รายงานปฏิบัติการสหกิจ

การใช้งานโปรแกรม PVsyst ออกแบบและจำลองประมาณค่าพลังงานไฟฟ้า

จากระบบโซล่าเซลล์ 300 kW

กรณีศึกษา : บริษัท เมกกะ – เจ จำกัด

นายพันกร ปริวันตัง รหัส 6340703110

นายสันติ พงษ์ใหม่ รหัส 6441403124

ปริญญานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหการ

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พ.ศ 2567

Check the PVsyst program to check the electrical energy from a 300 kW solar cell system.

Education: Mecca-J Company Limited

Mr. Phankon Pariwantang Code 6340703110

Mr. Santi Phongmai, Code 6441403124

Graduate thesis in the Industrial Electrical Engineering program. Industrial Electrical Engineering Department

Faculty of Industrial Technology Nakhon Ratchasima Rajabhat University 2024

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**การใช้งานโปรแกรม PVsyst ออกแบบและจำลองประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์ 300 kW**
ชื่อนักศึกษา	**นายพันกร ปริวันตัง รหัสประจำตัว 6340703110**
	นายสันติ พงษ์ใหม่ รหัสประจำตัว 6441403124
ปริญญาตรี	**วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม**
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	**อาจารย์ สุวพัชร คัดจันทึก**

บทคัดย่อ

การปฏิบัติงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ ความสามารถในการจำลองการติดตั้งระบบพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะมีการจำลองปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องใช้ จะสามารถจำลองจำนวนของแผงโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์ พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี พลังงานสูญเสีย การประเมินราคาลงทุน และปริมาณคาร์บอนที่สามารถลดลงได้ ซึ่ง สามารถใช้ในการจำลองได้กับแทบทุกพื้นที่อีกทั้งยังมีการอัพเดทข้อมูลเกี่ยวกับ แผงโซล่าเซลล์ และ อินเวอร์เตอร์ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลาอย่างมีประสิทธิภาพในการทำงานจริง โดยจะสามารถนำมาเป็นแนวทางของการทำงานในอนาคตได้ อีกทั้งยังทาให้ทราบถึงปัญหาที่จะเกิดจากการทำงาน ในการประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์ โดยจะทำให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามข้อกำหนด ตามรายละเอียดของงาน และรวมถึงระเบียบเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการใช้โปรแกรม PV syst ในการออกแบบและจำลองประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์ 300 kW สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้ความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำให้คำปรึกษา และตรวจสอบแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก อาจารย์ สุวพัชร คัดจันทึก และ อาจารย์ แสงเพ็ชร งอนชัยภูมิ

ถ้ามีของบงพร่องประการใด ก็ขออภัย อาจาร์ทุกท่าน ไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

นายพันกร ปริวันตัง

นายสันติ พงษ์ใหม่

นักศึกษาผู้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 นิยามคำศัพท์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	4
2.2 แผงโซล่าเซลล์ โมโนคริสตัลไลน	9
2.3 อินเวอร์เตอร์	16
2.4 ออฟติไมเซอร์	18
2.5 โปรแกรม PVsyst	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนิดงาน	21
3.1 ผังการผลิตและวิธีการผลิต	21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	22
3.3 การจำลองและคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	22
3.4 การเริ่มต้นใช้โปรแกรม PHOTOVOLTAIC SOFTWARE (PVsyst)	23
บทที่ 4 ผลการนำเนินงาน	30
4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	30
4.2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าพลังงนไฟฟ้าที่ผลิตระหว่างแผงโซล่าเซลล์ 2 ชนิด	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	37

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	37
5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	39

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประก่อบของแสงอาทิตย์	4
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง	5
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง	6
2.4 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า	6
2.5 ส่วนประกอบเซลล์แสงอาทิตย์	7
2.6 crystalline silicon	8
2.7 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาติทย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ	8
2.8 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์	9
2.9 แนวเลื่อยแผงผลึก	10
2.10 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	10
2.11 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	11
2.12 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย	12
2.13 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.14 ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 555- 417 วัตต์สูงสุด (Wp)	15
2.15 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: กระแสไฟฟ้าลัดวงจร	16
2.16 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร	16
2.17 อินเวอร์เตอร์	17
2.18 การใช้งานอินเวอร์เตอร์ออนกริดเพื่อใช้ร่วมกับไฟที่มาจากไฟฟ้า	18
2.19 อินเวอร์เตอร์ชนิดออนกริด	18
2.20 Optimizer ออฟติไมเซอร์	19
2.21 โปรแกรม PVsyst	20
2.22 ตัวอย่างรายงานแสดงผลกำลังการผลิต	20
3.1 ผังการผลิตและกรรมวิธีการผลิต	23
3.2 ภาพหน้าต่างก่อนเริ่มโปรแกรม	24
3.3 เลือกสภานที่ติดตั้ง	24
3.4 ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของสภานที่ติดตั้ง	25
3.5 ฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานที่ติดตั้ง	25
3.6 คำสั่ง Orientation	26

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 การเลือก PV Module และ Inverter	27
3.8 แสดงผลการจำลอง mono	27
3.9 การเลือก PV Module และ Inverter	28
3.10 แสดงผลการจำลอง	29
4.1 การสูญเสียที่เกิดในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Mono Crystalline	33
4.2 การสูญเสียที่เกิดในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Mono Crystalline	34
4.3 อัตราส่วนสมรรถนะ(Performance Ratio) ของ mono	35
4.4อัตราส่วนสมรรถนะ(Performance Ratio) ของ mono	36

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 แผนการดำเนินงานโครงการ	3
2-1 คุณลักษณะติดอยู่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์	14
3-1 ข้อมูลเปรียบเทียบของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด	23
4-1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh)	30

บทที่1

บทนำ

1.1ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันในสังคมประเทศไทยนั้นใช้โซล่าเซลล์เป็นที่นิยมมากขึ้น และมีแนวโน้มที่เติบโตมากยิ่งขึ้น สาเหตุเนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเยอะมากในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมเริ่มสนใจที่จะนำไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์มาใช้งาน เพื่อลดปริมาณค่าไฟฟ้าลง แต่ปัญหาที่พบได้คือ โรงงานอุตสาหกรรมจะไม่ทราบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาจากระบบโซล่าเซลล์นั้นจะเพียงพอต่อความต้องที่จะการใช้งานในโรงงานหรือไม่ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและจำลองประมาณค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการนำโปรแกรม PVsyst เข้ามาใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบและจำลองหลักการทำงาน ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วย เซลล์แสงอาทิตย์

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองและทราบค่าที่ระบบผลิตได้

1.2.3 เพื่อนำค่าพลังงานที่ผลิตใด้ของแผงโซล่าเซลล์ประเภท โมโนคริสตัลไลน์มาเปรียบเทียน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 จำลองการคำนวณระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ On-Grid ด้วย PVsyst

1.3.2 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพค่าของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์

1.3.3 จำลองระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 300 kw

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน

1.4.1 ศึกษาความเป็นมาและสาเหตุของปัญหา

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 วางแผนปรึกษาหัวหน้า โครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า

1.4.4 จำลองและคำนวณค่าพลังงนไฟฟ้าแสงอาทิตย์ของแผงโซล่าเซลล์

1.4.5 หาค่าพลังงานที่ผลิตได้ของพลังงานแสงอาทิตย์

1.4.6 แก้ไขข้อบกพร่อง

1.4.7 สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1ทำให้ทราบองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์ แสงอาทิตย์

1.5.2 ทำให้ทราบวิธีการใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองและค่าที่ระบบผลิตได้

1.5.3 ทำให้ทราบค่าที่ผลิตได้เพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ แผงโซล่าเซลล์ประเภท โมโนคริสตัลไลน์

1.6 นิยามคำศัพท์

1.6.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่นซิลิกอนซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงาน ประกอบที่เรียกว่าโปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดใน ช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

1.6.2 เชื่อมต่อกับระบบสายส่งจากการไฟฟ้า (On-Grid System) เป็นระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งจากการไฟฟ้าระบบนี้ จะมีแผงโซล่าเซลล์สำหรับกำเนิดไฟฟ้า ต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงจากไฟกระแสตรง เป็นไฟกระแสสลับ นำมาต่อกับระบบไฟเพื่อจ่าย ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ร่วมกับการจ่ายไฟของการไฟฟ้า

1.6.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ให้เป็นไฟ กระแสตรง (DC) โดยวงจร คอนเวอร์เตอร์ (ConverterCircuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำ

1.6.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ PVsyst (Photovoltaic Syst) เป็นโปรแกรม ใช้ในการจำลองความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกที่ส่งผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และยังมีฐานข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อินเวอร์เตอร์สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่

เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าจากผู้ผลิตที่มีการใช้งานให้เลือกใช้ในการจำลองและยังมีลักษณะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะต่างๆให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย โดยโปรแกรมมีความสามารถในการคำนวณ

การวางแผนดำเนินงาน เป็นการกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 1-1 การเขียนแผนการดำเนินงานดังกล่าวอาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของลักษณะของการดำเนินการจัดทำโครงงาน การวางแผนการดำเนินงานยังช่วยให้สามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตได้

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงานโครงการ

รายละเอียดการดำเนินงาน	ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	→													
2 รวมรายละเอียดข้อมูลส่วนส่วนต่างๆของโครงงานทั้งหมด			←	—	→											
3 จำลองและออกแบบระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิด					←	—	→									
4 คำนวณและเปรียบเทียบของ พลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิด							←	—	→							
5 แก้ไขข้อบกพร่องและสรุปผล									←	—	—	→				
6 เรียบเรียงเอกสาร												←	—	→		
7สรุปผลรูปเล่มปริญญานิพนธ์														←	—	→

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหาในการทำโครงงานนี้ดั้งนั้นเพื่อให้สามารถทำโครงงานนี้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในบทนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีและและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีหัวข้อดังนี้

