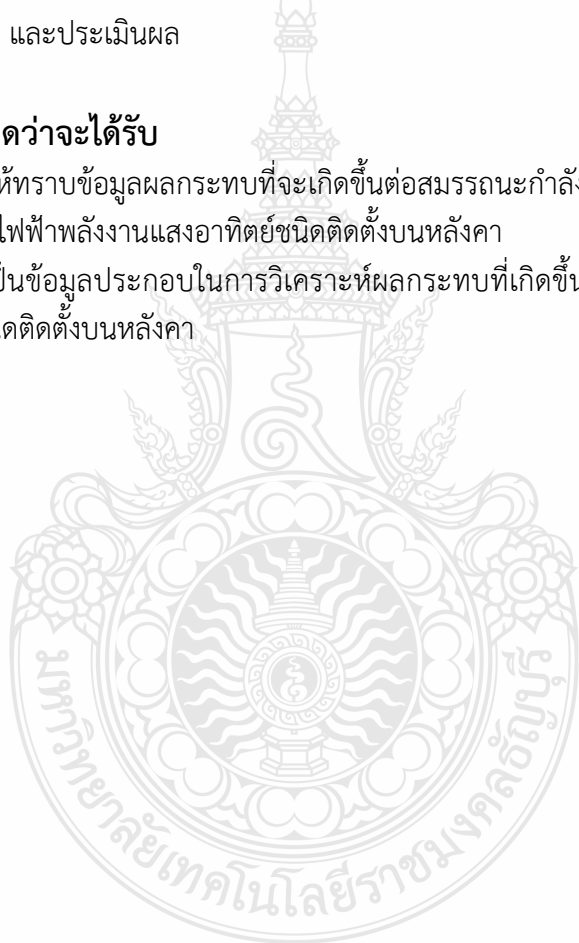
1.4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ พิกัด 1 เมกะวัตต์ จากค่าวัดจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม PVsyst

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาข้อมูลการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
- 1.5.2 ศึกษาข้อมูลต่างๆที่มีผลต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้แก่ พิกัด ทำเลที่ตั้ง สภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ ทิศทางและมุมมองของหลังคา
- 1.5.3 ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลค่ากำลังการผลิตที่ได้จริงจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา
- 1.5.4 วิเคราะห์ผลกระทบต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ พิกัด 1 เมกะวัตต์ โดยการเทียบค่าที่ได้จากการวัดจริงกับผลที่ได้จากการประมวลผลผ่านโปรแกรม PVsyst และนำผลลัพธ์ที่ได้มา เปรียบเทียบ
- 1.5.5 สรุป และประเมินผล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ทำให้ทราบข้อมูลผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสมรรถนะกำลังการผลิตเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา
- 1.6.2 ใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ข้อมูลจากแผนพัฒนาด้านพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงาน มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 20 ภายใน 10 ปี (2555-2564) เพื่อช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้ มากขึ้น ดังกล่าวกระทรวงพลังงานได้คาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานในประเทศจะมีสูงถึง 99,838 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ประกอบกับมีแผนผลิตไฟฟ้าหรือพีดีพี 2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (2555-2573) กำหนดให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนต่างๆ ไปถึง 9,481 เมกะวัตต์ เมื่อสิ้นปี 2573 โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีการตั้งเป้าหมายไปถึง 2,000 เมกะวัตต์ ภายในปี 2564 จากปัจจุบันที่มีการจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบแล้วกว่า 336 เมกะวัตต์ ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีค่อนข้างมาก ด้วยภูมิประเทศที่อยู่ในเส้นศูนย์สูตร ทำให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าเขตอื่นๆ ของโลก ซึ่งการศึกษาจากข้อมูลดาวเทียมประกอบการตรวจวัดภาคพื้นดินของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) พบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร ซึ่งส่งผลให้ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ถึง 10,000 เมกะวัตต์ [1]

โดยสามารถนำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการศึกษผลกระทบที่มีต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาและเพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ผู้วิจัยได้รวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลกระทบจากการติดตั้งด้านกายภาพต่อสมรรถนะระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาและการวิเคราะห์สมรรถนะของกำลังการผลิตไฟฟ้านั้นสามารถนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

M.A.Munoz และคณะ [2] นำเสนอการเงื่อนไขการรับประกันของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนโดยการพิจารณาคุณลักษณะจากการตรวจสอบด้วยสายตา การวัดค่าคุณลักษณะ I-V การประเมินค่าผลของความร้อนและข้อบกพร่องอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จากการนำเสนอพบว่าผลของการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นพบการเพิ่มของผลจากโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในบางกรณีอาจจะมองจากภายนอกเป็นเรื่องปกติที่ทดสอบตามมาตรฐาน IEC61215 หรือ IEC61646 ซึ่งหากพิจารณาโดยเชิงลึกจะพบการลอก การเกิดฟองอากาศ การเกิดรอยร้าวในเซลล์แสงอาทิตย์ การเกิดจุดร้อนและการลดการสะท้อนของแสง ดังนั้นในการยืนยันการรับประกันต้องทำการสุ่มนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงานที่ติดตั้งไปทดสอบโดยละเอียด โดยเฉพาะปัญหาเรื่องรอยร้าวที่อาจเกิดจากการออกแบบแผงและการติดตั้งและจะเป็นปัญหาหลักในอนาคต

Syed A.M.Said และ Husam M. Walwil [3] นำเสนอการศึกษาขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับผลกระทบการปนเปื้อนของฝุ่นต่อประสิทธิภาพของโมดูล PV โดยทำการศึกษาผลของการสะท้อนแสง การต่อต้านการรับแสงของแผง PV ของการเคลือบสารที่ผิวกระจก ผลของฝุ่นต่อคุณลักษณะของทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงผลแรงของฝุ่นขนาดเล็กต่อหน้าแผงกระจกที่มุมแผงต่างๆทำการเปรียบเทียบแผง PV ที่มีการเคลือบสารที่หน้าผิวกับไม่เคลือบ ซึ่งพบว่าผลของแรงที่เกิดจากฝุ่นที่ถ้าผิวไม่เคลือบสารจะเพิ่มขึ้นมากตามองศา และการสะสมของฝุ่นก็จะมีมากกว่าปกติหากการเอียงแผงมีน้อย ส่งผลด้านกำลังการผลิตของแผง ในขณะที่ผลด้านเคมีการสะสมของฝุ่นที่มุมองศาของแผงต่างๆก็จะมีปริมาณตามชนิดและน้ำหนักของฝุ่น โดยจะพบแร่ Calcite และแร่ Quartz ในส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 60

Jianbo Bai และคณะ [4] ทำการศึกษาคุณลักษณะของเอาต์พุตลักษณะพิเศษของระบบ PV ภายใต้เงื่อนไขการแรเงาบางส่วนหรือไม่ตรงกัน โดยทำการศึกษาคคุณลักษณะของกราฟ I-V ของแผง PV ในสภาวะที่ปกติ โดยการศึกษาจะศึกษาคุณลักษณะการทำงานของ Bypass ไดโอดในสภาวะบังเงารูปแบบต่างๆโดยทำการจำลองผลจากการทดลองและจากการคำนวณของแผง PV แบบ Polycrystalline และแบบ Monocrystalline แบบวงจรสมมูลแบบไดโอด 1 ตัว ซึ่งจากการศึกษาจะพบว่าผลที่ได้จากโปรแกรมจำลองนั้นมีค่าที่แม่นยำกว่าค่าที่ได้จากการทดลองตรงจวัดจริงทั้งค่ากราฟ I-V และค่ากราฟ P-V ด้วยในรูปแบบของแผง PV นั้นไม่ได้ต่อไดโอด Bypass ในทุกเซลล์แต่จะต่อที่ทุก 20 เซลล์ โดยค่าดังกล่าวนี้สามารถนำมาใช้ในการประมาณการหรือพยากรณ์คุณลักษณะของแผง PV ได้

Teodoro Adrada Guerra และคณะ [5] นำเสนอการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของเทคโนโลยีไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ เมืองมาดริด ประเทศสเปน โดยทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะของแผง PV จำนวน 6 ชนิดประกอบไปด้วยชนิด mc-Si, pc-Si, s-Si/uc-Si, CdTe/Cds, CIS และ mc-dc-Si ตามลำดับ โดยใช้เงื่อนไขเป็นอินเวอร์เตอร์ชนิดเดียวกัน ติดตั้งในสถานที่เดียวกัน ทำการติดตั้งบนหลังคาทำการทดสอบตามมาตรฐาน IEC61724:1998 ทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจำนวน 3 ปี(ปี 2013-2015) ซึ่งหากพิจารณาผลการเปรียบเทียบด้วยค่าผลผลิตพลังงานและอัตราส่วนประสิทธิภาพนั้น จะพบว่าค่า PR ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด CdTe/CdS มีค่าที่ต่ำกว่าชนิดอื่นอย่างมากที่ร้อยละ 24.1 และการพิจารณาด้านอื่นๆก็เป็นรองแผงชนิดต่างๆในค่าประสิทธิภาพมีข้อด้อยในทุกเงื่อนไข

Julius Tanesab และคณะ [6] ทำการศึกษาผลตามฤดูกาลของฝุ่นละอองที่มีต่อการเสื่อมประสิทธิภาพของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำไปใช้งานในพื้นที่ภูมิอากาศต่างกัน โดยทำการศึกษาในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิสองแห่งในเมืองเพิร์ท ประเทศออสเตรเลีย และ เมือง Nusa Tenggara Timur ประเทศอินโดนีเซีย โดยจากการศึกษานั้นจะพบว่าค่าประสิทธิภาพของแผง PV สูงสุดที่เมืองเพิร์ท ประเทศออสเตรเลียในเดือนฤดูร้อนและจะลดลงในตอนท้ายๆของฤดูกาล และจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูใบไม้ผลิเช่นเดียวกับในช่วงฤดูร้อน ในขณะที่เมือง Nusa Tenggara Timur ประเทศอินโดนีเซียจะมีค่าสูงสุดในฤดูฝนและค่อยๆลดลง จนถึงฤดูร้อน ผลของฝุ่นและการลดลงของประสิทธิภาพแผงในสองพื้นที่การศึกษานั้นจะมีผลอย่างมากในการศึกษาโดยเฉพาะในเมือง Nusa Tenggara Timur ประเทศอินโดนีเซียจะมีฝุ่นมากกว่าค่ามาตรฐานอย่างมากถึงแม้ว่าจะมีฝนช่วยในการล้างแผงตามธรรมชาติ

Riyad Mubarak และคณะ [7] ทำการศึกษางานการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่ใช้ในการประเมินค่าการฉายรังสีของโลกและการกระจายพลังงานแสงอาทิตย์ บนระนาบแบบเอียงตามการฉายรังสีแนวราบของโลก โดยค่าการฉายรังสีแบบเอียงนั้นถูกนำไป เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จาก Pyranometers และเซ็นเซอร์ซิลิคอนที่เอียงในมุมที่แตกต่างกัน โดยทำ การทดสอบที่เมืองฮันโนเวอร์ (เยอรมนี) และ NREL (Golden, CO, USA) จากแบบจำลองของ Liu และ Jordan, Klucher และ Perez จะมีค่าการเบี่ยงเบนจากการวัดเพิ่มขึ้นเมื่อมุมเอียงเพิ่มขึ้นและเมื่อ เซ็นเซอร์อยู่ห่างจากทิศใต้ ซึ่งมีการแผ่รังสีโดยตรงต่ำกว่าพื้นผิวที่หันไปทางทิศใต้ โดยผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ถูกค้นพบโดยแบบจำลองจาก Hay และ Davies and Reindl เมื่อใช้การวัด Pyranometer แนวนอน และค่า Albedo ที่ 0.2 จะพบว่าสถานที่ที่มีแสงแดดเช่นเดียวกับเมืองGolden จากรูปแบบโมเดลของ Perez ให้การประมาณค่าการฉายรังสีแบบเอียงทั่วโลกที่ดีที่สุดสำหรับพื้นผิวที่หันไปทางทิศใต้ ค่าเฉลี่ย ความแตกต่างแบบสัมบูรณ์สัมพัทธ์ (rMAD) ของแบบจำลอง Perez ที่ NREL มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 4.2 สำหรับความเอียง 40° ถึงร้อยละ 8.7 สำหรับมุมเอียง 90° เมื่อใช้การวัด Pyranometer แนวนอนและ การวัดค่า Albedo ในการใช้ค่า Albedo ที่วัดได้แทนค่าคงที่ 0.2 นำไปสู่การลดความเบี่ยงเบนเป็น ร้อยละ 3.9 และร้อยละ 6.0 ตามลำดับ การใช้ค่าอัลเบโดที่สูงขึ้นนำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของ rMAD นอกจากนี้เรายังตรวจสอบความไม่แน่นอนที่เกิดจากการใช้การวัดไพรามิเตอร์ในแนวนอนร่วมกับ Albedo คงที่ เพื่อประเมินการฉายรังสีที่ตกกระทบบนแผง PV แบบเอียง โดยสรุปว่าความไม่แน่นอน เหล่านี้มีขนาดเล็กหรือเล็กมาก

Sumeng Tao และคณะ [8] ทำการศึกษากการประเมินความเสี่ยงในการปฏิบัติงานของระบบ PV ที่เชื่อมต่อกับกริดโดยพิจารณาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยพิจารณาความแปรปรวน และความพร้อมใช้งานขององค์ประกอบของ PV ทำการจำลองโดยการแยกจากกันและรวมเข้าด้วยกัน โดยการคูณค่าการลดกำลังไฟที่เกิดจากความล้มเหลวหรือผิดพลาดของระบบ โดยพิจารณากราฟ เอาต์พุต PV รายวันโดยใช้วิธีการจัดกลุ่ม จากแบบจำลองวิธีมอนติคาร์โลแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อประเมิน ความเสี่ยงของระบบและใช้แบบจำลองโหลด กระแสตรงที่เหมาะสมเพื่อคำนวณการไหลของโหลด กรณีศึกษาเกี่ยวกับระบบทดสอบ IEEE-30 โดยทำการตรวจสอบความเหมาะสมด้วยการปรับปรุงเพื่อทำ การพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการจ่ายพลังงาน PV ความไม่แน่นอนของความแปรปรวนของสภาพ อากาศและความพร้อมใช้งาน จากรูปแบบความไม่แน่นอนที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานใน การประเมินความเสี่ยง ในการกำหนดขนาดตำแหน่งและพิกัดที่เหมาะสมได้

A. A. Babatunde และคณะ [9] ทำการศึกษากการวิเคราะห์ผลกระทบของฝุ่นมุมเอียงและ การวางแผนที่มีต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่วัดได้ใน หนึ่งปีข้อมูลจำลองและข้อมูลที่คำนวณ ทำการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของการติดตั้ง PV ที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,280 กิโลวัตต์สูงสุด (kWp) ที่ติดตั้งในเมือง Cyprus International University, North Cyprus ใช้เทคนิคการติดตั้ง 3 แบบ ทำการศึกษากอิทธิพลของฝุ่นและการทำความสะอาดในระบบ PV หลังจากดำเนินการตามขั้นตอนการทำความสะอาด โดยมีค่าความแปรปรวนเฉลี่ย ร้อยละ 2.5 จากรายงานการศึกษากผลกระทบของความโน้มเอียงที่แตกต่างกันในแต่ละระบบ ค่าเฉลี่ยที่ เฉพาะเจาะจงของ Arazi (เอียง 25 องศา) คือ 1732.44 กิโลวัตต์/กิโลวัตต์สูงสุด ซึ่งร้อยละ 17.3 และ

ร้อยละ 5.6 สูงกว่า Stonite (6 องศา tilt) และ Arena (6 องศา tilt) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบผลการจำลองกับข้อมูลที่วัดได้จาก PV ที่ติดตั้ง การผลิตพลังงานที่โรงไฟฟ้า Arazi, Carpark และ Arena PV สูงกว่าผลลัพธ์ที่จำลองขึ้นร้อยละ 7, ร้อยละ 3 และร้อยละ 7 ตามลำดับในขณะที่การผลิตพลังงาน Stonite และ B-Block ลดลงร้อยละ 3 ในขณะที่วิธีการทางคณิตศาสตร์บนพื้นผิวเอียงแสดงความแปรปรวนเฉลี่ยร้อยละ 0.3 ระหว่างพลังงานที่คำนวณและวัด พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถือมากกว่าแบบจำลองและสามารถใช้แสดงค่ารังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวที่เอียงได้ โดยมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้กับการศึกษาอื่น ๆ ในอนาคตได้

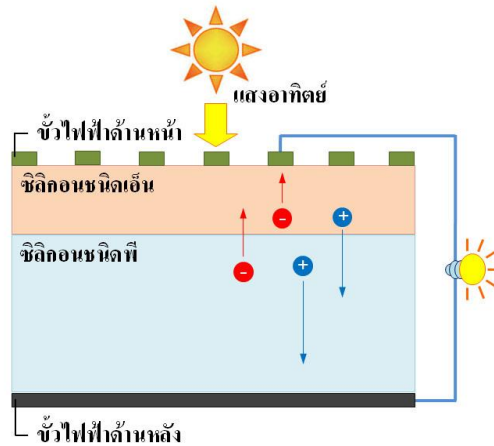
Haider Ibrahim และคณะ [10] ทำการศึกษาการความแตกต่างของพารามิเตอร์ PV โมดูลที่มีการฉายรังสีของดวงอาทิตย์และอุณหภูมิ โดยทำการเปรียบเทียบโดยใช้แบบจำลองไดโอด 1 ตัว ทำการทดสอบในสถานะ STC โดยทำการปรับค่า รังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิที่ค่าแตกต่าง โดยใช้วิธีเชิงตัวเลขและแบบวนซ้ำ วิธี Newton-Raphson ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ STC เพื่อใช้เปรียบเทียบวิธีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์โมเดลไดโอดแบบ 1 ตัว กับอุณหภูมิและการฉายรังสีของดวงอาทิตย์กับแผงที่ติดตั้งจริง จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ใช้ผลของรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมินั้นให้ค่าที่แม่นยำกว่าวิธีการอื่น และยิ่งไปกว่านั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่ค่าความเข้มแสงแตกต่างกันก็จะยิ่งแม่นยำขึ้นมาก

Rhythm Singh และคณะ [11] ทำการศึกษาวิธีการประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์โซลาร์เซลล์บนชั้นดาดฟ้าของเมืองมุมไบ ของอินเดีย (18.980N, 72.830E) ในบทความนี้แนวความคิดที่แตกต่างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะใช้สำหรับสถานการณ์พลังงานแสงอาทิตย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคามุมไบ ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในแง่ของผลกระทบต่อ ทิศทางที่เป็นไปได้ใน 3 กรณีศึกษาโดยการวางแผนเอียงคงที่, การวางแผนระบบสองจุดและการติดตาม E-W ในแนวแกน N-S ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าสำหรับทิศทางเอียงคงที่มุมเอียงที่ดีที่สุดสำหรับประสิทธิภาพที่ดีที่สุดตลอดทั้งปีเท่ากับละติจูดของสถานนั้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเอียงแบบคงที่ที่ 190 ของระบบทั้งสองจุดจะให้ค่าการยวบตัวของระนาบอาเรย์แนวหน้าแผงที่สูงขึ้น ร้อยละ 2.21 ต่อปี และการติดตาม E-W ในแนวแกน N-S ในแนวแกนช่วยเพิ่มค่าของอาเรย์ของระนาบอาเรย์ต่อปีที่สูงขึ้น ร้อยละ 10.18 อย่างไรก็ตามในแง่ของการลงทุนในการติดตั้ง PV บนหลังคาขนาดใหญ่ ของเมืองมุมไบ จะมีกำไรเพียงร้อยละ 1.97 กับระบบสองจุดและร้อยละ 9.62 พร้อมการติดตามแกน EW ของแกน NS เมื่อเปรียบเทียบกับความเอียงคงที่ (ที่ 190)

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

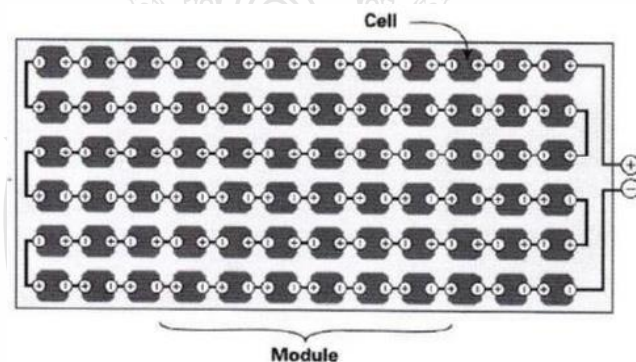
เซลล์แสงอาทิตย์ หรือที่เรียกกันทั่วไปโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากสารกึ่งตัวนำสำหรับการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์หรือโฟตอนมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวสามารถเกิดเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้ในขั้นตอนเดียวโดยใช้กระบวนการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) ในสารกึ่งตัวนำ ซึ่งในแผงโซลาร์เซลล์ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด P-type และ N-type เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นสารกึ่งตัวนำ จะทำให้เกิดการกระตุ้นของอิเล็กตรอน เกิดอิเล็กตรอนอิสระ รวมทั้งเกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์

ดังนั้นเมื่อมีการต่อขั้วทั้งสองข้างของเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดสมดุลในทางไฟฟ้าเมื่อมีอิเล็กตรอนไหลก็ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จากสารกึ่งตัวนำ P-type และ N-type [11]

เซลล์ (Cell) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเซลล์โดยประมาณ 0.6 - 0.7 โวลต์ ในใช้ต้องต่ออนุกรม เซลล์หลายเซลล์เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้แรงดันที่ต้องการ หรือหากต้องการกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ก็ทำโดยการต่อขนานเซลล์เข้าด้วยกัน และหากต้องการกำลังไฟฟ้าตามต้องการ ก็เพิ่มเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่ต้องการนั่นเอง 2.4



รูปที่ 2.2 การต่อเซลล์หลายตัวมาต่อรวมกันในแผงโซลาร์เซลล์ [12]

รูปที่ 2.2 เป็นการนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์หลายตัวมาต่อรวมกันในแผง ซึ่งเราเรียกแผงนี้ว่า “แผงโซลาร์เซลล์” มีชื่อภาษาอังกฤษ คือ Photovoltaic Module (PV) หน่วยที่ใช้เรียกจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ คือ แผง หรือโมดูล (Module)

2.3.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งในแต่ละชนิด มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของวัสดุที่ใช้งาน ซึ่งประสิทธิภาพที่ได้ก็จะแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าที่ได้มากหรือน้อยแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

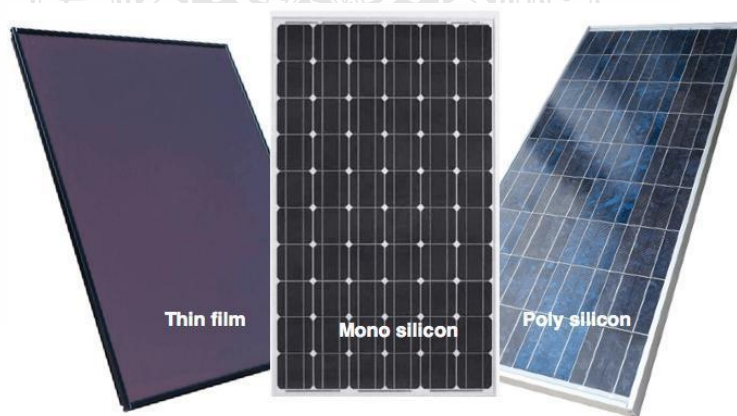
1. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเก่าแก่ที่สุด ผลิตจากแผ่นเวเฟอร์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน หนาประมาณ 200-300 ไมโครมิลลิเมตร ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ร้อยละ 20 – 22 มีราคาสูง

2. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกมัลติคริสตัลไลน์ซิลิคอน (Multi crystalline Silicon Solar Cell) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ถูกใช้งานมากที่สุดในปัจจุบัน ผลิตจากแผ่นเวเฟอร์ชนิดผลึกมัลติคริสตัลไลน์ซิลิคอน มีความหนาประมาณ 180 – 220 ไมโครมิลลิเมตร มีราคาปานกลาง มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 17 – 20

3. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) มีลักษณะเป็นฟิล์มบางหนาประมาณ 0.5 - 1.0 ไมโครมิลลิเมตร ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในเครื่องคิดเลขซึ่งมีลักษณะสีม่วงน้ำตาล มีความบาง เบาราคาถูก ผลิตให้เป็นพื้นที่เล็กไปจนถึงใหญ่หลายตารางเมตร มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 11 – 13

4. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกแกเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide Solar Cell) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไป ราคาแพง

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางเป็นสารประกอบตระกูลทองแดงอินเดียมแกเลียมอาร์เซไนด์ และตระกูลแคดเมียมเทลลูไรด์ อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานกว่า 25 ปี การใช้งานไม่มีความสลับซับซ้อน และไม่อันตราย สามารถซื้อมาติดตั้งใช้งานในครัวเรือนด้วยตนเองได้ ในการใช้งาน ผู้ใช้งานอาจเริ่มจากการซื้ออุปกรณ์ชุดเซลล์แสงอาทิตย์สำเร็จรูปมาใช้งานได้ เช่น เสาไฟส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์พลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ



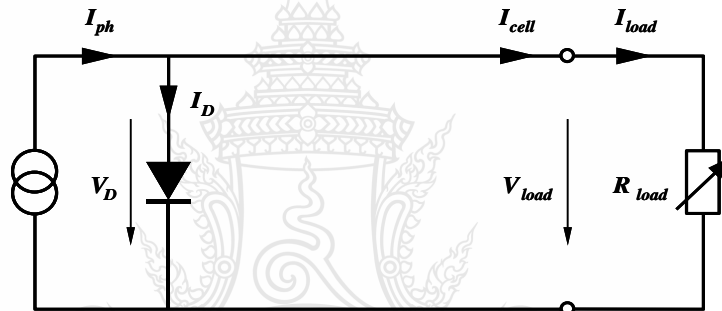
รูปที่ 2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพแต่ละประเภท [12]

2.3.2 คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์

2.3.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ทางทฤษฎี

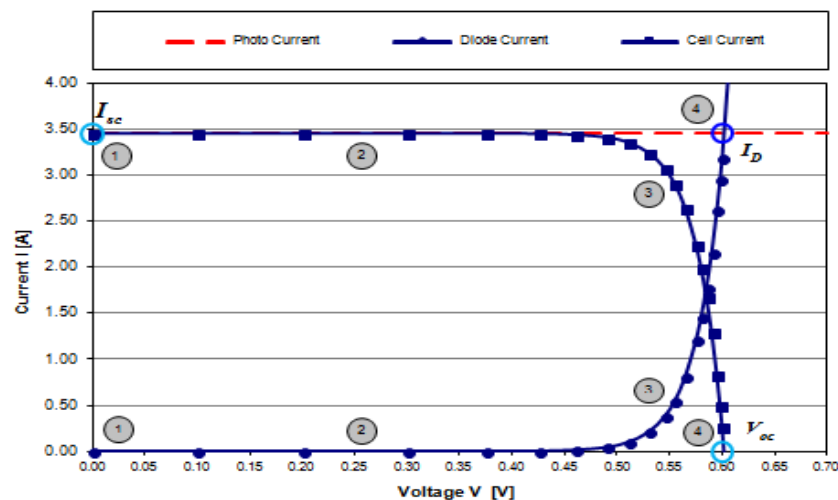
การเปลี่ยนแปลงพลังงานจากแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ใช้หลักการให้มีแสงจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสร้างประจุพาหะอิสระให้ไหลผ่านโหลดที่ต่ออยู่กับแผง โดยที่จำนวนของประจุพาหะจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนแผง ซึ่งจะก่อให้เกิด กระแสไหลดขึ้น (Photo current, I_{ph}) ภายในเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคตินี้จึงสามารถเขียนแทนด้วยวงจรตาม รูปที่ 2.3 รอยต่อ P-N junction นั้นจะเขียนแทนด้วย ไดโอด และจะแหล่งจ่ายกระแสซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนส่วนความต้านทานปรับค่าได้ก็คือโหลดนั่นเอง ทำให้เกิดสมการดังนี้

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.4 วงจรเทียบเคียงเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่ต่ออยู่กับโหลด [12]

จากวงจรดังรูปที่ 2.4 ลักษณะของเส้นโค้งของกระแส-แรงดัน (I-V Curve) เมื่อมีปริมาณแสงตกกระทบบนแผงจะทำให้เกิดตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เส้นโค้งของกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ จากคุณลักษณะของไดโอด [12]

สมมติเมื่อด้านปลายของขั้วต่อโหลดเกิดการ Short-circuit ขึ้น ($R_{load} = 0$) แรงดันด้านออกและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดมีค่า 0 ตามสมการที่ 2.3 แรงดัน $V=0$ (จุดที่ 1 ในรูปที่ 2.5) ดังนั้นกระแสทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการส่องแสงจะไหลไปที่ Output ดังนั้นกระแสสูงสุดที่มีที่จุดนี้จะเรียกว่ากระแสลัดวงจร Short-circuit Current (I_{sc})

$$I_{sc} = I_{cell} = I_{ph} \quad (2.4)$$

เมื่อความต้านทานของโหลดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์จะเพิ่มสูงขึ้น ค่าของกระแสจะมีค่าเท่าเดิม ดังนั้นกระแสด้านออกจะสัมพันธ์กันกับกระแสโฟโต้ (จุดที่ 2 ในรูปที่ 2.5)

เมื่อแรงดันที่ไดโอดมากขึ้น หลังจากค่าความต้านทานโหลดเพิ่มขึ้นแล้ว สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของ กระแสโฟโต้ ทำให้ไดโอดนำกระแสและกระแสจะไหลผ่านไดโอด กระแสนี้ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังภายในไดโอดเอง ซึ่งจะสัมพันธ์กับพื้นที่ เส้นโค้งของกระแสโฟโต้ และเส้นโค้งกระแสเซลล์ เนื่องจากผลรวมของกระแสโหลดและกระแสไดโอดต้องมีค่าเท่ากับค่าคงที่ของกระแสโฟโต้ ดังนั้นกระแสด้านออก จะมีขนาดลดลง (จุดที่ 3 ในรูปที่ 2.5)

สำหรับโหลดที่มีค่าความต้านทานมาก ๆ (Open circuit) แสดงในรูปที่ 2.10 กระแสด้านออกมีค่าเท่ากับ 0 ($I_{cell} = 0$) ดังนั้นผลรวมของกระแสโฟโต้ ที่ไหลผ่านไดโอดภายใน (จุดที่ 4 ในรูปที่ 2.5) ขณะเปิดวงจร Open-circuit voltage (V_{oc}) สามารถหาได้โดย

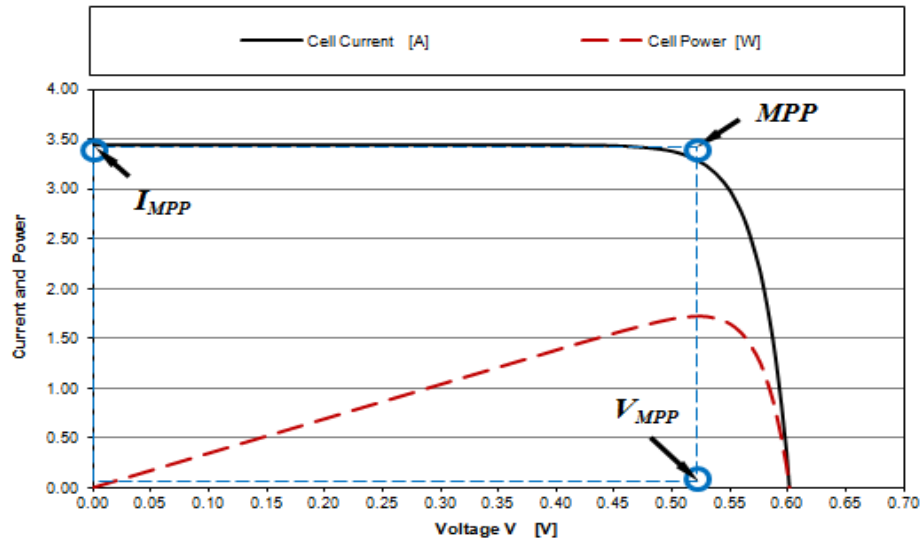
$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \cdot \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_o} + 1 \right) \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.6 วงจรเทียบเคียงของเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเปิดวงจร [12]

จากกราฟ ค่าของแรงดันเปิดวงจร (Open Circuit Voltage) จากการคำนวณ แรงดันของซิลิคอนเซลล์มีค่าระหว่าง 0.5 - 0.6 โวลต์ และส่วนค่าของอะมอร์ฟัลด์มีค่าระหว่าง 0.75 - 0.9 โวลต์ จากผลการทดลองพบว่าเส้นโค้งคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะคล้ายกับเส้นโค้งคุณสมบัติไดโอด นั่นเองเพียงแต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

จากที่ กำลังไฟฟ้าเกิดจากแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้านั้น จากที่มาดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า เส้นโค้งการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่สามารถจ่ายได้จะขึ้นอยู่กับระดับของแสงอาทิตย์ที่ได้รับ ซึ่งเป็นไปตามกราฟคุณสมบัติ I-V ตรงข้ามไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และจุดที่เกิดพลังงานสูงสุดนั้น เรียกว่า Maximum Power Point (MPP)



รูปที่ 2.7 เส้นโค้งแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPP) [4]

จากกราฟ หากค่ากระแสสูงที่สุดอยู่ที่จุดลัดวงจร แต่ค่าของแรงไฟฟ้าดันเท่ากับ 0 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ คือ 0 ด้วย และในทางกลับกันที่จุดเปิดวงจร ค่าของกำลังที่จุดนี้ก็จะเป็น 0 ด้วย ส่วนผลที่เกิดจากการรวมกันของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแล้วทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงสุด เรียกว่า Maximum Power Point (MPP) จุดนี้เป็นจุดที่เซลล์แสงอาทิตย์ทำงาน โดยได้รับความเข้มของแสงสว่างแล้วส่งผ่านกำลังสูงสุด หากพิจารณาที่เส้นกราฟส่วนโค้งของ I-V ค่าของ V_{MPP} และ I_{MPP} สามารถคำนวณได้จาก V_{oc} และ I_{sc} คือ

$$V_{MPP} \approx (0.75-0.90)V_{oc} \quad (2.6)$$

$$I_{MPP} \approx (0.85-0.95)I_{sc} \quad (2.7)$$

ค่า Fill Factor (FF) เป็นค่าที่ใช้พิจารณาเพื่อหาคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้สมการที่ 2.9

$$FF = \frac{(V_{MPP} \cdot I_{MPP})}{(V_{oc} \cdot I_{sc})} \quad (2.9)$$

ค่า Fill Factor หมายถึง ค่าที่แสดงถึงคุณภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะแสดงว่า กราฟคุณลักษณะเส้นโค้งของ I-V มีค่าเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมมากน้อยเพียงใด ซึ่งปกติแล้ว ซิลิคอนเซลล์ จะมีค่าประมาณ 0.7 – 0.8 ส่วนกำลังต้านออกของเซลล์ สามารถหาได้จากสมการที่ 2.10

$$P_{MPP} = V_{MPP} \cdot I_{MPP} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (2.10)$$

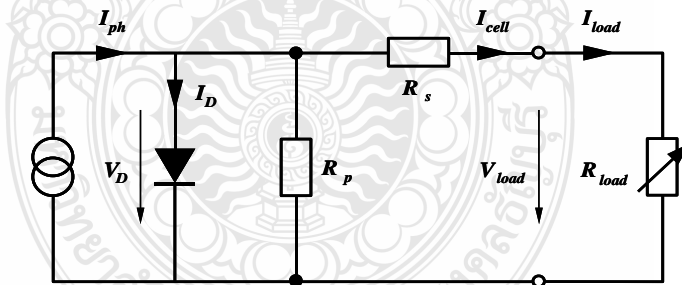
ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ หาได้จาก อัตราส่วนของ พลังงานไฟฟ้าต้านออก ต่อ พลังงานแสงอาทิตย์ต้านเข้า (P_{in}) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\eta = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{P_{in}} \quad (2.11)$$

ค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ Silicon Solar Cell ได้รับแสงอาทิตย์ขนาด AM 1.5 จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีค่าประมาณร้อยละ 24 บนพื้นที่ขนาดเล็ก และในส่วนของใช้งานจริงแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพ ร้อยละ 6 – 10 สำหรับ Amorphous Silicon และร้อยละ 14 – 18 สำหรับ Crystalline Silicon ถึงแม้ทางทฤษฎีจะมีค่าสูงถึงร้อยละ 26 – 27 ก็ตาม