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

2.2 แผงโซล่าเซลล์ โมโนคริสตัลไลน

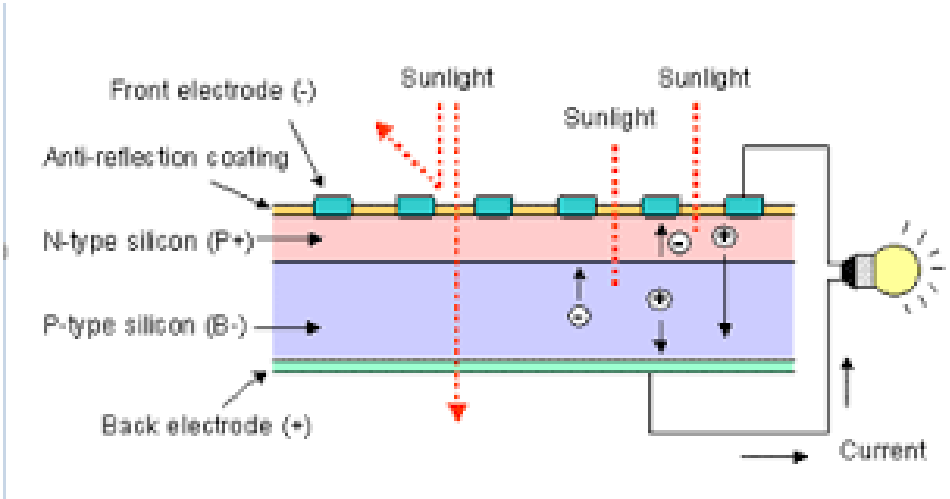
2.3 อินเวอร์เตอร์

2.4 ออฟติไมเซอร์

2.5 โปรแกรม PVsyst

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

หลักการพื้นฐานของไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งาน

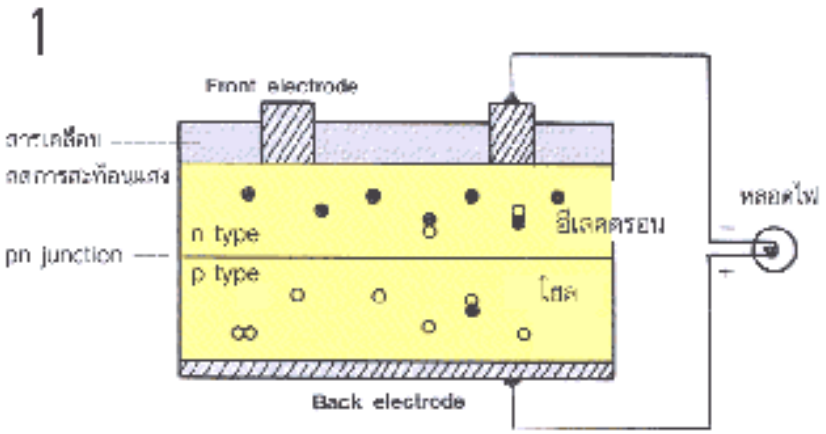


รูปที่ 2.1 ส่วนประก่อบของแสงอาทิตย์

ที่มา https://webkc.dede.go.th

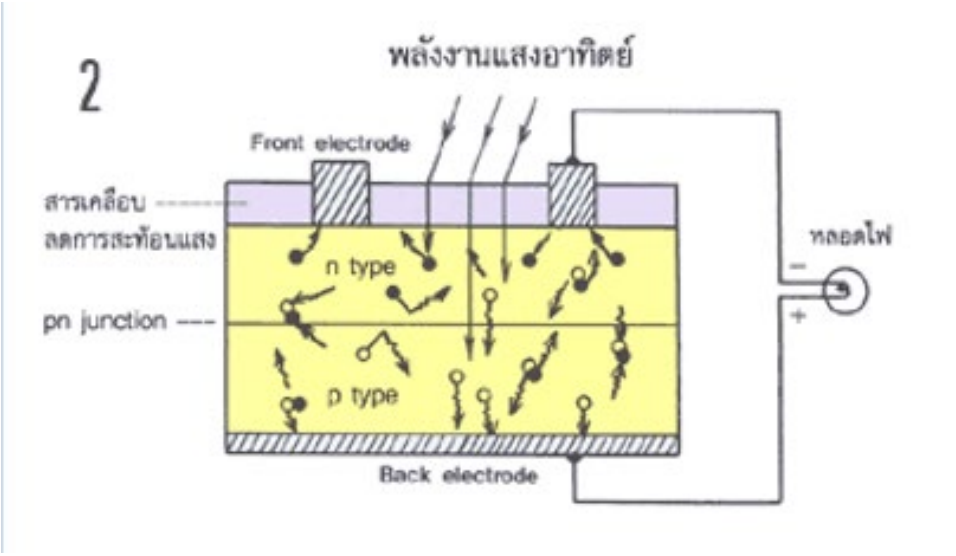
จากรูปที่ 2.1 N-type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารฟอสฟอรัสทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ติดอยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ และชั้นถัดมาคือ P-type ซิลิคอนคือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของ อะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้ง 2 ชนิดมาประกบกันด้วย P-N junction จึงทำให้เกิดเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์" ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด N-type ซิลิคอน

ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน P -type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่ เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อยด้านล่างของ P-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrodeทำหน้าที่รวบรวมโฮล ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงแสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหา เพื่อจับคู่กันอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P type ดังแสดงในรูปที่2.3 อิเล็กตรอน วิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระเนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่ง เพื่อจับคู่กันดังแสดงในรูป



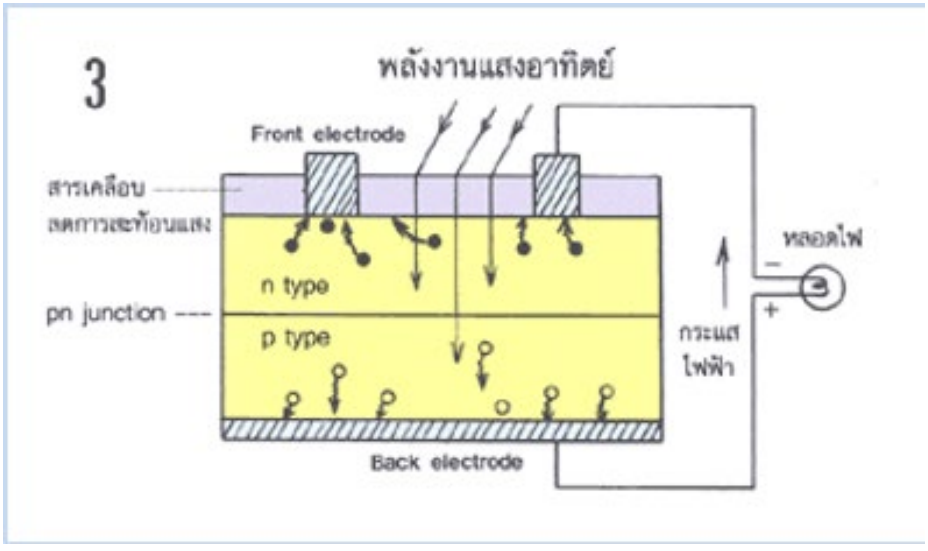
รูปที่ 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง

ที่มา : https://webkc.dede.go.th



รูปที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง

ที่มา : https://webkc.dede.go.th

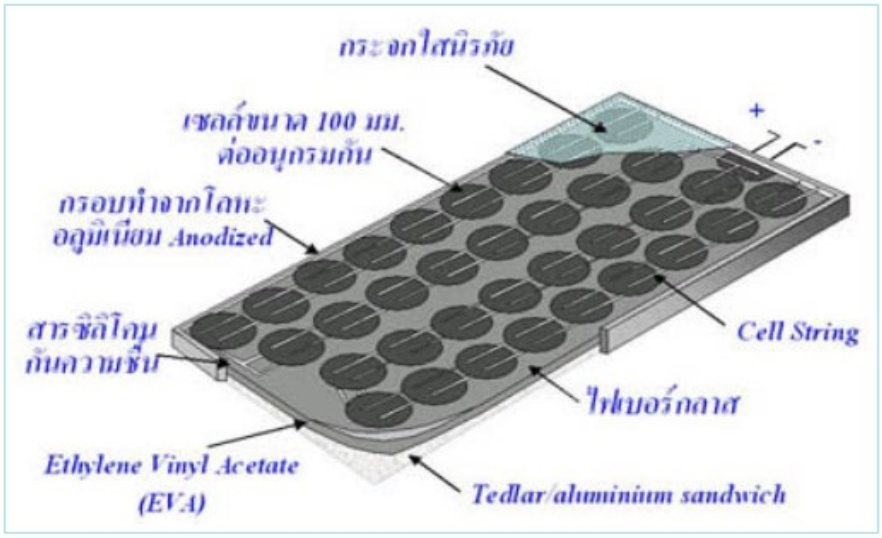


รูปที่ 2.4 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

ที่มา : https://webkc.dede.go.th

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

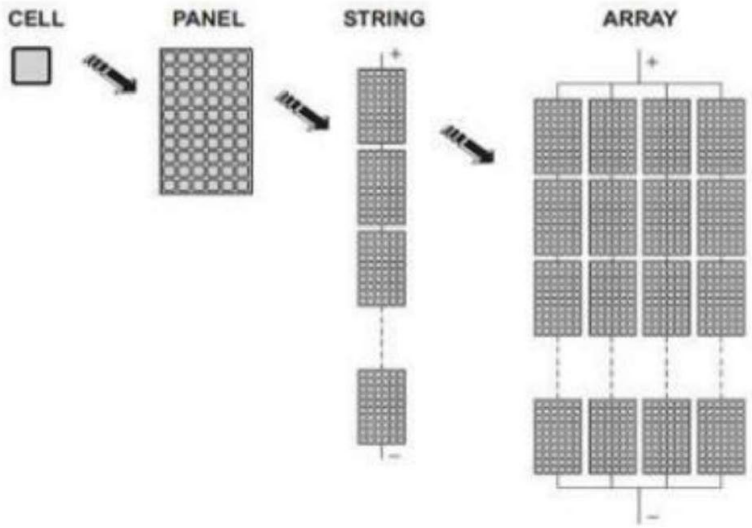
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสง อาทิตย์ การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่ มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้อง กันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา **https://webkc.dede.go.th**

Crystalline silicon (C-S) โซล่าเซลล์ถูกเรียกว่าเซลล์(Cell) ถัดมาคือการนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่ออนุกรมกันจะเรียกว่า พาเนล (Panel)ถัดมาคือการนำพาเนลหลายๆ พาเนล มาต่ออนุกรมกันเรียกว่า สตริง (Sting) และถัดมาคือการนำสตริงหลายๆ สตริงมาต่อขนานกันเรียกว่าอาร์เรย์(Array) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

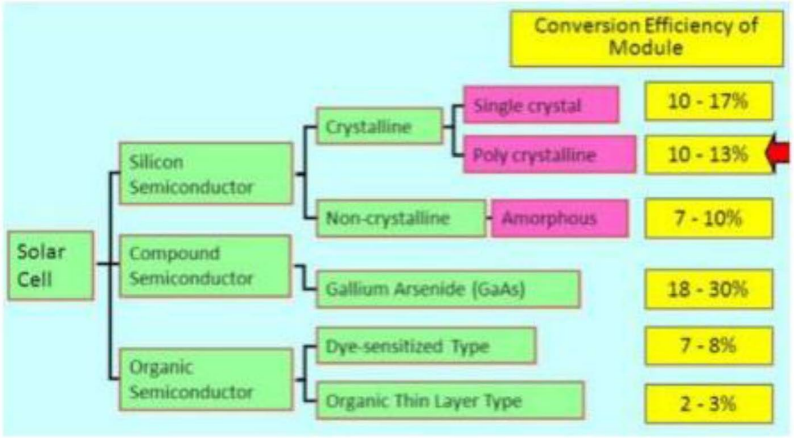


รูปที่ 2.6 crystalline silicon

ที่มา https://webkc.dede.go.th

2.1.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 1 ชนิดหลักๆ คือ Single Crystalline Silicon Solar Cell และ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline Crystalline Silicon Solar Cell)



รูปที่ 2.7 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

ที่มา: https://webkc.dede.go.th

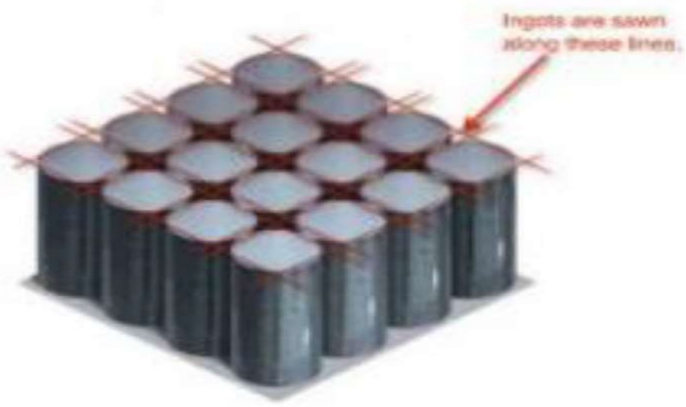
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนจะถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำเป็นผลึก (Crystal) และไม่เป็น ผลึก (Amorphous) สารกึ่งตัวนำชนิดผลึกซิลิคอนจะใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับอัตรา การแปลงสูงและความน่าเชื่อถือติดตาม เซมิคอนดักเตอร์ไม่เป็นผลึกทำงานได้ดีแม้ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นจึงใช้เป็นแหล่ง พลังงานสำหรับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาข้อมือ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วย พลังงานแสงอาทิตยย์องค์ประกอบหลักของระบบคือ "แผงเซลล์แสงอาทิตย์" ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตวอลเทอิกโดยในท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 1 ชนิดหลัก ๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline)

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โมโนคริสตัลไลน์ [2]

หลายคนคิดว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโน คริสตัลไลน์ เป็นเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และทางเลือกที่ดีที่สุดโมโนคริสตัลไลน์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุดและมีราคาแพงกว่า แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปแล้วแผงชนิดนี้มีประสิทธิภาพการแปลงได้ถึงร้อยละ 15.20นั้นหมายความว่ามันสามารถแปลงร้อยละ 15-20 ของพลังงานในแสงอาทิตย์ที่กระทบกับพวกมันเป็น พลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ ทำจากผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์พิเศษขนาด ประมาณขวดไวน์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ เพื่อให้เวเฟอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เฟอร์วงกลมเหล่านี้ถูกตัด ด้านข้างออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์" แบบโมโนคริสตัลไลน์ที่มีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

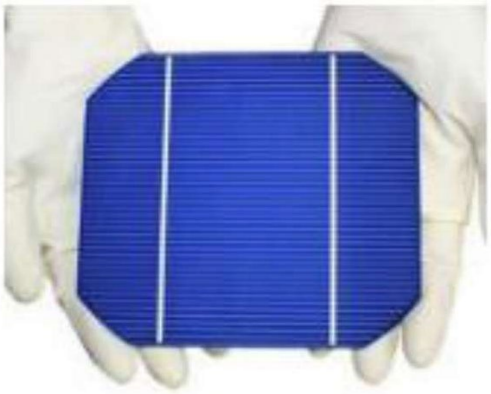
รูปที่ 2.8 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์

ที่มา : https://webkc.dede.go.th



รูปที่ 2.9 แนวเลื่อยแผงผลึก

ที่มา : https://webkc.dede.go.th



รูปที่ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ที่มา : https://webkc.dede.go.th

เส้นสีเงินเป็นลวดตัวนำซึ่งทำหน้าที่รวบรวมกระแสไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อแสงกระทบกับเซลล์ย่อย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเมทริกซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์วางต่อกันใน แนวราบในลักษณะเหมือนกระเบื้องปูพื้นห้องน้ำ โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีประสิทธิภาพสูง แต่จะเสียพื้นที่บางส่วนระหว่างเซลล์เมื่อถูกนำมาประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพพรสีขาวเล็กๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตพลังงานใกล้เคียงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

รูปที่ 2.11 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ที่มา : https://webkc.dede.go.th

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผลิตมาจาก ซิลิคอนเกรดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 15-20%
- แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่สูงสุด เพราะว่าให้กำลังสูงจึงต้องการพื้นที่น้อยที่สุดในการติดตั้งแผงโซลล่าเซลล์ชนิดนี้ โมโนคริสตัลไลน์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เกือบ 4 เท่า ของชนิด ฟิล์มบางหรือ thin film
- แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25 ปีขึ้นไป
- แผงโซล่าเซลล์ชนิด โมโนคริสตัลไลน์ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากว่าชนิด โพลีคริสตัลไลน์ เมื่ออยู่ในภาวะแสงน้อย
- กระบวนการดึงผลึกซิลิกอน Czochralski ในการผลิตโมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอน ส่งผล ให้ได้ แท่งทรงกระบอกขนาดใหญ่ ด้านทั้งสี่ถูกตัดออกจากแท่งเพื่อสร้างแผ่นเวเฟอร์ซิลิคอน ซิลิคอนที่เหลือจากการตัดจำนวนมากจะกลายเป็นขยะ
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพ อากาศเย็นประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.3 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรืออัตราการแปลงผัน หมายถึงจำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาจะถูกแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-15 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบันใช้การตัวรวบรวมหลายจุดต่อ (multjunction concentrator) และแปลงผันพลังงานได้ร้อยละ 44.0 ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาเป็นพลังงานไฟฟ้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในตลาดสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน คือ รุ่น

SunPower SPR327NE-WHT-D ที่มีประสิทธิภาพโมดูลร้อยละ 20.1และรุ่น SunPower SPR-343J-WHT-D ซึ่งในเดือน มิถุนายน ปี 2556 แผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SunPower X21-345 ที่ เพิ่งเปิดตัวใหม่ทำสถิติสูงสุด ร้อยละ 21.5 ซึ่งประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับอิทธิพลจาก ตัวแปรทั้งหมดดังต่อไปนี้

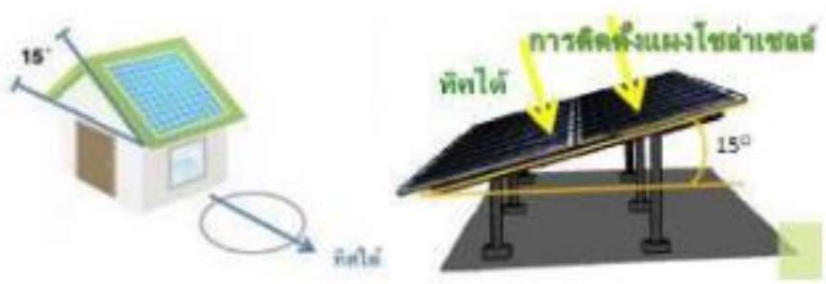
2.1.3.1 ประเภทแผงพลังงานแสงอาทิตย์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงสุด ทำให้

  เป็นแผง เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด

2.1.3.2 การยึดและการติดตั้งแผง

การยึดและติดตั้งแผงก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการติดตั้งแผงจะต้องคำนวณว่า แผงควรจะติดตั้งให้มีความชัดและความลาดเอียงจากพื้นกี่องศาและหันหน้าไปทางทิศใด (โดยทั่วไปในประเทศ ไทยจะติดตั้งให้ระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ โดยมีความชันประมาณ 15 องศาจากพื้นดิน) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวมของแผงหรือทั้งระบบ ถ้าติดตั้งไปผิดทิศหรือความชัดแผงจากพื้นไม่เหมาะสมกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะลดลงไปอย่างมาก



รูปที่ 2.12 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ที่มา : https://webkc.dede.go.th

2.1.3.3 วัสดุประกอบแผง

วัสดุที่นำมาประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น กระจกก็มีผลต่อประสิทธิภาพเช่นเดียวกันกระจก ที่ใช้จะต้องลดการสะท้อนของแสงให้น้อยที่สุดก่อนที่แสงจะผ่านไปถึงเซลล์ด้านใน

2.1.3.4 เงาบดบังแสง

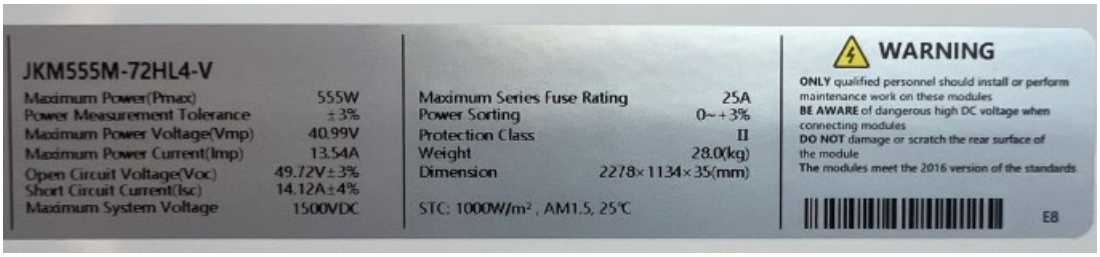
นอกเหนือจากการติดตั้งแผงที่เหมาะสมแล้วเงาที่บดบังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใน บางส่วนก็มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งระบบด้วยเพราะโดยส่วนมากแล้วระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต่อวงจรเป็นแบบอนุกรมแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้แรงดัน ที่ออกแบบไว้เมื่อมีเงาบางส่วนบดบังแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพียงแค่หนึ่งแผงก็จะทำให้ กระแสไฟฟ้าในระบบหยุดไหลได้ ดังนั้นควรมั่นใจว่าการติดตั้งแผงต้องไม่มีร่มเงามาบดบัง จะทำให้ กระแสไฟฟ้าในระบบหยุดไหลได้ ดังนั้นควรมั่นใจว่าการติดตั้งแผงต้องไม่มีร่มเงามาบดบังการรับแสง ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไมโครอินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกเงาบดบังจะใช้ไม่ได้เพียงแผงเดียวเท่านั้นแต่แผงอื่นจะยังสามารถใช้งานได้อยู่ ดังนั้นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องทำการวิเคราะห์ร่มเงาในสถานที่ที่จะทำการติดตั้ง

2.1.3.5 อายุการใช้งาน

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะค่อยๆ ลดลงตามอายุการใช้งานโดยทั่วไป แล้ว แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.5 ทุกๆ ปี ผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์มัก เสนอการรับประกันว่าพลังงานจะสูงกว่าร้อยละ 80 หลังจาก 25ปี

2.1.4 ป้ายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Nameplate)

ปัจจุบันมีหลายบริษัทเป็นผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ออกมาหลายยี่ห้อ บางโรงงานผลิตออกมาเป็น 10 ยี่ห้อก็มีเพื่อการเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับความต้องการ จึงมีการติดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Electrical Characteristics Solar Module) หรือเรียกง่ายๆ ว่า "สเปกของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์" แนบมากับตัวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย เพื่อจะทำให้รู้ว่า สเปกแต่ละแผงเป็นอย่างไรจะเลือกได้ถูกเวลานำไปออกแบบและใช้งานจริงได้โดยค่าต่างๆส่วนใหญ่ทุกบริษัทจะแสดงมีข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้ตัวอย่างของคุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : https://www.greensmarttech.com/product/jinko-555w/

โดยคุณลักษณะดังกล่าวจะติดอยู่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสามารถอธิบายความหมายของสเปก ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะติดอยู่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