2.3.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ

ผลของความต้านทานที่ต่ออนุกรม และต่อขนาน เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ จะพบว่ามีส่วนประกอบความต้านทานเพิ่มมาอีก 2 ค่า ภายในเซลล์ ก็คือ R_s ที่ต่ออนุกรมและ R_p ที่ต่อขนานอยู่ ซึ่งพิจารณาได้จากวงจรเทียบเคียงในรูปที่ 2.8



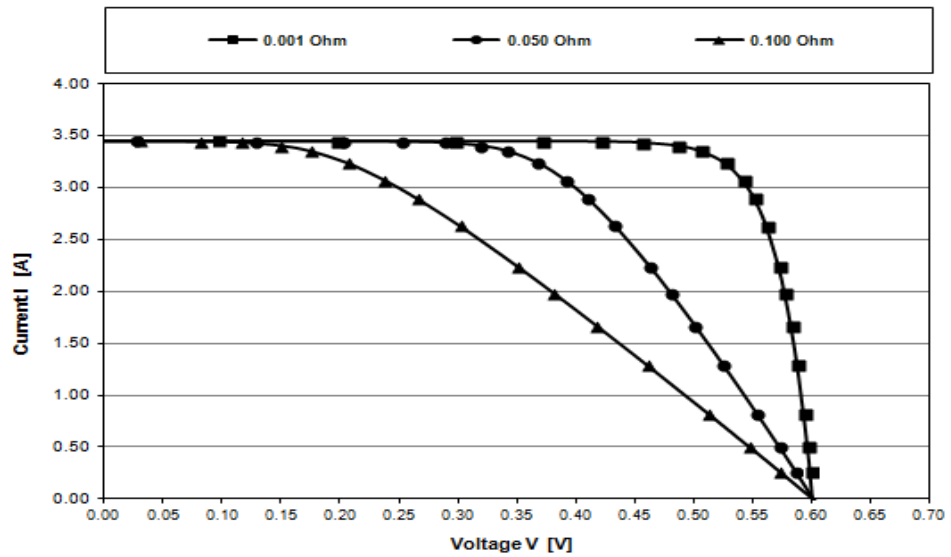
รูปที่ 2.8 วงจรเทียบเคียงของ เซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้งานจริง [12]

จากวงจรดังรูปที่ 2.8 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

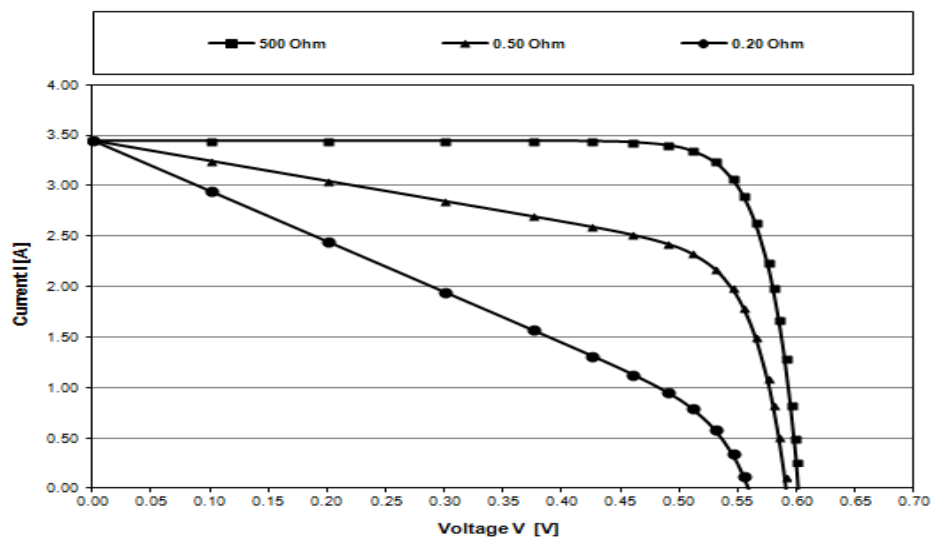
$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} \cdot (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p} \quad (2.12)$$

ค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมเกิดจากความต้านทานของซิลิคอนที่เรียงกันเป็นชั้น และความต้านทานของขั้วโลหะด้านหน้าและด้านหลังจากการต่อกับขั้วต่อภายนอก ส่วนค่า

ความต้านทานที่ต่อขนานส่วนใหญ่เกิดจากการรั่วไหลของกระแสเนื่องจากรอยต่อ P-N Junction ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดการลัดวงจรบางส่วน โดยเฉพาะใกล้กับขอบของเซลล์ แต่อย่างไรก็ดีการลดค่าความต้านทานอนุกรมลงก็มีลักษณะเช่นเดียวกับการลัดวงจร ค่าต่างๆ เหล่านี้ก็จะส่งผลกับค่าของ Fill Factor จะส่งผลให้ค่ากำลังด้านออกสูงสุดลดลงรูปที่ 2.8 คือผลของ R_s ส่วนรูปที่ 2.9 คือ ผลของ R_p



รูปที่ 2.9 กราฟเส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานอนุกรมค่าต่างๆ กัน [12]



รูปที่ 2.10 กราฟเส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานขนานค่าต่างๆ กัน [12]

2.3.3 ค่าความสูญเสียต่างๆ ใน เซลล์แสงอาทิตย์

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานนั้น ถึงแม้จะมีประโยชน์มากมาย แต่ทั้งนี้ ในการทำงาน หรือการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานนั้น ก็มีค่าความสูญเสียที่เกิดจากทั้งการสะท้อนของแสง การติดตั้ง ค่าความเข้มของแสง ดังจะกล่าวไว้ ดังนี้

1) ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนแสงจากการส่องแสงในอากาศไปยังสารกึ่งตัวนำ เนื่องจากมีดัชนีการหักเหแสงที่ต่างกัน โดยความสูญเสียเหล่านี้ลดได้โดยการเคลือบผิวด้วยสารกันสะท้อนหรือปรับโครงสร้างของผิวเซลล์ อีกส่วนคือการสะท้อนของโลหะที่เชื่อมต่อด้านหน้าของแผงเซลล์

2) ความเข้มของแสงซึ่งลักษณะการส่องของแสงอาทิตย์ในช่วงกว้างๆ (Wide Spectrum) โฟตอนมีพลังงานไม่เท่ากัน โฟตอนที่มีพลังงานเพียงเล็กน้อยกว่า Band-gap จะทำให้ไม่สามารถดูดซับและนำไปใช้ได้เนื่องจากไม่มีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ และจะไม่เกิดพันธะคู่ระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮล ในกรณีโฟตอนมีขนาดพลังงานมากกว่า Band-gap หรือเท่ากับ Band-gap เท่านั้นที่จะถูกนำไปใช้ได้

3) เนื่องจากกระแสโฟโต้จะเป็นสัดส่วนกันโดยตรงกับจำนวนโฟตอนที่ดูดซับได้ต่อหน่วยเวลา เมื่อกระแสโฟโต้เพิ่มขึ้น Band-gap จะลดลง และ Band-gap ก็เป็นตัวกำหนดแรงดันที่บริเวณรอยต่อ P-N Junction เมื่อ Band-gap ที่มีขนาดเล็กจะเป็นผลให้แรงดันน้อยลงในกรณีที่ Band-gap ขนาดใหญ่จะมีค่าแรงดันสูง แต่แสงอาทิตย์เพียงส่วนน้อยที่ดูดกลืนได้ก็จะเป็นผลให้เกิดกระแสโฟโต้ขึ้นมาเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์

4) กระแส Dark Current (I_0) มีค่ามากกว่าค่าในทางทฤษฎีทำให้แรงดันลดลงซึ่งเป็นไปตามสมการ

5) ประจุพาหะรวมตัวกันไม่หมด (Recombination) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จุดที่มีความไม่สมบูรณ์ เช่น ความบกพร่องภายในผลึกหรือความบริสุทธิ์ ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำจะต้องมีความเป็นผลึกที่สมบูรณ์และมีความบริสุทธิ์ให้มากที่สุด ในทำนองเดียวกัน ผิวของวัสดุกึ่งตัวนำจะต้องอยู่ในโครงสร้างผลึกที่มีความแข็งแรงทนต่อการรบกวนภายนอก) ค่า Fill Factor จะต้องมีย่านน้อยกว่า 1 เสมอ (ในทางทฤษฎีค่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ คือ 0.85)

6) ค่าความต้านทานอนุกรมและขนาดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ค่า Fill Factor ลดลงจากค่าปกติ ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ “Watt Peak” (W_p) ที่ Standard Test Conditions (STC), มีความเข้มแสง 1000 W/m^2 อุณหภูมิ $25 \text{ }^\circ\text{C}$ และ AM 1.5 ดังนั้น “Peak Power” สามารถเกินได้ถ้าแสงและอุณหภูมิมากกว่าที่กำหนดและสามารถจะลดลงเช่นกัน

2.3.4 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

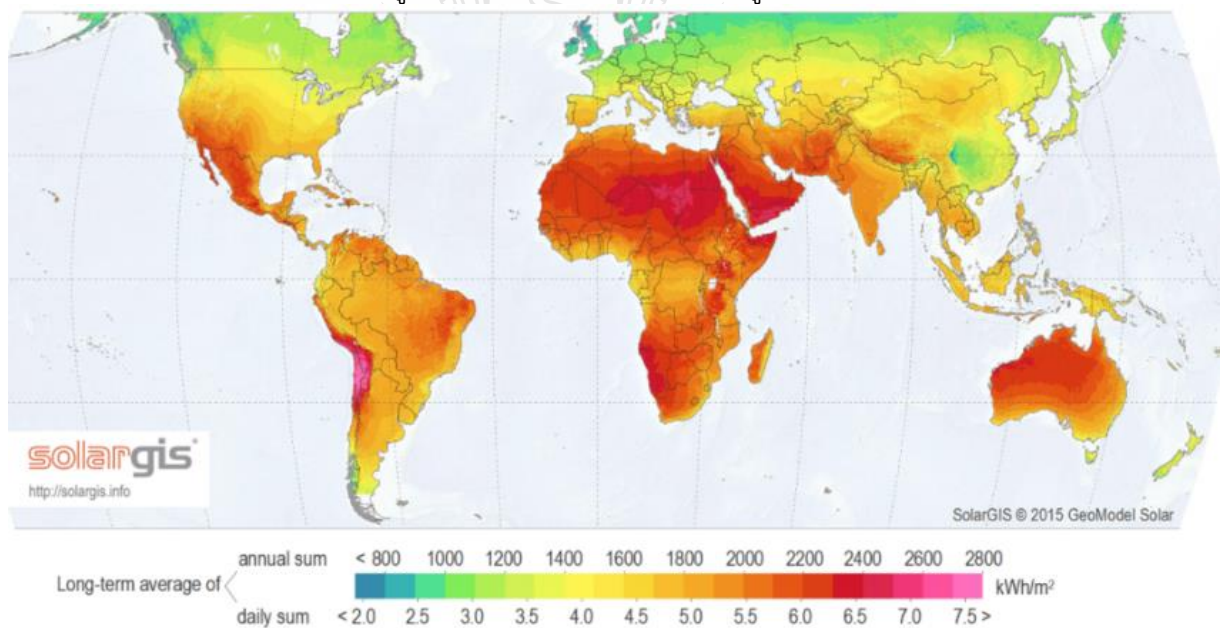
1. ความเข้มของแสง กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง นั่นคือเมื่อความเข้มของแสงสูงกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงขึ้นตามด้วย ในขณะที่

แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐาน 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร จะใช้ค่ามวลอากาศ (Air Mass: AM) AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2. อุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก 1 องศาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.4 - 0.5 และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage, V_{oc}) ที่ 21 วัตต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 วัตต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลงร้อยละ 2.5 (ร้อยละ 0.5×5 องศาเซลเซียส) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V_{oc} จะลดลง 0.525 วัตต์ (21 วัตต์ \times ร้อยละ 2.5) เหลือเพียง 20.475 วัตต์ (21 วัตต์ - 0.525 วัตต์) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

2.3.5 ศักยภาพของพลังงานจากดวงอาทิตย์

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในพื้นที่ของแนวกลาง เส้นศูนย์สูตร ของโลก ดังนั้นจึงทำให้ได้รับค่าพลังงานไฟฟ้า จากแสงอาทิตย์ที่สูงที่พอสมควร ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 2.11

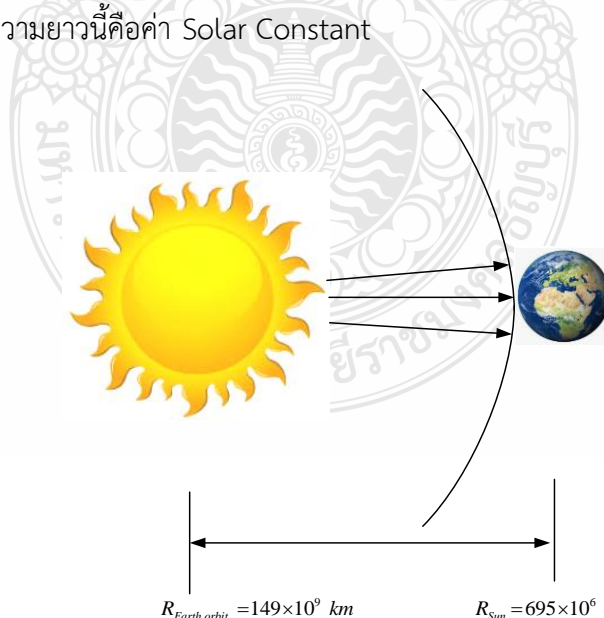


รูปที่ 2.11 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก [13]

จากแผนที่แสดงการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั้งประเทศ จากที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์อยู่ในเกณฑ์สูงโดยมีเฉลี่ย

โดยประมาณ 4 - 4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งค่าพลังงานดังกล่าวจะประกอบด้วยพลังงานจากรังสีตรง (Direct Solar Radiation) ประมาณร้อยละ 50 ส่วนที่เหลือเป็นปริมาณรังสีกระจาย (Diffused Radiation) โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือน เมษายน ถึงพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง $20 - 24 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ จากภาพดังกล่าว พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลางโดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี $19 - 20 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าร้อยละ 50.2 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง $18 - 19 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ และมีเพียงร้อยละ 0.5 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า $16 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่ามีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2 - \text{day}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง [13]

ค่าความเข้มของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงตามจุดศูนย์กลางของพื้นผิวของดวงอาทิตย์ ฟลักซ์ (Flux) การกระจายแสงจะขยายตัวออกมากกว่าพื้นที่ผิวของทรงกลมดวงอาทิตย์ ซึ่งมันจะมีค่าลดลงตามระยะทางยกกำลังสองจากดวงอาทิตย์ ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์และโลกมีระยะไกล ถ้าแสงการแผ่รังสีที่ได้รับบนโลกคือส่วนที่ขนานกับผิวโลกทั้งหมด ซึ่งเรียกว่า Solar Constant มีค่าเท่ากับ 1367 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ได้รับที่ชั้นบรรยากาศภายนอกโลก โดยระยะทางนั้นเป็นระยะทางเฉลี่ยจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากการเปลี่ยนแปลงของระยะทางของวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์กับโลกในระหว่างปี ค่าโดยประมาณของ Solar Constant สามารถพิสูจน์ได้โดยใช้หลักการคือ ให้ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำ ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผ่านบนพื้นผิวภายนอกของทรงกลมจะเกี่ยวข้องกันกับดวงอาทิตย์ โดยฟลักซ์นี้จะผ่านพื้นผิวของระยะรัศมีเฉลี่ยระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก ความเข้มของฟลักซ์ที่ความยาวนี้คือค่า Solar Constant



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์กับโลก [12]

การคำนวณค่าฟลักซ์คงที่ของแสงอาทิตย์นอกโลกอนุมาณมาจากการแนวความคิดนำเอาค่าของฟลักซ์การแผ่รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับฟลักซ์การแผ่รังสีที่วงโคจรโลก โดยคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\dot{q}_{Sun,surface} \cdot A_{Sun,surface} = S_o \cdot A_{Eart,orbit} \quad (2.13)$$

เมื่อ $\dot{q}_{Sun,surface}$ คือ รังสีที่ผิวดวงอาทิตย์ [W/m²]
 S_o คือ Solar Constant [W/m²]
 $A_{Sun,surface}$ คือ พื้นที่ผิวของดวงอาทิตย์ [m²]
 $A_{Eartorbit}$ คือ พื้นที่ผิวของทรงกลมที่วงโคจรของโลก [m²]

ดังนั้น

$$\begin{aligned} S_o &= \dot{q}_{Sun,surface} \cdot \frac{A_{Sun,surface}}{A_{Eart,orbit}} & (2.14) \\ &= \sigma \cdot T_{Sun,surface}^4 \cdot \frac{4\pi(R_{Sun})^2}{4\pi(R_{Eart,orbit})^2} \\ &= 5.67 \times 10^{-8} \cdot (5762)^4 \cdot \left(\frac{695 \times 10^6}{149 \times 10^9} \right)^2 \\ &= 1,360 \quad \text{W/m}^2 \end{aligned}$$

เนื่องจากรัศมีโคจรของโลกมีค่าไม่คงที่ จะทำให้ค่า S_o เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในหนึ่งปี (1300 W/m² < 1390 W/m²)

จากการแผ่รังสีที่ตกกระทบพื้นผิวโลกต้องผ่านมวลอากาศ การแผ่รังสีจะประกอบด้วย การแผ่รังสีโดยตรง การแผ่รังสีโดยการกระจาย และการแผ่รังสีจากการสะท้อน ทำให้รังสีบนพื้นโลกจะมีค่าประมาณ 1000 W/m² และหากท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีเกิดการกระจายแสงแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

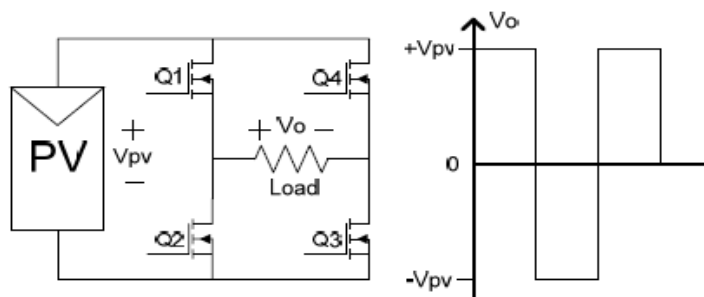
ตารางที่ 2.1 ความเข้มการแผ่รังสีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในสภาวะต่าง ๆ

สภาพอากาศ	ท้องฟ้าโปร่ง	ท้องฟ้ามีหมอกและเมฆ	ท้องฟ้าครึ้ม
การแผ่รังสีทั้งหมด	600...1000 W/m ²	200...400 W/m ²	50...150 W/m ²
ส่วนที่แผ่กระจาย	10...20 %	20...80 %	80...100 %

2.4 อินเวอร์เตอร์ และการใช้งาน

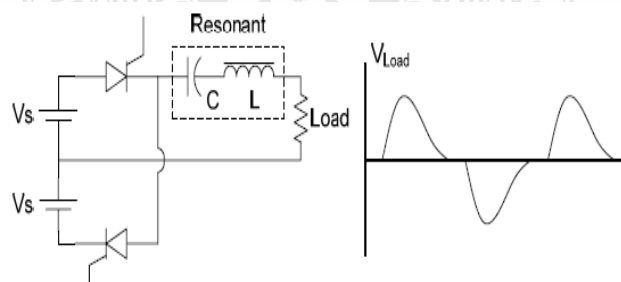
อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบ ทำงานในลักษณะแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (Current Source) โดยมีระบบจำหน่ายไฟฟ้า และระบบผลิตของการไฟฟ้าเป็นโหลด ระบบควบคุมภายในใช้การควบคุมรูปคลื่นกระแสแบบ PWM (Pulse Width Modulation) โดยมีทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส โดยแบ่งเป็นแบบต่างๆ ดังนี้ [14]

2.4.1 อินเวอร์เตอร์แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave Inverter) อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้สามารถสร้างได้ง่ายที่สุดโดยการใช้สวิตซ์จำพวกสารกึ่งตัวนำ เช่น มอสเฟต หรือ ไอจีบีที (IGBT) เป็นต้น ซึ่งการเปิดปิดสวิตซ์โดยวงจรควบคุมการเปิดปิดสวิตซ์จากภายนอก การใช้งานกับโหลดทางไฟฟ้าบางชนิดไม่เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ เพราะค่าความผิดเพี้ยนสัญญาณไฟฟ้าสูง และก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนเข้าไปยังระบบได้



รูปที่ 2.13 วงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดรูปคลื่นสี่เหลี่ยม [14]

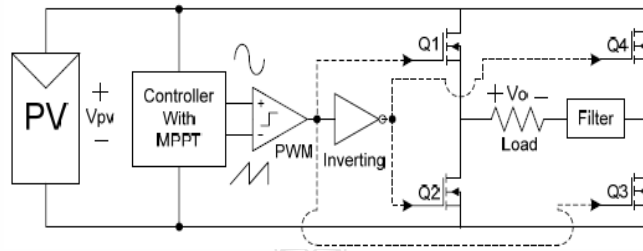
2.4.2 อินเวอร์เตอร์แบบ Modified Sine Wave ภาระทางไฟฟ้าบางชนิดไม่เหมาะสมกับการใช้งานกับอินเวอร์เตอร์ชนิด Square Wave อาจจะสามารถใช้งานกับอินเวอร์เตอร์ชนิด Modified Sine Wave ได้ สัญญาณที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะไม่ใช่สัญญาณ sine แต่ก็ใกล้เคียงมากกว่าอินเวอร์เตอร์ชนิด Square Wave และความผิดเพี้ยนของสัญญาณจะมีค่าน้อยกว่าอินเวอร์เตอร์ชนิด Square Wave



รูปที่ 2.14 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ Modified Sine Wave [14]

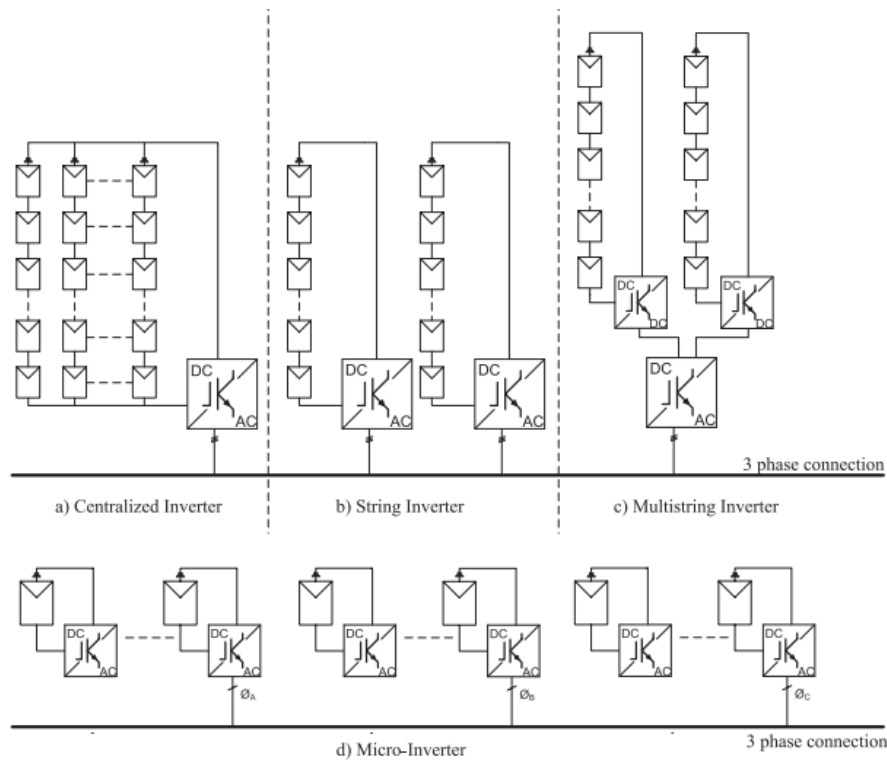
2.4.3 อินเวอร์เตอร์แบบ Pulse Width Modulated (PWM) เทคนิค PWM นี้สามารถนำมาใช้สร้างสัญญาณให้มีลักษณะรูปคลื่น ความถี่และขนาด ณ เวลาต่างๆได้ ตามต้องการ ซึ่งแสดงให้เห็น

เห็นว่าเทคนิค PWM สามารถสร้างรูปคลื่นที่มีขนาดและความถี่ที่แตกต่างกันได้โดยการควบคุมขนาดของสัญญาณจะควบคุมโดยการควบคุมค่า duty cycle และความถี่ของสัญญาณพัลส์ที่ควบคุมการเปิด-ปิด solid state สวิตซ์การควบคุมพัลส์ของแรงดันที่จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าให้มีทั้งช่วงที่แรงดันเป็นบวกและช่วงแรงดันเป็นลบนี้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญให้การจ่ายพลังงานให้ภาระทางไฟฟ้า เพื่อป้องกันไม่ให้อส่วนของแรงดันกระแสตรงไปทำลายอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ดังนั้นความสามารถที่จะจำกัดส่วนของกระแสตรงในสัญญาณแรงดันจึงเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นในอินเวอร์เตอร์ทุกประเภท



รูปที่ 2.15 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ PWM [14]

ในขณะที่ปัจจุบันการใช้งานของอินเวอร์เตอร์และรูปแบบการต่อวงจรนั้นได้ถูกพัฒนาไปมากดังนำเสนอใน[13] โดยจุดประสงค์หลักของการพัฒนารูปแบบการต่อ ตลอดจนพัฒนาขนาดของอินเวอร์เตอร์ก็เพื่อที่จะต้องการให้ระบบสถานีไฟฟ้าพลังงานแอกาติคที่ออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีง่ายต่อการบำรุงรักษา ซึ่งโดยหลักสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 2.16 โดยในเริ่มแรกเดิมที่สถานีไฟฟ้าขนาดใหญ่จะใช้การต่อแบบรูป a) Centralize Inverter และได้ถูกพัฒนาจนเรื่อยมาตามรูปแบบ b) ถึงรูปแบบ d) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีมีกำลังการสูญเสียต่ำที่สุด และราคาที่ถูกลง ตลอดจนการบำรุงรักษาต่ำ มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องควรทำการพิจารณาในค่าเริ่มต้นในการลงทุน ขนาดกำลังการผลิต ประกอบด้วยอย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.16 การต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ในรูปแบบต่างๆ [14]

2.5 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีรูปแบบหลากหลายต่างกัน โดยสามารถแบ่งรูปแบบหลักๆ ได้ 3 แบบดังนี้

2.5.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) เป็นระบบที่ใช้งานในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเข้าไปถึง การทำงานของระบบนี้แบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน โดยในช่วงเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งได้รับแสงแดดจะสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆกัน ส่วนในช่วงเวลากลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นพลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงเวลากลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลดแทน ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น

2.5.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่าย (PV grid connected system)

เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน การลงทุนไม่สูงมากเท่ากับแบบติดตั้งอิสระ แต่ต้องติดตั้งในพื้นที่ที่มีระบบสายส่งของการไฟฟ้าอยู่แล้ว ระบบนี้จะไม่มีการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แล้วก็จ่ายเข้าระบบได้เลย ทำให้ช่วยลด

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการดูแลรักษาแบตเตอรี่ แต่หากระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง ระบบนี้ก็จะต้องหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบด้วย มีข้อเสียบางส่วนของกริดไฟฟ้าอาจได้รับผลกระทบเนื่องจากระบบต้องมีการย้ายแหล่งพลังงานจากแหล่งอื่นมาชดเชยพลังงานที่หายไปและ เนื่องจากเป็นมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับช่างไฟฟ้าที่จะซ่อมบำรุงรักษาระบบ

2.5.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV hybrid system)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับกริดออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล มีหลักการทำงาน กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi-function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีพลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงาน

2.6 มาตรฐานการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

2.6.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีเป็นชนิด Crystalline silicon ควรเป็นยี่ห้อ รุ่นที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก.1843 หรือได้รับการรับรองมาตรฐาน IEC 61215 กรณีเป็นชนิด Thin film ควรเป็นยี่ห้อ รุ่นที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. 2210 หรือได้รับการรับรองมาตรฐาน IEC 61646 และควรมีสำเนาใบรับรอง (Certificate) ระบุการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ประกอบ

2.6.2 โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรเป็นเหล็กเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน ตามมาตรฐาน ASTM หรือโลหะปลอดสนิม และสามารถถอดออกเป็นชิ้นส่วนประกอบได้สะดวก อุปกรณ์จับยึดชุดโครงสร้างกับหลังคาสถานที่ติดตั้ง ควรมีขนาดที่เหมาะสมสามารถรับน้ำหนัก ด้านทานแรงลมปะทะไม่น้อยกว่าความเร็วสูงสุดของพายุโซนร้อน

2.6.3 อุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้าชนิดต่อกับระบบจำหน่าย (Grid Connected Inverter) เป็นยี่ห้อและรุ่นที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน IEC 61727 และ IEC 62116 และควรมีสำเนาใบรับรอง (Certificate) การรับรองตามมาตรฐาน หรือมีรายงานผลการทดสอบที่แสดงคุณสมบัติที่ออกโดยห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก.17025 หรือ มาตรฐาน ISO/IEC 17025 และมีคุณสมบัติเป็นไปตามระเบียบของการไฟฟ้าจำหน่าย ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2551

2.6.4 อุปกรณ์ควบคุมการตัด-ต่อ วงจรไฟฟ้า

1. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง กรณีเป็น Safety switch ควรเป็นชนิด Fusible Type 1 Phase 2 Wires พิกัดกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกระแสลัดวงจร (I_{sc}) ที่สภาวะ STC ของชุดแผงเซลล์ฯ กรณีเป็น Circuit Breaker ควรเป็น Molded case circuit breaker, MCCB ตาม

มาตรฐาน IEC898 หรือ IEC 947-2 และมีพิกัดกระแส Ampere trip ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกระแสลัดวงจร (I_{sc}) ที่สภาวะ STC ของชุดแผงเซลล์ฯ

2. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เป็น Molded case circuit breaker, MCCB ตามมาตรฐาน IEC898 หรือ IEC 947-2 และมีพิกัดกระแส Ampere trip ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของพิกัดกำลังไฟฟ้า (Rate power) ที่ Unity power factor ของอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า

2.6.5 สายไฟฟ้า ต้องเป็นสายไฟชนิด Photovoltaic wire ที่สามารถทนอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส หรือเป็นชนิด 0.6/1 kV CV ตามมาตรฐาน IEC 60502 ขนาดควรมิต่ำกว่า 2.5 mm²

2.6.6 ท่อร้อยสายไฟ กรณีเป็นท่อ Polyethylene ควรเป็นท่อชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene Pipe : HDPE) ชั้นคุณภาพ PN 8 ได้รับการรับรอง มอก.982 กรณีเป็นท่อโลหะ ควรเป็นท่อโลหะร้อยสายไฟฟ้า EMT

2.6.7 กล่องรวมสาย (DC Junction Box) ควรเป็นกล่องโลหะ หรือพลาสติกแข็ง ชนิดใช้งานกลางแจ้ง สามารถป้องกันสิ่งรบกวนที่ระดับ IP 45 ติดตั้งขั้วต่อสายไฟฟ้าภายในกล่องรวมสายอย่างถูกต้อง แข็งแรง และปลอดภัย

2.7 มาตรฐานการประเมินคุณภาพไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานจากแสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรง(DC Voltage) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คือ อินเวอร์เตอร์ โดยถ้าอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ได้ไม่ดีพอก็จะส่งสัญญาณรบกวนเข้าสู่ระบบไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงต้องมีการออกกฎเกณฑ์มาตรฐานด้านคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.7.1 แรงดันไฟฟ้า (Voltage RMS) การควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพการจ่ายไฟ โดยได้กำหนดระดับสูงสุดและต่ำสุดตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับแรงดันไฟฟ้าสูงและต่ำสุดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [15]

ระดับแรงดัน	ภาวะปกติ		ภาวะฉุกเฉิน	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
115 กิโลโวลต์	120.7	109.2	126.5	103.5
69 กิโลโวลต์	72.4	65.5	75.9	62.1
33 กิโลโวลต์	34.7	31.3	36.3	29.7
22 กิโลโวลต์	23.1	20.9	24.2	19.8
380 กิโลโวลต์	418	342	418	342
220 กิโลโวลต์	240	200	240	200

2.7.2 ความถี่ไฟฟ้า เป็นการควบคุมความถี่ของระบบของโครงข่ายไฟฟ้า ให้อยู่ในเกณฑ์ 50±0.5 รอบต่อวินาที โดยกรณีเกิดเหตุผิดปกติถ้าความถี่ของระบบไม่อยู่ในช่วง 48.00 – 51.00 รอบต่อวินาที ต่อเนื่องเกิน 0.1 วินาที ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจะต้องปลดการเชื่อมต่อจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าทันที

2.7.3 แรงดันไฟฟ้ากระเพื่อม (Voltage Fluctuation) คือการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดัน RMS โดยสามารถสังเกตได้จากการกระพริบของหลอดไฟ หรืออุปกรณ์ที่มีความไวต่อการรบกวนทางไฟฟ้าซึ่งสามารถแบ่งได้ ดังนี้

- 1) ดรรชนีไฟกระพริบระยะสั้น (Short-Term Severity Values, Pst) คือค่าที่ประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในช่วงเวลาสั้นๆ (10 นาที)
- 2) ดรรชนีไฟกระพริบระยะยาว (Long-Term Severity Values, Plt) คือค่าที่ใช้ประเมินความรุนแรงของไฟกระพริบในระยะยาว (2-3 ชั่วโมง) โดยหาได้จากสูตร

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{j=n} (Pst_j)^3} \quad (2.15)$$

เมื่อกำหนดให้ n คือ จำนวนของค่า Pst ในช่วงระยะเวลาที่หาค่า Plt โดยช่วงเวลาที่ใช้งานแนะนำอยู่ที่ 2 ชั่วโมง ดังนั้น $n = 12$

โดยค่าความรุนแรงของไฟกระพริบระยะสั้น (Pst) และค่าความรุนแรงของไฟกระพริบระยะยาว (Plt) ได้กำหนดได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าความรุนแรงของไฟกระพริบระยะสั้น (Pst) และค่าความรุนแรงของไฟกระพริบระยะยาว

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อรวม	Pst	Plt
115 kV หรือต่ำกว่า	1.0	0.8
มากกว่า 115 kV	0.8	0.6

2.7.4 ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic) เกิดจากอุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงดันไม่เป็นเชิงเส้น(Nonlinear) โดยค่าที่ใช้ในตรวจสอบ คือค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion, THD) ซึ่งมีค่าขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของแรงดันตามตารางที่ 2-8

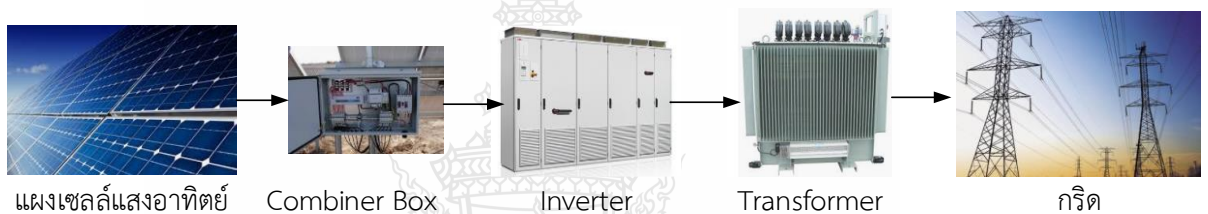
ตารางที่ 2.4 ขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของแรงดันไฟฟ้า

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อรวม (kV)	ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์รวมของแรงดัน (%)	ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ของแรงดันแต่ละอันดับ (THDv%)	อันดับคู่	อันดับคี่

0.400	5	4	2
11, 12, 22 and 24	4	3	1.75
33	3	2	1
69	2.45	1.63	0.82
115 and above	1.5	1	0.5

2.8 การติดตั้ง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (PV Roof Top)

วัสดุอุปกรณ์ และส่วนประกอบที่ใช้ในงานติดตั้งระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา (PV Roof Top) มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อกับระบบ อินเวอร์เตอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้าสามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 รูปแบบการเชื่อมกริดด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบยกแรงดันไฟฟ้า

- แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (PV Modules) แผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งผู้ผลิตจะผลิตออกมาเป็น Modules แต่เมื่อนำมาใช้งานมีการนำ Modules มาต่อเป็นอนุกรมจะเรียกว่า Strings และเมื่อเอา แต่ละ Strings มาต่อเรียงกันในแนวขนานจะเรียกว่า Array



รูปที่ 2.18 แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ [12]

- อินเวอร์เตอร์ (Inverter) อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงไปเป็นกระแสสลับ รวมถึงปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าให้สม่ำเสมอ (50 Hz) และปรับรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับให้เหมาะสมก่อนส่งเข้าระบบสายส่ง



รูปที่ 2.19 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) [12]

-หม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้ จากอินเวอร์เตอร์ แล้วส่งต่อไปยังระบบเพื่อให้ระดับแรงดันที่ได้ มีค่าเท่ากับระบบของการไฟฟ้า ซึ่งมีไดอะแกรมของการติดตั้งและต่อเข้าระบบดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแบบยกแรงดันไฟฟ้า

2.9 ระเบียบข้อบังคับงานติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (PV Roof Top)

ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องในงานติดตั้งระบบแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน หลักๆ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

กฎกระทรวงฉบับที่ 65 (พรบ.ควบคุมอาคาร 2522) การติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคา พื้นที่ไม่เกิน 160 ตร.ม. นน.ไม่เกิน 20 กก./ตร.ม. ไม่ถือเป็นการตัดแปลงอาคาร เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้ คือ โดยที่การกระทำซึ่งไม่ถือเป็นการตัดแปลงอาคาร ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ. ๒๕๒๘) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ยังไม่ครอบคลุมกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ของอาคารอยู่อาศัยที่การติดตั้งมีลักษณะเหมือนการติดตั้งอุปกรณ์ยึดติดกับหลังคาของอาคาร จึงสมควรกำหนดยกเว้นกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารอยู่อาศัยที่มีขนาดและมีน้ำหนักตามที่กำหนด มิให้ถือเป็นการตัดแปลงอาคารเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ปัจจุบัน ตามร่างกฎกระทรวงฉบับใหม่ (พ.ศ.2557) ประกาศกำหนดให้โซลาร์รูฟในกลุ่มหลังคาที่อยู่อาศัยที่กำลังผลิตไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ ไม่เข้าข่ายเป็นโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ต้องแจ้งประกอบการ และไม่ต้องขออนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) ในกรณีถ้าหากโครงการโซลาร์รูฟที่ออปที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 กิโลวัตต์ หรือใหญ่กว่า 20,000 ตารางเมตร ต้องขอใบอนุญาตผลิตพลังงาน ควบคุมตามกฎหมายที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535

2.10 ค่าความพร้อมการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า (Plant Availability Factor, PAF)

ในการประเมินเพื่อหาค่าสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นโดยหลักการนั้นใช้ค่าเวลาของแผนการผลิตประมาณการและค่าเวลาในแต่ละวันที่ผลิตได้จริงมาทำการประเมิน โดยสามารถเทียบจากอินเวเตอร์ในแต่ละตัวที่ติดตั้งในโรงไฟฟ้าในระยะเวลาที่ผลิตได้ สามารถประเมินสมรรถนะได้ในแต่ละวัน สัปดาห์ เดือน หรือปี เป็นต้น ซึ่งค่าเวลาการผลิตไฟฟ้าจริงกับค่าที่ประมาณการจากแผนการเดินเครื่องนั้นยังมีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน นั้นแสดงถึงโรงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการเดินเครื่องที่ดี สามารถนำเสนอสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้[16]

$$Generation\ Period = EndTime - StartTime \quad (2.16)$$

$$Running\ Periods = GenerationPeriod - Triping \quad (2.17)$$

$$Availability\ Factor\ Inverter\ (AF_{inverter}) = \frac{Running\ Periods}{Generation\ Periods} \cdot 100 \quad (2.18)$$

$$Plant\ Availability\ Factor\ Inverter\ (PAF) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N AF_{Inverter,i} \quad (2.19)$$

เมื่อกำหนดให้

Availability Factor Inverter ($AF_{inverter}$) คือค่าความพร้อมของการผลิตไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์

Plant Availability Factor Inverter (*PAF*) คือค่าความพร้อมของการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

Generation Period คือช่วงเวลาในการผลิตไฟฟ้า

EndTime คือช่วงเวลาในการหยุดการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

StartTime คือช่วงเวลาในการเริ่มการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

Running Periods คือช่วงเวลาในการเดินเครื่องสุทธิ

Triping คือช่วงเวลาในการหยุดการผลิตเนื่องจากสาเหตุต่างๆ รวมถึงเวลาเดินเครื่องไม่ถึงเป้าหมาย

N คือจำนวนอินเวอร์เตอร์ในโรงไฟฟ้า

ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในทางปฏิบัติจะใช้เวลารวมของอินเวอร์เตอร์ในแต่ละวันและระยะเวลาในการหยุดในการคำนวณหาค่าที่ *PAF* ซึ่งในเชิงปฏิบัติงานเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีค่าค่อนข้างสูง ด้วยโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีชิ้นส่วนทางกลและมีการเคลื่อนที่ในการทำงานน้อย แต่ก็มีบางส่วนที่ต้องให้ความสำคัญในการบำรุงรักษาเช่น พัดลมระบายความร้อน จุดต่อแผง เป็นต้น

2.11 บทสรุป

ในการวิเคราะห์สมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้นมีองค์ประกอบในหลายส่วนที่ต้องพิจารณาโดยละเอียดทั้งข้อมูลที่ได้ ความสอดคล้องกับการออกแบบสถานีไฟฟ้าตามหลักการ ซึ่งการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จนถึงจุดขายไฟฟ้า ณ จุดเชื่อมต่อนั้นก็มีความซับซ้อน และความยากในการเก็บค่าในแต่ละจุดโดยละเอียด ดังนั้นการวิเคราะห์ปัจจัยในหลายๆ ด้านจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าของแต่ละสถานีที่ต้องพิจารณา โดยสามารถนำเสนอขั้นตอนสรุป

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่พิกัด 1 เมกะวัตต์ ซึ่งจะต้องมีการเก็บข้อมูลจากการออกแบบ และค่าที่ได้จากการติดตั้งจริง ครอบคลุมถึงการเก็บข้อมูลจากการตรวจวัดค่ากำลังการผลิตจริงของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาที่สภาวะการทำงานจริง ณ ปัจจุบัน นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์สรุปหาสาเหตุต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา งานวิจัยนี้มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาข้อมูลจากการออกแบบและงานภาคสนามของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ ซึ่งผลของด้านสภาวะแวดล้อมในแต่ละฤดูกาล และคุณภาพภาพไฟฟ้า ณ จุดที่ทำการเชื่อมต่อกำลังไฟฟ้านั้นมีส่วนส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยตามลำดับดังนี้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาข้อมูลจากการออกแบบและจากการสำรวจตรวจวัดค่าและเก็บข้อมูลจากการติดตั้งจริง ณ ปัจจุบันของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่พิกัด 1 เมกะวัตต์ มาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของกำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้ พร้อมกับนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ และนำมาสรุปผลเพื่อใช้อ้างอิงในการนำไปออกแบบและติดตั้งระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา สามารถสรุปไดอะแกรมการติดตั้งรูปที่ 3.1 ในขณะที่ลำดับขั้นตอนในการศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถนำเสนอระเบียบวิธีการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ทำการศึกษารูปแบบข้อมูลจากการออกแบบสร้างระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

3.2.2 รวบรวมและเก็บข้อมูลต่างๆ จากการวิเคราะห์และตรวจวัดเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะกำลังการผลิตของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ได้แก่ ค่าพิกัดบริเวณที่ใช้ในการติดตั้ง ทิศทางของแนวระนาบและมุมความลาดเอียงของหลังคา ที่ทำมุมกับการโคจรของดวงอาทิตย์ พิกัดความเข้มของรังสีอาทิตย์ ทิศทาง สภาวะแวดล้อม และข้อมูลพยากรณ์อากาศ ณ บริเวณที่ตั้ง ของโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.3 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลเพื่อหาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะในการผลิตไฟฟ้าของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

3.2.4 สรุปผลการดำเนินการ



รูปที่ 3.2 เชื่อมต่อขายไฟการไฟฟ้าและเครื่องวัดขายไฟฟ้า



รูปที่ 3.3 การติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าบนเสาขนาด 1,250 kVA แบบยกแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 ห้องไฟฟ้าแบบติดตั้งกลางแจ้งสำหรับติดตั้งตู้จ่ายไฟ และอินเวอร์เตอร์ สำหรับสถานีไฟฟ้า ขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์



รูปที่ 3.5 ห้อง MDB และอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.6 การเดินสายป้อนจากกล่องต่อแยกสายรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาไปยังห้องไฟฟ้าแบบติดตั้งกลางแจ้ง



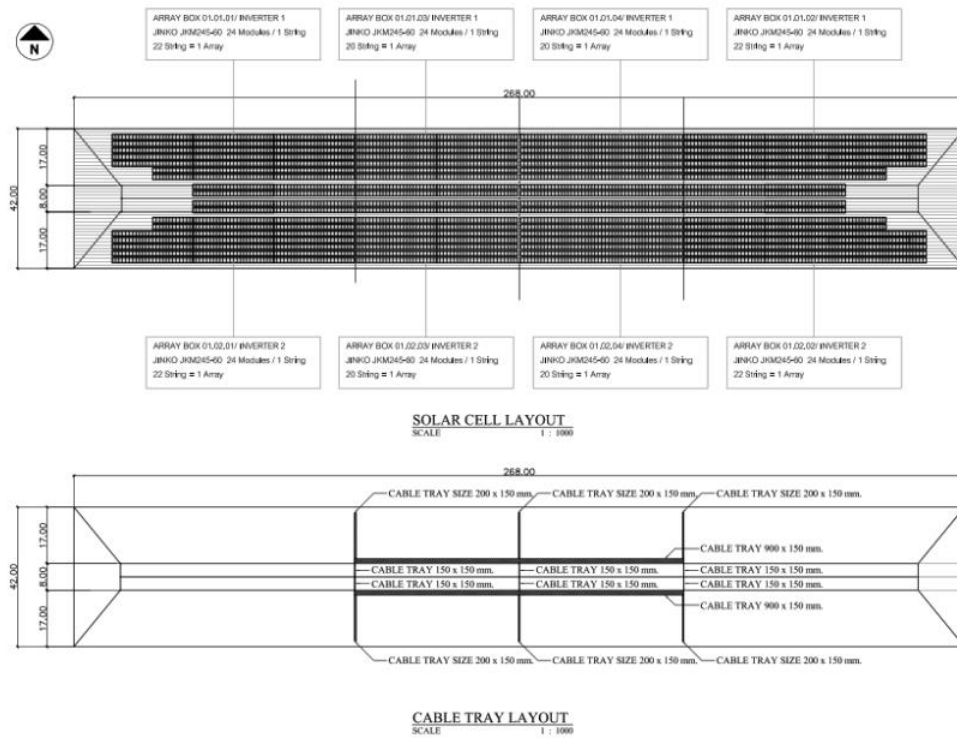
รูปที่ 3.7 กล่องต่อสายรวม (Combiner Box)



รูปที่ 3.8 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอนที่ติดตั้งบนหลังคา

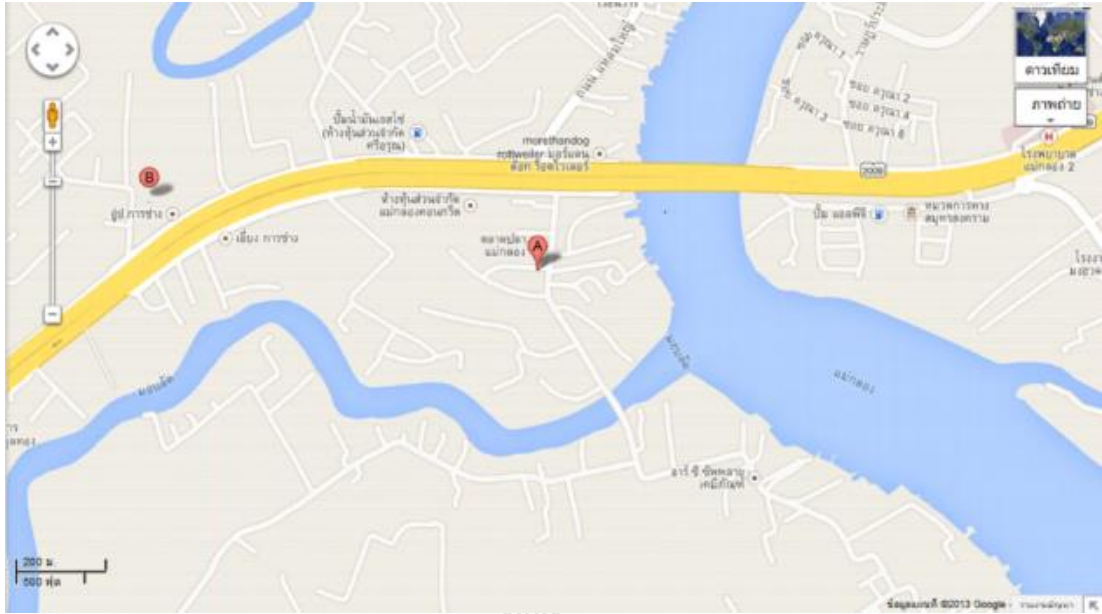
ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [17]

ยี่ห้อ	Jinko Solar
รุ่น	JKM 245 P
ชนิด	Poly Crystalline Module
กำลังสูงสุด (W)	245
แรงดันสูงสุด, V_p (V)	30.1
กระแสลัดวงจร, I_{sc} (A)	8.76
แรงดันเปิดวงจร, V_{oc} (V)	37.5
กระแสสูงสุด, I_p (A)	8.14
กว้าง x ยาว x หนา (มิลลิเมตร)	992 x 1650 x 40



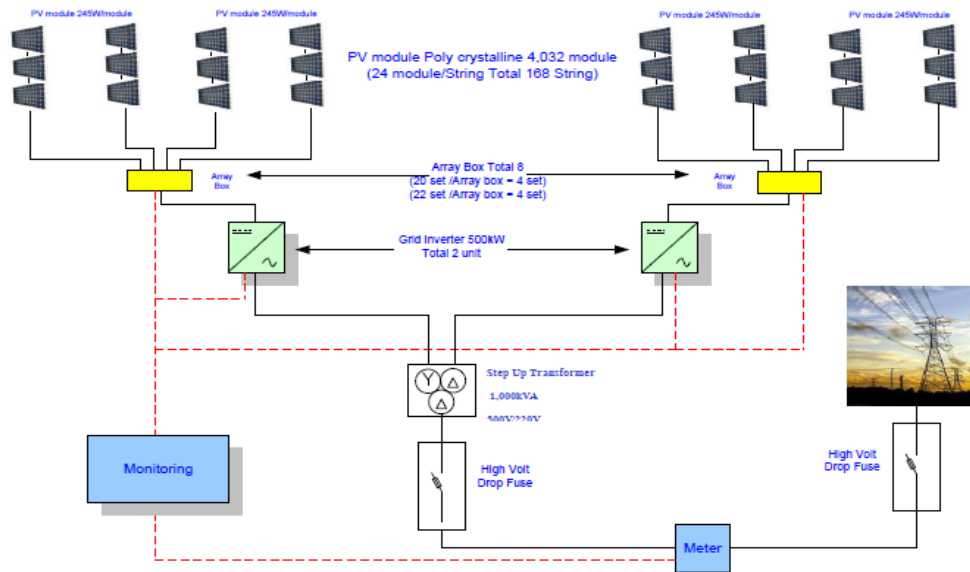
รูปที่ 3.9 รูปแบบการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภคขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย





รูปที่ 3.10 พิกัดสถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิกัดขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์

ในขณะที่ระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 เมกะวัตต์ที่ทำการศึกษานี้ถูกติดตั้งบนหลังคา โดยแบ่งการติดตั้งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ หมายเลข 1 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง และพื้นที่ส่วนที่ 2 ติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ หมายเลข 2 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง โดยใช้แผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Jinko Solar รุ่น JKM 245P ใช้พื้นที่ในการติดตั้งบนหลังคารวมประมาณ 6,600 ตารางเมตร มีขนาดกำลังในการติดตั้งรวม 987.84 kW_p ซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด 245 W_p จำนวนรวมทั้งหมด 4,032 แผง โดยมี รายละเอียดดวงจรที่ใช้ในการออกแบบและติดตั้งตามรูปเบื้องต้นดังนี้



รูปที่ 3.11 วงจรการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภักขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย

3.4 ข้อมูลที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์สมรรถนะสถานีไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย

จากข้อมูลส่วนประกอบเบื้องต้นของการออกแบบและการติดตั้งจริง ณ ปัจจุบัน ของโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาพิภักขนาดใหญ่ 1 เมกะวัตต์ ที่มีพิภักการติดตั้งจริงที่ อำเภอมะกอก จังหวัดสมุทรสงคราม แนวทางการวิเคราะห์ปัจจัยหลักเบื้องต้นเกี่ยวกับผลกระทบต่อสมรรถนะกำลังการผลิตของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พบว่าทิศทางของแนวหลังคาของโรงไฟฟ้าแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีพิภักที่ตั้งอยู่ที่บริเวณ ละติจูด 13 องศา 22 ลิปดาเหนือ ถึง 99 องศา 58 ลิปดาตะวันออก โดยหลังคาเป็นแบบทรงจั่วมีพื้นที่ประมาณ 11,256 ตารางเมตร ตามรูปที่ 3.8 ซึ่งมีแนวหลังคาที่ใช้ในการออกแบบและติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีขนาดพิภักกำลัง 500 กิโลวัตต์ เท่าๆ กัน ถูกติดตั้งอยู่ระหว่างสองซีกด้านของหลังคา คือด้านตะวันตกทิศใต้ และด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังกล่าว จะส่งผลให้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ถูกติดตั้งอยู่ในด้านตะวันตกทิศใต้ มีค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าโดยรวมมากกว่า แผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ถูกติดตั้งอยู่ในด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากได้รับปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยมากกว่า อีกทั้งยังมีค่าความแตกต่างของพลังงานที่ได้จากการผลิต และค่าพลังงาน ณ จุด มิเตอร์ขาย (การไฟฟ้า) เนื่องจากระยะทางของสายไฟฟ้าบ่อนจากกล่องต่อแยกสายรวมไปยังห้องไฟฟ้า ทำการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับและยกระดับแรงดันไฟฟ้าขึ้นด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ส่งพลังงานผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ไปยังจุดขายไฟฟ้า ณ จุดเชื่อมต่อ (Point of Common Coupling, PCC) และวัดค่าพลังงานด้วยมิเตอร์ขายไฟฟ้า ตามลำดับ

Date	Inverter Start	Inverter Stop	Operating Time (Hrs)	Weather Condition	Energy (kWh)		Peak Power (kW)	Avg Irr (W/m ²)	Avg Mod Temp (°C)	Insolation (kWh/m ²)	Correct Temp Inso	PR	PR w/o temp corr	STD PR	OPR	Remark
					PQH	Vspp Meter										
1-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy, Rainy	4513.00	4420.00	4513.00	5723.85	36.38	5.77	5.723850159	83.29%	79.23%	-	-	มีฝนตกในช่วง
2-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny, Cloudy	3991.00	3941.00	3991.00	4688.37	35.88	4.77	4.688369048	90.14%	84.69%	-	-	มีฝนตกในช่วง
3-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5285.00	5200.00	5285.00	6686.66	40.92	6.57	6.686659045	81.79%	80.33%	-	-	
4-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5676.00	5580.00	5676.00	6948.51	40.44	6.59	6.948513351	84.63%	82.76%	-	-	
5-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	3951.00	3900.00	3951.00	5160.89	37.85	5.23	5.160890235	80.31%	76.47%	-	-	
6-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5436.00	5340.00	5436.00	7444.00	42.88	6.78	7.126565655	78.16%	81.24%	-	-	
7-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	4021.00	3960.00	4021.00	4940.21	38.82	4.98	4.940212545	84.59%	82.09%	-	-	
8-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	4423.00	4360.00	4423.00	5381.46	39.89	5.41	5.381456135	85.38%	82.80%	-	-	
9-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5225.00	5140.00	5225.00	6746.34	42.51	6.67	6.746327769	79.44%	79.42%	-	-	มีฝนตกในช่วง
10-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5944.00	4960.00	5944.00	6276.39	42.37	6.23	6.276384295	82.48%	82.00%	-	-	มีฝนตกในช่วง
11-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny, Cloudy	2768.00	2740.00	2768.00	3101.62	35.78	3.15	3.101616727	94.54%	89.16%	-	-	
12-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5944.00	4940.00	5944.00	6509.98	39.07	6.53	6.509982624	80.80%	78.13%	-	-	
13-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5586.00	5500.00	5586.00	736.90	71.01	7.06	7.101372613	80.84%	80.14%	-	-	
14-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5375.00	5280.00	5375.00	6759.98	41.56	6.72	6.759982685	81.93%	81.03%	-	-	
15-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	4915.00	4840.00	4915.00	6689.07	40.98	6.70	6.689072455	75.92%	74.34%	-	-	
16-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5576.00	5480.00	5576.00	7055.53	41.40	7.02	7.055528371	81.50%	80.52%	-	-	
17-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5334.00	5260.00	5334.00	6809.05	42.19	6.75	6.809054873	80.47%	80.06%	-	-	
18-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5115.00	5020.00	5115.00	6507.08	41.26	6.46	6.507080189	81.11%	80.27%	-	-	
19-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny, Cloudy	4834.00	4780.00	4834.00	6330.06	41.27	6.27	6.330055409	78.80%	78.17%	-	-	มีฝนตกในช่วง
20-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5325.00	5240.00	5325.00	6650.22	42.09	6.89	6.950223277	78.74%	78.30%	-	-	
21-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5074.00	4960.00	5074.00	6494.41	41.45	6.44	6.494412015	80.55%	79.39%	-	-	
22-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy	3430.00	3360.00	3430.00	4666.94	38.25	4.74	4.666942575	76.95%	73.09%	-	-	
23-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy, Rainy	3090.00	2980.00	3090.00	5294.76	37.26	6.14	5.294759375	61.39%	50.99%	-	-	PLC Error ทำให้นักผลิตไม่ได้, มีฝนตกและแดดในช่วง
24-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy, Rainy	3138.00	3200.00	3138.00	6218.26	39.78	8.27	6.21802	52.45%	38.07%	-	-	PLC Irradiance Error ทำนายอุณหภูมิอากาศได้, มีฝนตกและแดดในช่วง
25-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	5955.00	4960.00	5955.00	6157.30	38.65	6.18	6.157497944	85.79%	82.86%	-	-	
26-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy	3570.00	3420.00	3570.00	4618.46	35.47	4.68	4.618462233	82.01%	77.58%	-	-	มีฝนตกในช่วง
27-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy, Rainy	4242.00	4140.00	4242.00	4878.01	37.16	4.88	4.878010962	91.52%	88.00%	-	-	มีฝนตกในช่วง
28-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	4763.00	4620.00	4763.00	3788.04	36.33	3.86	3.788041721	132.51%	124.90%	-	-	PLC Irradiance Error ทำนายอุณหภูมิอากาศได้, ฝน 10.00h - 13.30h
29-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Cloudy, Rainy	2925.00	2860.00	2925.00	3300.29	35.19	3.39	3.300292003	94.28%	87.62%	-	-	มีฝนตกในช่วง
30-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny, Cloudy	3470.00	3420.00	3470.00	4744.53	37.04	4.09	4.049752712	90.28%	86.88%	-	-	มีฝนตกในช่วง
31-พ.ค.-18	7:00	18:00	11:00	Sunny	4332.00	4280.00	4332.00	5275.88	39.86	5.30	5.278089235	86.31%	82.24%	-	-	
			341:00		140,530	138,120	140,530	819,590	5749,59	39,42	5,84	83,17	80,11%	#DIV/0!	#DIV/0!	

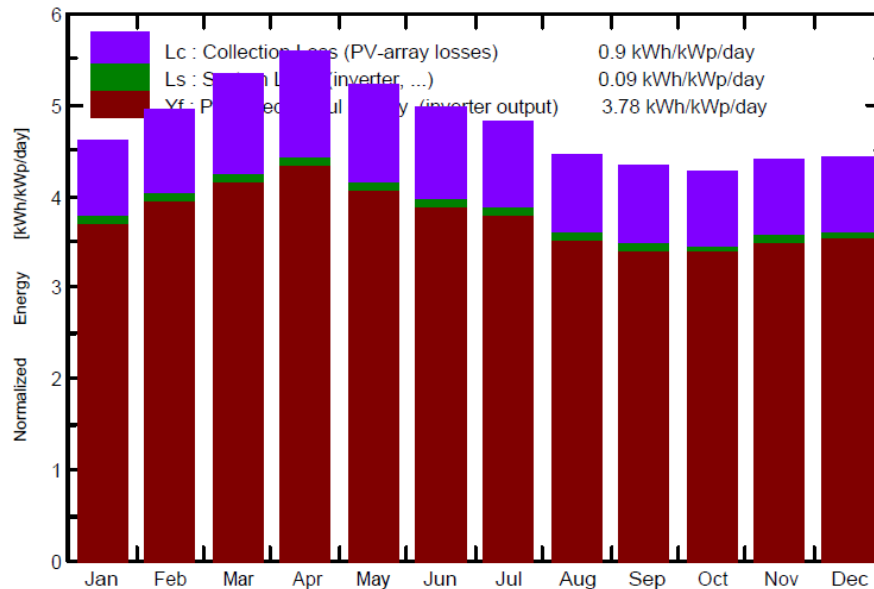
รูปที่ 3.12 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้ารายเดือนของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ พ.ศ. 2561

PVSYST V6.78	Rajamangala University of Technology Thanyaburi (Thailand)	24/08/19	Page 1/4
Grid-Connected System: Simulation parameters			
Project : Maeklong Solar Rooftop 1MW			
Geographical Site	Sahakorn Maeklong	Country	Thailand
Situation	Latitude	13.40° N	Longitude 100.00° E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+7	Altitude 10 m
	Albedo	0.20	
Meteo data:	Sahakorn Maeklong	Meteonorm 7.2 (1991-2010), Sat=30% - Synthetic	
Simulation variant : New simulation variant3			
	Simulation date	24/08/19 13h38	
Simulation parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
2 orientations	tilts/azimuths	20°/0° and 20°/180°	
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	No Shadings		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
PV Arrays Characteristics (2 kinds of array defined)			
PV module	Si-mono	Model	JKM 245M-60
Original PVsyst database		Manufacturer	Jinkosolar
Sub-array "Sub-array #1"		Orientation	#1
Number of PV modules		In series	24 modules
Total number of PV modules		Nb. modules	2016
Array global power		Nominal (STC)	494 kWp
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	650 V
			At operating cond. 441 kWp (50°C)
			I mpp 678 A
Sub-array "Sub-array #2"		Orientation	#2
Number of PV modules		In series	24 modules
Total number of PV modules		Nb. modules	2016
Array global power		Nominal (STC)	494 kWp
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	650 V
			At operating cond. 441 kWp (50°C)
			I mpp 678 A
Total Arrays global power		Nominal (STC)	988 kWp
		Module area	6600 m ²
			Total 4032 modules
			Cell area 5742 m ²
Inverter		Model	PVS800-57-0500kW-A
Original PVsyst database		Manufacturer	ABB
Characteristics		Operating Voltage	450-825 V
			Unit Nom. Power 500 kWac
			Max. power (=>25°C) 600 kWac
Sub-array "Sub-array #1"		Nb. of inverters	1 units
			Total Power 500 kWac
			Pnom ratio 0.99
Sub-array "Sub-array #2"		Nb. of inverters	1 units
			Total Power 500 kWac
			Pnom ratio 0.99
Total		Nb. of inverters	2
			Total Power 1000 kWac
PV Array loss factors			
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (wind) 0.0 W/m ² K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Array#1	16 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
	Array#2	16 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
	Global		Loss Fraction 1.5 % at STC
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction 0.1 % at STC

PVsyst Licensed to: Rajamangala University of Technology Thanyaburi (Thailand)

รูปที่ 3.13 ข้อมูลสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากโปรแกรมจำลอง

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 988 kWp



รูปที่ 3.14 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากโปรแกรมจำลอง

3.5 บทสรุป

ในการนำเสนอขั้นตอนการการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้น ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบและข้อมูลเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดจากการตรวจวัดจริงนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อสรุปหาสาเหตุและปัจจัยที่อีกหลาย ๆ ด้าน ทั้งในด้านทางตรงและทางอ้อมที่จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะกำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ซึ่งในบางปัจจัยใจที่เกิดขึ้นนั้นได้ทำการพิสูจน์ให้เห็นรูปแบบการผลิตกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ. 2561 ที่นำไปสู่การประเมินสมรรถนะและการวิเคราะห์ด้านต่างๆ ในลำดับถัดไป

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากข้อมูลการออกแบบและค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นปีที่ 2 และ 3 ในการเดินเครื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยสมมุติฐานการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ให้เห็นสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านต่างๆ ที่ส่งผลเชิงพลังงานที่สถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งนำเสนอผลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

4.2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์

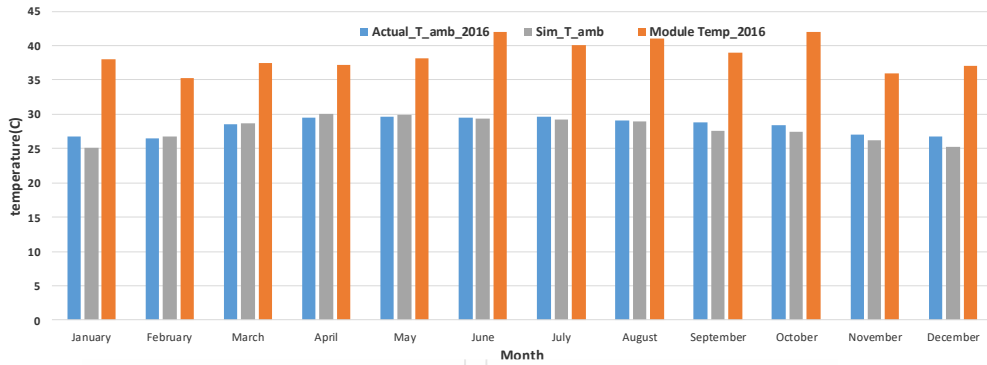
ในการวิเคราะห์ปัจจัยสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้นมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านสภาพแวดล้อม และรูปแบบการติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการออกแบบนั้นมีความจำเป็นที่ต้องออกแบบให้สถานีไฟฟ้าเกิดประสิทธิภาพและสมรรถนะสูงสุด ตามการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาล จากข้อมูลในการออกแบบนั้นหลังคาโรงเรือนที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 10 เมตร และทำมุมประมาณ 10 องศา โดยแผงจากติดตั้งในทิศทางที่ 0 องศาและ 180 องศา จึงทำให้การออกแบบจึงเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ 2 เครื่องต่อหม้อแปลง 1 เครื่อง เพื่อให้สามารถมีจุดการทำงานที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุดใน 1 ปี ปัจจัยจากการศึกษาที่ส่งผลต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้นสามารถนำเสนอตามลำดับดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ต่อค่าอุณหภูมิแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

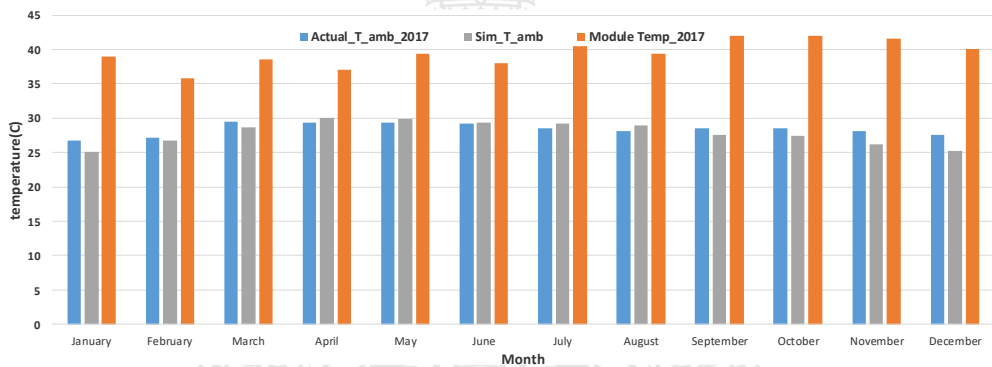
ในงานศึกษาผลด้านอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าด้านอุณหภูมินั้นในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยการเปรียบเทียบจากค่าอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูป (Sim_T_amb) และค่าจริงเฉลี่ยของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ที่ประกอบไปด้วยอุณหภูมิแวดล้อม (Actual_T_amb_201X) ในแต่ละปี และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย (Module_Temp_201X) ในแต่ละปี ดังสามารถนำเสนอผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.1 ดังนี้

จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าค่าอุณหภูมิแวดล้อมของค่าจากการตรวจวัดจริงในปี พ.ศ.2560 และค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความแตกต่างกันในบางเดือน และจากการวิเคราะห์จะพบว่าในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม นั้นค่าอุณหภูมิแวดล้อมของโรงไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมจำลอง ซึ่งหากพิจารณาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะพบว่า เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าแตกต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมจำลองและค่าจริงที่ได้จากการ

ตรวจวัดของสถานีไฟฟ้า นั้นมีค่าสูงกว่าค่าจากโปรแกรมจำลองที่ร้อยละ 1.61 นั้นแสดงให้เห็นว่า
แนวโน้มของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนั้นส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าความต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการ
ตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2560

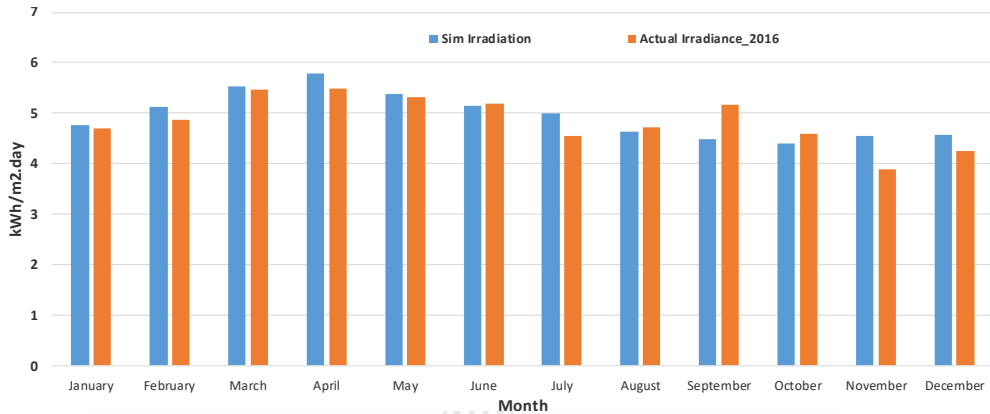


รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการ
ตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2561

ในขณะที่จากรูปที่ 4.2 จะพบว่าค่าอุณหภูมิแวดล้อมของค่าจากการตรวจวัดจริงในปี
พ.ศ. 2561 และค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความแตกต่างกันในบางเดือน และจาก
การวิเคราะห์จะพบว่าในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนมกราคม นั้นค่าอุณหภูมิแวดล้อมของโรงไฟฟ้าสูง
กว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมจำลอง ซึ่งหากพิจารณาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะพบว่า
เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าแตกต่างของอุณหภูมิแวดล้อมจากโปรแกรมจำลองและค่าจริงที่ได้จาก
การตรวจวัดของสถานีไฟฟ้า นั้นมีค่าสูงกว่าค่าจากโปรแกรมจำลองที่ร้อยละ 1.85 นั้นแสดงให้เห็นว่า
แนวโน้มของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนั้นส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรูปที่ 4.10