Jinko	หมายถึง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Jinko
SOLAR MODULE	หมายถึง แผงเซลล์แสงอาทิตย์
Nd-L3E6ET	หมายถึง รุ่นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ND- L3E6ET
NOMINAL RATINGS	หมายถึง พิกัดทั่วไปคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถ ผลิตไฟฟ้าได้จริง
MAXIMUM POWER (Pmax)	หมายถึงค่ากำาลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ 550-417 วัตต์
OPEN CIRCUIT VOL TAGE (Voc)	หมายถึง ค่าแรงดันเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อวัดโดยไม่ได้ต่อภาระ ระหว่างขั้วบวกและลบคือ 50.34-47.83 โวลต์
SHORT CIRCUIT CURRENT (Isc)	หมายถึง ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อวัดโดย การลัดวงจรขั้วบวกและลบเข้าหากัน คือ 14.07-11.36 แอมป์
MAXIMUM POWER VOLTAGE (Vmp)	หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้า ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด ของแผงนี้เท่ากับ 41.64-39.12โวลต์
MAXIMUM POWER CURRENT (Imp)	หมายถึงค่ากระแส ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายก าลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงนี้ เท่ากับแผงนี้เท่ากับ 13.33-10.67 แอมป์

SPECIFICATIONS		
Module Type	JKM555N-72HL4 JKM555N-72HL4-V	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	555Wp	417Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.64V	39.12V
Maximum Power Current (Imp)	13.33A	10.67A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.34V	47.82V
Short-circuit Current (Isc)	14.07A	11.36A
Module Efficiency STC (%)	21.48%	

รูปที่ 2.14 ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 555- 417 วัตต์สูงสุด (Wp)

ที่มา : https://www.jinkosolar.com/uploads/619f4244/JKM555-575N-72HL4-(V)-F1-EN.pdf

- กำลังไฟ Pmax 555wp 413 wp วัตต์
- กระแสขณะเกิดกำลังสูงสุด (Pmax) Imp 13.33 – 10.67 แอมป์
- แรงดันไฟฟ้าขณะเกิดกำลังสูงสุด (Pmax) Vmp 41.64 – 39.12 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด Voc 50.34 – 47.82 โวลต์) ISC กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 14.07 11.34 แอมป์

กำลังไฟฟ้า แรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ระบุไว้ที่ฉลากบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น เป็นค่าที่ได้รับการทดสอบที่ความเข้มแสง (กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นพิกัดกำลังมักจะกำหนด ที่ "วัตต์สูงสุด* (Wp โมดูลที่มีพิกัด 555wp 413 wp วัตต์สูงสุด (W) คือ โมดูลที่สามารถจ่ายกำลังได้สูงสุดที่ 555wp 413 wp วัตต์ภายใต้ เงื่อนไขที่กำหนด หากความเข้มแสงน้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร หรืออุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส แสดงว่าโมดูลนั้นจะจ่ายพลังงานได้น้อยกว่าพิกัดวิธีการวัดพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกผลิตขึ้นจะมีการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามมาตรฐานที่กำหนด มีพารามิเตอร์ที่สำคัญสองตัวที่ต้องพิจารณาระหว่างการทดสอบ

2.1.4.2 กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Sc)

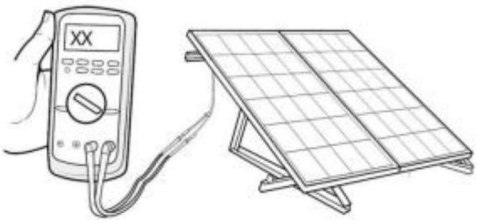
เป็นกระแสที่วัดได้เมื่อขั้วของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ขั้วบวกและขั้วลบ) ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันและไม่มีโหลด ดังแสดงในรูปที่ 2.15

2.1.4.3 แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร Voc)

คือแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วบวกของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อไม่ได้ต่อกับโหลดใด ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: กระแสไฟฟ้าลัดวงจร

ที่มา : https:/webkc.dede.go.th

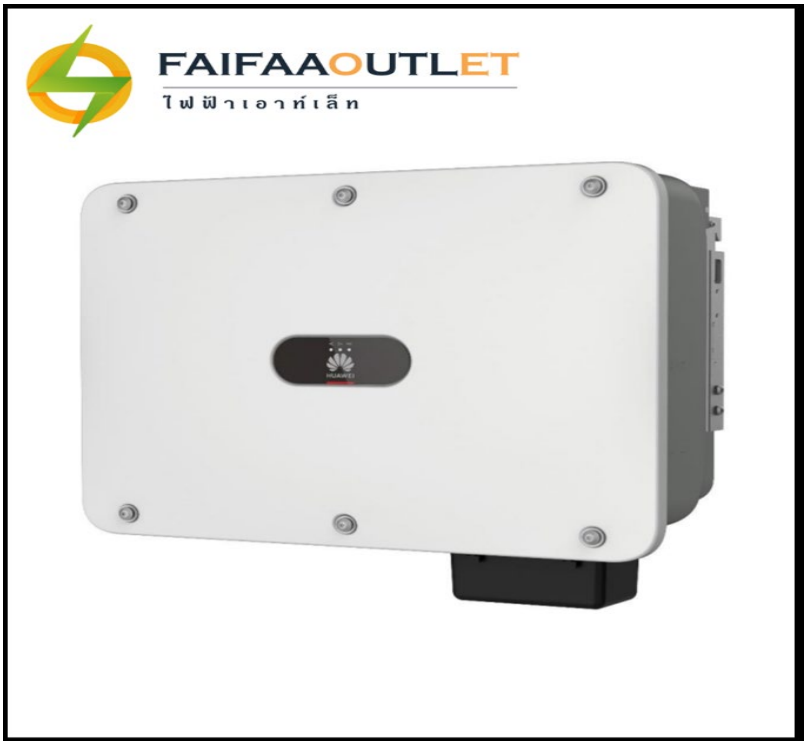


รูปที่ 2.16 การวัดแผงเซลล์แสงอาทิตย์: แรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร

ที่มา : https:/webkc.dede.go.th

2.3 อินเวอร์เตอร์ [3]

อินเวอร์เตอร์หรืออุปกรณ์ในการแปลงพลังงานไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสตรง (DC - DirectCurrent เช่น ที่ได้จากโซล่าเซลล์หรือแบตเตอรี่ทั่วไป ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC - AlternatingCurrent แบบที่การไฟฟ้าจ่ายมาตามบ้านเรือนทั่วไป ถือว่าเป็นอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในการใช้งานระบบโซล่าเซลล์ เพราะโดยปรกติแล้วพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสมอ ดังนั้นจึงต้องใช้อินเวอร์เตอร์มาช่วยแปลงระบบไฟฟ้าจากกระแสตรงไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก่อน เพื่อให้ สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไปได้



รูปที่2.17 อินเวอร์เตอร์

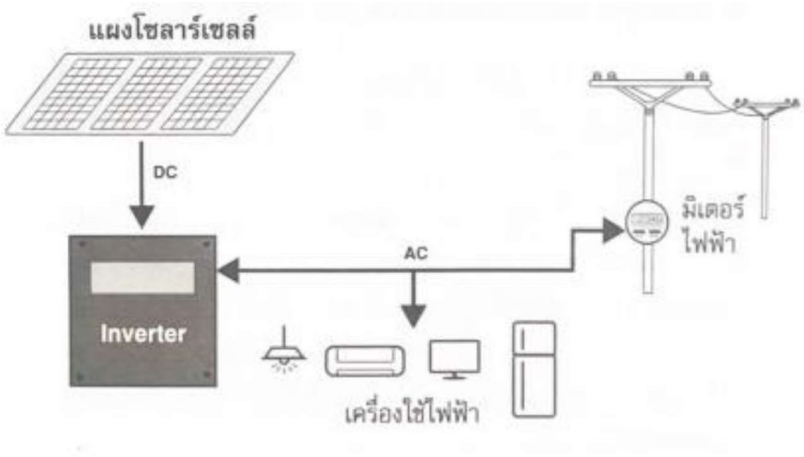
ที่มา : https://faifaaoutlet.com/shop/inverter/huawei-inverter-50-kw-on-grid-3-phase/

นอกจากนี้ในหลายๆ กรณี อินเวอร์เตอร์ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อ ระบบไฟจากแผงโซล่าเซลล์ให้ใช้งานร่วมกับไฟที่จ่ายจากการไฟฟ้าฯอย่างราบรื่นโดยอัตโนมัติด้วย ดังนั้นในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ กับการไฟฟ้าด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ที่ได้มาตรฐาน เพื่อไม้ให้เกิดปัญหากับระบบใหญ่ การไฟฟ้าจึงมีการรับรองมาตรฐานอินเวอร์เตอร์เฉพาะบางรุ่นบางแบบเท่านั้นประเภทของอินเวอร์เตอร์

โดยปรกติแล้วอินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานกับโซล่าเซลล์จะแบ่งออกเป็น 1 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

2.3.1 ออนกริด อินเวอร์เตอร์ (On-grid inverter)

อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้มีไว้สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าภายในบ้าน (ขนานไฟฟ้า) เพื่อนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซล่าเซลล์ ไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป โดยต้องใช้งานร่วมกับไฟฟ้าที่รับมาจากการไฟฟ้าเสมอ (คำว่า gridในที่นี้หมายถึง power gid คือ ระบบจ่ายไฟของการไฟฟ้า ON-gid จึงหมายถึงระบบที่เชื่อมกับไฟจากการไฟฟ้าด้วยนั่นเอง



รูปที่ 2.18 การใช้งานอินเวอร์เตอร์ออนกริดเพื่อใช้ร่วมกับไฟที่มาจากไฟฟ้า

ที่มา : หนังสือโซล่าเซลล์

รูปที่ 2.19 อินเวอร์เตอร์ชนิดออนกริด

ที่มา : หนังสือโซล่าเซลล์

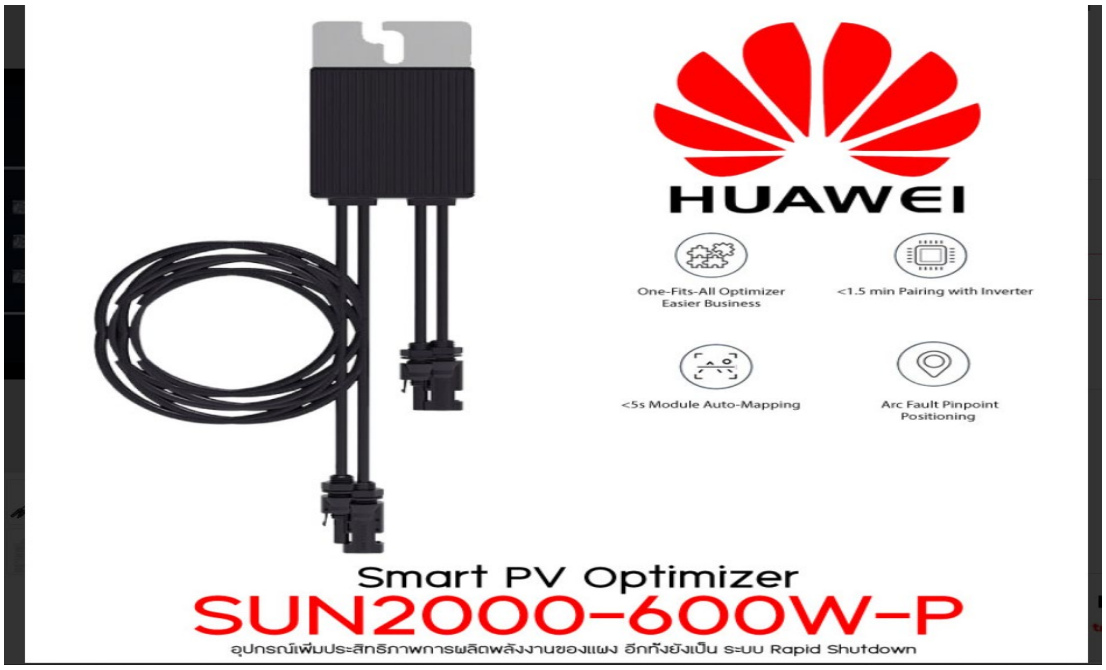
2.4 Optimizer ออฟติไมเซอร์ [4]

Smart PV Optimizer ยี่ห่อ Huawei รุ่น SUN2000-600W-P

Smart PV Optimizer เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของแผง อีกทั้งยังเป็นระบบ Rapid Shutdown เพื่อลดแรงดันของแผงและสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของแผงได้แบบรายแผง (เพิ่ม Power Optimizer) ต้องติดตั้งตามจำนวนแผงที่ใช้สามารถใช้กับแผงโซล่าเซลล์สูงสุด 600W

ข้อมูลสินค้า ยี่ห้อ (Brand) : HUAWEI รุ่น (Model) : SUN2000-600W-P แรงดันไฟฟ้า(MPPT Operating Voltagerange) : 10-80V กระแสไฟฟ้าลัดวงจร(Isc) : 14.5A ระบบปิดการทำงาน (Shutdown Output Voltage) : 0V ขนาดสินค้า : 75x140x28 mm. น้ำหนัก : 0.6 kg.