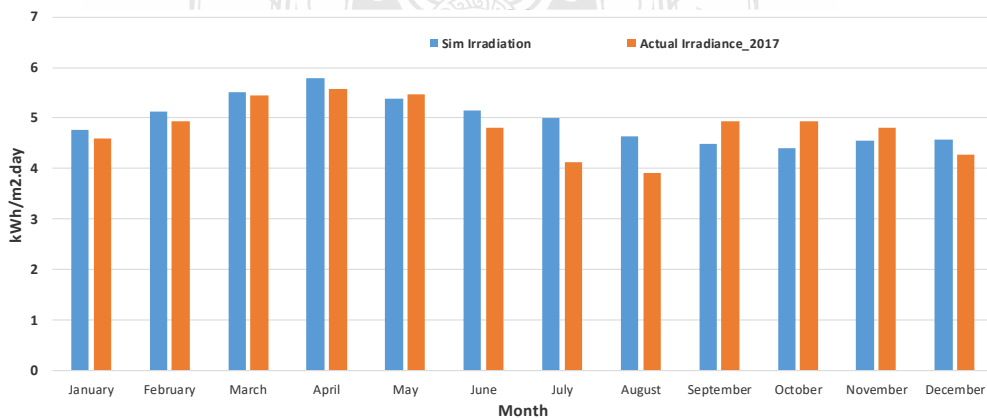
4.2.2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา
ขนาด 1 เมกะวัตต์ต่อค่าความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลง

ในงานศึกษาผลด้านค่าการกระจายแสงในรูปแบบความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้านั้นในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยการเปรียบเทียบจากค่าความเข้มแสงจากโปรแกรมสำเร็จรูป (Irradiation) และค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดจริง (Actual Average Irradiance_201X) ในแต่ละปี สามารถนำเสนอผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ดังนี้



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่าความเข้มแสงจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2560

จากรูปที่ 4.3 จะพบว่าค่าความเข้มของแสงจากการตรวจวัดจริงในปี พ.ศ. 2560 และค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนโดยในช่วงเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม จะมีค่าที่สูงและจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเข้มแสงจริงจากการตรวจวัดจริงนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าจากโปรแกรมจำลองที่ร้อยละ 13.76 ที่แสดงให้เห็นความแปรปรวนของค่าความเข้มแสงที่มากเมื่อเทียบกับค่าที่จำลองจากโปรแกรมสำเร็จรูป

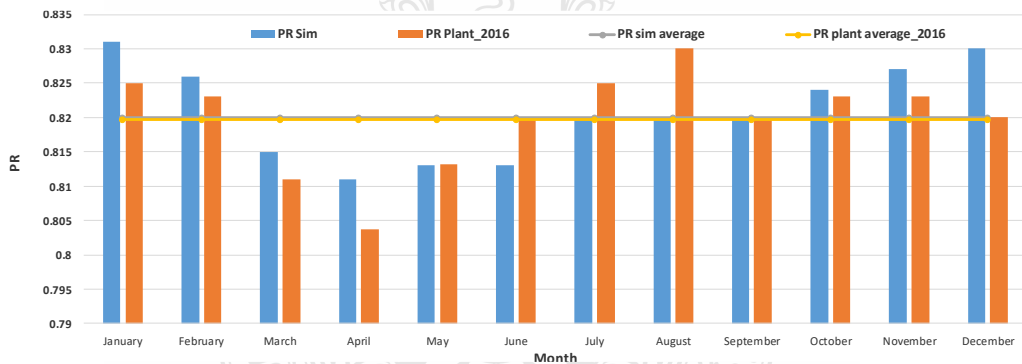


รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่าความเข้มแสงจากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2561

ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.4 จะพบว่าค่าความเข้มของแสงจากการตรวจวัดจริงในปี พ.ศ. 2561 และค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนโดยในช่วงเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม โดยจะมีค่าที่สูงและจากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเข้มแสงจริงจากการตรวจวัดจริงนั้นมีค่า น้อยกว่าค่าจากโปรแกรมจำลองที่ร้อยละ 2.4

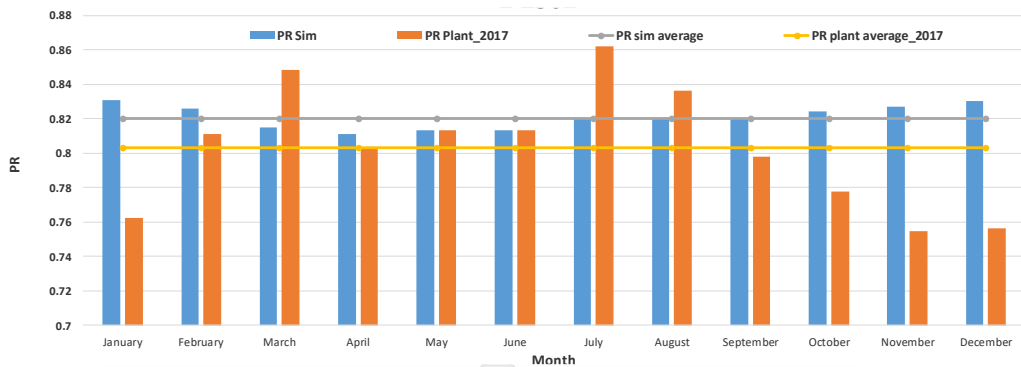
4.2.3 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ต่อค่า PR ที่เปลี่ยนแปลง

ในงานศึกษาผลด้านค่า PR ที่เปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าใน งานวิจัยนี้ทำการศึกษาศึกษาโดยการเปรียบเทียบจากค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูป (PR) และค่า PR เฉลี่ยที่ได้จากการตรวจวัดจริง (PR Plant average_201X) ซึ่งจากการศึกษานั้นค่า PR จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาการใช้งานของแผง PV ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเลือกนำมาใช้ในสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยค่า PR เฉลี่ยจากการออกแบบนั้นอยู่ที่ประมาณ 0.82 ในปี พ.ศ. 2560 ในขณะที่มีค่าลดลงเล็กน้อยในปี พ.ศ. 2561 ที่ค่า 0.80 และค่า PR ในแต่ละช่วงเวลาของเดือนก็จะแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขของสถานี โดยสามารถนำเสนอผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 ดังนี้



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริง ปี พ.ศ. 2560

จากรูปที่ 4.5 จะพบว่าค่าค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริงในปี พ.ศ. 2560 นั้นมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงปีแรกๆ ซึ่งจะมีการแกว่งของค่าเกิดขึ้นในบางเดือนที่ค่าจริงมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ เช่น ในเดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม เป็นต้น แต่โดยค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นนั้นยังต่ำกว่าค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ร้อยละ 0.029

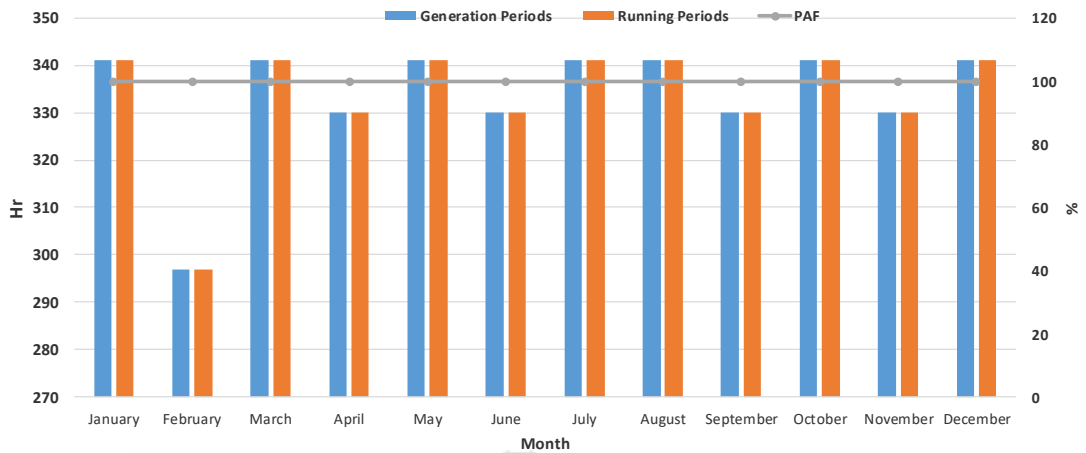


รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าความต่างของค่า PR จากโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจากการตรวจวัดจริงปี พ.ศ. 2561

จากรูปที่ 4.6 จะพบว่าค่า PR การตรวจวัดจริงในปีพ.ศ. 2561 และค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยในเดือนสิงหาคม ถึงเดือน มกราคม นั้นจะพบว่าค่า PR ในเดือนดังกล่าวมีค่าแตกต่างกันมากในภาพรวมทั้งปีของระบบ พบว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงยังมีค่าน้อยกว่าค่าจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปอยู่ที่ร้อยละ 2.08

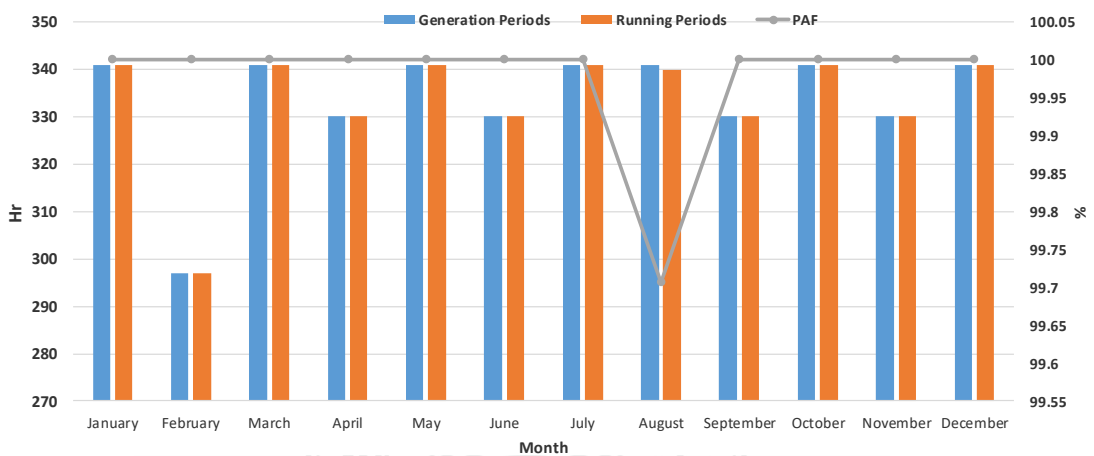
4.2.4 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 เมกะวัตต์ต่อค่า Down Time

ในงานศึกษาด้านค่าเวลาการหยุดผลิต (Down Time) ที่ส่งผลต่อสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้านั้นในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยการเปรียบเทียบจากค่าจากการเดินเครื่องจริงของอินเวอร์เตอร์ 2 เครื่อง โดยระยะเวลาในการเดินเครื่องผลิตใน 1 วัน เริ่มที่เวลา 07.00 น. ถึง 18.00 น. มีจำนวนชั่วโมงการเดินเครื่องประมาณ 11 ชั่วโมง ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามวันในแต่ละเดือนที่ทำการเดินเครื่อง ด้วยโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีส่วนทางกลที่เคลื่อนที่น้อยขึ้นจะมีบางในส่วนของพัดลมระบายอากาศต่างๆ และอุปกรณ์จำพวกแผงอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ในแต่ละกล่องต่อรวมของแผง อาจจะมีฟิวส์หรือเบรกเกอร์ในการป้องกัน หรือในบางครั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจมีปัญหาบ้างแต่โดยรวมนั้นอินเวอร์เตอร์ยังคงทำงานตลอดไม่ได้หยุด ในการคิดค่า PAF นั้นใช้พื้นฐานการเดินเครื่องของอินเวอร์เตอร์เป็นตัวแปรหลักในการพิจารณาค่าความพร้อม (Plant Availability Factor, PAF) ของโรงไฟฟ้าดังกล่าวสามารถนำเสนอผลดังรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8 ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 4.7 เปรียบค่า PAF ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ปี พ.ศ. 2560

จากรูปที่ 4.7 จะพบว่าค่า PAF ปี พ.ศ. 2560 นั้นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตลอดตามระยะเวลาในการเดินเครื่องที่กำหนดในแต่ละวันที่ 11 ชม. ซึ่งจากการการบันทึกการเดินเครื่องอินเวอร์เตอร์นั้นค่า PAF ทั้งปี ที่ค่าร้อยละ 100 สามารถนำเสนอได้ดังตารางที่ 4.1 ประกอบการพิจารณา



รูปที่ 4.8 เปรียบค่า PAF ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ปี พ.ศ. 2561

จากรูปที่ 4.8 จะพบว่าค่า PAF ปี พ.ศ. 2561 นั้นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตลอดตามระยะเวลาในการเดินเครื่องที่กำหนดในแต่ละวันที่ 11 ชั่วโมง ซึ่งจากการการบันทึกการเดินเครื่องอินเวอร์เตอร์นั้นค่า PAF ทั้งปี ที่ค่าร้อยละ 99.97 ซึ่งจะพบว่าในเดือนสิงหาคม นั้นสถานีไม่สามารถขายไฟฟ้าไปยังการไฟฟ้าได้ทำให้มีค่า PAF ในเดือนดังกล่าวมีค่าร้อยละ 99.70 ด้วยมีสาเหตุความผิดปกติในส่วนของอุปกรณ์เชื่อมต่อของการไฟฟ้าชำรุดทำให้ไม่สามารถขนานระบบเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถนำเสนอได้ดังตารางที่ 4.2 ประกอบการพิจารณา

ตารางที่ 4.1 ค่า PAF ของโรงไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560

เดือน	Time Operate (Hr)	DownTime (Hr)	Generation Periods (Hr)	Running Periods (Hr)	PAF (%)
January	341		341	341	100
February	297		297	297	100
March	341		341	341	100
April	330		330	330	100
May	341		341	341	100
June	330		330	330	100
July	341		341	341	100
August	341		341	341	100
September	330		330	330	100
October	341		341	341	100
November	330		330	330	100
December	341		341	341	100

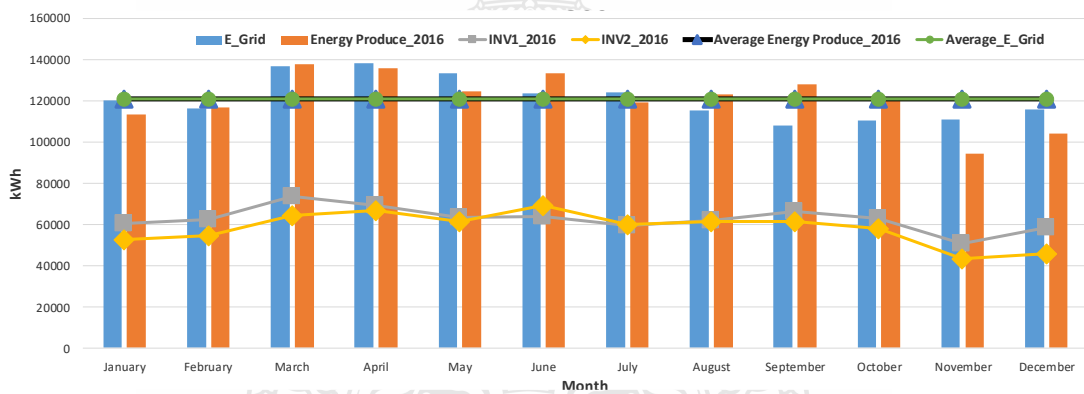
ตารางที่ 4.2 ค่า PAF ของโรงไฟฟ้าปี พ.ศ.2561

เดือน	Time Operate (Hr)	Down Time (Hr)	Generation Periods (Hr)	Running Periods (Hr)	PAF (%)
January	341		341	341	100
February	297		297	297	100
March	341		341	341	100
April	330		330	330	100
May	341		341	341	100
June	330		330	330	100
July	341		341	341	100
August	341	1	341	340	99.70
September	330		330	330	100
October	341		341	341	100
November	330		330	330	100
December	341		341	341	100

จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 สามารถนำเสนอค่าผลสรุปการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2560 และ ปี พ.ศ. 2561 จากการวิเคราะห์จะพบว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงกัน และความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อยในเกณฑ์ที่ดี เว้นแต่ในกรณีเหตุสุดวิสัยที่เกิดขึ้นทำให้ค่าสมรรถนะของสถานีมีค่าต่ำ

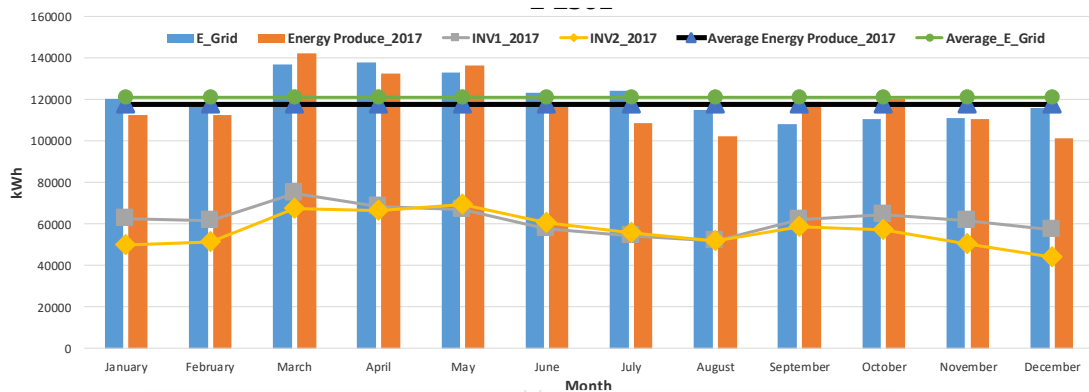
4.2.5 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 เมกะวัตต์ต่อค่ากำลังการผลิตไฟฟ้า

ในงานศึกษาค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาโดยทำการศึกษาค่ากำลังการผลิตจากโปรแกรมจำลอง (E_Grid) และค่ากำลังไฟฟ้าผลิตจริง (Energy Produce_201X) ในแต่ละปี และค่ากำลังการผลิตจริงจากอินเวอร์เตอร์ ทั้ง 2 เครื่อง (INV1 และ INV2) โดยสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์และการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ดังนี้



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตจากโปรแกรมจำลองและค่ากำลังไฟฟ้าจริงปี พ.ศ. 2560

จากรูปที่ 4.9 จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากกำลังการผลิตจริงในปี พ.ศ. 2560 ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ซึ่งพบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยมีกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนเมษายน ทั้งสองกรณี และหากพิจารณาค่ากำลังการผลิตที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 เครื่องนั้นจะพบว่าในช่วงครึ่งปีแรกอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 1 จะมีกำลังการผลิตไฟฟ้ามากกว่าอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 2 ในขณะที่ในช่วงครึ่งปีหลังอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 2 จะมีกำลังการผลิตไฟฟ้ามากกว่าอินเวอร์เตอร์เครื่องที่ 1 ด้วยผลมาจากการติดตั้งของแผงที่ 0 องศาและ 180 องศา และหากทำการเปรียบเทียบค่าผลรวมในแต่ละเดือนของค่าจากการจำลองและค่าจริงจะพบว่าค่าจากการจำลองจะมีค่าสูงกว่าที่ร้อยละ 0.135 ซึ่งมีความแตกต่างกับค่าจากโปรแกรมจำลองเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตจากโปรแกรมจำลองและค่ากำลังไฟฟ้าจริงปี พ.ศ. 2561

จากรูปที่ 4.10 จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองและค่าที่ได้จากการผลิตจริงในปี พ.ศ. 2561 ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ซึ่งพบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยมีกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม จะพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 เครื่องมีค่าเปลี่ยนแปลงการผลิตไปตามฤดูกาล ของการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในครึ่งปีแรก และครึ่งปีหลัง โดยมีค่าจากการจำลองและค่าจริงจะพบว่าค่าจากการจำลองจะมีค่าสูงกว่าที่ร้อยละ 2.71

จากการศึกษาสมรรถนะของการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ผลจากค่าต่างๆที่ประกอบไปด้วยค่าอุณหภูมิแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ค่า PR ค่าความเข้มแสง ค่า Down Time และค่ากำลังการผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งในการศึกษาในเบื้องต้นจากค่าจากโปรแกรมจำลองและค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดนั้นพบว่าในแต่ละค่ามีความสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าผลของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง นั้นส่งผลต่อค่า PR ของสถานีอย่างมากด้วยผลของอุณหภูมิความร้อนจากหลังคาที่อยู่ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนำเสนอผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 4.1 และ 4.6 ตามลำดับ และในขณะที่ค่า Down Time นั้นจะส่งผลกระทบต่อตรงต่อกำลังการผลิตของไฟฟ้าที่ไม่สามารถขายไฟฟ้าได้ถึงแม้ว่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นไม่มากแต่ก็ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตที่ลดลงเมื่อเทียบกับโปรแกรมจำลองอย่างมากถึงร้อยละ 99.706 ในรูปที่ 4.8 เป็นต้น

4.3 บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ด้วยสมมุติฐานการศึกษาจากค่าการออกแบบและค่าจากการติดตั้งจริง โดยการเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและนำมาทำการวิเคราะห์ในด้านสมรรถนะที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นบทสรุปในหลายประเด็นที่ก่อให้เกิดองค์ความรู้และความเข้าใจในรูปแบบสมรรถนะและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในด้านผลของอุณหภูมิ ผลของฤดูกาลที่แตกต่าง เป็นต้น และสามารถนำเสนอบทสรุปของการศึกษาวิจัยในบทถัดไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากข้อมูลการออกแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดในปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2561 ด้วยสมมุติฐานการศึกษาได้ทำการนำเสนอการเปรียบเทียบในแต่ละข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลเชิงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของสถานีไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษาศาสามารถนำเสนอผลสรุปการวิจัยดังนี้

5.2 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์

จากการศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้น ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามกรณีศึกษาสามารถจำแนกออกเป็นสองปัจจัยหลักดังนี้

ปัจจัยแรก ที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงจากการขายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าคือ ค่า PAF ผลจากการศึกษานั้นพบว่าทำให้กำลังการผลิตของสถานีไฟฟ้าที่ทำการศึกษาลดลงร้อยละ 11.34 ในเดือนสิงหาคม ในปี พ.ศ. 2561 ถึงแม้ว่ารูปแบบการเกิดเหตุการณ์ที่ส่งผลต่อค่า PAF นั้นมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยแต่มีระดับความรุนแรงที่ส่งผลต่อสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าโดยตรง ดังนั้นการลดผลกระทบดังกล่าวในแง่ของการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance, PM) และการจัดเตรียมอะไหล่สำรอง (Spare Part) สามารถลดผลกระทบลงได้

ปัจจัยที่สอง เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโดยทางอ้อมที่มีผลต่อโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งบนหลังคา ปัจจัยด้านฤดูกาลด้วยรูปแบบการติดตั้งที่มีการติดตั้งมุมที่แตกต่างกันตามลักษณะของหลังคาเมทัลชีท ทำกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละฤดูกาลจากอินเวอร์เตอร์แต่ละเครื่องจึงมีค่าแตกต่างในช่วงครึ่งแรกและครึ่งปีหลัง ปัจจัยด้านอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงส่งผลโดยตรงต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์และค่า PR ของกำลังการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผลของอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมส่งผลต่อความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการระบายความร้อนผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.61 และ ร้อยละ 1.85 ในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 นั้นส่งผลต่อค่า PR ของสถานีไฟฟ้าอย่างมาก ในขณะที่ปัจจัยด้านค่าเฉลี่ยความเข้มแสงที่ลดลงของค่าที่ได้จากการตรวจวัดที่ร้อยละ 13.76 และร้อยละ 2.4 ในปี พ.ศ. 2560 และ 2561 เมื่อเทียบจากค่าที่ได้จากโปรแกรมจำลอง นั้นยังทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าลดต่ำลงอย่างมาก

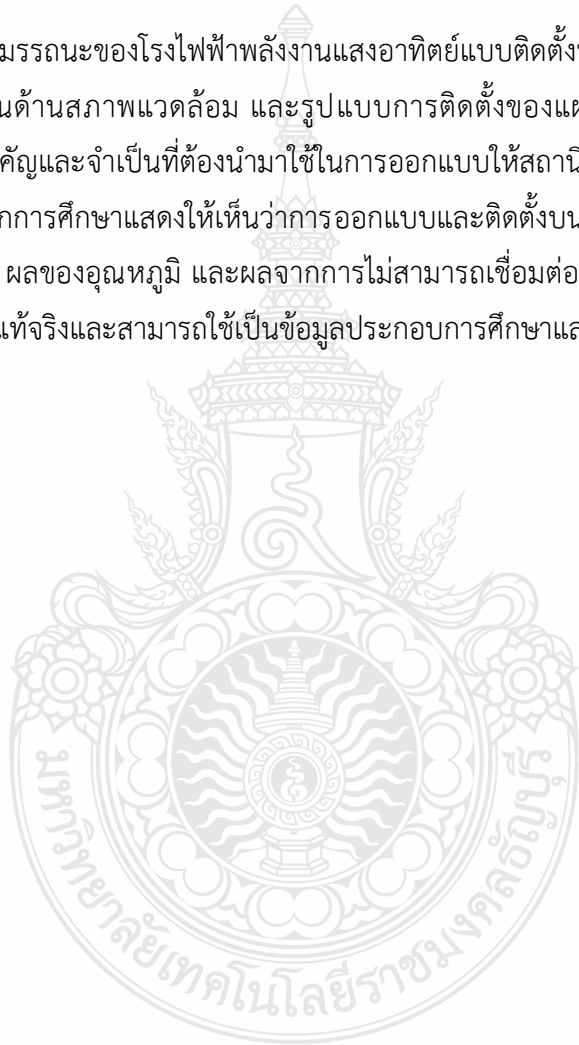
5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์ปัจจัยสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคานั้นจะพบว่ามีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงาน

แสงอาทิตย์ ในส่วนของค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการลดลงในแต่ละปีนั้น บางครั้งจำเป็นต้องทำการสุ่มสำรวจและทดสอบสมรรถนะกำลังการผลิต เพื่อเป็นการยืนยันคุณภาพของสินค้าและวางแผนในการบำรุงรักษาและวางแผนอะไหล่สำรอง ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่คาดเดาลำบากเช่นในเดือนที่พายุเข้า รวมถึงมลภาวะที่อาจส่งผลกระทบต่อแผงหน้ารับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ก็เป็นอีกในหลายๆปัจจัยที่ควรพิจารณาในการศึกษาลำดับถัดไป

5.4 บทสรุป

การศึกษาสมรรถนะของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาจากปัจจัยในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านสภาพแวดล้อม และรูปแบบการติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการออกแบบนั้นมีความสำคัญและจำเป็นต้องนำมาใช้ในการออกแบบให้สถานีไฟฟ้าเกิดประสิทธิภาพและสมรรถนะสูงสุด ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการออกแบบและติดตั้งบนพื้นที่บนหลังคาที่มีขีดจำกัดในด้านมุมรับแสงอาทิตย์ ผลของอุณหภูมิ และผลจากการไม่สามารถเชื่อมต่อจุดขายไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่แท้จริงและสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการศึกษาและออกแบบในอนาคตได้เป็นอย่างดี



บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (PDP2018)”, <http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/pdp>.
- [2] M. A. Munoz, M. C. Alonso-García, Nieves Vela, and F. Chenlo, "Early degradation of silicon PV modules and guaranty conditions", *Solar Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 2264-2274, 2011/09/01/ 2011.
- [3] Syed A. M. Said and Husam M. Walwil, "Fundamental studies on dust fouling effects on PV module performance", *Solar Energy*, vol. 107, pp. 328-337, 2014/09/01/ 2014.
- [4] Jianbo Bai, Yang Cao, Yuzhe Hao, Zhen Zhang, Sheng Liu, and Fei Cao, "Characteristic output of PV systems under partial shading or mismatch conditions", *Solar Energy*, vol. 112, pp. 41-54, 2015/02/01/ 2015.
- [5] Teodoro Adrada Guerra, Julio Amador Guerra, Beatriz Orfao Tabernero, and Guillermo De La Cruz García, "Comparative Energy Performance Analysis of Six Primary Photovoltaic Technologies in Madrid (Spain)", *Energies*, vol. 10, no. 6, 2017.
- [6] Julius Tanesab, David Parlevliet, Jonathan Whale, and Tania Urmee, "Seasonal effect of dust on the degradation of PV modules performance deployed in different climate areas", *Renewable Energy*, vol. 111, pp. 105-115, 2017/10/01/ 2017.
- [7] Riyad Mubarak, Martin Hofmann, Stefan Riechelmann, and Gunther Seckmeyer, "Comparison of Modelled and Measured Tilted Solar Irradiance for Photovoltaic Applications", *Energies*, vol. 10, no. 11, 2017.
- [8] Sumeng Tao, Chunlai Li, Lei Zhang, and Yi Tang, "Operational Risk Assessment of Grid-connected PV System Considering Weather Variability and Component Availability", *Energy Procedia*, vol. 145, pp. 252-258, 2018/07/01/ 2018.
- [9] A. A. Babatunde, S. Abbasoglu, and M. Senol, "Analysis of the impact of dust, tilt angle and orientation on performance of PV Plants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90, pp. 1017-1026, 2018/07/01/ 2018.
- [10] Haider Ibrahim and Nader Anani, "Variations of PV module parameters with irradiance and temperature", *Energy Procedia*, vol. 134, pp. 276-285, 2017/10/01/ 2017.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] Rhythm Singh and Rangan Banerjee, "Impact of Solar Panel Orientation on Large Scale Rooftop Solar Photovoltaic Scenario for Mumbai", Energy Procedia, vol. 90, pp. 401-411, 2016/12/01/ 2016.
- [12] บุญยัง ปลั่งกลาง, "เอกสารการสอนระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.
- [13] Solargis, "Solar resource maps of World", <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>.
- [14] Özgür Çelik, Ahmet Teke, and Adnan Tan, "Overview of micro-inverters as a challenging technology in photovoltaic applications", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 82, pp. 3191-3206, 2018/02/01/ 2018.
- [15] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคว่าด้วยข้อกำหนดการปฏิบัติการระบบโครงข่ายไฟฟ้า พ.ศ. 2559", www.ppa.egat.co.th/sppx/images/SPP_Document/Code/PEA/2016_operation_code.pdf
- [16] Nallapaneni Manoj Kumar, Srikar Dasari, and Jagathpally Bhagwan Reddy, "Availability factor of a PV power plant: evaluation based on generation and inverter running periods", Energy Procedia, vol. 147, pp. 71-77, 2018/08/01/ 2018.
- [17] https://www.secondsol.com/nl/handelsplatz/marktplatz_anzeige,8053,jkm-245p-60.htm

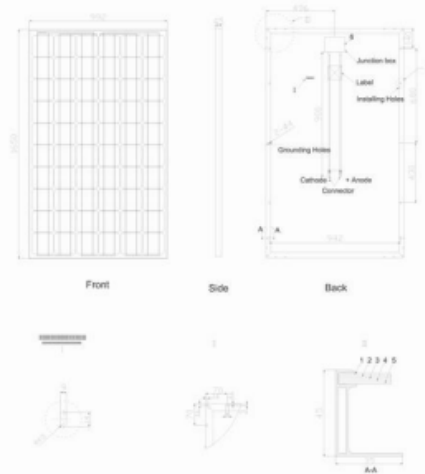
ภาคผนวก





- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม

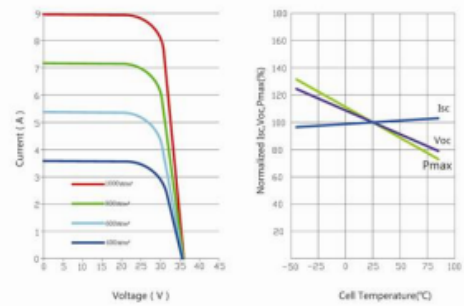
Engineering Drawings



Packaging Configuration

Quantity/Pallet , Quantity/40'HQ Container 24 pcs/pallet,672 pcs/40'HQ
Quantity/Pallet , Quantity/20' Container 20 pcs/pallet,240 pcs/20'ft

I-V Curves & Temperature Dependence of Isc,Voc,Pmax



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline 156×156mm (6 inch)
No.of cells	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×45mm (64.97×39.06×1.77 inch)
Weight	19.0kg (41.9 lbs.)
Front Glass	3.2mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² / UL 12AWG, Length:900mm

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM-220M	JKM-225M	JKM-230M	JKM-235M	JKM-240M	JKM-245M	JKM-250M
Maximum Power at STC(Pmax)	220Wp	225Wp	230Wp	235Wp	240Wp	245Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	29.5V	29.7V	29.9V	30.0V	30.2V	30.4V	30.6V
Maximum Power Current (Imp)	7.46A	7.57A	7.69A	7.83A	7.95A	8.06A	8.17A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.6V
Short-circuit Current (Isc)	7.97A	8.08A	8.20A	8.31A	8.45A	8.58A	8.70A
Cell Efficiency(%)	15.75%	16.00%	16.50%	16.75%	17.00%	17.50%	18.00%
Module Efficiency(%)	13.44%	13.74%	14.05%	14.36%	14.66%	14.97%	15.27%
Operating Temperature(°C)	-40°C ~ +85°C						
Maximum system voltage	600V (UL) /1000V (IEC) DC						
Maximum rated current series	15A						
Power tolerance	±3%						
Temperature coefficients of Pmax	-0.50%/°C						
Temperature coefficients of Voc	-0.34%/°C						
Temperature coefficients of Isc	0.03%/°C						
Nominal operating cell temperature (NOCT)	48±2°C						

STC: Irradiance 1000W/m² Module Temperature 25°C AM=1.5

- อินเวอร์เตอร์

ABB central inverters

PVS800 – 500 to 1000 kW



Technical data and types

Type designation	PVS800-57-0500kW-A	PVS800-57-0630kW-B	PVS800-57-0875kW-B	PVS800-57-1000kW-C
Input (DC)				
DC voltage range, mpp ($U_{DC, mpp}$)	450 to 825 V	525 to 825 V	525 to 825 V	600 to 850 V
Maximum DC voltage ($U_{DC, max}$)	1100 V	1100 V	1100 V	1100 V
Maximum DC current ($I_{DC, max}$) ¹⁾	1145 A	1230 A	1710 A	1710 A
Number of protected DC inputs	4 to 15 (+/-)	4 to 15 (+/-)	8 to 20 (+/-)	8 to 20 (+/-)
Output (AC)				
Nominal power ($P_{N(AC)}$) ²⁾	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Maximum output power ²⁾	600 kW	700 kW	1050 kW	1200 kW
Power at $\cos\phi = 0.95$ ³⁾	475 kW	600 kW	830 kW	950 kW
Nominal AC current ($I_{N(AC)}$)	965 A	1040 A	1445 A	1445 A
Nominal output voltage ($U_{N(AC)}$) ⁴⁾	300 V	350 V	350 V	400 V
Output frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current ⁴⁾	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Distribution network type ⁵⁾	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT
Efficiency				
Maximum ⁶⁾	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%
Euro-eta ⁶⁾	98.2%	98.4%	98.5%	98.6%
Power consumption				
Own consumption in operation	490 W	490 W	650 W	650 W
Standby operation consumption	65 W	65 W	65 W	65 W
External auxiliary voltage ⁷⁾	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
Dimensions and weight				
Width/Height/Depth, mm (W/H/D)	2630/2130/708	2630/2130/708	3630/2130/708	3630/2130/708
Weight appr. ⁸⁾	1800 kg	1800 kg	2320 kg	2320 kg

¹⁾ 630 kW at 45 °C. 500, 875 and 1000 kW at 50 °C.

²⁾ At 25 °C. See the user manual for details.

³⁾ +/- 10%

⁴⁾ At nominal power

⁵⁾ Inverter side must be IT type

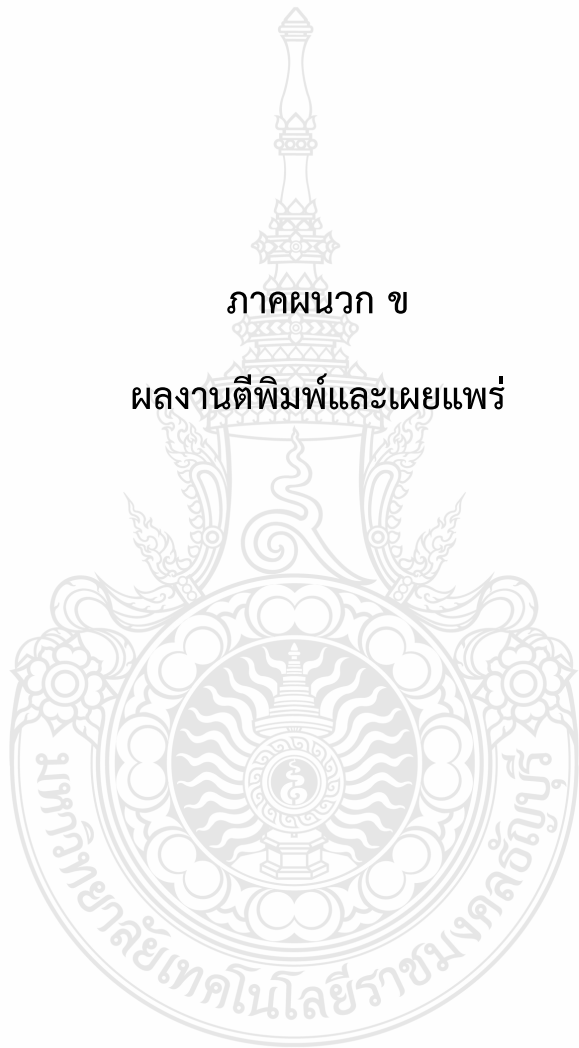
⁶⁾ Without auxiliary power consumption at min U_{DC}

⁷⁾ 115 V, 60 Hz optional

⁸⁾ For the smallest number of protected inputs. See the user manual for details.