คุณสมบัติ เครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานประสิทธิภาพสูง แก้ปัญหาการแรเงา เงาบัง เงาต้นไม้ ถึง 25% การแปลง DC เป็น AC ที่เหมาะสมอยู่อาศัยและเชิงพาณิชย์ สามารถทำ Rapid Stopper สามารถใช้กับ Solar Panel สูงสุด 600W ทนน้ำด้วยมาตราฐาน IP68 ได้รับมาตราฐาน NEC 2014/2017

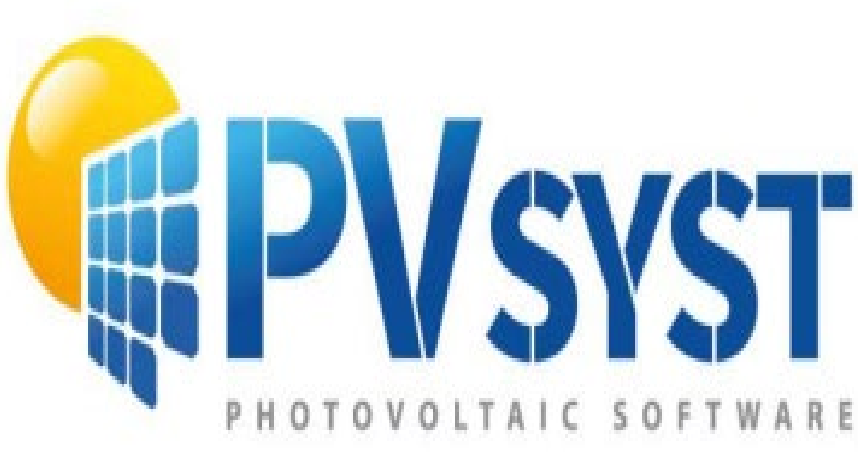


รูปที่ 2.20 Optimizer ออฟติไมเซอร์

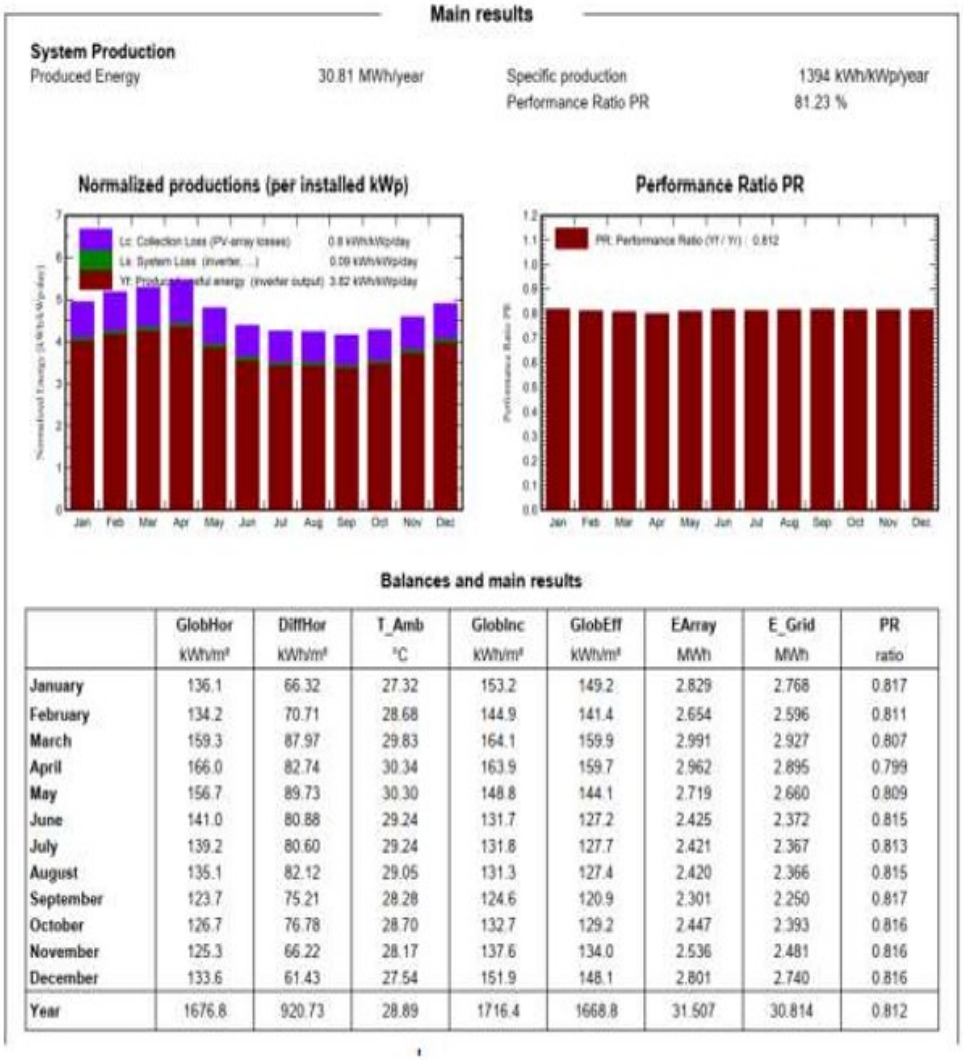
ที่มา https://www.storetexshop.com/product/9865/huawei-smart-pv-optimizer-

2.5 โปรแกรมจำลองการออกแบบ [5]

PHOTOVOLTAIC SOFTWARE (PVsyst) โปรแกรม PVsyst เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบและจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดย ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถระบุขนาดพิกัดของกำลังผลิตหรือพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมทั้ง คำพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น มุมเงยของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทิศที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสง และค่าสูญเสียต่างๆ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอินเวอร์เตอร์ตามรายชื่อผลิตภัณฑ์และผู้ผลิต เพื่อเปรียบเทียบหรือหาขนาดกำลังผลิตของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งโปรแกรม PVsyst สามารถเลือก จำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 3 รูปแบบคือ 1 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย(Grid-Connected), 2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกตัวอิสระ (Standalone) และ 3 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องปั๊มน้ำ(Pumping)



รูปที่ 2.21 โปรแกรม PVsyst



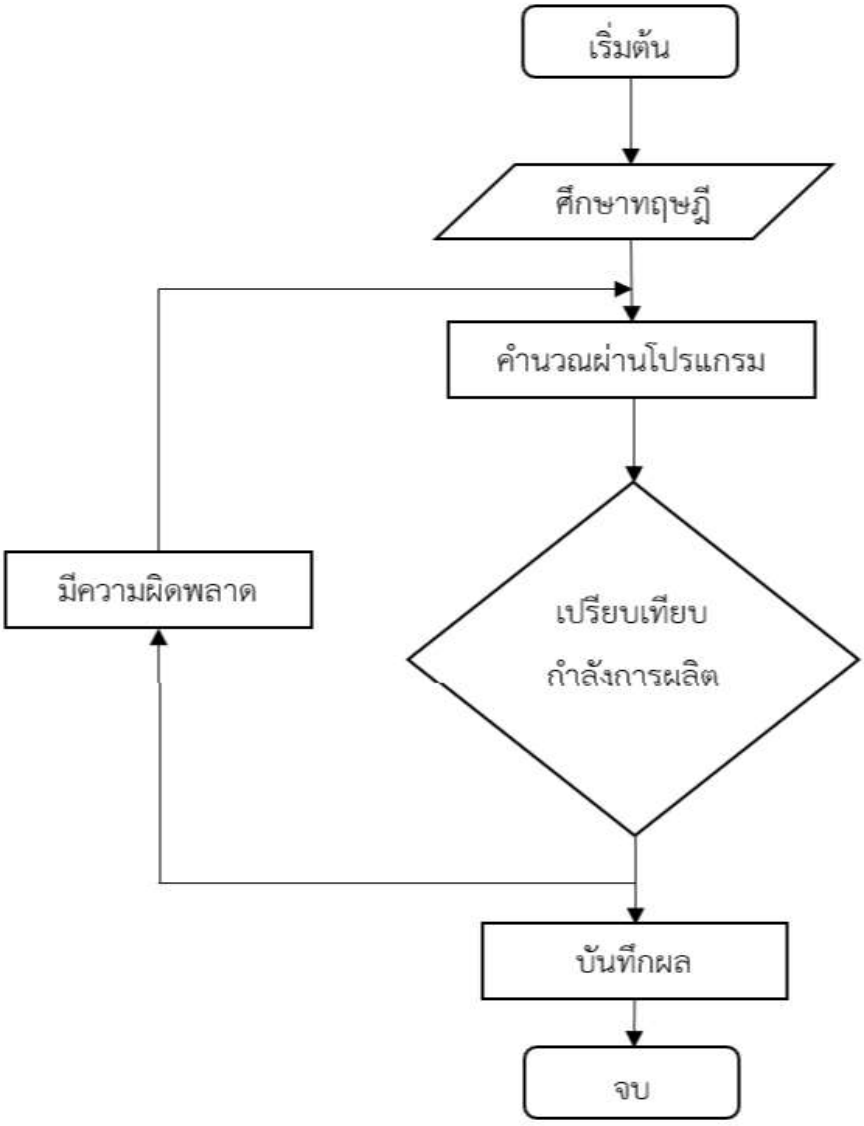
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	136.1	66.32	27.32	153.2	149.2	2.829	2.768	0.817
February	134.2	70.71	28.68	144.9	141.4	2.654	2.596	0.811
March	159.3	87.97	29.83	164.1	159.9	2.991	2.927	0.807
April	166.0	82.74	30.34	163.9	159.7	2.962	2.895	0.799
May	156.7	89.73	30.30	148.8	144.1	2.719	2.660	0.809
June	141.0	80.88	29.24	131.7	127.2	2.425	2.372	0.815
July	139.2	80.60	29.24	131.8	127.7	2.421	2.367	0.813
August	135.1	82.12	29.05	131.3	127.4	2.420	2.366	0.815
September	123.7	75.21	28.28	124.6	120.9	2.301	2.250	0.817
October	126.7	76.78	28.70	132.7	129.2	2.447	2.393	0.816
November	125.3	66.22	28.17	137.6	134.0	2.536	2.481	0.816
December	133.6	61.43	27.54	151.9	148.1	2.801	2.740	0.816
Year	1676.8	920.73	28.89	1716.4	1668.8	31.507	30.814	0.812