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่





SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑ The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)

วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

โรงแรมสุณีย์ แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Volume 2

ไฟฟ้าสื่อสาร
อิเล็กทรอนิกส์
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิศวกรรมชีวการแพทย์
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า



รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกผาลิน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จ่านงไทย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.อธิคม ฤกษ์บุตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ศาสตราจารย์ ดร.อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิณีจ เทพสาธิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ ธนวิษณุ ชุติกาวิทย์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดชา วิไลรัตน์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ประธาน

ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ภรชัย	จูนุวัฒน์กุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

กรรมการสามัญ

อ.บุญช่วย	ทรัพย์มนชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ศิริโรจน์	ศิริสุขประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.นันทิยา	ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อ.ดร.ชาติ	ฤทธิหิรัญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผศ.ดร.นราวัฒน์	เรืองชัยจตุพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ยศนัย	ศรีอุทัยศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ไกรสร	ไชยขาววงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.ดร.เอกชัย	มุงจลินทวิมุตติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สมมาตร	แสวงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.มนตรี	วิบูลย์รัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.สุพรรณ	ทิพย์ทิพากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
อ.ดร.สุพัฒนา	นิรัคชนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.กำพล	วรดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อ.ดร.มงคล	แจ่มเจีย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ยงยุทธ	นาราชภูรี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.วันชัย	ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รศ.ดร.บุญเลิศ	สือเฉย	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินโหว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สาคร	วุฒิปพัฒน์พันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ภัควัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อ.ดร.ยุทธนา	จงเจริญ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร.มูทิตา	สงฆ์จันทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ปฏิภาณ	เกิดลาภ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ดร.สิรินทร	อินทร์สวาท	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
อ.ณรงค์	นันทกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อ.ดร.วุฒิวัฒน์	คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รศ.ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย
รศ.ดร.กาญจน์ เกิดชื่น
รศ.ดร.กีรติ ชยะกุลศิริ
อ.ดร.ทัศนัย ภาธรรัตน์
ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ ศรีสถิตย์

มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

กรรมการสมทบ

อ.ดร.ณัฐพงศ์ วงศ์พร้อมมูล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

เลขานุการ

ผศ.วันชัย จันไกรผล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

PW ศ.ดร.อิสระชัย จามทร
PE รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ชันเงิน
CM ศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ
CT ศ.ดร.วันชัย รวีรุจา
EL ศ.ดร.อภิวัฒน์ ธนชยานนท์
CP ผศ.ดร.สุวิทย์ กิตติธรรกุล
DS รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูรณ์
PH รศ.ดร.สุวิกรม สมศวรรพณิชย์
BE รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
GN ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PW ผศ.ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วณิชย์
PE รศ.เจตกุล โสภารัตนชัย
CM ศ.ดร.วาทิต เบญจพลกุล
CT ผศ.ดร.สุชิน อรรถสวัสดิ์วงศ์
EL รศ.ดร.สมชัย รัตนธรรมพันธ์
CP รศ.ดร.เชาวติศ อัครกุล
DS ผศ.ดร.สุภาวดี อรัณวิทย์
PH รศ.ดร.ดวงฤดี วรสุชีพ
BE ผศ.ดร.อาภรณ์ อีรัมย์คลริศมี
GN รศ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PW รศ.ดร.ตฤณ แสงสุวรรณ
PE ผศ.ดร.ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ
CM รศ.ดร.ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์
CT ผศ.ดร.เชาวลิต มิตรสันติสุข
EL ผศ.ดร.ชูเกียรติ การะเกตุ
CP รศ.ดร.มงคล รักษาพิชรวงศ์
DS รศ.ดร.วุฒิพงษ์ อารีกุล
PH อ.ดร.พิสุทธิ์ รัชศักดิ์
BE ผศ.ดร.ศุภิต ธนแพทย
GN ผศ.ดร.วชิระ จงบุรี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

PW รศ.ดร.สมบูรณ์ นุชประยูร
PE รศ.ดร.สิทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ
CM ผศ.ดร.นิภาภรณ์ ศิริพล
CT ผศ.ดร.บุญศรี แก้วคำอ้าย

EL รศ.ดร.เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์
CP รศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล
DS รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน
PH รศ.ดร.อุกฤษฏ์ มั่นคง
BE รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน
GN รศ.ดร.ยุทธนา ช่างสุวรรณ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

PW ผศ.ดร.กุสุมาลัย เถลิงยานนท์
PE ดร.วฤทธิ วิชกุล
CM ผศ.ดร.วิกรม ธีรภาพจรุชเทศ
CT รศ.คณิตติ์ เจษฎ์พัฒนานนท์
EL รศ.ดร.ภาณุมาศ คำสัดย
CP ดร.กิตติคุณ ทองพล
DS ดร.วิภกฤตว์ ดวงสร้อยทอง
BE รศ.ดร. พรชัย พฤกษ์ภัทรานนท์
GN อ.ดร.เกียรติศักดิ์ วงษ์โสพนากุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

PW ดร.เชตชัย ประภาณวัฒน์
PE ดร.เอกชัย มุจจินท์วิมุติ
CM ผศ.ดร.พินิจ กำหอม
CT ผศ.ดร.วันจักรี เล่นวารี
EL ผศ.ดร.ภมล จิรเสรีอมรกุล
CP ผศ.ดร.วีรพล จิวจริต
DS อ.ดร.สันติ นุราช
PH อ.ดร.ปิยสวัสดิ์ นวรัตน์ ณ อยุธยา
BE ผศ.ดร. บุญเสริม แก้วกำเนิดพงษ์
GN ศ.ดร.โกสินทร์ จันทไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

PW รศ.ดร.สมพร สิริสำราญกุล
PE รศ.ดร.พิสิษฐ์ ลีวธนกุล
CM รศ.ดร.ชาตรี มหัทธอนจาคุภัทร
CT ผศ.ดร.นที ทองอุ่น
EL ผศ.ดร.ภฤษณ์ อ่างแก้ว
CP ผศ.ดร.วรัญญา วงษ์เสรี
DS รศ.ดร.วิไลพร แซ่ลี
PH ผศ.ดร.อมรินทร์ รัตนะวิศ
BE ผศ.ดร.ไกรสร ไชยชาวงค์
GN รศ.ดร.สุรพันธ์ อิ่มมัน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

PW รศ.อำนาจ สุขศรี
PE ผศ.ดร.ปานหทัย บัวศรี
CM ผศ.ดร.นรารัตน์ เรืองชัยจตุพร
CT ผศ.ดร.อานภาพ มีสมบัติ
EL ผศ.ดร.กิตติพิชญ์ มีสวัสดิ์
DS รศ.ดร.วิระสิทธิ์ อิมฉวี
PH ผศ.ดร.อาคม แก้วระวีง
BE ผศ.ดร.บุญยิ่ง เจริญ
GN ดร.ศราวุธ ชัยมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิเกิดพิชญ์
PE ผศ.ดร.ณัฐภัทร พันธคง
CM ผศ.ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ
CT ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล
EL ผศ.ดร.อำนาจ เรืองวารี
CP ผศ.ดร.อิฐอร่าม บิณฑิล
DS ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร
PH ผศ.ดร.นรเสฏฐ์ วิชัยพาณิชย์
BE ดร.กิตติวัฒน์ นิยมเกิดผล
GN รศ.ดร.บุญยิ่ง ปลั่งกลาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

PW ดร.ไชยพร หล่อทองคำ
PE อ.นรงค์ฤทธิ์ เสนาจิตร
CM ผศ.ดร.สำเภาลัย บุญเวช
CT ผศ.ดร.วีระชัย ฆาลยเวช
EL ผศ.ดร.ประจวบ ปวรางกูร
CP ผศ.ดร.ธันวา ศรีประโม่ง
DS รศ.ดร.พีระพล ยูวณิชทานนท์
PH อ.ดร.สมมาตร แสงเงิน
GN รศ.ดร.อติคม ฤกษ์บุตร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PW ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ ตันตสุข
PE รศ.ดร.ไพฑูรย์ นาคมหาสาสินธุ์
CM ผศ.ดร.ตามพงษ์ บุญยะเวช
CT ผศ.ดร.ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์
CP อ.ดร.ศุภกิจ พฤษอรุณ
DS รศ.ดร.สมชาติ โชคชัยธรรม
PH รศ.ดร.วันชัย โพธิ์จรโรจนา

BE รศ.ดร.นภดล อุทัยภักดี
GN ผศ.ดร.ยศวีร์ วีระกำแพง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

PW รศ.ดร.เวทิน ปิยะรัตน์
PE รศ.ดร.วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์
CM ผศ.ดร.กำพล วรดิษฐ์
EL ผศ.ศิริพงษ์ อายสินธ์
CP ผศ.ดร.สมภาพ รอดอัมพร
DS อาจารย์ ดร.บำรุง ท้าวศรีสกุล
BE รศ.ดร.จีตพันธ์ุ เจริญพงษ์
GN ผศ.ดร.คณิศร์ มาตรา

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

PW ผศ.ดร.สำเร็จ อินทาม้า
PE ผศ.วันชัย จันไกรผล
CM รศ.ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม
CT ผศ.ดร.นิมิต บุญภิรมย์
EL ผศ.สุรพล จันท
CP ผศ.เดิมาพงษ์ ศรีเทศ
DS ผศ.เอกชัย ดีศิริ
PH ผศ.เพชร นันทวิวัฒนา
BE ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน
GN ผศ.พัศวีร์ ศรีโสมด

มหาวิทยาลัยมหิดล

PW ผศ.ดร.ธรรมาวุทธิ์ สิงห์วิลัย
PE ผศ.ดร.ชัชวาลย์ เยาวบุตร
CM รศ.ดร.พงศธร เศรษฐ์อร
CT อ.ดร.พัฒนาศิ พัฒนาะศรี
EL ผศ.ดร.สุรโชค ธนพิทักษ์
CP อ.ดร.ก่อพร พันธุ์อิม
DS อ.ดร.พรชัย ชื่นยากร
PH รศ.ดร.ภูมินท์ กิระวานิช
BE ผศ.ดร.เขง เลิศมโนรัตน์
GN ผศ.ดร.กฤษฎา อัครสกุลเกียรติ

มหาวิทยาลัยสยาม

PW ผศ.ดร.อาทิตย์ ไสตร์โธม
PE ผศ.ดร.ยงยุทธ นาราษฎร์
CM พล.ท.ดร.สมพงษ์ ตุ่มสวัสดิ์
EL ผศ.วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

CP ผศ.พกิจ สุวัฒน์
DS ผศ.ดร.ทัศนีย์ พลอยสุวรรณ
GN ผศ.ไวยพจน์ ศุภกวีเสถียร

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

PW ผศ.ดร.นันทิยา ชัยบุตร
CM อ.ดร.ปกรณม์ ยูบลโกศล
CP อ.ดร.จักรพงษ์ สุธามุขกุล
DS ผศ.ดร.วิศาล พัฒน์ชู
PH รศ.ดร.ภูมิพัฒน์ แสงอมตเลิศ
BE ผศ.ดร.สุพจน์ สุขโพธารมณ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

PW ดร.เจษฎา ชัตทองงาม
PE นายสุทัศน์ ปฐมบุหงศ์
CM ดร.กิตติ วงศ์ถาวรววัฒน์
CT ดร.สุธี ผู้เจริญชนะชัย
EL ดร.ราชพร เขียนประสิทธิ์
CP ดร.ชาลี วรกุลพิพัฒน์
DS ดร.อภิชาติ อินทรพานิชย์
PH ดร.ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร
BE ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา
GN ดร.วุฒิภัทร คอวนิช

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

PW ผศ.ดร.สมสันต์ ตาโรจน์
PE ดร.ประชา คำภักดิ์
CM ผศ.ดร.ประสิทธิ์ นศรราช
CT ดร.ธรรมรส รักธรรม
EL ผศ.ดร.ชนิษฐา แก้วแดง
CP ผศ.อารยา ฟิลอเรนซี
DS ผศ.ดร.วรการ วงศ์สายเชื้อ
PH รศ.ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเมฆา
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ จันทร์จรัสจิตต์
GN ผศ.ดร.อิทธิพงศ์ สุริยา

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

PW อ.ดร.วรภัทร กอแก้ว
PE ผศ.ดร.เกษม อุทัยโชฟ้า
CM ผศ.ดร.สันต์ชัย รัตนนภ
CT ผศ.ดร.ศุภเชษฐ์ อินทร์เนตร
EL ผศ.สุภวัฒน์ ตันวรรณรักษ์

CP ผศ.ณัฐชา พฤกษ์กานนท์
DS ผศ.ดร.วรินทร์ วงษ์มณี
PH ผศ.ณัฐพร ฤทธิ์นุ้ม
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ มานิตพรสุทธ์
GN ผศ.ดร.วันชัย ฉิมฉวี

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

PW รศ.ดร.บุญเลิศ สือเฉย
PE ผศ.ชูเกียรติ พงษ์พานิช
CM รศ.ดร.อดิศักดิ์ มนต์ประภัสสร
CT รศ.ดร.เตชา พวงดาวเรือง
EL รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์
CP ผศ.น.อ.ไชโย ธรรมรัตน์ ร.น.
DS ผศ.สมศักดิ์ สิทธิไพบราณนท์
PH รศ.สิริวิช ทัตสวน
BE ผศ.ดร.สมเกียรติ เพียงพรานทอง
GN ผศ.วิชัย แซ่ลี

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

PW อ.ดร.ชาติ ฤทธิ์หิรัญ
PE ผศ.อนุชิต เจริญ
CT ผศ.ณธรรม เกิดเส้าอาจค์
EL อ.ธีรยุทธ จันทร์แจ่ม
CP อ.ดร.ประภาส ผ่องสินาม
DS รศ.ดร.พิศิษฎ์ โภคารัตน์กุล
GN ผศ.วิญญู แสงสิงนกสิกิจ

มหาวิทยาลัยรังสิต

PW ดร.สุพัฒน์ นริศนารมณ
PE ผศ.ดร.วันชัย ทวีชัยสิงห์
CM ดร.ไพศาล งามจรรยาภรณ์
CT รศ.ดร.อดิศักดิ์ กาญจนเทพชัย
EL รศ.มนูญ พงษ์พล
CP รศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล
DS รศ.ดร.โอภาส จุฑาเทพ
PH ดร.เสด็จิตต์ เพ็ชรประสาน
BE รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์
GN ดร.สมบูรณ์ สุขสาทร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

PW ผศ.ดร.นิพัทธ์ จันทร์วินทร์
CT ผศ.ดร.มูทิศา สิงห์จันทร์

EL ผศ.ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา
CP อ.ดร.สุรเดช จิตประไพกุลศาล
DS ผศ.ดร.อัศวพันธ์ วงศ์กิ่งแห
PH ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา
GN ผศ.ดร.พนัส นัถฤทธิ์

มหาวิทยาลัยอุรกิจบัณฑิตย

PW รศ.ดร.นิศย์ เพ็ชรรักษ์
PE อ.ดร.ยุทธนา จงเจริญ
CM ผศ.ดร.ปราโมทย์ งามอิสระกุล
CT ผศ.ดร.ณรงค์เดช กัรติพรานนท์
CP ผศ.ดร.เนืองวงศ์ ทวยเจริญ
GN อ.ดร.รัฐศิลป์ รานอกมานูวิซ

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

PW ผศ.อนนกร นันทอมจันทร์
PE อ. ณัฐพงษ์ เมืองจันทร์
CM อ. กิตติเชษฐ์ นนทะสุด
CP อ. อัชกร อ่อนบุญเอื้อ
GN ผศ.ปฎิภาณ เกิดลาภ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

PW รศ.ดร.บัญญัติ รักไทยเจริญชีพ
PE ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์
CM อ.ดร.พลกฤษณ์ จรรย์ตันติเวทย์
CT ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ
EL อ.ดร.ฉัตรแก้ว จรรย์ตันติเวทย์
CP ผศ.ดร.วรินทร์ สุตคนิง
GN ผศ.ดร.มนัส บุญเกียรติทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

PW ผศ.ดร.วิวัฒน์ ทิพจร
PE ผศ.ดร.อุเทน คำน่าน
CM อ.ดร.ศุภกิจ แก้วดวงตา
CT รศ.ดร.โกศล โอนารโพธิ์
EL ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขันธ์
CP อ.ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกุล
DS อ.ดร.นภค มณีเชียร
GN อ.ดร.ยุพดี ทัตถสิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

PW รศ.ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย
PE ผศ.ดร.สายชล ชุตเจื้อจัน

CM ผศ.นิพนธ์ ทางทอง
EL ผศ.สุภณ พลสิงห์
CP ผศ.ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์
GN ผศ.ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ

มหาวิทยาลัยพะเยา

PW ผศ.ดร.จงลักษณ์ พาพะชา
PE ดร.คำรงค์ อมรเดชาพล
CT ผศ.ดร.สิทธิเดช วิวิธาศรีศิริกุล
DS อ.ดร.ธนาทิพย์ จันทร์คง
GN รศ.ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW รศ.ดร.กาญจน์ เกตุชื่น
PE ผศ.ดร.พินิจ ศรีธ
CM ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์
CT ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระเบียบกุล
EL ผศ.ดร.สมชาย ศรีสกุลเดี่ยว
CP ผศ.ดร.ณอมศักดิ์ โสภณ
DS อ.ดร.ประจวบ อินรวงค์
PH อ.ดร.นิธิโรจน์ พงสุวรรณเจริญ
BE อ.ดร.ประจวบ อินรวงค์
GN ผศ.ดร.กฤติเดช บัวใหญ่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

PW ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี
PE รศ.ดร.กมลพล อารีรักษ์
CM รศ.ดร.พีระพงษ์ อุซารสกุล
CT รศ.ดร.ก้องพัน อารีรักษ์
EL รศ.ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว
CP รศ.ดร.นิตยา เกิดประสพ
DS รศ.ดร.กิตติ อัดถกิจมงคล
PH ผศ.ดร.ทิพย์วรรณ พึ่งสุวรรณรักษ์
BE ผศ.ดร.ประเมศวร์ ท่อแก้ว
GN ผศ.ดร.อนันท์ อุ่นศิริโลย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

PW ผศ.ดร.ประมุข อุณหเสกษ
PE ผศ.ดร.ยุทธนา กันทะพะยา
CM ผศ.ดร.ภัควัฒน์ จันทร์ตรี
CT รศ.ดร.ปรีชา สาละรังค์
EL ผศ.ดร.โพบูลย์ เกียรติสุขคนาธร
DS รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมพระราชกุล

Reviewer

Akekachai Deesiri
Amarin Ratanavis
Amnoiy Ruengwaree
Amorn Jirasereeamornkun
Anon Namin
Anuree Lorsawatsiri
Aphibal Pruksanubal
Aphirak Jansang
Apichai Bhatranand
Apinan Aurasopon
Apiwat Lekuthai
Araya Florence
Arporn Teeramongkonrasmee
Arthit Sodeyome
Arthit Srikaew
Atipong Suriya
Atipong Suriya
Bhichate Chiewthanakul
Bongkoj Sookananta
Boonchai Boonchu
Boonchai Techaumnat
Boonchuay Supmonchai
Boonlert Suechoey
Boonruang Marungsri
Boonsong Sutapun
Boonsri Kaewkhamai
Boonyang Plangklang
Budhapon Sawetsakulanond
Cattareeya Suwanasri
Chai Chompooinwai
Chainarin Ekkaravarodome
Chainarong Wisassakwichai
Chaiwut Chatuthai
Chaiyachet Saivichit
Chaiyan Jettanasen
Chaiyaporn Lothongkam

Organization

Sripatum University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahanakorn University of Technology
Rajamangala University of Technology Lanna
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Kasetsart University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Mahasarakham University
Chulalongkorn University
Ubon Ratchathani University
Chulalongkorn University
Siam University
Suranaree University of Technology
Ubonratchathani University
Ubon Ratchathani University
Khonkhan University
Ubon Ratchathani University
Mahanakorn University of Technology
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Southeast Asia University
Suranaree University of Technology
Suranaree University of Technology
Chiang Mai University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Krungthep
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chulalongkorn University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Mahanakorn University of Technology

Reviewer

Chaiyo Thammarat
Chaiyut Sumpavakup
Chalee Vorakulpipat
Chanchai Dechthummarong
Chanchai Thongsopa
Chanchana Tangwongsan
Chanin Wissawinthanon
Channarong Banmongkol
Chantana Chantrapomchai
Chanwit Kaewkasi
Chaowan Jamroen
Charmyut Kamjanapiboon
Chatchai Suppitaksakul
Chawasak Rakpenthai
Chirawat Kotchasarn
Chirdpong Deelertpaiboon
Chokchai Sangdao
Chonlatee Photong
Chowarit Mitsantisuk
Chutham Sawigun
Chutham Sawigun
Chuttchaval Jeraputra
Chuwong Phongcharoenpanich
Danucha Prasertsom
Daranee Hormdee
David Banjerdpongchai
Decha Wilairat
Denchai Worasawate
Doldet Tantraviwat
Don Isarakorn
Duangarthit Srimoon
Dulpichet Rerkpreedapong
Dusit Thanapatay
Jakkree Srinonchat
Jantana Panyavaraporn
Jasada Kudtongngam

Organization

South East Asia University
Suranaree University of Technology
National Electronics and Computer Technology Center
Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Suranaree University of Technology
Chulalongkorn univerisy
Chulalongkorn univerisy
Chulalongkorn University
Kasetsart University
Suranaree University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Lanna
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
University of Phayao
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Mahanakorn University of Technology
Mahasarakham University
Kasetsart University
Mahanakorn University of Technology
Mahanakorn University of Technology
Mahidol University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Khonkhan University
Chulalongkorn University
Mahidol University
Kasetsart University
Chiang Mai Univeristy
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Rangsit University
Kasetsart University
Kasetsart University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Burapha University
National Electronics and Computer Technology Center.

Reviewer	Organization
Jedsada Arunruerk	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jirapat Sangthong	Mahanakorn University of Technology
Jirasak Charwutitum	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jirawadee Polprasert	Narasauen University
Jukkrit Kluabwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Jukkrit Tagapanij	Mahanakorn University of Technology
Kampol Woradit	Srinakharinwirot University
Kanokphan Lertniphonphan	KDDI Research
Karn Patanukhom	Chiang Mai University
Khanit Matra	Srinakharinwirot University
Khanittha Kaewdang	Ubon Ratchathani University
Kiattisin Kanjanawanishkul	Maharakham University
Kittaya Somsai	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Kittisak Kerdprasop	Suranaree University of Technology
Kittisak Tripipatpornchai	Rangsit University
Kittiwann Nimkerdphol	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Komsan Hongesombut	Kasetsart University
Komson Daroj	Ubonratchathani University
Kornchawal Chaipah	Khon Kaen University
Kraisorn Chaisaowong	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Krek Piromsopa	Chulalongkorn University
Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mana Sriyudthsak	Chulalongkorn University
Mongkol Konghirun	King Mongkut University's Technology Thonburi
Monthon Nawong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nachirat Rachburee	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nalin Sidahao	Mahanakorn University of Technology
Nararat Ruangchaijatupon	Khon Kaen University
Narong Yoothanom	Sripatum University
Narongrit Sanajit	Mahanakorn University of Technology
Natee Thongun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nathabhat Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nattachai Watcharapinchai	National Electronics and Computer Technology Center
Nattachote Rugthaicharoencheep	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattapong Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattha Jindapetch	Prince of Songkla University

Day 2

วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤศจิกายน 2561

วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤศจิกายน 2561						
Presentation / Tutorial						
Room	ปทุมวัน	ปทุมมาศ	ปทุมชาติ	ปทุมทิพย์	A5	A2
Session	PM3	PE3	GM3	CM2	CP2	
Paper IDs	IPW01, PW12-PW16	IPED1, PE12-PE16	GN14-GN19	ICM02, CM06-CM10	ICP01, CP07-CP11	Tutorial 5: EECU-8BMS and Demand Response Pilot Project for 100 Households in Thailand
Session Chair	ศดร.วิฑิต พงษ์กุลศิริ SUT	ศดร.ทองพัน อารีรักษ์ SUT	ศดร.อริศนุ ดุภานุศร MUT	ศดร.ประยุทธ์ อัครเอกกลิ่น KMUTNB	ศดร.โสภณิการ์ จันทังชัย KMUTT	Tutorial 6: *5G Wireless Technology
Coffee Break						
Presentation / Committee Meeting						
Room	ปทุมวัน	ปทุมมาศ	ปทุมชาติ	ปทุมทิพย์	A5	A2
Session	PM6	PE6	GM4	CM3	CT2	
Paper IDs	IPW02, PW17-PW22 ศดร.ธเนศวร์ หงษ์สมบัติ	IPED2, PE17-PE22 อ. นัฐพร หาญละเอียด	GN20-GN26 อ. สุธี รุจพันธ์	ICM03-04, CM11-CM15 ศดร.ธีรพงษ์ ศรีสัมพันธ์	ICT02, CT07-CT11, CP12 รศ.ดร.เสาว พงษ์ควาริษา	Committee-Meeting
Session Chair	KU	RMUTT	RMUTR	RMUTR	SAU	

การวิเคราะห์ ผลกระทบจากการติดตั้งต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม

Analysis of Installation Impact on Energy Performance of a large scale 1MW PV Rooftop in Mae Klong, Thailand

บัญชา งามชื่น¹ ธราธิป แสงกล้า¹ รุ่งเพชร ก่องนอก² และบุญยัง ปั้งกลาง³

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³banchar_n@mail.rmutt.ac.th, ¹Tharatip_s@mail.rmutt.ac.th, ²krungphet@gmail.com, ³boonyang.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา จากมุมติดตั้งที่ไม่เท่ากันของอาคาร ขนาด 1 เมกะวัตต์ พื้นที่ศึกษาที่ ตำบลแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัด สมุทรสงคราม จากการศึกษาที่ได้จากการการติดตั้งจริงพบว่า การผลิตกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผง และอินเวอร์เตอร์ที่ถูกติดตั้งอยู่ตัวละซีกด้านของหลังคาที่มีคุณสมบัติและขนาด 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน แต่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมามีค่าต่างกัน โดยอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ผลิตพลังงานรวมได้ 746.265 ล้านหน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ผลิตพลังงานรวมได้ 699.541 ล้านหน่วย ซึ่งจากความแตกต่างของพลังงานที่วัดได้นี้สืบเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมบริเวณที่ติดตั้ง และแนวหลังคาของตัวอาคารที่ใช้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่หันมุมกับทางโคจรของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาลในประเทศไทย ซึ่งข้อมูลที่ได้ศึกษานี้ จะใช้ประกอบประกอบในการตัดสินใจการออกแบบ และติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาให้กับเจ้าของอาคาร ที่มีหลังคาติดตั้งในลักษณะดังกล่าวในอนาคตได้

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ ผลกระทบของมุมติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา

Abstract

This paper presents performance analysis of a large scale 1MW PV Rooftop in Mae Klong, Thailand. The selected 1MW PV rooftop was constructed using two inverters of 500 kW and the system was installed on two sides of industry's roof in opposite side accordingly to angle of the roof. From one year operation, it found that the difference data recorded from power output of inverter no.1 and inverter no.2 are different, the inverter no. 1 was 746.265 MWh and the inverter no.2 was 699.541 MWh. The power output is significantly effected by roof angle. As the orientation of roof was not fit to the azimuth angles,

therefore this study will investigate the real implementation data to analysis the performance of the PV rooftop system. The paper will reveal all aspects and details. Moreover the comparison of power output from different roof angles will be fully described in this paper, and will be helpful for all application type of PV roof top installation.

Keywords: Large Scale PV Rooftop and Angle Effect of PV rooftop

1. บทนำ

จากนโยบายภาคส่งเสริมของภาครัฐให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตามแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว ซึ่งมีเป้าหมายผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการพัฒนารวดเร็วของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และถูกนำมาติดตั้งใช้งานอย่างแพร่หลายในภูมิภาค เอเชีย รวมถึงประเทศไทย โดย แบ่งชนิดการติดตั้งได้เป็น 2 ชนิดหลักๆ ประกอบด้วย ชนิดติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) และชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคาร (Roof Top) ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบอย่างกว้างขวางภายในประเทศ โดยส่วนใหญ่จะทำการติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งระบบดังกล่าวง่ายต่อการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบ ส่วนการติดตั้งบนหลังคาอาคารนั้น ได้เริ่มมีการติดตั้งมาใช้งานมากขึ้นตามลำดับ เหตุผลของการติดตั้งบนหลังคาอาคารนั้น ไม่มีความสูญเสียพื้นที่สำหรับกิจกรรมอื่น เช่น พื้นที่เกษตร หรือพื้นที่ของแหล่งชุมชน เป็นต้น

2. วิธีการศึกษา

ส่วนการศึกษานี้ ศึกษาจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ ในตำบลแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยศึกษาจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ 2 ตัว ที่มีคุณสมบัติและขนาด 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน แต่ตำแหน่งของการติดตั้ง ได้ถูกติดตั้งตัวละด้านของหลังคา ตามลักษณะของอาคารเดิม มีมุมทะแยงกับทางโคจร

ของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาลของประเทศ ค่าพลังงานที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวมีค่าแตกต่างกัน อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ผลิตพลังงานรวมได้ 746.265 ล้านหน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ผลิตพลังงานรวมได้ 699.541 ล้านหน่วย จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะและองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานของอินเวอร์เตอร์ทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) ให้กับผู้นสนใจได้ทราบถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการติดตั้งในรูปแบบลักษณะดังกล่าว ต่อไป

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคาทำการวิจัยนี้

ได้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน โดยมีคุณสมบัติแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน

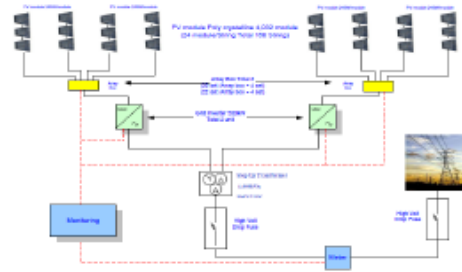
รายการ	หน่วย	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P _{max})	W	245
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V _{oc})	V	37.4
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I _{sc})	A	8.69
กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I _m)	A	8.12
ผลกระทบบนอุณหภูมิที่ค่าอุณหภูมิ	%/°C	-0.45

2.1 ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่จริง

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 MW โดยแบ่งการติดตั้งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ติดตั้งอินเวอร์เตอร์หมายเลข 1 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง และพื้นที่ส่วนที่ 2 ติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ หมายเลข 2 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง โดยเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้า จากเดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ.2559 แล้วเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ผลิตได้ของสองพื้นที่



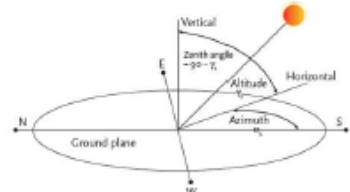
รูปที่ 1 ตำแหน่งและที่ก่อกำเนิดการติดตั้งของโรงไฟฟ้า ชนิดติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 MW ที่ก่อกำเนิดติดตั้งที่ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 2 แสดงวงจรโคอะแกรมที่ใช้ในการติดตั้ง โรงไฟฟ้า ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 MW ที่ก่อกำเนิดติดตั้งที่ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม

2.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

มุมเอซิมูทของดวงอาทิตย์ (SOLAR AZIMUTH ANGLE, γs) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียน ท้องถิ่น หากวัดจากทางทิศใต้ไปทางตะวันตกเป็น + หากวัดไปทางทิศตะวันออกเป็น -



รูปที่ 3 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ส่งพลังงานมายังพื้นโลกตามพื้นที่ตั้งของประเทศไทย [4]

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \alpha}{\cos \alpha_s} \tag{1}$$

มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตร ค่าหมคมีค่าเป็น + เมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็น - เมื่อวัดไปทางทิศใต้หา โดยได้จากสมการที่ (2) [6]

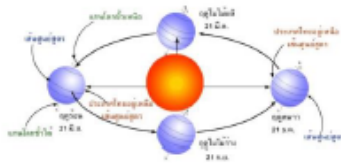
$$\delta = 23.45 \frac{\pi}{180} \sin \left(2\pi \left(\frac{284 + n}{36.25} \right) \right) \tag{2}$$

เมื่อ δ = มุมเดคลิเนชัน
n = คือวันที่ของปี (Julian Date), 1 ≤ n ≤ 365

GN24

การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดฤดูกาลต่างๆ โดยโลกจะหมุนรอบตัวเองในทิศทางเข็มนาฬิกา และทำมุมเอียงคงที่ที่ 23.45 องศาขณะหมุนรอบดวงอาทิตย์ เมื่อโลกโคจรไปและอยู่ในตำแหน่งแต่ละส่วนด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์ในเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดฤดูกาลขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ฤดู ดังรูปที่ 4 คือ ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ร่วง และ ฤดูหนาว

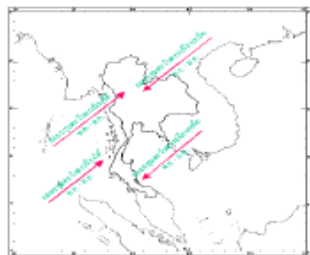
ส่วนประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาลหลักๆ ได้แก่ ฤดูฝน : อยู่ในช่วง พฤษภาคม ถึง ตุลาคม ฤดูหนาว : อยู่ในช่วง พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ และ ฤดูร้อน : อยู่ในช่วง กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม



รูปที่ 4 วงรอบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบปี [๘]

สำหรับอิทธิพลของมรสุมที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งมีทิศทางตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อย ในเขตร้อนและได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงสุดตลอดปีจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมหลักๆ 2 ชนิด คือ

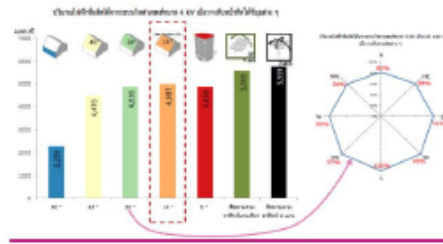
1. ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ลมนี้เกิดบริเวณมหาสมุทรอินเดียในซีกโลกใต้พัดผ่านศูนย์สูตรขึ้นมา จึงนำความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทยทางทิศตะวันตก
2. ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดต่อจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ลมนี้เกิดจากแถบประเทศมองโกเลีย และจีนในซีกโลกเหนือจึงนำความหนาวเย็นและแห้งแล้ง เข้าสู่ประเทศไทย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 มรสุมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงฤดูกลางของประเทศไทย [๘]

ทิศทางของหลังคาที่สัมพันธ์กับแนวโคจรของดวงอาทิตย์ โดยปกติแล้ว การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเมืองไทย นิยมที่จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ และเอียงทำมุมประมาณ 10-18 องศากับพื้นโลก (ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ) เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุมเอียง ผู้ติดตั้งจะกำหนดทิศทางของแผงว่าจะหันไปทิศใด เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของวันได้ปริมาณมากที่สุด สำหรับผู้ที่อยู่ทางตอนเหนือ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการหันแผงเอียงไปทางใต้ การกำหนดมุมเอียงจะเพิ่มสูงขึ้นตามค่าแฉกของเส้นละติจูด คือ ยิ่งที่ตั้งห่างไกลจากเส้นศูนย์สูตรมากเท่าไร ยิ่งต้องติดตั้งให้แผงเอียงเอียงสูงขึ้น จากรูปที่ ๖ จะเห็นได้ว่า ทิศทางของหลังคาที่หันไปด้านทิศใต้จะมีผลทำให้มีกำลังการผลิตสูงสุดของแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