รูปที่ 2.22 ตัวอย่างรายงานแสดงผลกำลังการผลิต

บทที่3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ผังการผลิตและวิธีการผลิต

ในการจัดทำโครงงานการจำลองและออกแบบโรงจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst นี้ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์มีวิธีดำเนินงานปริญญานิพนธ์ตามขั้นตอน ดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการผลิตและกรรมวิธีการผลิต

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาความเป็นมาและสาเหตุของปัญหา

2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. วางแผนปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมฟฟ้า

4. จำลองและคำนวณระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิดของแผงโซล่าเซลล์

5. เปรียบเทียบกำลังการผลิตที่ได้ของพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละชนิด

6. แก้ไขข้อบกพร่อง

7. สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงาน

3.3 การจำลองและคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ในโครงงานนี้ มีการประมวณผลเทคนิคที่ นำเสนอด้วยโปรแกรม (PVsyst) โดยจะจำลองสถานที่และคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตของแผงโซล่าเซลล์ โดยจะแบ่งแผงโซล่าเซลล์ออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

3.3.1 แผงโซล่าเซลล์โมโนคริสตัลไลน์ ของ jinko

3.3.2 แผงโซล่าเซลล์โมโนคริสตัลไลน์ ของ ja solar

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเปรียบเทียบของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด

JINKO

SPECIFICATIONS		
Module Type	JKM555N-72HL4 JKM555N-72HL4-V	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	555Wp	417Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.64V	39.12V
Maximum Power Current (Imp)	13.33A	10.67A
Open-circuit Voltage (Voc)	50.34V	47.82V
Short-circuit Current (Isc)	14.07A	11.36A
Module Efficiency STC (%)	21.48%	

JA SOLAR

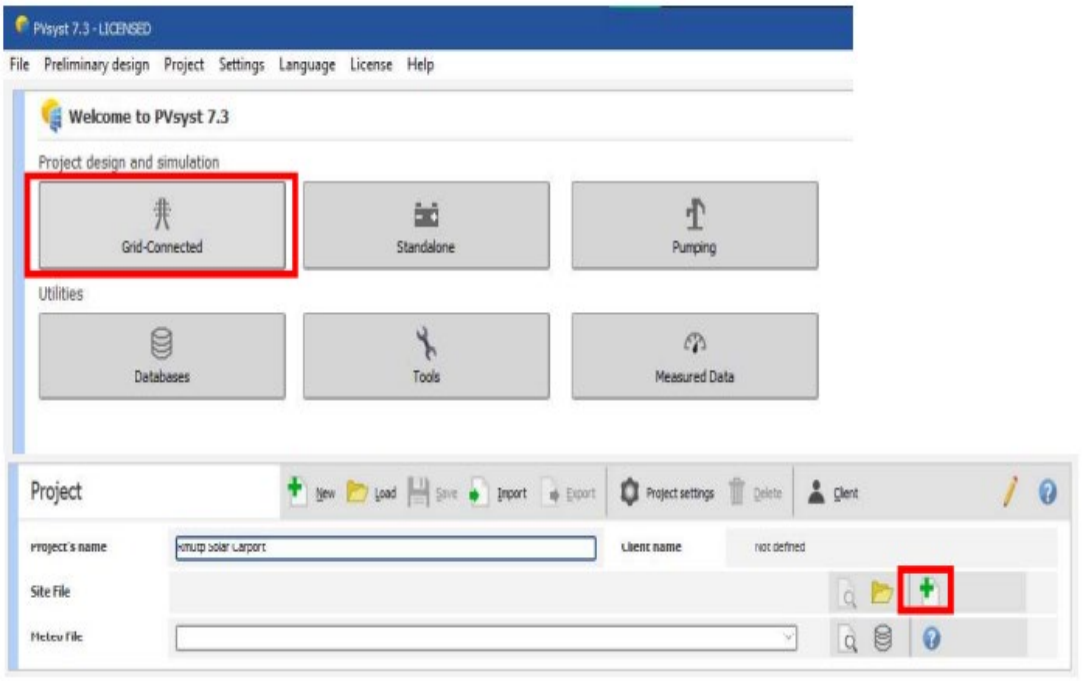
ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM72D30 -525/MB/1500V	JAM72D30 -530/MB/1500V	JAM72D30 -535/MB/1500V	JAM72D30 -540/MB/1500V	JAM72D30 -545/MB/1500V	JAM72D30 -550/MB/1500V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.6	20.8	21.0	21.2

รูปที่ 3.1ข้อมูลเปรียบเทียบของแผงโซล่าเซลล์

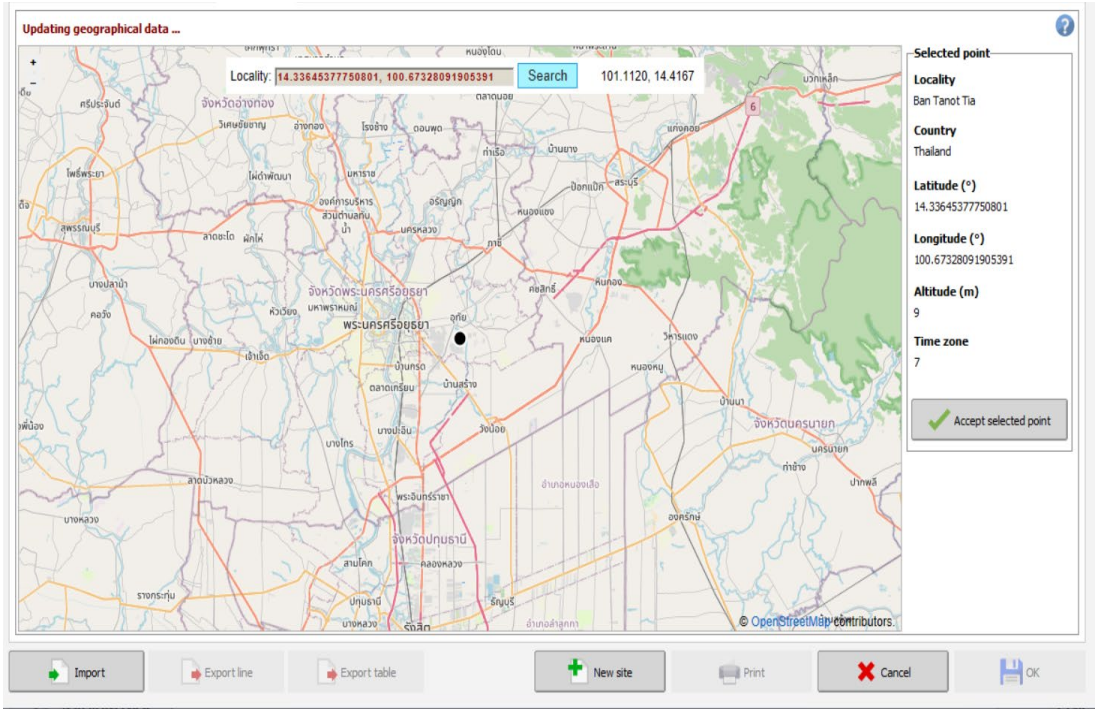
3.4 การเริ่มต้นใช้โปรแกรม PHOTOVOLTAIC SOFTWARE (PVsyst)

3.4.1 ขั้นตอนการสร้างโครงการและจำลองกำลังการผลิตของแผงโซล่าเซลล์ ซึ่งการสร้างโครงการและจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายด้วยโปรแกรม PVsyst มีขั้นตอนดังนี้ เปิดโปรแกรม PVsyst แล้วเลือกเมนู Grid Connected รูปที่ 3.2 จะปรากฏหน้าต่างเพื่อใส่ ชื่อโครงการ (Project's name) และเลือกสถานที่ติดตั้งด้วยคำสั่ง new site จะปรากฏหน้าต่างแผนที่ รูปที่ 3.3 โดยใส่ชื่อสถานที่หรือละติจูดลองจิจูดในการค้นหาสถานที่ติดตั้ง จากนั้นกดคำสั่ง Accept selected point โปรแกรมจะสรุปข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ติดตั้ง และกดคำสั่ง Import รูปที่ 3.4 เพื่อนำเข้า ฐานข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาของสถานที่ ติดตั้ง รูปที่ 3.5 จากนั้นกด OK และทำ SAVE ฐานข้อมูล อุตุนิยมวิทยา

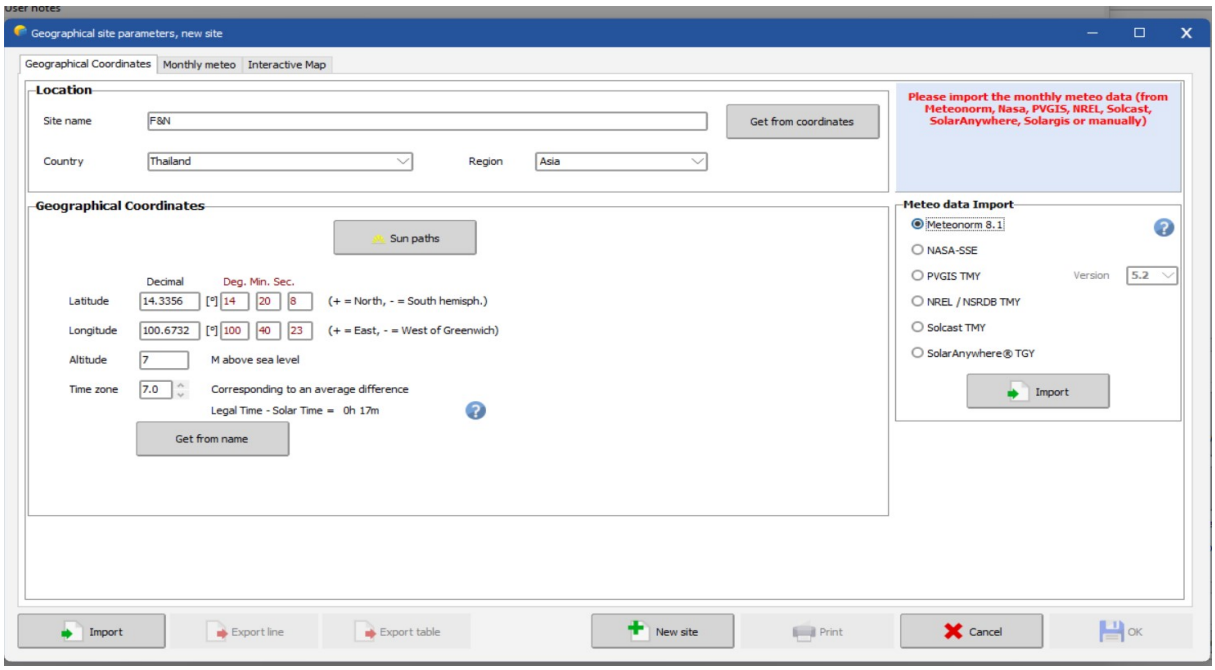
ในโครงงานนี้ มีการประมวณผลเทคนิคที่ นำเสนอด้วยโปรแกรม (PVsyst) โดยจะจำลองสถานที่และคำนวณเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตของแผงโซล่าเซลล์