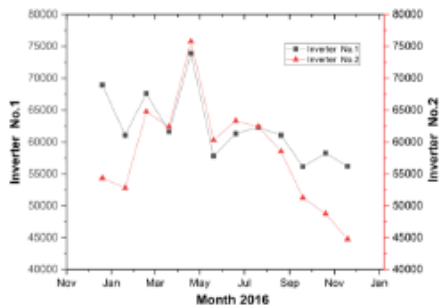
Bangkok Sun Chart and Solar Cell System Placement



รูปที่ 6 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ [9]

3. ผลการศึกษาทดลอง

จากการศึกษาผลจากการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ในรอบปี 2016 พบว่า ผลจากกำลังการผลิตไฟฟ้าจริงที่ได้จาก Inverter no.1 มีค่าพลังงานที่ได้ในรอบปี ที่ 746,265 หน่วยต่อปี และ Inverter no.2 มีค่าพลังงานที่ได้ในรอบปี ที่ 699,541 หน่วยต่อปี และมีค่าพลังงานทั้งสอง Inverter รวมกัน 1,445,806 หน่วยต่อปี โดยมีค่าสูงสุดของค่าพลังงานที่วัดได้ ใน Inverter 1 ในเดือนพฤษภาคม 2559 มีค่าพลังงานสูงสุดที่ 73,890 หน่วย และ Inverter 2 ในเดือน พฤษภาคม 2559 มีค่าพลังงานสูงสุดที่ 75,786 หน่วย และ เปรียบเทียบให้เห็นค่าความแตกต่างของกำลังการผลิตระหว่าง Inverter 1 และ 2 ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเชิงที่ผลิต จาก Inverter no.1 และ Inverter no.2

4. วิจารณ์และวิเคราะห์ผลจากการติดตั้ง

จากการวิเคราะห์สถานที่ติดตั้งจริง พบว่าทิศทาง(ด้าน) ของหลังคาตัวอาคารที่ใช้สำหรับการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) ขนาด 1.3MW ที่ติดตั้งที่ ตำบลแม่ทอง จังหวัดสมุทรสงคราม มีแนวระนาบของหลังคาทำมุมกับทิศทางแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ อยู่ 2 ด้านคือคือ แผงพลังงานส่วนแรกของ Inverter no.1 ถูกติดตั้งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ แผงพลังงานของ Inverter no.2 ถูกติดตั้งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 1 ส่งผลให้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้ารวม ของ inverter no.1 (746,265 หน่วย) ต่ำกว่าค่า กำลังการผลิตไฟฟ้าของ Inverter no.2 (699,541 หน่วย) เนื่องจากแผงพลังงานของ Inverter no.1 ถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศใต้ในตัวเอง และ Inverter no.1 และ no.2 มีค่ากำลังการผลิตสูงสุดใกล้เคียงกันในช่วง เดือนเมษายน-พฤษภาคม (ช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย) เนื่องจากมุมการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทำมุมในแนวตั้งฉากกับหลังคาบริเวณที่ตั้งส่งผลให้มีความเข้มของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ดีที่สุด ส่งผลให้มีค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังผลการทดลองในรูปที่ 7

ดังกล่าวในการออกแบบและติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) จึงควรเลือกติดตั้งแผงพลังงานบริเวณหลังคาที่มีระนาบหันไปทางทิศใต้ มากกว่าทิศใดๆ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาค่ากำลังการผลิตที่ได้ จากโรงไฟฟ้าแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) พบว่า ตำแหน่งที่ติดตั้ง โดยเฉพาะทิศทางของแนวหลังคา มีผลกระทบต่อค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งในทางทิศใต้จะให้ค่ากำลังการผลิตดีที่สุด รวมถึงมุมการโคจรของดวงอาทิตย์ (Declination Angle, δ) ที่ทำมุมกับ

พื้นผิวโลกในแต่ละช่วงฤดูไม่เท่ากัน จากรูปที่ 7 คือในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน - มกราคม) ค่ากำลังการผลิตที่ได้จาก Inverter no. 2 ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศเหนือของหลังคาจะมีค่ากำลังการผลิต ต่ำกว่า Inverter no. 1 ที่ถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศใต้ของหลังคาอย่างเห็นได้ชัด (54,325 หน่วย และ 68,936 หน่วย ตามลำดับ) และค่อยๆเพิ่มค่ากำลังการผลิตเฉลี่ยสูงสุดไล่เลี่ยกันระหว่าง Inverter no.1 (73,890 หน่วย) และ no.2 (75,786 หน่วย) ในช่วงฤดูร้อน (เมษายน - พฤษภาคม) เนื่องจากเป็นช่วงที่มุมการโคจรของดวงอาทิตย์ ทำมุมตั้งฉากกับทิศบริเวณที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์พอดีในช่วงฤดูร้อนดังกล่าว จึงส่งผลให้โรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้ถั่วลิสงเนื้อมลสำหรับขับเคลื่อนเครื่องพิมพ์ดีดเคลื่อนไหว,"การประชุมแผนพัฒนาพลังงานทดแทนไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558-2579(PDP2015), กรุงเทพมหานคร, 9-10 พฤศจิกายน 2549, หน้า 11.
- [2] JASolar สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2560 <https://d1819pwtfd4nsw.cloudfront.net/files/documents/jasolarjap72-95740.pdf>
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา.สืบค้นเมื่อพ.ศ.2560.จาก www.mad.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48430
- [4] The terminology and concepts used to determine the magnitude and direction of incident solar radiation สืบค้นเมื่อ พ.ศ.2561 จากเว็บไซต์
- [5] Calculation Solar angle สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2561 จากเว็บไซต์ <https://http://www.itacenet.org>
- [6] รังสีดวงอาทิตย์และการเปลี่ยนเป็นรูปพลังงานความร้อน, อ.ดร. สุลักษณ์ มงคล, หน้า 44-48.
- [7] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์โลก <http://www.lesa.biz/astrophysics/celestial-sphere/celestial-motion> สืบค้น เมษายน 2560
- [8] การเกิดฤดูกาลสืบค้นเมื่อพ.ศ.2561จากเว็บไซต์ <https://sites.google.com/site/webkoonopatra/sara-sakthay>
- [9] ทิศทางตำแหน่งหลังคาที่เหมาะสมกับการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ สืบค้นเมื่อ พ.ศ.2561 จากเว็บไซต์ <http://solarcellcenter.com/en/content/1--solar-cell-placement>



**ELECTRICAL
ENGINEERING
NETWORK 2019**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11

The 11th Conference of Electrical Engineering Network 2019

วันที่ 15-17 พฤษภาคม พ.ศ. 2562

ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ อำเภอ พระนครศรีอยุธยา

จังหวัด พระนครศรีอยุธยา



Conference Topics

1. ไฟฟ้ากำลัง (Electrical Power : PW)
2. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics : PE)
3. พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (Energy and Energy Saving : ES)
4. ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด (Control Systems and Instrumentation : CT)



5. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Computer and Information Technology : CI)
6. วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (Electronics Circuit and Communication : EC)
7. นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (Innovation and Invention : IN)
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (General Electrical Engineering : GE)
9. หัวข้อพิเศษในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า (Special Session on Electrical Engineering : SS)



คณะกรรมการวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

1. รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอหารไพโรจน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	ที่ปรึกษา
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ เกิดชื่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ที่ปรึกษา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	ประธานกรรมการ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ภฤชณัฏฐ์ ภูมิภักดีพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	รองประธานกรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายังงษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย สว่างงาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตติเจือจีน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
9. รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโยติ รักไทยเจริญชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประหัต กงสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	กรรมการ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
12. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนพานโต สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	กรรมการ
13. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิชัย บุญปิยทัศน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
15. รองศาสตราจารย์ ดร.เวดิน ปิยรัตน์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	กรรมการ
16. รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

- | | | |
|-----|--|-------------------------|
| 1. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 2. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 3. | ผศ.ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง
รองคณบดีฝ่ายวิจัยพัฒนาและบริการวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 4. | อาจารย์ ดร.ฉัตรชัย ศุภทิพย์สกุล
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ประธานกรรมการ |
| 5. | อาจารย์วีโรจน์ ทิราจนเนนชัย
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | รองประธานกรรมการคนที่ 1 |
| 6. | อาจารย์มาโนช ประชชา
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | รองประธานกรรมการคนที่ 2 |
| 7. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา | กรรมการ |
| 8. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | กรรมการ |
| 9. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย | กรรมการ |
| 10. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โท้ทองคำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ | กรรมการ |
| 11. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางหิน
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน | กรรมการ |
| 12. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสังคราม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ | กรรมการ |
| 13. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมคิด สุทธิศักดิ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย | กรรมการ |
| 14. | อาจารย์ ดร.วิรัช อ้นยาภิรักษ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน | กรรมการ |
| 15. | อาจารย์ ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ | กรรมการ |
| 16. | อาจารย์ ดร.สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ | กรรมการ |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

อาจารย์ ดร.มงคล มีสุน	กรมสอบสวนคดีพิเศษ (DSI)
อาจารย์ ดร.อรรถ พยอมหอม	การไฟฟ้านครหลวง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยากร อัครวิเศษ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.ยุทธพงศ์ ทัพมงคล	บริษัท ทีอีเอ เอ็นคอม อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมารินทร์ แสงหาณิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภย์ทิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดชา คล้ายเรือง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุชิต เจริญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ ชัยมูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์สุรชัย สุขกุลชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล จิระจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิบาล พลภูษานูบาล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ ดร.ตฤษา ประเสริฐสม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพร เลิศวาลนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์สัมพันธ์ พรหมทิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์ราชู พันธุ์ฉลาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อาจารย์ ดร.พุทธพร เกวตลกลานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประหัต กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนชิรินทร์ ราชบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมหมาย ติวลอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย แดงอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนิจ ชิตจรัส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.กิตติวัฒน์ นิยมเกิดผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.ฉัตรชัย ศุภกิจกษัตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ภุชงค์ชนม์ ภูมิภิตติขัญญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ แหมงงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์องอาจ แสคใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.วิเชียร อุปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิธิวัฒน์ ชุลกกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรวินน์ คชสาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดใหญ่ที่คิด 1 เมกะวัตต์

Power Production Availability Analysis of a Large Scale PV Rooftop 1 MW

บัญชา วนชื่น¹ ราเชิป์ แสงกล้า² ภูมิพร ท่อนอก³ และบุญชัย ปลั่งกลาง⁴

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชั้นเอกธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี โทรศัพท์ 0-2549-3420 E-mail: banchar_n@mail.rmutt.ac.th, boonyang.p@en.rmutt.ac.th

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชั้นเอกเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โทรศัพท์ 0-4425-2659 E-mail: krungphet@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าการผลิตไฟฟ้า (Power Production Availability) ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ที่คิด 1 เมกะวัตต์ โดยทำการศึกษา 3 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิโดยรอบ ระยะทางติดตั้งของอินเวอร์เตอร์กับจุดขายไฟฟ้า และลักษณะการติดตั้งที่เกิดจากรูปแบบของอาคารที่ติดตั้ง จากการศึกษาพบว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากหรือน้อยนั้นประกอบด้วยผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิโดยรอบ ระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปอินเวอร์เตอร์ขายไฟฟ้า ทั้งรูปแบบการติดตั้งซึ่งต้องเป็นไปตามรูปแบบอาคารที่ติดตั้ง ซึ่งมีข้อจำกัดที่มีส่วนที่กระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา โดยทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่าของอุณหภูมิแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ศึกษาส่งผลกระทบต่อ จากการศึกษาพบว่าความสูญเสียที่เกิดจากระยะทางระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปอินเวอร์เตอร์ขายไฟฟ้ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียที่ 1.21% และทั้งนี้ยังพบอีกว่า ในแต่ละฤดูกาลมีผลกระทบต่อค่าพลังงานผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งของโรงไฟฟ้าด้วย

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ ผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิโดยรอบ และระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปอินเวอร์เตอร์ขายไฟฟ้า

Abstract

This article presents a study of factors that affect to the electric efficiency of PV rooftop power plant large scale 1 MW production by studying the 3 major factors concerning to the ambient temperature, cable distance between an inverter and selling electricity meter although consider to the physical of buildings and installation

location. From the study were found the energy production of the PV power plant is affected and caused by the ambient temperature and the distance of the electrical cables installed between the PV power changer to the selling electricity meter. Both installation models were fixed in accordance to the existing building structure which affects to the production of electric power of roof-mounted PV power plants by analyzing the energy product compared with the value of the ambient temperature of PV power plants. In conclusion, found that the loss caused by the distance between inverter to selling electricity meter has a loss percentage approximate 1.21% and in each season changes also affect to the electricity production of the PV power plant indifferently

Keywords: Large scale PV rooftop and Energy Production affect caused by ambient temperature and the distance between inverter to selling electricity meter

1. บทนำ

รัฐบาลได้ให้การส่งเสริมด้านพลังงานทดแทน โดยจะเห็นได้จากนโยบายภาคส่งเสริมสนับสนุนให้เอกชนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีแผนสนับสนุนระยะยาวเพื่อให้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง จากการลงทุนที่กล่าวมานี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง กับระบบพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบส่วนอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้า จากกระแสของโซลาร์เซลล์ ให้เป็นกระแสสลับเพื่อส่งต่อให้พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์สามารถส่งเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า และส่งจ่ายเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้มีการติดตั้งอย่างหลากหลายมากขึ้น ไม่ว่าจะรูปแบบการติดตั้งบนดินที่กระจัดกระจายเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวางไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ รวมถึงการติดตั้งชนิดบนหลังคาอาคารซึ่งมีเป็น



การเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิตไฟฟ้าที่เกิดประ โยชน์อย่างสูงสุด หรือ เมื่อกระแสรูปแบบการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าขนาดใหญ่ ที่ปัจจุบัน ได้รับมีการผลิตไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งการผลิตในรูปแบบที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานแตกต่างกัน เช่น การผลิตที่บนพื้นดิน หลังการผลิตพลังงานนี้ อาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตที่บนพื้นดิน หลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี หรือการผลิตที่บนหลังคาอาคารอาจเป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ความร้อนสะสมที่เกิดขึ้น หรือ เมื่อกระแสการผลิตที่บนพื้นดินของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เริ่มมีการผลิตไฟฟ้าขึ้นในประเทศไทย แต่ที่เริ่มนำผลิตของระบบการนำไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่ด้วยสูงสุด

2. วิธีการศึกษาระบบ

ในบทความนี้ สนใจศึกษาระบบเชิงพื้นที่ของกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop) เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพของระบบที่เกิดขึ้นของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งขนาดใหญ่ขนาด 1 เมกะวัตต์ ในการผลิตไฟฟ้าได้จากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ บนหลังคา หรืออินเวอร์เตอร์ แบบเป็น 2 ชุด ขนาดติดตั้ง ชุดละ 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน โดยทั้ง 2 ชุดติดตั้งอยู่ด้วยตัวเครื่องของอินเวอร์เตอร์ โดยค่าพลังงานที่วัดได้ของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี 61 ได้รวมทั้งสิ้น 742,100.00 หน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี 61 ได้รวมทั้งสิ้น 682,791.00 หน่วย จากการติดตั้ง ค่าไฟรวม 16.11 ซึ่งเมื่อติดตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน หลังการผลิตพลังงานแบบตามลักษณะของอาคาร ส่งผลให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ ทั้ง 2 ตัว มีค่าแตกต่างกัน

ค่าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ติดตั้งในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ศึกษานี้ เป็นแบบผลิตกรรมชาติ มีคุณสมบัติเฉพาะในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่ไว้

รายละเอียดแผงโซลาร์เซลล์แบบซิลิคอน	ค่าต่อหน่วย
1. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	245 วัตต์
2. แรงดันไฟฟ้าวงเปิด (V_{oc})	37.4 โวลต์
3. กระแสไฟฟ้าวงสั้น (I_{sc})	8.69 แอมแปร์
4. กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{mp})	8.12 แอมแปร์
5. ผลกระทบด้านกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิ	-0.45%/°C

2.1 ที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่ศึกษา

ในการศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่ท่าอากาศยาน ดัตช์ที่มี 2 ไร่บด หนองใหญ่ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี ขนาดพื้นที่ติดตั้งการผลิต 1 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถออกแบบโดยแบ่งการผลิตออกเป็นสองส่วน และใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 500 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ตัว โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์เป็นแหล่งพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์ โดยตัวอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวใช้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2,016 แผง ติดเป็นแผงไฟฟ้า 491,920 วัตต์สำหรับ ในการศึกษานี้ ได้ศึกษาข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ.2561 เพื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ศึกษานี้

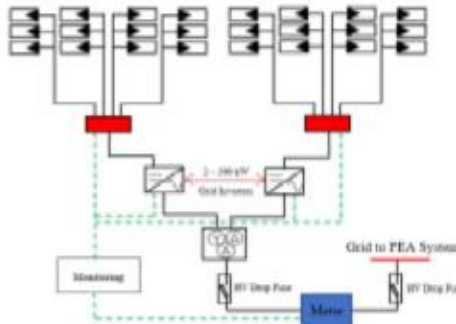


รูปที่ 1 พื้นที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 MW แบบติดตั้งบนหลังคา ๗ ส่วนแยกย่อย จังหวัดปทุมธานี

การผลิตบนหลังคาอาคาร ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารเป็นกรอบแดงของฝั่ง ค่อยกับอินเวอร์เตอร์ติดตั้งอยู่ในกรอบสีเขียวอีก 500 กิโลวัตต์ ทำระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่ระยะห่างของอินเวอร์เตอร์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีระยะห่างประมาณ 10 เมตร โดยระยะของอินเวอร์เตอร์กับชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีระยะโดยประมาณ 80 เมตร และชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 2 มีระยะห่างประมาณ 90 เมตร ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 1

2.2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร

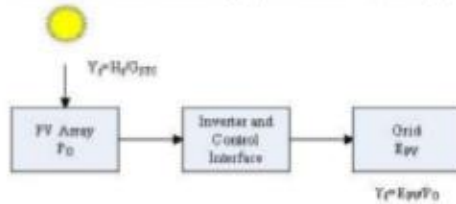
การผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา นี้ แบ่งการผลิตประกอบไปด้วยอินเวอร์เตอร์ขนาดผลิตกำลังไฟฟ้า 500 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ระบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อสันโดษมีโดยระบบการผลิตระบบ แสงอาทิตย์ที่ 2



รูปที่ 2 โดเมนการติดตั้งของโรงไฟฟ้า แบบติดตั้งบนหลังคา 1 MW ที่ติดตั้งที่ตำบลหนองกุง จังหวัดสุพรรณบุรี

2.3 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต

การวิเคราะห์และศึกษาที่พลังงานของโรงไฟฟ้าที่เชื่อมกับสายส่งไฟฟ้า 11 kV จำเป็นจากสมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 3 และสมการ จำนวน [1]



รูปที่ 3 สมการและตัวแปรของประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังงานของสายส่งไฟฟ้า

Final system yield
 $Y_f = E_{gr} / P_n$ (kWh/kWp*day) or (hours/day) (1)

Reference yield
 $Y_r = H_i / G_{STC}$ (kWh/kWp*day) or (hours/day) (2)

Performance ratio
 $PR = Y_f / Y_r$ (3)

Where
 E_{gr} : Energy delivered to the load (kWh)
 P_n : Nominal power of PV array at standard test conditions (kWp)

ตารางที่ 2 ค่าพลังงานต่างๆ อุณหภูมิเฉลี่ย และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์ ที่ท่ากระเทียม

เดือน	ประเภทยก ผลิต (kWh)	พลังงาน จำนวน (kWh)	ความชื้นสัมพัทธ์ อาทิตย์เฉลี่ย (HR: (kWh/m ²))	อุณหภูมิของ เฉลี่ย (°C)	พลังงานที่ ผลิตได้ (kWh)
1	112,313.00	112,540.00	4.602	29.18	112,313.00
2	112,671.00	110,900.00	4.931	35.86	112,671.00
3	141,829.00	139,720.00	5.456	38.56	141,829.00
4	134,686.00	130,200.00	5.576	38.19	134,686.00
5	136,196.00	138,300.00	5.463	39.42	136,196.00
6	118,318.00	116,400.00	4.818	37.97	118,318.00
7	110,034.00	108,320.00	4.126	40.47	110,034.00
8	103,601.00	102,040.00	3.913	39.33	103,601.00
9	120,495.00	118,960.00	4.937	41.99	120,495.00
10	121,717.00	120,000.00	4.941	41.93	121,717.00
11	112,060.00	110,440.00	4.817	35.86	112,060.00
12	101,028.00	99,780.00	4.277	35.86	101,028.00
เฉลี่ย	1,424,900.00	1,407,000.00	4.82	37.89	1,418,741.67

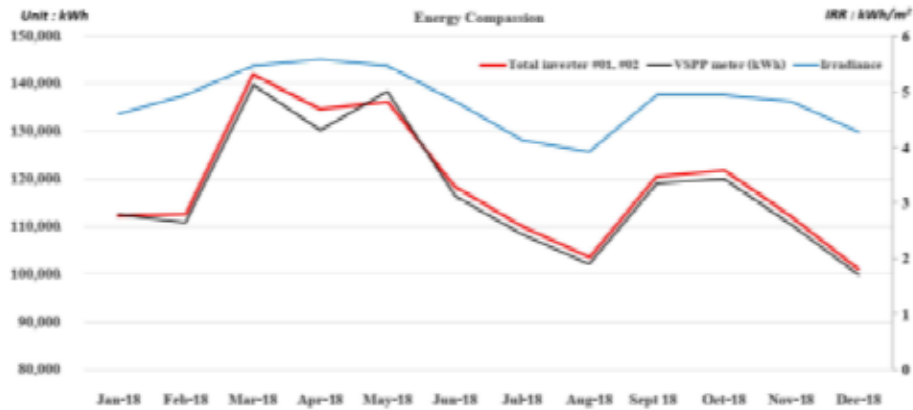
ตารางที่ 3 พลังงานจากอินเวอร์เตอร์ 1 และ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์และ ที่ท่ากระเทียม

เดือน	ค่าพลังงานที่ ผลิตได้ (kWh)	ความชื้นสัมพัทธ์ อาทิตย์เฉลี่ย (HR: kWh/m ²)	อุณหภูมิของ เฉลี่ย (°C)	พลังงานที่ 1 (kWh)	พลังงานที่ 2 (kWh)
1	112,313.00	4.602	29.18	62,489.00	49,844.00
2	112,671.00	4.931	35.86	61,315.00	51,356.00
3	141,829.00	5.456	38.56	74,550.00	67,279.00
4	134,686.00	5.576	38.19	68,117.00	66,569.00
5	136,196.00	5.463	39.42	67,021.00	69,175.00
6	118,318.00	4.818	37.97	57,775.00	60,543.00
7	110,034.00	4.126	40.47	54,205.00	55,829.00
8	103,601.00	3.913	39.33	51,895.00	51,706.00
9	120,495.00	4.937	41.99	61,706.00	58,789.00
10	121,717.00	4.941	41.93	64,494.00	57,263.00
11	112,060.00	4.817	35.86	61,537.00	50,523.00
12	101,028.00	4.277	35.86	56,955.00	44,073.00
เฉลี่ย	118,741.67	4.82	37.89	62,108.00	62,792.00

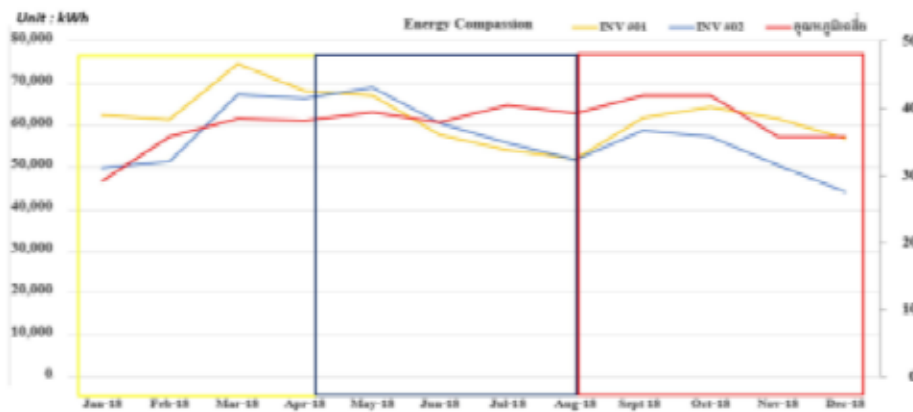
ตารางที่ 2 และ 3 ค่าพลังงานต่างๆ อุณหภูมิเฉลี่ยของของสายส่งสายไฟฟ้า และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์ ที่ท่ากระเทียมและเดือนธันวาคมปี 2561 จากทั้งสองตาราง สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานของสายส่งไฟฟ้า ได้ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5

PV
PEL
EN
CI
CF
M
IN
GN-17
EN

บทความวิจัย
 การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11
 11th Conference of Electrical Engineering Network 2019 (EENET2019)



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากอินเวอร์เตอร์ และพลังงานที่ขายให้กับการไฟฟ้า



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าพลังงานของอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวที่ใช้งาน กับอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน

จากรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบที่ได้จากการวัดที่อุณหภูมิที่เกิดขึ้น ได้แก่ ค่ากำลังการผลิตรวม จากอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 (เส้นสีแดง) กับค่าพลังงานไฟฟ้า ณ จุดมิเตอร์ขาย (เส้นสีน้ำเงิน) และปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ (เส้นสีฟ้า) พบว่ามีความสอดคล้องกัน ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ กับค่าที่ขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า มีเพียงช่วงเดือนกรกฎาคม และพฤษภาคม ที่ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่ำกว่าค่าที่ขายออกไป เมื่อทำการตรวจสอบพบว่า เกิดจากความผิดปกติของเครื่องมือวัด ทั้งนี้ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว และใช้งานได้

จากรูปที่ 5 เป็นการนำค่ากำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 ตัวมาทำการเปรียบเทียบกับรังสี คืออินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 (เส้นเหลือง)

อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 (เส้นสีน้ำเงิน) และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงไฟฟ้า (เส้นสีแดง) เพื่อหาความสัมพันธ์ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละฤดูกาล ซึ่งกำลังการผลิตพลังงานในแต่ละช่วงของฤดูกาลมีความแตกต่างกัน สามารถอธิบายได้ ดังนี้ [2]

- ช่วงเดือน มีนาคม-พฤษภาคม (ฤดูร้อน) ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ มากที่สุด ขณะเดียวกัน อุณหภูมิเฉลี่ย (°C) จะสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ประสิทธิภาพ และกำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง โดยเฉพาะ เดือน เมษายน

- ช่วงเดือน มิถุนายน – ธันวาคม (ฤดูร้อน) ความเข้มรังสีอาทิตย์จะลดลงและมีค่าต่ำสุด โดยลดหะเดือน สิงหาคม ส่วนค่าที่มีค่าต่ำถึงการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด และค่าที่ต่ำกว่าปกติเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

- ช่วงเดือน ตุลาคม-มกราคม (ฤดูหนาว) เนื่องจากสภาพอากาศและอุณหภูมิแวดล้อม ส่วนความแตกต่างของกำลังการผลิตระหว่างอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัว เนื่องจาก มีพื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์วางเอียง ซึ่ง อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 จะมีการผลิตที่ต่ำกว่า อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 เพราะแผงผลิตตั้งอยู่ด้านทิศใต้ ได้รับแสงแดดน้อยกว่า จึงยังมีค่าความแตกต่างของพลังงานที่ได้จากการผลิต และค่าที่ถึงงาน ๓ ชุด มีคอร์ดขาด (การไฟฟ้า) เนื่องจาก ระยะเวลาของสายไฟฟ้า ขณะเครื่องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ไปยัง มิเตอร์จำหน่าย

3. สรุป

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย ได้แก่ ผลกระทบของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้รับ สภาพแวดล้อม ช่วงฤดูกาลของแต่ละปี อุณหภูมิโดยรอบ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และแม้กระทั่งผลกระทบระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปยังมิเตอร์ขายไฟฟ้า ซึ่งรูปแบบการติดตั้งจะถูกบังคับให้เป็นไปตามรูปแบบของอาคารที่จัดติดตั้ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ทั้งนี้ในการติดตั้งระบบฯ ควรคำนึงถึงผลกระทบจากปัจจัยดังกล่าว ที่จะส่งผลให้กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าค่าประมาณการได้ อีกทั้งยังช่วยเตือนให้ผู้ออกแบบระบบฯ พึงระวังหรือหลีกเลี่ยง หรือที่สหภาพการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมในการติดตั้งได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณขอขอบคุณ บริษัท PST.GROUP Solar Power Plant จำกัด ในความอนุเคราะห์ ข้อมูลสารสนเทศประกอบกรวิจัย เพื่อทดสอบสมมติฐานของคณะผู้วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] U. Jahn and B. Grimming, "Analysis of Photovoltaic Systems," Report IEA-PVPS T2-01:2000, 2000.
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา.สืบค้นเมื่อพ.ศ.2560.๗10 www.tmd.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48430
- [3] The terminology and concepts used to determine the magnitude and direction of incident solar radiation สืบค้นเมื่อ พ.ศ.2561 จากเว็บไซต์ <https://www.sibsigjournal.com>
- [4] วิจัยความถี่และกรุปที่นิยมเป็นรูปทรงความรีตอน ดร.สุภัทธนา นภทศ หน้า 44-48.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นาย ปิฎุชา รานจัน
ปริญญาตรีจาก สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งานวิจัยที่สนใจ: พลังงานทดแทน การหา
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

EW
PE
ES
ET
ET
EC
EN
GN-17
NS

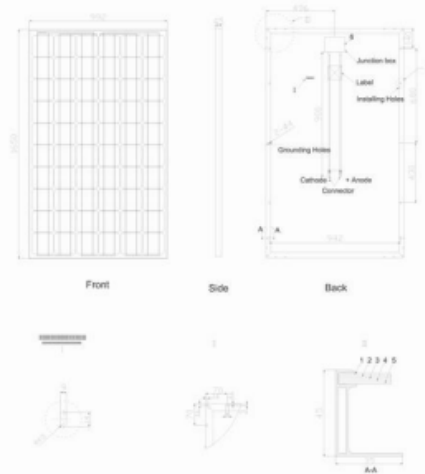
ภาคผนวก





- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวม

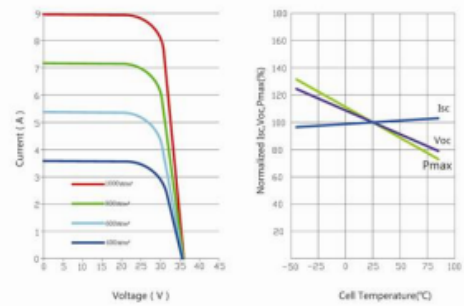
Engineering Drawings



Packaging Configuration

Quantity/Pallet , Quantity/40'HQ Container 24 pcs/pallet,672 pcs/40'HQ
 Quantity/Pallet , Quantity/20' Container 20 pcs/pallet,240 pcs/20'ft

I-V Curves & Temperature Dependence of Isc,Voc,Pmax



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline 156×156mm (6 inch)
No.of cells	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×45mm (64.97×39.06×1.77 inch)
Weight	19.0kg (41.9 lbs.)
Front Glass	3.2mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² / UL 12AWG, Length:900mm

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM-220M	JKM-225M	JKM-230M	JKM-235M	JKM-240M	JKM-245M	JKM-250M
Maximum Power at STC(Pmax)	220Wp	225Wp	230Wp	235Wp	240Wp	245Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	29.5V	29.7V	29.9V	30.0V	30.2V	30.4V	30.6V
Maximum Power Current (Imp)	7.46A	7.57A	7.69A	7.83A	7.95A	8.06A	8.17A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.6V
Short-circuit Current (Isc)	7.97A	8.08A	8.20A	8.31A	8.45A	8.58A	8.70A
Cell Efficiency(%)	15.75%	16.00%	16.50%	16.75%	17.00%	17.50%	18.00%
Module Efficiency(%)	13.44%	13.74%	14.05%	14.36%	14.66%	14.97%	15.27%
Operating Temperature(°C)	-40°C ~ +85°C						
Maximum system voltage	600V (UL) /1000V (IEC) DC						
Maximum rated current series	15A						
Power tolerance	±3%						
Temperature coefficients of Pmax	-0.50%/°C						
Temperature coefficients of Voc	-0.34%/°C						
Temperature coefficients of Isc	0.03%/°C						
Nominal operating cell temperature (NOCT)	48±2°C						

STC: Irradiance 1000W/m² Module Temperature 25°C AM=1.5

- อินเวอร์เตอร์

ABB central inverters

PVS800 – 500 to 1000 kW



Technical data and types

Type designation	PVS800-57-0500kW-A	PVS800-57-0630kW-B	PVS800-57-0875kW-B	PVS800-57-1000kW-C
Input (DC)				
DC voltage range, mpp ($U_{DC, mpp}$)	450 to 825 V	525 to 825 V	525 to 825 V	600 to 850 V
Maximum DC voltage ($U_{DC, max}$)	1100 V	1100 V	1100 V	1100 V
Maximum DC current ($I_{DC, max}$) ¹⁾	1145 A	1230 A	1710 A	1710 A
Number of protected DC inputs	4 to 15 (+/-)	4 to 15 (+/-)	8 to 20 (+/-)	8 to 20 (+/-)
Output (AC)				
Nominal power ($P_{N(AC)}$) ²⁾	500 kW	630 kW	875 kW	1000 kW
Maximum output power ²⁾	600 kW	700 kW	1050 kW	1200 kW
Power at $\cos\phi = 0.95$ ³⁾	475 kW	600 kW	830 kW	950 kW
Nominal AC current ($I_{N(AC)}$)	965 A	1040 A	1445 A	1445 A
Nominal output voltage ($U_{N(AC)}$) ⁴⁾	300 V	350 V	350 V	400 V
Output frequency	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Harmonic distortion, current ⁴⁾	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Distribution network type ⁵⁾	TN and IT	TN and IT	TN and IT	TN and IT
Efficiency				
Maximum ⁶⁾	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%
Euro-eta ⁶⁾	98.2%	98.4%	98.5%	98.6%
Power consumption				
Own consumption in operation	490 W	490 W	650 W	650 W
Standby operation consumption	65 W	65 W	65 W	65 W
External auxiliary voltage ⁷⁾	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
Dimensions and weight				
Width/Height/Depth, mm (W/H/D)	2630/2130/708	2630/2130/708	3630/2130/708	3630/2130/708
Weight appr. ⁸⁾	1800 kg	1800 kg	2320 kg	2320 kg

¹⁾ 630 kW at 45 °C. 500, 875 and 1000 kW at 50 °C.

²⁾ At 25 °C. See the user manual for details.

³⁾ +/- 10%

⁴⁾ At nominal power

⁵⁾ Inverter side must be IT type

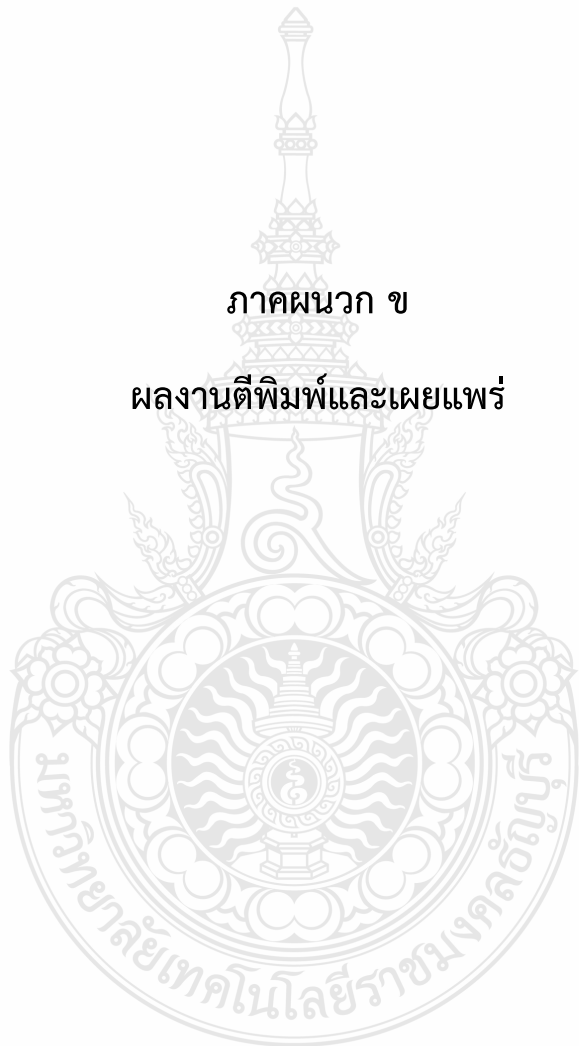
⁶⁾ Without auxiliary power consumption at min U_{DC}

⁷⁾ 115 V, 60 Hz optional

⁸⁾ For the smallest number of protected inputs. See the user manual for details.