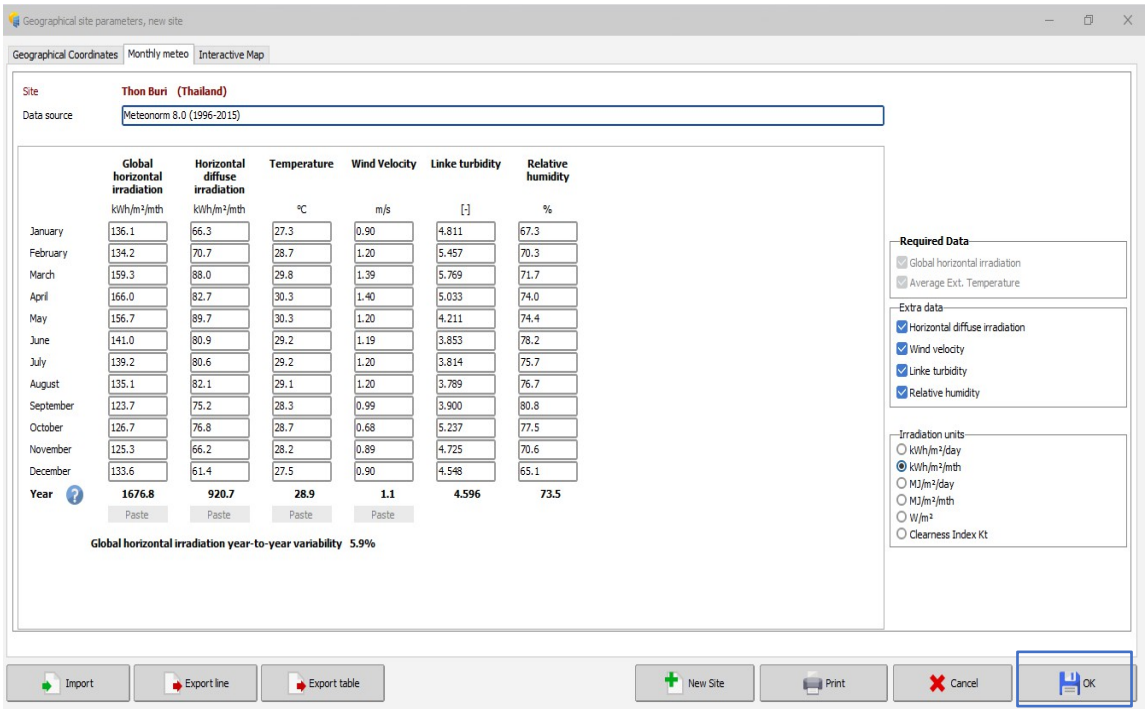
รูปที่ 3.2 ภาพหน้าต่างก่อนเริ่มโปรแกรม



รูปที่3.3 เลือกสภานที่ติดตั้ง

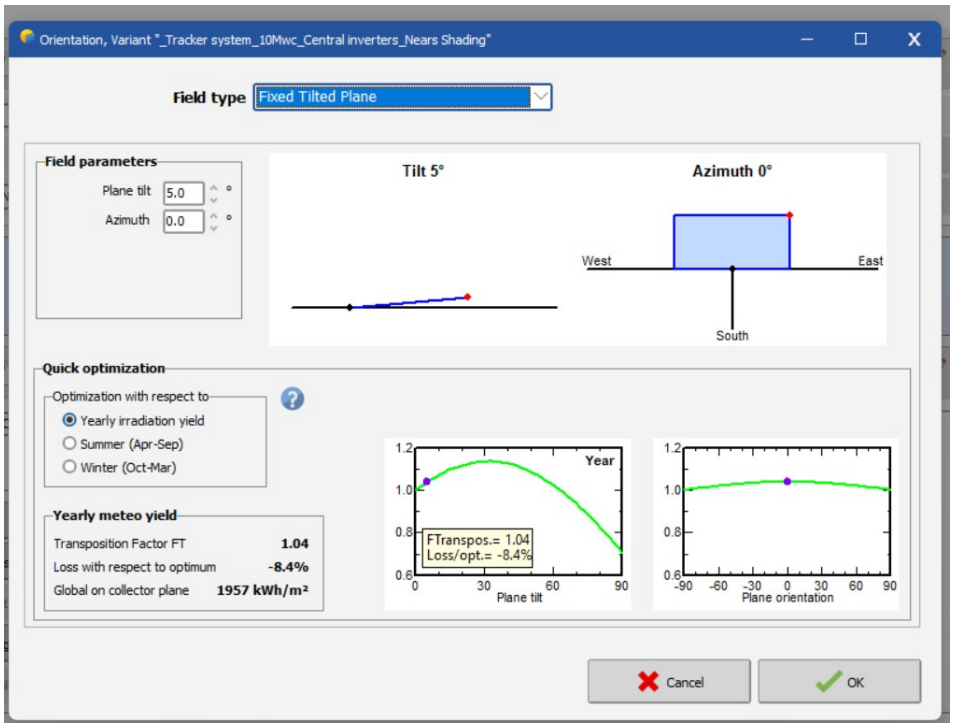


รูปที่ 3.4 ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของสภานที่ติดตั้ง

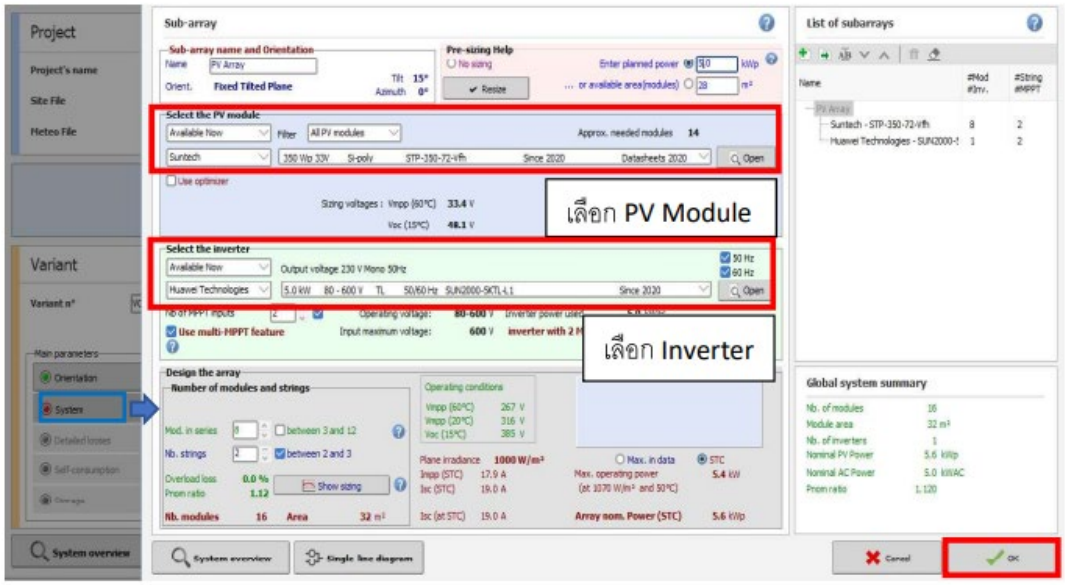


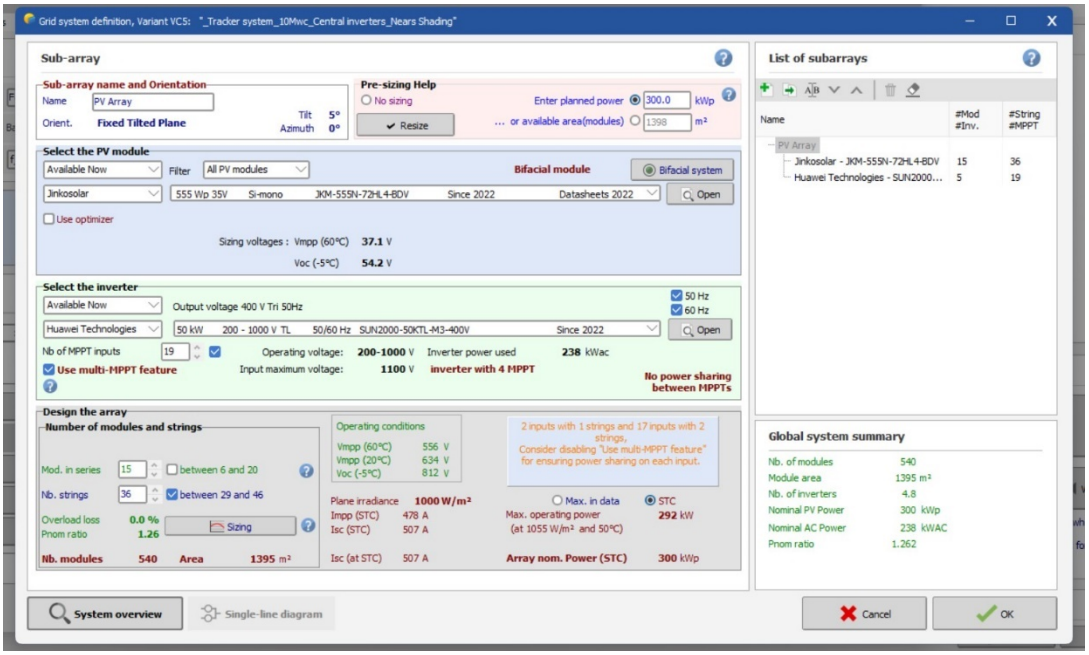
รูปที่ 3.5 ฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานที่ติดตั้ง

3.4.2 การ SAVE ไฟล์โครงการและตั้งค่าองศาของแผงโซล่าเซลล์ทำการ SAVE ไฟล์โครงการ และเลือกคำสั่ง Orientation จะปรากฏดังรูปที่ 3.6 เพื่อกำหนดมุมเงย (TiIt) ที่ 5.0 องศา และทิศที่แผงอาทิตย์รับแสง จากนั้นกด OK