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่





SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑
The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)

วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

โรงแรมสุณีย์ แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Volume 2

**ไฟฟ้าสื่อสาร
อิเล็กทรอนิกส์
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิศวกรรมชีวการแพทย์
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า**



รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกผาลิน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จ่านงไทย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.อธิคม ฤกษ์บุตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ศาสตราจารย์ ดร.อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิณีจ เทพสาธิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ ธนวิษณุ ชุติกาวิทย์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดชา วิไลรัตน์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ประธาน

ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.ภรชัย	จูนุวัฒน์กุล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม

กรรมการสามัญ

อ.บุญช่วย	ทรัพย์มนชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ศิริโรจน์	ศิริสุขประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.นันทิยา	ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
อ.ดร.ชาติ	ฤทธิหิรัญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผศ.ดร.นราวัฒน์	เรืองชัยจตุพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ยศนัย	ศรีอุทัยศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ไกรสร	ไชยขาววงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.ดร.เอกชัย	มุงจลินทวิมุตติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สมมาตร	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.มนตรี	วิบูลย์รัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อ.ดร.สุพรรณ	ทิพย์ทิพากร	มหาวิทยาลัยมหิดล
อ.ดร.สุพัฒนา	นิรัคชนาภรณ์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.กำพล	วรดิษฐ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.วันชัย	จันไกรผล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อ.ดร.มงคล	แจ่มเจีย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ยงยุทธ	นาราชภูรี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.วันชัย	ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รศ.ดร.บุญเลิศ	สือเฉย	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินโหว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สาคร	วุฒิปัทธมพันธ์ุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ภัควัฒน์	จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อ.ดร.ยุทธนา	จงเจริญ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร.มูทิตา	สงฆ์จันทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ปฎิภาณ	เกิดลาภ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ผศ.ดร.วรการ	วงศ์สายเชื้อ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ดร.สิรินทร	อินทร์สวาท	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
อ.ณรงค์	นันทกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อ.ดร.วุฒิวัฒน์	คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รศ.ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย
รศ.ดร.กาญจน์ เกิดชื่น
รศ.ดร.กีรติ ชยะกุลศิริ
อ.ดร.ทัศนัย ภาธรรัตน์
ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ ศรีสถิตย์

มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

กรรมการสมทบ

อ.ดร.ณัฐพงศ์ วงศ์พร้อมมูล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

เลขานุการ

ผศ.วันชัย จันไกรผล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

PW ศ.ดร.อิสระชัย จามทร
PE รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ชันเงิน
CM ศ.ดร.พรชัย ทรัพย์นิธิ
CT ศ.ดร.วันชัย รวีรุจา
EL ศ.ดร.อภิวัฒน์ ธนชยานนท์
CP ผศ.ดร.สุวินทร์ กิตติธรรกุล
DS รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูรณ์
PH รศ.ดร.สุวิกรม สมศวรรพณิชย์
BE รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
GN ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PW ผศ.ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วณิชย์
PE รศ.เจตกุล โสภารนิตย์
CM ศ.ดร.วาทิต เบญจพลกุล
CT ผศ.ดร.สุชิน อรรถสวัสดิ์วงศ์
EL รศ.ดร.สมชัย รัตนธรรมพันธ์
CP รศ.ดร.เชาวติศ อัครกุล
DS ผศ.ดร.สุภาวดี อร่ามวิทย์
PH รศ.ดร.ดวงฤดี วรสุชีพ
BE ผศ.ดร.อาภรณ์ อีรัมย์คลริศมี
GN รศ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PW รศ.ดร.ตฤณ แสงสุวรรณ
PE ผศ.ดร.ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ
CM รศ.ดร.ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์
CT ผศ.ดร.เชาวลิต มิตรสันติสุข
EL ผศ.ดร.ชูเกียรติ การะเกตุ
CP รศ.ดร.มงคล รักษาพิชรวงศ์
DS รศ.ดร.วุฒิพงษ์ อารีกุล
PH อ.ดร.พิสุทธิ์ รัชศักดิ์
BE ผศ.ดร.ศุภิต ธนแพทย
GN ผศ.ดร.วชิระ จงบุรี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

PW รศ.ดร.สมบูรณ์ นุชประยูร
PE รศ.ดร.สิทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ
CM ผศ.ดร.นิภาภรณ์ ศิริพล
CT ผศ.ดร.บุญศรี แก้วคำอ้าย

EL รศ.ดร.เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์
CP รศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล
DS รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน
PH รศ.ดร.อุกฤษฏ์ มั่นคง
BE รศ.ดร.นิพนธ์ ธีรอำพน
GN รศ.ดร.ยุทธนา ช่างสุวรรณ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

PW ผศ.ดร.กุสุมาลัย เติมยานนท์
PE ดร.วฤทธิ วิชากุล
CM ผศ.ดร.วิกรม ธีรภาพจรุชเทศ
CT รศ.คณิตติ์ เจษฎุพัฒนานนท์
EL รศ.ดร.ภาณุมาศ คำสัคย์
CP ดร.กิตติคุณ ทองพล
DS ดร.รักกฤตว์ ดวงสร้อยทอง
BE รศ.ดร. พรชัย พฤกษ์ภัทรานนท์
GN อ.ดร.เกียรติศักดิ์ วงษ์โสพนากุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

PW ดร.เชตชัย ประภาณวัฒน์
PE ดร.เอกชัย มุจจินท์วิมุติ
CM ผศ.ดร.พินิจ กำหอม
CT ผศ.ดร.วันจักรี เล่นวารี
EL ผศ.ดร.ภมล จิรเสรีอมรกุล
CP ผศ.ดร.วีรพล จิวจริต
DS อ.ดร.สันติ นุราช
PH อ.ดร.ปิยสวัสดิ์ นวรัตน์ ณ อยุธยา
BE ผศ.ดร. บุญเสริม แก้วกำเนิดพงษ์
GN ศ.ดร.โกสินทร์ จันทไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

PW รศ.ดร.สมพร สิริสำราญกุล
PE รศ.ดร.พิสิษฐ์ ลีวธนกุล
CM รศ.ดร.ชาตรี มหัทธอนจาคุภัทร
CT ผศ.ดร.นที ทองอุ่น
EL ผศ.ดร.ภฤษณ์ อ่างแก้ว
CP ผศ.ดร.วรัญญา วงษ์เสรี
DS รศ.ดร.วิไลพร แซ่ลี
PH ผศ.ดร.อมรินทร์ รัตนะวิศ
BE ผศ.ดร.ไกรสร ไชยชาวงค์
GN รศ.ดร.สุรพันธ์ อิ่มมัน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

PW รศ.อำนาจ สุขศรี
PE ผศ.ดร.ปานหทัย บัวศรี
CM ผศ.ดร.นรารัตน์ เรืองชัยจตุพร
CT ผศ.ดร.อานภาพ มีสมบัติ
EL ผศ.ดร.กิตติพิชญ์ มีสวัสดิ์
DS รศ.ดร.วิระสิทธิ์ อิมฉวี
PH ผศ.ดร.อาคม แก้วระวี
BE ผศ.ดร.บุญยั้ง เจริญ
GN ดร.ศราวุธ ชัยมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิเกิดพิชญ์
PE ผศ.ดร.ณัฐภัทร พันธคง
CM ผศ.ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ
CT ดร.ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล
EL ผศ.ดร.อำนาจ เรืองวารี
CP ผศ.ดร.อิฐอร่าม บิณฑิล
DS ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร
PH ผศ.ดร.นรเสฏฐ์ วิชัยพาณิชย์
BE ดร.กิตติวัฒน์ นิเมเกิดผล
GN รศ.ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

PW ดร.ไชยพร หล่อทองคำ
PE อ.นรงค์ฤทธิ์ เสนาจิตร
CM ผศ.ดร.สำเภาลัย บุญเวช
CT ผศ.ดร.วิระชัย ฆาลยเวช
EL ผศ.ดร.ประจวบ ปวรังกูร
CP ผศ.ดร.ธันวา ศรีประโม่ง
DS รศ.ดร.พีระพล ยูวณิชทานนท์
PH อ.ดร.สมมาตร แสงเงิน
GN รศ.ดร.อติคม ฤกษ์บุตร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PW ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ ตันตสุข
PE รศ.ดร.ไพฑูรย์ นาคเมหาสลาสินธุ์
CM ผศ.ดร.ตามพงษ์ บุญยะเวช
CT ผศ.ดร.ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์
CP อ.ดร.ศุภกิจ พฤษอรุณ
DS รศ.ดร.สมชาติ โชคชัยธรรม
PH รศ.ดร.วันชัย โพธิ์จรโรจนา

BE รศ.ดร.นภดล อุทัยภักดี
GN ผศ.ดร.ยศวีร์ วีระกำแพง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

PW รศ.ดร.เวทิน ปิยะรัตน์
PE รศ.ดร.วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์
CM ผศ.ดร.กำพล วรดิษฐ์
EL ผศ.ศิริพงษ์ อายสินธ์
CP ผศ.ดร.สมภาพ รอดอัมพร
DS อาจารย์ ดร.บำรุง ท้าวศรีสกุล
BE รศ.ดร.จีตพันธ์ุ เจริญพงษ์
GN ผศ.ดร.คณิศร์ มาตรา

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

PW ผศ.ดร.สำเร็จ อินทาม้า
PE ผศ.วันชัย จันไกรผล
CM รศ.ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม
CT ผศ.ดร.นิมิต บุญภิรมย์
EL ผศ.สุรพล จันทร์
CP ผศ.เดิมาพงษ์ ศรีเทศ
DS ผศ.เอกชัย ดีศิริ
PH ผศ.เพชร นันทวิวัฒนา
BE ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน
GN ผศ.พัศวีร์ ศรีโหมศ

มหาวิทยาลัยมหิดล

PW ผศ.ดร.ธรรมาวุทธิ์ สิงห์วิลัย
PE ผศ.ดร.ชัชวาลย์ เยาวบุตร
CM รศ.ดร.พงศธร เศรษฐ์ธร
CT อ.ดร.พัฒนาศิ พัฒนาะศรี
EL ผศ.ดร.สุรโชค ธนพิทักษ์
CP อ.ดร.ก่อพร พันธุ์อิม
DS อ.ดร.พรชัย ชื่นยากร
PH รศ.ดร.ภูมินท์ กิระวานิช
BE ผศ.ดร.เขง เลิศมโนรัตน์
GN ผศ.ดร.กฤษฎา อัครสกุลเกียรติ

มหาวิทยาลัยสยาม

PW ผศ.ดร.อาทิตย์ ไสตร์โธม
PE ผศ.ดร.ยงยุทธ นาราษฎร์
CM พล.ท.ดร.สมพงษ์ ตุ่มสวัสดิ์
EL ผศ.วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

CP ผศ.พกิจ สุวัฒน์
DS ผศ.ดร.ทัศนีย์ พลอยสุวรรณ
GN ผศ.ไวยพจน์ ศุภกวีเสถียร

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

PW ผศ.ดร.นันทิยา ชัยบุตร
CM อ.ดร.ปกรณม์ ยูบลโกศล
CP อ.ดร.จักรพงษ์ สุธามุขกุล
DS ผศ.ดร.วิศาล พัฒน์ชู
PH รศ.ดร.ภูมิพัฒน์ แสงอมตเลิศ
BE ผศ.ดร.สุพจน์ สุขโพธารมณ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

PW ดร.เจษฎา ชัตทองงาม
PE นายสุทัศน์ ปฐมบุหงศ์
CM ดร.กิตติ วงศ์ถาวรววัฒน์
CT ดร.สุธี ผู้เจริญชนะชัย
EL ดร.ราชพร เขียนประสิทธิ์
CP ดร.ชาลี วรกุลพิพัฒน์
DS ดร.อภิชาติ อินทรพานิชย์
PH ดร.ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร
BE ดร.พศิน อิศรเสนา ณ อยุธยา
GN ดร.วุฒิภัทร คอวนิช

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

PW ผศ.ดร.สมสันต์ ตาโรจน์
PE ดร.ประชา คำภักดิ์
CM ผศ.ดร.ประสิทธิ์ นศรราช
CT ดร.ธรรมรส รักธรรม
EL ผศ.ดร.ชนิษฐา แก้วแดง
CP ผศ.อารยา ฟิลอเรนซี
DS ผศ.ดร.วรการ วงศ์สายเชื้อ
PH รศ.ดร.สุชิน ไตรรงค์จิตเมฆาะ
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ จันทร์จรัสจิตต์
GN ผศ.ดร.อิทธิพงศ์ สุริยา

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

PW อ.ดร.วรภัทร กอแก้ว
PE ผศ.ดร.เกษม อุทัยโชฟ้า
CM ผศ.ดร.สันต์ชัย รัตนนภ
CT ผศ.ดร.ศุภเชษฐ์ อินทร์เนตร
EL ผศ.สุภวัฒน์ ตันวรรณรักษ์

CP ผศ.ณัฐชา พฤกษ์กานนท์
DS ผศ.ดร.วรินทร์ วงษ์มณี
PH ผศ.ณัฐพร ฤทธิ์นุ่ม
BE ผศ.ดร.ศุภฤกษ์ มานิตพรสุทธ์
GN ผศ.ดร.วันชัย ฉิมฉวี

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

PW รศ.ดร.บุญเลิศ สือเฉย
PE ผศ.ชูเกียรติ พงษ์พานิช
CM รศ.ดร.อดิศักดิ์ มนต์ประภัสสร
CT รศ.ดร.เตชา พวงดาวเรือง
EL รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์
CP ผศ.น.อ.ไชโย ธรรมรัตน์ ร.น.
DS ผศ.สมศักดิ์ สิริโพรมาณนท์
PH รศ.สิริวิช ทัตสวน
BE ผศ.ดร.สมเกียรติ เพียงพรานทอง
GN ผศ.วิชัย แซ่ลี

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

PW อ.ดร.ชาติ ฤทธิ์หิรัญ
PE ผศ.อนุชิต เจริญ
CT ผศ.ณธรรม เกิดเส้าอาจค์
EL อ.ธีรยุทธ จันทร์แจ่ม
CP อ.ดร.ประภาส ผ่องสินาม
DS รศ.ดร.พิศิษฎ์ โภคารัตน์กุล
GN ผศ.วิญญู แสงสิงนกสิกิจ

มหาวิทยาลัยรังสิต

PW ดร.สุพัฒน์ นริศนารมณ
PE ผศ.ดร.วันชัย ทวีชัยสิงห์
CM ดร.ไพศาล งามจรรยาภรณ์
CT รศ.ดร.อดิศักดิ์ กาญจนเทพัย
EL รศ.มนูญ พ่วงพูล
CP รศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล
DS รศ.ดร.โอภาส จุฑาเทพ
PH ดร.เสด็จิตต์ เพ็ชรประสาน
BE รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์
GN ดร.สมบูรณ์ สุขสาทร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

PW ผศ.ดร.นิพัทธ์ จันทร์วินทร์
CT ผศ.ดร.มูทิตา สิงห์จันทร์

EL ผศ.ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา
CP อ.ดร.สุรเดช จิตประไพกุลศาล
DS ผศ.ดร.อัศวพันธ์ วงศ์กั้งแห
PH ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา
GN ผศ.ดร.พนัส นัถฤทธิ์

มหาวิทยาลัยอุรกิจบัณฑิตย

PW รศ.ดร.นิศย์ เพ็ชรรักษ์
PE อ.ดร.ยุทธนา จงเจริญ
CM ผศ.ดร.ปราโมทย์ งามอิสระกุล
CT ผศ.ดร.ณรงค์เดช กัรรพารามณ์
CP ผศ.ดร.เนืองวงศ์ ทวยเจริญ
GN อ.ดร.รัฐศิลป์ รานอกมานูวิซ

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

PW ผศ.อนนกร น้าหอมจันทร์
PE อ. ณัฐพงษ์ เมืองจันทร์
CM อ. กิตติเชษฐ์ นนทะสุด
CP อ. อัชกร อ่อนบุญเอื้อ
GN ผศ.ปฎิภาณ เกิดลาภ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

PW รศ.ดร.บัญญัติ รักไทยเจริญชีพ
PE ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์
CM อ.ดร.พลกฤษณ์ จรรย์ตันติเวทย์
CT ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ
EL อ.ดร.ฉัตรแก้ว จรรย์ตันติเวทย์
CP ผศ.ดร.วรินทร์ สุดคนึง
GN ผศ.ดร.มนัส บุญเกียรติทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

PW ผศ.ดร.วิวัฒน์ ทิพจร
PE ผศ.ดร.อุเทน คำน่าน
CM อ.ดร.ศุภกิจ แก้วดวงตา
CT รศ.ดร.โกศล โอนารโพธิ์
EL ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขันธ์
CP อ.ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกุล
DS อ.ดร.นภดล มณีเชิธร
GN อ.ดร.ยุพดี ทัตถสิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

PW รศ.ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย
PE ผศ.ดร.สายชล ชุตติเจียร

CM ผศ.นิพนธ์ ทางทอง
EL ผศ.สุภณ พลสิงห์
CP ผศ.ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์
GN ผศ.ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ

มหาวิทยาลัยพะเยา

PW ผศ.ดร.จงลักษณ์ พาพะชา
PE ดร.คำรงค์ อมรเดชาพล
CT ผศ.ดร.สิทธิเดช วิวิศาศรีศิริกุล
DS อ.ดร.ธนาทิพย์ จันทร์คง
GN รศ.ดร.เชวศักดิ์ รักเป็นไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW รศ.ดร.กาญจน์ เกตุชื่น
PE ผศ.ดร.พินิจ ศรีธ
CM ผศ.ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์
CT ผศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระเบียบกุล
EL ผศ.ดร.สมชาย ศรีสกุลเดี่ยว
CP ผศ.ดร.ณอมศักดิ์ โสภณ
DS อ.ดร.ประจวบ อินรวงค์
PH อ.ดร.นิธิโรจน์ พงสุวรรณเจริญ
BE อ.ดร.ประจวบ อินรวงค์
GN ผศ.ดร.กฤติเดช บัวใหญ่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

PW ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี
PE รศ.ดร.ทองพล อารีรักษ์
CM รศ.ดร.พีระพงษ์ อุซารสกุล
CT รศ.ดร.ทองพัน อารีรักษ์
EL รศ.ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว
CP รศ.ดร.นิตยา เกิดประสพ
DS รศ.ดร.กิตติ อัดถกิจมงคล
PH ผศ.ดร.ทิพย์วรรณ พึ่งสุวรรณรักษ์
BE ผศ.ดร.ประเมศวร์ ท่อแก้ว
GN ผศ.ดร.อนันท์ อุ่นศิริโลย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

PW ผศ.ดร.ประมุข อุณหเสกษ
PE ผศ.ดร.ยุทธนา กันทะพะยา
CM ผศ.ดร.ภัควัฒน์ จันทร์ตรี
CT รศ.ดร.ปรีชา สาคระรังค์
EL ผศ.ดร.โพบูลย์ เกียรติสุขคนาธร
DS รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมพรราชากุล

Reviewer

Akekachai Deesiri
Amarin Ratanavis
Amnoiy Ruengwaree
Amorn Jirasereeamornkun
Anon Namin
Anuree Lorsawatsiri
Aphibal Pruksanubal
Aphirak Jansang
Apichai Bhatranand
Apinan Aurasopon
Apiwat Lekuthai
Araya Florence
Arporn Teeramongkonrasmee
Arthit Sodeyome
Arthit Srikaew
Atipong Suriya
Atipong Suriya
Bhichate Chiewthanakul
Bongkoj Sookananta
Boonchai Boonchu
Boonchai Techaumnat
Boonchuay Supmonchai
Boonlert Suechoey
Boonruang Marungsri
Boonsong Sutapun
Boonsri Kaewkhamai
Boonyang Plangklang
Budhapon Sawetsakulanond
Cattareeya Suwanasri
Chai Chompooinwai
Chainarin Ekkaravarodome
Chainarong Wisassakwichai
Chaiwut Chatuthai
Chaiyachet Saivichit
Chaiyan Jettanasen
Chaiyaporn Lothongkam

Organization

Sripatum University
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahanakorn University of Technology
Rajamangala University of Technology Lanna
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Kasetsart University
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Mahasarakham University
Chulalongkorn University
Ubon Ratchathani University
Chulalongkorn University
Siam University
Suranaree University of Technology
Ubonratchathani University
Ubon Ratchathani University
Khonkhan University
Ubon Ratchathani University
Mahanakorn University of Technology
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Southeast Asia University
Suranaree University of Technology
Suranaree University of Technology
Chiang Mai University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mahanakorn University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Krungthep
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chulalongkorn University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Mahanakorn University of Technology

Reviewer

Chaiyo Thammarat
Chaiyut Sumpavakup
Chalee Vorakulpipat
Chanchai Dechthummarong
Chanchai Thongsopa
Chanchana Tangwongsan
Chanin Wissawinthanon
Channarong Banmongkol
Chantana Chantrapomchai
Chanwit Kaewkasi
Chaowan Jamroen
Charmyut Kamjanapiboon
Chatchai Suppitaksakul
Chawasak Rakpenthai
Chirawat Kotchasarn
Chirdpong Deelertpaiboon
Chokchai Sangdao
Chonlatee Photong
Chowarit Mitsantisuk
Chutham Sawigun
Chutham Sawigun
Chuttchaval Jeraputra
Chuwong Phongcharoenpanich
Danucha Prasertsom
Daranee Hormdee
David Banjerdpongchai
Decha Wilairat
Denchai Worasawate
Doldet Tantraviwat
Don Isarakorn
Duangarthit Srimoon
Dulpichet Rerkpreedapong
Dusit Thanapatay
Jakkree Srinonchat
Jantana Panyavaraporn
Jasada Kudtongngam

Organization

South East Asia University
Suranaree University of Technology
National Electronics and Computer Technology Center
Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Suranaree University of Technology
Chulalongkorn univerisy
Chulalongkorn univerisy
Chulalongkorn University
Kasetsart University
Suranaree University of Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Rajamangala University of Technology Lanna
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
University of Phayao
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Mahanakorn University of Technology
Mahasarakham University
Kasetsart University
Mahanakorn University of Technology
Mahanakorn University of Technology
Mahidol University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Khonkhan University
Chulalongkorn University
Mahidol University
Kasetsart University
Chiang Mai Univeristy
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Rangsit University
Kasetsart University
Kasetsart University
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Burapha University
National Electronics and Computer Technology Center.

Reviewer	Organization
Jedsada Arunruerk	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jirapat Sangthong	Mahanakorn University of Technology
Jirasak Charwutitum	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jirawadee Polprasert	Narasauen University
Jukkrit Kluabwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Jukkrit Tagapanij	Mahanakorn University of Technology
Kampol Woradit	Srinakharinwirot University
Kanokphan Lertniphonphan	KDDI Research
Karn Patanukhom	Chiang Mai University
Khanit Matra	Srinakharinwirot University
Khanittha Kaewdang	Ubon Ratchathani University
Kiattisin Kanjanawanishkul	Maharakham University
Kittaya Somsai	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Kittisak Kerdprasop	Suranaree University of Technology
Kittisak Tripipatpornchai	Rangsit University
Kittiwann Nimkerdphol	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Komsan Hongesombut	Kasetsart University
Komson Daroj	Ubonratchathani University
Kornchawal Chaipah	Khon Kaen University
Kraisorn Chaisaowong	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Krek Piromsopa	Chulalongkorn University
Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mana Sriyudthsak	Chulalongkorn University
Mongkol Konghirun	King Mongkut University's Technology Thonburi
Monthon Nawong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nachirat Rachburee	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nalin Sidahao	Mahanakorn University of Technology
Nararat Ruangchaijatupon	Khon Kaen University
Narong Yoothanom	Sripatum University
Narongrit Sanajit	Mahanakorn University of Technology
Natee Thongun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nathabhat Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nattachai Watcharapinchai	National Electronics and Computer Technology Center
Nattachote Rugthaicharoencheep	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattapong Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattha Jindapetch	Prince of Songkla University

Day 2

วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤศจิกายน 2561

วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤศจิกายน 2561						
Presentation / Tutorial						
Room	ปทุมวัน	ปทุมมาศ	ปทุมชาติ	ปทุมทิพย์	A5	A2
Session	PW3	PE3	GN3	CM2	CP2	
Paper IDs	IPW01, PW12-PW16	IPED1, PE12-PE16	GN14-GN19	ICM02, CM05-CM10	ICP01, CP07-CP11	Tutorial 5: EECU-8BMS and Demand Response Pilot Project for 100 Households in Thailand
Session Chair	ศดร.วิฑิต พงษ์กุลศิริ SUT	ศดร.ทองพัน อารีรักษ์ SUT	ศดร.อริศนุ ดุภานุศร MUT	ศดร.ประยุทธ์ อัครเอกกลิ่น KMUTNB	ศดร.โสภณัทร์ จันทังชัย KMUTT	Tutorial 6: *5G Wireless Technology
Coffee Break						
Presentation / Committee Meeting						
Room	ปทุมวัน	ปทุมมาศ	ปทุมชาติ	ปทุมทิพย์	A5	A2
Session	PW4	PE4	GN4	CM3	CT2	
Paper IDs	IPW02, PW17-PW22 ศดร.ธเนศวร์ หงษ์สมบัติ	IPED2, PE17-PE22 อ. นัฐพร หาญละเอียด	GN20-GN26 อ. สุธี รุจพันธ์	ICM03-04, CM11-CM15 ศดร.ธีรภัทพร ศรีสัมพันธ์	ICT02, CT07-CT11, CP12 รศ.ดร.เสาว พงษ์ควาริษา	Committee-Meeting
Session Chair	KU	RMUTT	RMUTR	RMUTR	SAU	

การวิเคราะห์ ผลกระทบจากการติดตั้งต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม

Analysis of Installation Impact on Energy Performance of a large scale 1MW PV Rooftop in Mae Klong, Thailand

บัญชา งามชื่น¹ ธราธิป แสงกล้า¹ รุ่งเพชร ก่องนอก² และบุญยัง ปั้งกลาง¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹banchar_n@mail.rmutt.ac.th, ²Tharatip_s@mail.rmutt.ac.th, ¹krungphet@gmail.com, ¹boonyang.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา จากมุมติดตั้งที่ไม่เท่ากันของอาคาร ขนาด 1 เมกะวัตต์ พื้นที่ศึกษาที่ ตำบลแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัด สมุทรสงคราม จากการศึกษาที่ได้จากการการติดตั้งจริงพบว่า การผลิตกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผง และอินเวอร์เตอร์ที่ถูกติดตั้งอยู่ตัวละซีกด้านของหลังคาที่มีคุณสมบัติและขนาด 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน แต่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมามีค่าต่างกัน โดยอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ผลิตพลังงานรวมได้ 746.265 ล้านหน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ผลิตพลังงานรวมได้ 699.541 ล้านหน่วย ซึ่งจากความแตกต่างของพลังงานที่วัดได้นี้สืบเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมบริเวณที่ติดตั้ง และแนวหลังคาของตัวอาคารที่ใช้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่หันมุมกับทางโคจรของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาลในประเทศไทย ซึ่งข้อมูลที่ได้ศึกษานี้ จะใช้ประกอบประกอบในการตัดสินใจการออกแบบ และติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคาให้กับเจ้าของอาคาร ที่มีหลังคาติดตั้งในลักษณะดังกล่าวในอนาคตได้

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ ผลกระทบของมุมติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา

Abstract

This paper presents performance analysis of a large scale 1MW PV Rooftop in Mae Klong, Thailand. The selected 1MW PV rooftop was constructed using two inverters of 500 kW and the system was installed on two sides of industry's roof in opposite side accordingly to angle of the roof. From one year operation, it found that the difference data recorded from power output of inverter no.1 and inverter no.2 are different, the inverter no. 1 was 746.265 MWh and the inverter no.2 was 699.541 MWh. The power output is significantly effected by roof angle. As the orientation of roof was not fit to the azimuth angles,

therefore this study will investigate the real implementation data to analysis the performance of the PV rooftop system. The paper will reveal all aspects and details. Moreover the comparison of power output from different roof angles will be fully described in this paper, and will be helpful for all application type of PV roof top installation.

Keywords: Large Scale PV Rooftop and Angle Effect of PV rooftop

1. บทนำ

จากนโยบายภาคส่งเสริมของภาครัฐให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ตามแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว ซึ่งมีเป้าหมายผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการพัฒนารวดเร็วของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และถูกนำมาติดตั้งใช้งานอย่างแพร่หลายในภูมิภาค เอเชีย รวมถึงประเทศไทย โดย แบ่งชนิดการติดตั้งได้เป็น 2 ชนิดหลักๆ ประกอบด้วย ชนิดติดตั้งบนพื้นดิน (Solar Farm) และชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคาร (Roof Top) ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองแบบอย่างกว้างขวางภายในประเทศ โดยส่วนใหญ่จะทำการติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งระบบดังกล่าวง่ายต่อการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบ ส่วนการติดตั้งบนหลังคาอาคารนั้น ได้เริ่มมีการติดตั้งมาใช้งานมากขึ้นตามลำดับ เหตุผลของการติดตั้งบนหลังคาอาคารนั้น ไม่มีความสูญเสียพื้นที่สำหรับกิจกรรมอื่น เช่น พื้นที่เกษตร หรือพื้นที่ของแหล่งชุมชน เป็นต้น

2. วิธีการศึกษา

ส่วนการศึกษานี้ ศึกษาจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ ในตำบลแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โดยศึกษาจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ 2 ตัว ที่มีคุณสมบัติและขนาด 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน แต่ตำแหน่งของการติดตั้ง ได้ถูกติดตั้งตัวละด้านของหลังคา ตามลักษณะของอาคารเดิม มีมุมทะแยงกับทางโคจร

ของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาลของประเทศ ค่าพลังงานที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวมีค่าแตกต่างกัน อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ผลิตพลังงานรวมได้ 746.265 ล้านหน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 ผลิตพลังงานรวมได้ 699.541 ล้านหน่วย จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะและองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานของอินเวอร์เตอร์ทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) ให้กับผู้นสนใจได้ทราบถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการติดตั้งในรูปแบบลักษณะดังกล่าว ต่อไป

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคาทำการวิจัยนี้

ได้ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน โดยมีคุณสมบัติแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน

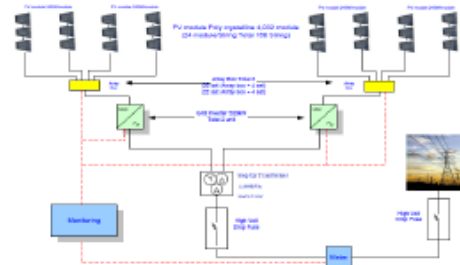
รายการ	หน่วย	เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิคอน
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P _{max})	W	245
แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V _{oc})	V	37.4
กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I _{sc})	A	8.69
กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I _m)	A	8.12
ผลกระทบบนด้านกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิ	%/°C	-0.45

2.1 ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่จริง

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 MW โดยแบ่งการติดตั้งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ติดตั้งอินเวอร์เตอร์หมายเลข 1 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง และพื้นที่ส่วนที่ 2 ติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ หมายเลข 2 ขนาด 500 กิโลวัตต์ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์ จำนวน 2,016 แผง โดยเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้า จากเดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ.2559 แล้วเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ผลิตได้ของสองพื้นที่



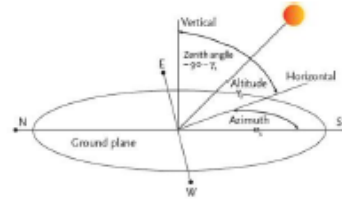
รูปที่ 1 ตำแหน่งและที่ก่อกำเนิดการติดตั้งของโรงไฟฟ้า ชนิดติดตั้งบนหลังคา ขนาด 1 MW ที่ก่อกำเนิดติดตั้งที่ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม



รูปที่ 2 แสดงวงจรโคแอกแกรมที่ใช้ในการติดตั้ง โรงไฟฟ้า ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาด 1 MW ที่ก่อกำเนิดติดตั้งที่ ตำบลแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม

2.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

มุมเอซิมูทของดวงอาทิตย์ (SOLAR AZIMUTH ANGLE, γs) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียน ท้องถิ่น หากวัดจากทางทิศใต้ไปทางตะวันตกเป็น + หากวัดไปทางทิศตะวันออกเป็น -



รูปที่ 3 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่ส่งพลังงานมายังพื้นโลกตามพื้นที่ตั้งของประเทศไทย [4]

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \alpha}{\cos \alpha_s} \tag{1}$$

มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดค่าเป็น + เมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็น - เมื่อวัดไปทางทิศใต้หา โดยได้จากสมการที่ (2) [6]

$$\delta = 23.45 \frac{\pi}{180} \sin \left(2\pi \left(\frac{284 + n}{36.25} \right) \right) \tag{2}$$

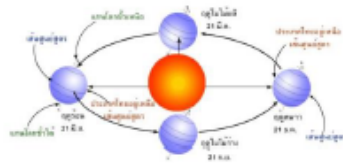
เมื่อ δ = มุมเดคลิเนชัน

n = คือวันที่ของปี (Julian Date), 1 ≤ n ≤ 365

GN24

การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดฤดูกาลต่างๆ โดยโลกจะหมุนรอบตัวเองในทิศทางเข็มนาฬิกา และทำมุมเอียงคงที่ที่ 23.45 องศาขณะหมุนรอบดวงอาทิตย์ เมื่อโลกโคจรไปและอยู่ในตำแหน่งแต่ละส่วนด้านที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์ในเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดฤดูกาลขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ฤดู ดังรูปที่ 4 คือ ฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูใบไม้ร่วง และ ฤดูหนาว

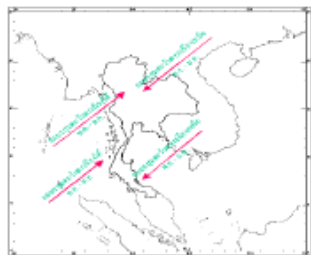
ส่วนประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาลหลักๆ ได้แก่ ฤดูหนาว : อยู่ในช่วง พฤษภาคม ถึง ตุลาคม ฤดูร้อน : อยู่ในช่วง พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ และ ฤดูร้อน : อยู่ในช่วง กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม



รูปที่ 4 วงรอบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ในรอบปี [8]

สำหรับอิทธิพลของมรสุมที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งมีทิศทางตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อย ในเขตร้อนและได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงสุดตลอดปีจึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมหลักๆ 2 ชนิด คือ

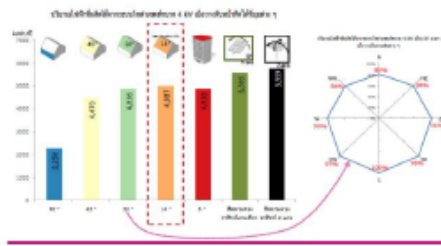
1. ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ลมนี้เกิดบริเวณมหาสมุทรอินเดียในซีกโลกใต้พัดผ่านศูนย์สูตรขึ้นมา จึงนำความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่ประเทศไทยทางทิศตะวันตก
2. ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดต่อจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ลมนี้เกิดจากแถบประเทศมองโกเลีย และจีนในซีกโลกเหนือจึงนำความหนาวเย็นและแห้งแล้ง เข้าสู่ประเทศไทย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 มรสุมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงฤดูกลางของประเทศไทย [8]

ทิศทางของหลังคาที่สัมพันธ์กับแนวโคจรของดวงอาทิตย์ โดยปกติแล้ว การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเมืองไทย นิยมที่จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ และเอียงทำมุมประมาณ 10-18 องศากับพื้นโลก (ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ) เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทำมุมเอียง ผู้ติดตั้งจะกำหนดทิศทางของแผงว่าจะหันไปทิศใด เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของวันได้ปริมาณมากที่สุด สำหรับผู้ที่อยู่ทางตอนเหนือ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการหันแผงเอียงไปทางใต้ การกำหนดมุมเอียงจะเพิ่มสูงขึ้นตามค่าแอมพลิจูดของเส้นละติจูด คือ ยิ่งที่ตั้งห่างไกลจากเส้นศูนย์สูตรมากเท่าไร ยิ่งต้องติดตั้งให้แผงเอียงเอียงสูงขึ้น จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่า ทิศทางของหลังคาที่หันไปด้านทิศใต้จะมีผลทำให้มีกำลังการผลิตสูงสุดของแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

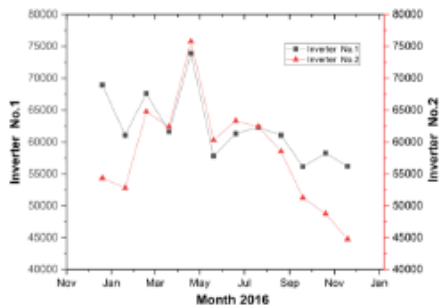
Bangkok Sun Chart and Solar Cell System Placement



รูปที่ 6 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ [9]

3. ผลการศึกษาทดลอง

จากการศึกษาผลจากการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ในรอบปี 2016 พบว่า ผลจากกำลังการผลิตไฟฟ้าจริงที่ได้จาก Inverter no.1 มีค่าพลังงานที่ได้ในรอบปี ที่ 746,265 หน่วยต่อปี และ Inverter no.2 มีค่าพลังงานที่ได้ในรอบปี ที่ 699,541 หน่วยต่อปี และมีค่าพลังงานทั้งสอง Inverter รวมกัน 1,445,806 หน่วยต่อปี โดยมีค่าสูงสุดของค่าพลังงานที่วัดได้ ใน Inverter 1 ในเดือนพฤษภาคม 2559 มีค่าพลังงานสูงสุดที่ 73,890 หน่วย และ Inverter 2 ในเดือน พฤษภาคม 2559 มีค่าพลังงานสูงสุดที่ 75,786 หน่วย และ เปรียบเทียบให้เห็นค่าความแตกต่างของกำลังการผลิตระหว่าง Inverter 1 และ 2 ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเชิงที่ผลิต จาก Inverter no.1 และ Inverter no.2

4. วิจารณ์และวิเคราะห์ผลจากการติดตั้ง

จากการวิเคราะห์สถานที่ติดตั้งจริง พบว่าทิศทาง(ด้าน) ของหลังคาตัวอาคารที่ใช้สำหรับการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) ขนาด 1.3MW ที่ติดตั้งที่ ตำบลแม่ทอง จังหวัดสมุทรสงคราม มีแนวระนาบของหลังคาทำมุมกับทิศทางแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ อยู่ 2 ด้านคือคือ แผงพลังงานส่วนแรกของ Inverter no.1 ถูกติดตั้งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ แผงพลังงานของ Inverter no.2 ถูกติดตั้งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 1 ส่งผลให้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้ารวม ของ inverter no.1 (746,265 หน่วย) ต่ำกว่าค่า กำลังการผลิตไฟฟ้าของ Inverter no.2 (699,541 หน่วย) เนื่องจากแผงพลังงานของ Inverter no.1 ถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศใต้ในตัวเอง และ Inverter no.1 และ no.2 มีค่ากำลังการผลิตสูงสุดใกล้เคียงกันในช่วง เดือนเมษายน-พฤษภาคม (ช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย) เนื่องจากมุมการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทำมุมในแนวตั้งฉากกับหลังคาบริเวณที่ตั้งส่งผลให้มีความเข้มของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ดีที่สุด ส่งผลให้มีค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังผลการทดลองในรูปที่ 7

ดังกล่าวในการออกแบบและติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) จึงควรเลือกติดตั้งแผงพลังงานบริเวณหลังคาที่มีระนาบหันไปทางทิศใต้ มากกว่าทิศใดๆ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาค่ากำลังการผลิตที่ได้ จากโรงไฟฟ้าแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา (Roof Top) พบว่า ตำแหน่งที่ติดตั้ง โดยเฉพาะทิศทางของแนวหลังคา มีผลกระทบต่อค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งในทางทิศใต้จะให้ค่ากำลังการผลิตดีที่สุด รวมถึงมุมการโคจรของดวงอาทิตย์ (Declination Angle, δ) ที่ทำมุมกับ

พื้นผิวโลกในแต่ละช่วงฤดูไม่เท่ากัน จากรูปที่ 7 คือในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน - มกราคม) ค่ากำลังการผลิตที่ได้จาก Inverter no. 2 ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศเหนือของหลังคาจะมีค่ากำลังการผลิต ต่ำกว่า Inverter no. 1 ที่ถูกติดตั้งอยู่ด้านทิศใต้ของหลังคาอย่างเห็นได้ชัด (54,325 หน่วย และ 69,936 หน่วย ตามลำดับ) และค่อยๆเพิ่มค่ากำลังการผลิตเฉลี่ยสูงสุดใกล้เคียงกันระหว่าง Inverter no.1 (73,890 หน่วย) และ no.2 (75,786 หน่วย) ในช่วงฤดูร้อน (เมษายน - พฤษภาคม) เนื่องจากเป็นช่วงที่มุมการโคจรของดวงอาทิตย์ ทำมุมตั้งฉากกับทิศบริเวณที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์พอดีในช่วงฤดูร้อนดังกล่าว จึงส่งผลให้โรงไฟฟ้ามีกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "การศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้ถั่วลิสงเนื้อมลสำหรับขับเคลื่อนเครื่องพิมพ์ดีดการเคลื่อนไหว,"การประชุมแผนพัฒนาพลังงานทดแทนไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015), กรุงเทพมหานคร, 9-10 พฤศจิกายน 2549, หน้า 11.
- [2] JASolar สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2560 <https://dl1819.pwtdf4.ncw.cloudfront.net/files/documents/jasolarjap72-95740.pdf>
- [3] กรมอุตุนิยมวิทยา. สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2560 จาก www.mad.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48430
- [4] The terminology and concepts used to determine the magnitude and direction of incident solar radiation สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2561 จากเว็บไซต์
- [5] Calculation Solar angle สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2561 จากเว็บไซต์ <https://http://www.itacanet.org>
- [6] รังสีดวงอาทิตย์และการเปลี่ยนเป็นรูปพลังงานความร้อน, อ.ดร. สุลักษณ์ มงคล, หน้า 44-48.
- [7] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์โลก <http://www.lesa.biz/astrophysics/celestial-sphere/celestial-motion> สืบค้น เมษายน 2560
- [8] การเกิดฤดูกาลสืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2561 จากเว็บไซต์ <https://sites.google.com/site/weshkoonopatra/sara-sakthay>
- [9] ทิศทางตำแหน่งหลังคาที่เหมาะสมกับการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ สืบค้นเมื่อ พ.ศ. 2561 จากเว็บไซต์ <http://solarcellcenter.com/en/content/1--solar-cell-placement>



**ELECTRICAL
ENGINEERING
NETWORK 2019**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11

The 11th Conference of Electrical Engineering Network 2019

วันที่ 15-17 พฤษภาคม พ.ศ. 2562

ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ อำเภอ พระนครศรีอยุธยา

จังหวัด พระนครศรีอยุธยา



Conference Topics

1. ไฟฟ้ากำลัง (Electrical Power : PW)
2. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics : PE)
3. พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (Energy and Energy Saving : ES)
4. ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด (Control Systems and Instrumentation : CT)



5. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Computer and Information Technology : CI)
6. วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (Electronics Circuit and Communication : EC)
7. นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (Innovation and Invention : IN)
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (General Electrical Engineering : GE)
9. หัวข้อพิเศษในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า (Special Session on Electrical Engineering : SS)



คณะกรรมการวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

1. รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอหารไพโรจน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	ที่ปรึกษา
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ เกิดชื่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ที่ปรึกษา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	ประธานกรรมการ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ภฤชณัฏฐ์ ภูมิภักดีพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	รองประธานกรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายังงษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย สว่างงาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตติเจตน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
9. รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโยติ รักไทยเจริญชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ กองสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	กรรมการ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
12. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนพานโต สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	กรรมการ
13. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิชัย บุญปิยทัศน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
15. รองศาสตราจารย์ ดร.เวดิน ปิยรัตน์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	กรรมการ
16. รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

- | | | |
|-----|--|-------------------------|
| 1. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 2. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 3. | ผศ.ดร.สุนนมาลย์ เนียมกลาง
รองคณบดีฝ่ายวิจัยพัฒนาและบริการวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ที่ปรึกษา |
| 4. | อาจารย์ ดร.ฉัตรชัย ศุภทิพย์สกุล
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | ประธานกรรมการ |
| 5. | อาจารย์วีโรจน์ ทิราจนเนนชัย
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | รองประธานกรรมการคนที่ 1 |
| 6. | อาจารย์มาโนช ประชา
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | รองประธานกรรมการคนที่ 2 |
| 7. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา | กรรมการ |
| 8. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร | กรรมการ |
| 9. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย | กรรมการ |
| 10. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โท้ทองคำ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ | กรรมการ |
| 11. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นานทิน
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน | กรรมการ |
| 12. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสงคราม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ | กรรมการ |
| 13. | ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมคิด สุทธิศักดิ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย | กรรมการ |
| 14. | อาจารย์ ดร.วิรัช อ้นยาภิรักษ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน | กรรมการ |
| 15. | อาจารย์ ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ | กรรมการ |
| 16. | อาจารย์ ดร.สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ | กรรมการ |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

อาจารย์ ดร.มงคล มีสุน	กรมสอบสวนคดีพิเศษ (DSI)
อาจารย์ ดร.อรรถ พยอมหอม	การไฟฟ้านครหลวง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยากร อัครวิเศษ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.ยุทธพงศ์ ทัพมงคล	บริษัท ทีอีเอ เอ็นคอม อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมารินทร์ แสงหาณิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภย์ทิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภดชา คล้ายเรือง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุชิต เจริญ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ ชัยมูล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์สุรชัย สุขสกุลชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล จิระจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิบาล พลภูษานูบาล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ ดร.ศุภชา ประเสริฐสม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพร เลิศวาลนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์สัมพันธ์ พรหมทิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์ราชู พันธุ์ฉลาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อาจารย์ ดร.พุทธพร เกวตกุลานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประหัต กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนศิริรัตน์ ราชบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมหมาย ผิวฉลาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย แดงอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนิจ ชิตจรัส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.กิตติวัฒน์ นิยมเกิดผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.ฉัตรชัย ศุภกิจกษัตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ภุชงค์ชนม์ ภูมิภิตติขัญญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ แหมงงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อองอาจ แสคใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.วิเชียร อุปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิธิวัฒน์ ชุลกกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรวินน์ คชสาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11 (EENET 2019) รร. ภูเก็ตริเวอร์ จ. ภูเก็ตศรีอยุธยา วันที่ 15-17 พฤษภาคม 2562
(The 11th Conference of Electrical Engineering Network 2019, Krungri River Hotel, Ayutthaya, Thailand, 15th-17th May, 2019)

วันพฤหัสบดี ที่ 16 พฤษภาคม 2562				
ลงทะเบียน (Registration)				
08.00-09.00				
9.00-10.20	นำเสนอผลงานวิชาการ (Presentation 3)			
Room	กรุ๊ปที่ 1	จำนวน 1	จำนวน 2	ไมล์
Session Paper IDs	PW06-PW09 (นพ.ณัฐฉาน โสภณเกษมสินทร์ (นพ.ธัญญ์) อ.จิรพันธ์ ทานแดง (นพ.สกลานา)	PEA-PE01-PE04 (นพ.ศุภยธนา จำสุวรรณ์ (นพ.วิชัยสัมพันธ์ง่อม) นพ.ศ.ณัฐภัทร พันธุ์สิง (นพ.ธัญญ์)	IN-C-IN11-IN14 (ดร.อริใจป๋ม ปะโน (นพ.ศรัญชัย) อ.ชานนท์ ขุนเพชร (นพ.ธัญญ์)	ES-B-ES06-ES09 (นพ.ประวิทย์ กองสุข (นพ.พรสวรรค์) อ.ทองเอ็งกร์ สุธงษา (นพ.ธัญญ์)
Session Chair				
10.20-10.40	Coffee Break 2			
10.40-12.00	นำเสนอผลงานวิชาการ (Presentation 4)			
Room	กรุ๊ปที่ 1	จำนวน 1	จำนวน 2	ไมล์
Session Paper IDs	PW-C-PW10-PW13 (นพ.ศ.ณัฐฉาน โสภณเกษมสินทร์ (นพ.ธัญญ์) ดร.กัญญา ส้มอมฤต (นพ.ธิดานา)	PEB-PE05-PE08 (นพ.ศ.นพ.วิฑูรย์ ธีรวัฒน์ (นพ.วิฑูรย์สัมพันธ์สินทรัพย์วิเศษ) นพ.ศ.ณัฐชัย แดงเอม (นพ.ธัญญ์)	IN-D-IN15-IN18 (ดร.ปวีญา มงคลไฉย (นพ.พรรัตน์ปิ่นเพชร) อ.ชานนท์ ขุนเพชร (นพ.ธัญญ์)	ES-C-ES10-ES13 (นพ.ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์ชัย (นพ.กรรพ) อ.ทองเอ็งกร์ สุธงษา (นพ.ธัญญ์)
Session Chair				
12.00-13.00	รับประทานอาหารกลางวัน (Lunch 2)			
13.00-14.40	นำเสนอผลงานวิชาการ (Presentation 5)			
Room	กรุ๊ปที่ 1	จำนวน 1	จำนวน 2	ไมล์
Session Paper IDs	PW-D-PW14-PW18 (นพ.ศ.วราณี ศรีสความ (นพ.สุพรรณนที) อ.ณัฐพล ทาญุโษ (นพ.ธัญญ์)	PEC-PE09-PE11 (ว่าที่ ร.ต.ศ.ปวีณสิทธิ์ ธิยะพานิชกุล (นพ.กรรพ) นพ.ศ.นพ.นงศด บาร่าง (นพ.ธัญญ์)	IN-E-IN19-IN23 (นพ.ศ.ณัฐฉาน โสภณเกษมสินทร์ (นพ.ธัญญ์) อ.วุฒิไกร จันทร์ร่วมเย็น (นพ.พรสวรรค์)	ES-D-ES14-ES18 (นพ.ศ.นพ.นิตชากรณย์ อภิรักษ์ (นพ.ศรัญชัย) นพ.ศ.นพ.นิตชากรณย์ อภิรักษ์ (นพ.ธัญญ์)
Session Chair				
14.40-15.00	Coffee Break 3			
15.00-16.40	นำเสนอผลงานวิชาการ (Presentation 6)			
Room	กรุ๊ปที่ 1	จำนวน 1	จำนวน 2	ไมล์
Session Paper IDs	PW-E-PW19-PW23 (นพ.ศ.นพ.วีรวัฒน์ (นพ.พรพนธ) อ.ณัฐพล ทาญุโษ (นพ.ธัญญ์)	PE-C-CP11-CP15 (นพ.ศ.ปวีณสิทธิ์ บาร่าง (นพ.พรพนธ) ดร.กิติวัฒน์ นิรมิตกุล (นพ.ธัญญ์)	IN-F-IN24-IN28 (นพ.เจษฎา ทรัพย์กันย์ (นพ.ธิดานา) อ.ชานนท์ ขุนเพชร (นพ.ธัญญ์)	ES-E-ES19-ES23 (นพ.ศ.นพ.นพ.นิตชากรณย์ อภิรักษ์ (นพ.ศรัญชัย) นพ.ศ.นพ.นิตชากรณย์ อภิรักษ์ (นพ.ธัญญ์)
Session Chair				
18.00-22.00	งานเลี้ยงรับรองอาหารเย็น พร้อมฟังเพลงวงวงกลมคืน (Banquet) ห้องประชุมที่ 2			

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ขนาดใหญ่ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์

Power Production Availability Analysis of a Large Scale PV Rooftop 1 MW

บัญชา วนชื่น¹ ราเชิป์ แสงกล้า² ภูมพรา ท่อนอก³ และบุญชัย ปลั่งกลาง⁴

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สำนักวิทยุบุรี จังหวัดปทุมธานี โทรศัพท์ 0-2549-3420 E-mail: banchar_n@mail.rmutt.ac.th, boonyang.p@en.rmutt.ac.th

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สำนักเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โทรศัพท์ 0-4425-2659 E-mail: krungphet@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าการผลิตไฟฟ้า (Power Production Availability) ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ที่ติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ โดยทำการศึกษาร่วม 3 ปัจจัย ประกอบด้วย อุณหภูมิโดยรอบ ระยะทางติดตั้งของอินเวอร์เตอร์กับจุดขายไฟฟ้า และลักษณะการติดตั้งที่เกิดจากรูปแบบของอาคารที่ติดตั้ง จากการศึกษาพบว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีมากขึ้นหรือน้อยขึ้นประกอบด้วยผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิโดยรอบ ระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปยังมิเตอร์ขายไฟฟ้า ทั้งรูปแบบการติดตั้งซึ่งต้องเป็นไปตามรูปแบบอาคารที่ติดตั้ง ซึ่งมีข้อจำกัดที่มีส่วนที่กระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา โดยทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่าของอุณหภูมิแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ศึกษาส่งผลกระทบต่อ จากการศึกษาพบว่าค่าความสูญเสียที่เกิดจากระยะทางระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปยังมิเตอร์ขายไฟฟ้ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียที่ 1.21 % และทั้งนี้ยังพบอีกว่า ในแต่ละฤดูกาลมีผลกระทบต่อค่าพลังงานผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งของโรงไฟฟ้าด้วย

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ ผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิโดยรอบ และระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปยังมิเตอร์ขายไฟฟ้า

Abstract

This article presents a study of factors that affect to the electric efficiency of PV rooftop power plant large scale 1 MW production by studying the 3 major factors concerning to the ambient temperature, cable distance between an inverter and selling electricity meter although consider to the physical of buildings and installation

location. From the study were found the energy production of the PV power plant is affected and caused by the ambient temperature and the distance of the electrical cables installed between the PV power changer to the selling electricity meter. Both installation models were fixed in accordance to the existing building structure which affects to the production of electric power of roof-mounted PV power plants by analyzing the energy product compared with the value of the ambient temperature of PV power plants. In conclusion, found that the loss caused by the distance between inverter to selling electricity meter has a loss percentage approximate 1.21% and in each season changes also affect to the electricity production of the PV power plant indifferently

Keywords: Large scale PV rooftop and Energy Production affect caused by ambient temperature and the distance between inverter to selling electricity meter

1. บทนำ

รัฐบาลได้ให้การส่งเสริมด้านพลังงานทดแทน โดยจะเห็นได้จากนโยบายภาคส่งเสริมสนับสนุนให้เอกชนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีแผนสนับสนุนระยะยาวเพื่อให้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง จากการลงทุนที่กล่าวมานี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ พร้อมทั้งอุปกรณ์ประกอบส่วนอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้า จากกระแสของโซลาร์เซลล์ ให้เป็นกระแสสลับเพื่อส่งต่อให้พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์สามารถส่งเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า และส่งจ่ายเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้มีการติดตั้งอย่างหลากหลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการติดตั้งบนดินที่กระจัดกระจายขึ้นอย่างกว้างขวางไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ รวมถึงการติดตั้งชนิดบนหลังคาอาคารซึ่งมีเป็น



การเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิตไฟฟ้าที่เกิดประ โยชน์อย่างสูงสุด หรือ เมื่อกระแสรูปแบบการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าขนาดใหญ่ ที่ปัจจุบัน ได้รับมีการผลิตไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งการผลิตในรูปแบบที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานแตกต่างกัน เช่น การผลิตที่บนพื้นดิน หลังการผลิตพลังงานนี้ อาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตที่บนพื้นดิน หลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี หรือการผลิตที่บนหลังคาอาคารอาจเป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ความร้อนสะสมที่เกิดขึ้น หรือ เมื่อกระแสการผลิตที่บนพื้นดินของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เริ่มมีการผลิตไฟฟ้าขึ้นในประเทศไทย แต่ที่เริ่มนำผลิตของระบบการนำไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่ด้วยสูงสุด

2. วิธีการศึกษาระบบ

ในบทความนี้ สนใจศึกษาระบบเชิงพื้นที่ของระบบของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา (Rooftop) เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพของระบบที่เกิดขึ้นของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งขนาดใหญ่ขนาด 1 เมกะวัตต์ ในการผลิตไฟฟ้าได้จากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ บนหลังคา หรืออินเวอร์เตอร์ แบบเป็น 2 ชุด ขนาดติดตั้ง ชุดละ 500 กิโลวัตต์ เท่ากัน โดยทั้ง 2 ชุดติดตั้งอยู่ด้วยตัวเครื่องของอินเวอร์เตอร์ โดยค่าพลังงานที่วัดได้ของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี 61 ได้รวมทั้งสิ้น 742,100.00 หน่วย และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี 61 ได้รวมทั้งสิ้น 682,791.00 หน่วย ของข้อมูลที่ได้ ทำให้อาจพบว่า ยังมีประสิทธิภาพอยู่ในพื้นที่เดียวกัน แต่การผลิตที่บนหลังคาและบนหลังคาของอาคาร ส่งผลให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ ทั้งตัว นี้ค่อนข้างต่างกัน

ค่าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ติดตั้งในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ศึกษานี้ เป็นแบบผลิตกรรมชาติของ มีคุณสมบัติแตกต่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่ใช้

รายละเอียดแผงโซลาร์เซลล์แบบซิลิคอน	ค่าต่อหน่วย
1. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max})	245 วัตต์
2. แรงดันไฟฟ้าวงเปิด (V_{oc})	37.4 โวลต์
3. กระแสไฟฟ้าวงสั้น (I_{sc})	8.69 แอมแปร์
4. กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{mp})	8.12 แอมแปร์
5. ผลกระทบด้านกำลังไฟฟ้ากับอุณหภูมิ	-0.45%/°C

2.1 ที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่ศึกษา

ในการศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่ท่าอากาศยาน ดัตช์ที่มี 2 ไร่บด หนองใหญ่ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี ขนาดพื้นที่ติดตั้งการผลิต 1 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถออกแบบโดยแบ่งการผลิตออกเป็นสองส่วน และใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 500 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ตัว โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 245 วัตต์เป็นแหล่งพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์ โดยตัวอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวใช้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 2,016 แผง คิดเป็นกำลังไฟฟ้า 493,920 วัตต์สำหรับ ในการศึกษานี้ ได้ศึกษาข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ.2561 เพื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ศึกษานี้

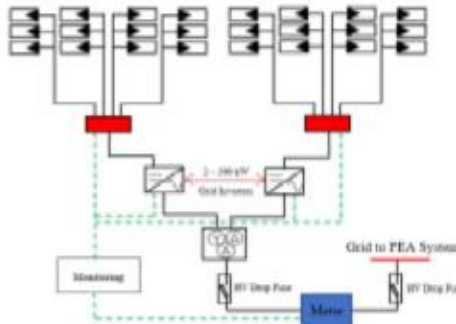


รูปที่ 1 พื้นที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 MW แบบติดตั้งบนหลังคา ณ ตำบลเม็กกอง จังหวัดปทุมธานี

การผลิตพลังงานจากอาคารที่ติดตั้งบนหลังคาของอาคารเป็นกรอบแดงของฝั่ง ค่อยกับอินเวอร์เตอร์ติดตั้งอยู่ในกรอบสีเขียวอีก 500 กิโลวัตต์ ทำจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่ระยะห่างของอินเวอร์เตอร์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีระยะห่างประมาณ 10 เมตร โดยระยะของอินเวอร์เตอร์กับชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง มีระยะโดยประมาณ 80 เมตร และชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดที่ 2 มีระยะห่างประมาณ 90 เมตร ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 1

2.2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาอาคาร

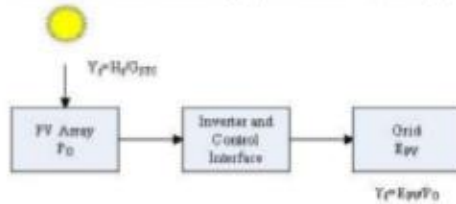
การผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบติดตั้งบนหลังคา นี้ แบ่งการผลิตที่ประกอบไปด้วยอินเวอร์เตอร์ขนาดผลิตกำลังไฟฟ้า 500 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ระบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากโดยมีโดยระบบการผลิตที่ระบบ แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โดเมนการติดตั้งของโรงไฟฟ้า แบบติดตั้งบนหลังคา 1 MW ที่ติดตั้งที่ตำบลหนองกุง จังหวัดสุพรรณบุรี

2.3 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต

การวิเคราะห์และศึกษาที่พลังงานของโรงไฟฟ้าที่เชื่อมกับสายส่งไฟฟ้า 11 kV จำเป็นจากสมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 3 และสมการ จำนวน [1]



รูปที่ 3 สมการและตัวแปรของประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังงานของสายส่งไฟฟ้า

Final system yield $Y_f = E_{gr} / P_n$ (kWh/kWp*day) or (hours/day) (1)

Reference yield $Y_r = H_i / G_{STC}$ (kWh/kWp*day) or (hours/day) (2)

Performance ratio $PR = Y_f / Y_r$ (3)

Where
 E_{gr} : Energy delivered to the load (kWh)
 P_n : Nominal power of PV array at standard test conditions (kWp)

ตารางที่ 2 ค่าพลังงานต่างๆ อุณหภูมิเฉลี่ย และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์ ที่ท่ากระเทียม

เดือน	ปริมาณการแผ่รังสี (kWh)	พลังงานจำนวน (kWh)	ความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์เฉลี่ย (HR: kWh/m ²)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	พลังงานที่ผลิตได้ (kWh)
1	112,313.00	112,540.00	4.602	29.18	112,313.00
2	112,621.00	110,900.00	4.931	35.86	112,621.00
3	141,829.00	139,720.00	5.456	38.56	141,829.00
4	134,686.00	130,200.00	5.576	38.19	134,686.00
5	136,196.00	138,300.00	5.463	39.42	136,196.00
6	118,318.00	116,400.00	4.818	37.97	118,318.00
7	110,034.00	108,320.00	4.126	40.47	110,034.00
8	103,601.00	102,040.00	3.913	39.33	103,601.00
9	120,495.00	118,960.00	4.937	41.99	120,495.00
10	121,717.00	120,000.00	4.941	41.93	121,717.00
11	112,060.00	110,440.00	4.817	35.86	112,060.00
12	101,028.00	99,780.00	4.277	35.86	101,028.00
เฉลี่ย	1,424,900.00	1,407,000.00	4.82	37.89	1,418,741.67

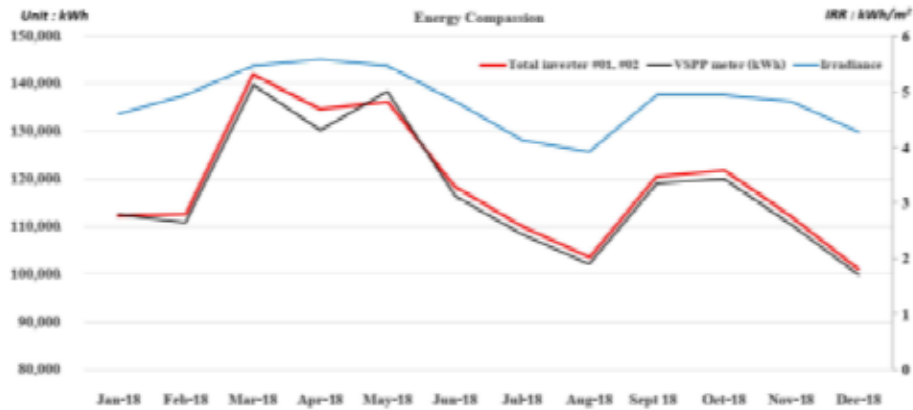
ตารางที่ 3 พลังงานจากอินเวอร์เตอร์ 1 และ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์และ ที่ท่ากระเทียม

เดือน	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ (kWh)	ความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์เฉลี่ย (HR: kWh/m ²)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	จำนวนชั่วโมงที่ 1 (kWh)	จำนวนชั่วโมงที่ 2 (kWh)
1	112,313.00	4.602	29.18	62,489.00	49,844.00
2	112,621.00	4.931	35.86	61,315.00	51,306.00
3	141,829.00	5.456	38.56	74,550.00	67,279.00
4	134,686.00	5.576	38.19	68,117.00	66,569.00
5	136,196.00	5.463	39.42	67,021.00	69,175.00
6	118,318.00	4.818	37.97	57,775.00	60,543.00
7	110,034.00	4.126	40.47	54,205.00	55,829.00
8	103,601.00	3.913	39.33	51,895.00	51,706.00
9	120,495.00	4.937	41.99	61,706.00	58,789.00
10	121,717.00	4.941	41.93	64,494.00	57,263.00
11	112,060.00	4.817	35.86	61,537.00	50,503.00
12	101,028.00	4.277	35.86	56,955.00	44,073.00
เฉลี่ย	118,741.67	4.82	37.89	62,108.00	62,792.00

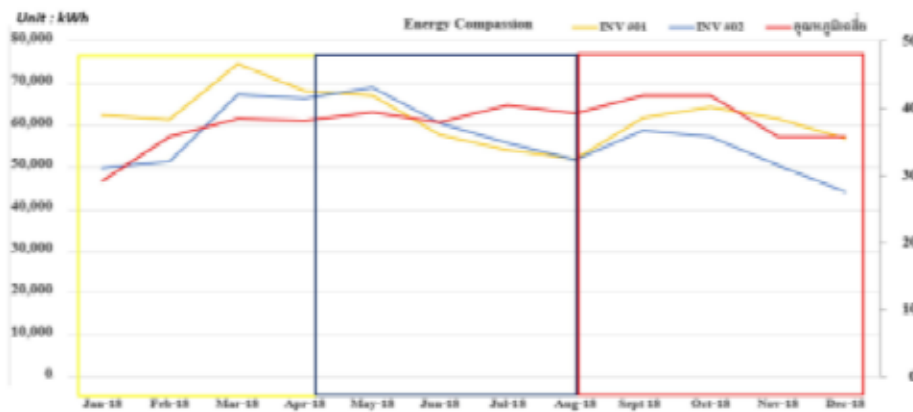
ตารางที่ 2 และ 3 ค่าพลังงานต่างๆ อุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิของสายส่งไฟฟ้า และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอาทิตย์ ที่ท่ากระเทียมและเดือนธันวาคมปี 2561 จากทั้งสองตาราง สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานของสายส่งไฟฟ้า ได้ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5

PV
PEL
EN
CI
CF
M
IN
GN-17
EN

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11
11th Conference of Electrical Engineering Network 2019 (EENET2019)



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากอินเวอร์เตอร์ และพลังงานที่ขายให้กับการไฟฟ้า



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าพลังงานของอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัวที่ใช้งาน กับอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน

จากรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบที่ได้จากการวัดที่อุณหภูมิที่เกิดขึ้น ได้แก่ ค่ากำลังการผลิตรวม จากอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 และอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 (เส้นสีแดง) กับค่าพลังงานไฟฟ้า ณ จุดมิเตอร์ขาย (เส้นสีน้ำเงิน) และปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ (เส้นสีฟ้า) พบว่ามีความสอดคล้องกัน ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ กับค่าที่ขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า มีเพียงช่วงเดือนกรกฎาคม และพฤษภาคม ที่ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่ำกว่าค่าที่ขายออกไป เมื่อทำการตรวจสอบพบว่า เกิดจากความผิดปกติของเครื่องมือวัด ทั้งนี้ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว และใช้งานได้

จากรูปที่ 5 เป็นการนำค่ากำลังการผลิตของอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 ตัวมาทำการเปรียบเทียบกับรังสี คืออินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 (เส้นเหลือง)

อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 (เส้นสีน้ำเงิน) และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงไฟฟ้า (เส้นสีแดง) เพื่อหาความสัมพันธ์ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละฤดูกาล ซึ่งกำลังการผลิตพลังงานในแต่ละช่วงของฤดูกาลมีความแตกต่างกัน สามารถอธิบายได้ ดังนี้ [2]

- ช่วงเดือน มีนาคม-พฤษภาคม (ฤดูร้อน) ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ มากที่สุด ขณะเดียวกัน อุณหภูมิแผง (C) จะสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ประสิทธิภาพ และกำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง โดยเฉพาะ เดือน เมษายน

- ช่วงเดือน มิถุนายน - ธันวาคม (ฤดูร้อน) ความเข้มรังสีอาทิตย์จะลดลงและมีค่าต่ำสุด โดยลดประมาณ 50% จากช่วงเวลาที่ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด และค่าของการผลิตเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

- ช่วงเดือน ตุลาคม-มกราคม (ฤดูหนาว) เนื่องจากสภาพอากาศและอุณหภูมิแวดล้อม ส่วนความแตกต่างของกำลังการผลิตระหว่างอินเวอร์เตอร์ทั้งสองตัว เนื่องจาก มีพื้นที่ของแผงโซลาร์เซลล์วางเอียง ซึ่ง อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 จะมีการผลิตที่มากกว่า อินเวอร์เตอร์ตัวที่ 2 เพราะแผงผลิตตั้งอยู่ด้านทิศใต้ ได้รับแสงแดดเฉลี่ยมากกว่า ทั้งนี้มีความแตกต่างของพลังงานที่ได้จากการผลิต และค่าพลังงาน ๓ ชุด มีค่าเฉลี่ย (การไฟฟ้า) เนื่องจาก ระยะทางของสายไฟฟ้า จากเครื่องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ไปยัง มิเตอร์จำหน่าย

3. สรุป

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย ได้แก่ ผลกระทบของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ได้รับ สภาพแวดล้อม ช่วงฤดูกาลของแต่ละปี อุณหภูมิโดยรอบ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และผลกระทบจากระยะของสายไฟฟ้าที่ติดตั้งระหว่างอินเวอร์เตอร์ไปยังมิเตอร์ขายไฟฟ้า ซึ่งรูปแบบการติดตั้งจะถูกบังคับให้เป็นไปตามรูปแบบของอาคารที่ติดตั้ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ทั้งนี้ในการติดตั้งระบบฯ ควรคำนึงถึงผลกระทบจากปัจจัยดังกล่าว ที่จะส่งผลให้กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าค่าประมาณการได้ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนที่ผู้ออกหน่วยละอียดถึง หรือหลีกเลี่ยง หรือที่สหภาพการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมในการติดตั้งได้

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณขอขอบคุณ บริษัท PST.GROUP Solar Power Plant จำกัด ในความอนุเคราะห์ ข้อมูลสารสนเทศประกอบกรวิจัย เพื่อทดสอบสมมติฐานของคณะผู้วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] U. Jahn and B. Grimming, "Analysis of Photovoltaic Systems," Report IEA-PVPS T2-01:2000, 2000.
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา.สืบค้นเมื่อพ.ศ.2560.๗10 www.tmd.go.th/province_weather_sta.php?StationNumber=48430
- [3] The terminology and concepts used to determine the magnitude and direction of incident solar radiation สืบค้นเมื่อ พ.ศ.2561 จากเว็บไซต์ <https://www.sibsigjournal.com>
- [4] วิจัยความถี่และการทำงานของอินเวอร์เตอร์พลังงานความร้อน ดร.สุภัทธนา นภทศ หน้า 44-48.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นาย ปิฎุชา รานจัน
ปริญญาตรีจาก สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งานวิจัยที่สนใจ: พลังงานทดแทน การหา
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	บัญชา งามชื่น
รหัสนักศึกษา	116070421003-9
วัน-เดือน-ปี เกิด	9 กุมภาพันธ์ 2516
สถานที่เกิด	บ้านสำโรง ต.โพนครก อ.ท่าตูม จ.สุรินทร์
ที่อยู่	10/6 หมู่ 8 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ. จันทบุรี
การศึกษา	ปี 2535 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ช่างไฟฟ้ากำลัง GPA. 3.50 วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์
	ปี 2537 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ช่างไฟฟ้ากำลัง GPA. 3.15 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
	ปี 2538 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง GPA. 3.15 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ประสบการณ์	มีประสบการณ์ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า ด้านงานควบคุมและติดตั้งระบบไฟฟ้าในโครงการใหญ่ๆทั้งในและต่างประเทศมากกว่า 20 ปี ดังเช่น โครงการก่อสร้างท่าอากาศยาน สนามบินสุวรรณภูมิ โครงการก่อสร้าง Power Substation ในกรุงเทพมหานคร โครงการก่อสร้างท่าอากาศยาน Doha International Airport ประเทศกาตาร์ เป็นต้น