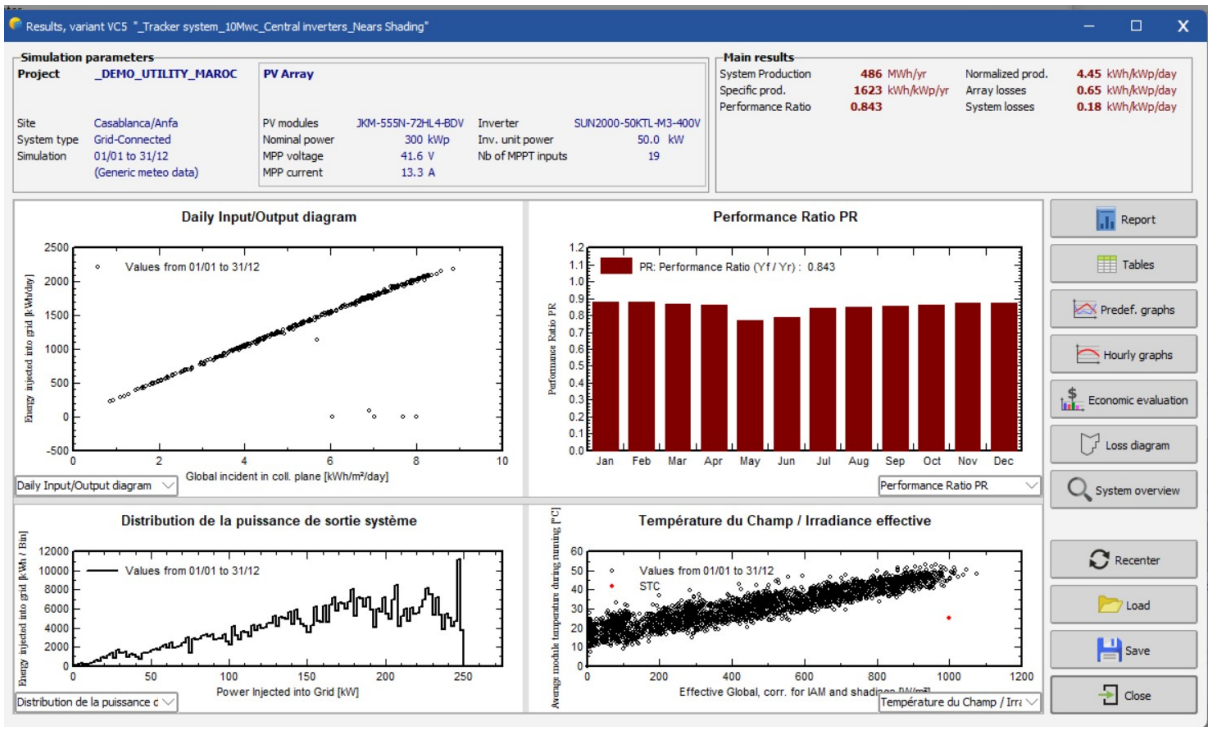
รูปที่ 3.6 คำสั่ง Orientation





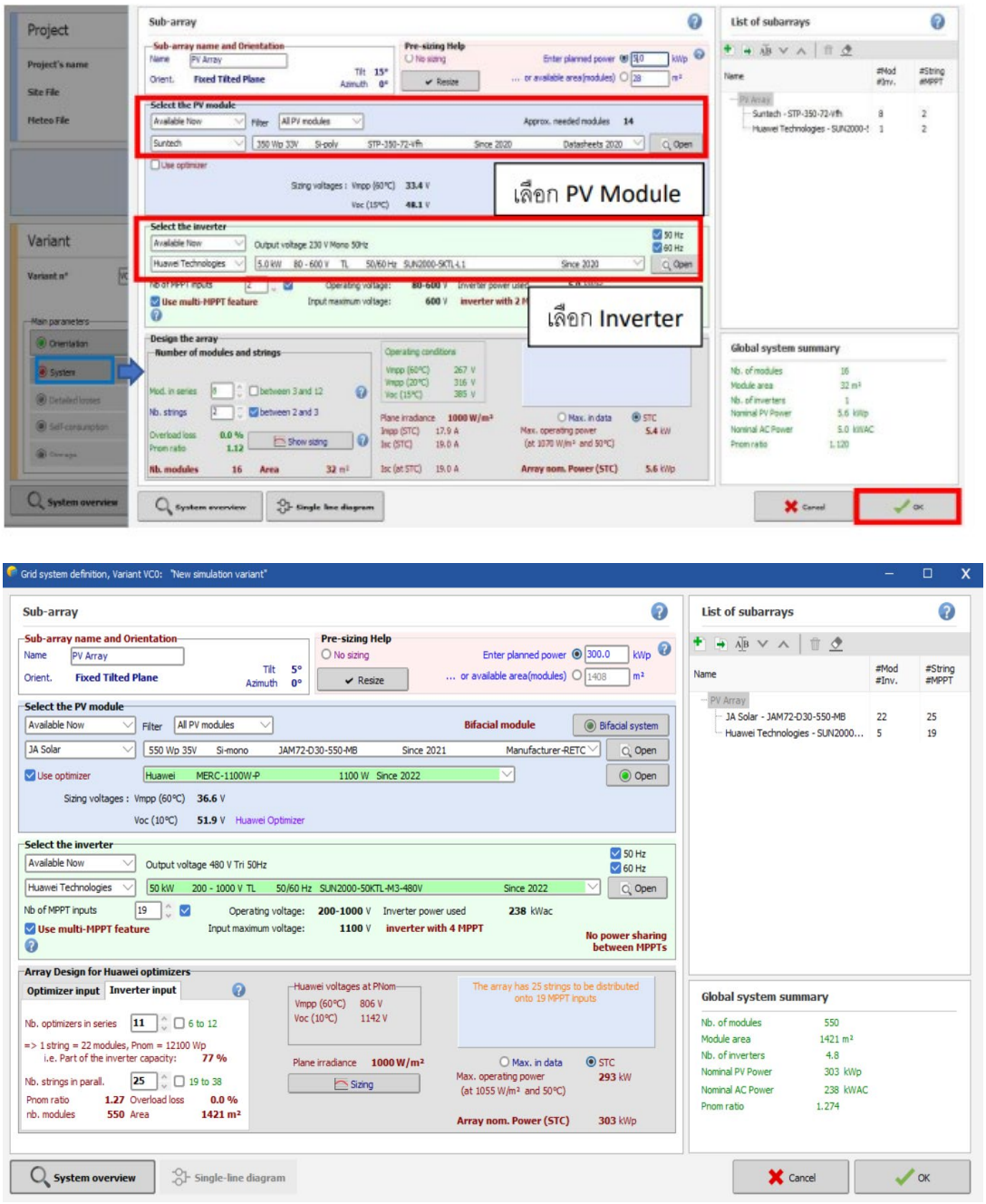
รูปที่ 3.7 การเลือก PV Module และ Inverter

3.4.4 การ Run Simulation เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบเลือกคำสั่ง Run Simulation เพื่อจำลองการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะปรากฏหน้าต่างแสดงผลการจำลอง รูปที่ 3.8 และสามารถพิมพ์รายงานผิสิการจำลองเป็นไฟล์ PDF ดังรูป ด้วยคำสั่ง Report

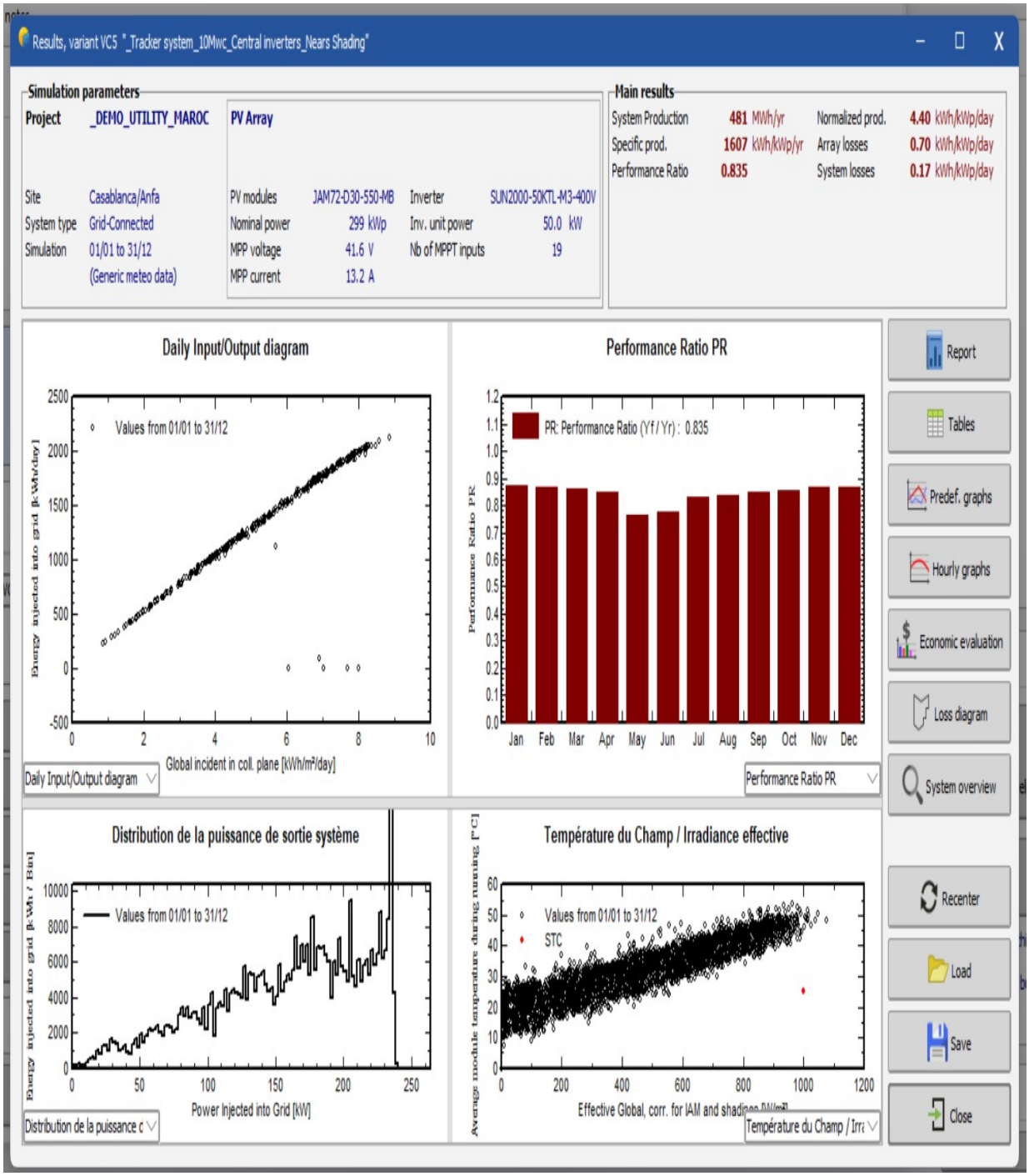


รูปที่ 3.8 แสดงผลการจำลอง mono

3.4.5การเลือก PV Module JINKo 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 โดยจะใช้วิธีเดียวกันนี้กับ PV Module JASOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021 และใช้ อินเวอร์เตอร์ Huawei Technologies 50 kW 200 - 1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-50KTL-M3-400VSince 2022 ตั้งแต่ขั้นตอนที่3.7 เป็นต้นมา เพื่อทำการเปรียบเทียบกำลังการผลิต ของแผงโซล่าเซลล์แต่ละประเภท



รูปที่ 3.9 การเลือก PV Module และ Inverter



รูปที่ 3.10 แสดงผลการจำลอง

บทที่ 4

ผลการนำเนินงาน

4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1 เปิดโปรแกรม PVsyst

2. เลือกรูปแบบระบบของโครงการที่จะจำลอง3.กำหนดสถานที่ที่จะติดตั้งแผงโซล่าเซลล์

4. ปรับมุมเงยขององศาที่ติดตั้งแผงเป็น 5.0 องศา

5 เลือกแผงโซล่าเซลล์และอินเวอร์เตอร์ JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N 2022Datasheets 2022 และ JA solar 550 Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021และอินเวอร์เตอร์ 50 kW200 - 1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-50KTL-M3-400V Since 2022

6.คำนวลค่าพลังงานที่ผลิตแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด

4.2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าพลังงนไฟฟ้าที่ผลิตระหว่างแผงโซล่าเซลล์ 2 ชนิด จากการจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลกำลังการผลิตโดยเลือกใช้ JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 และแผง JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021 อินเวอร์เตอร์ Huawei Technologies 50 kW200-1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-50KTL-M3-400V Since

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh) และจำนวนแผง ที่ใช้ทั้งโครงการ ของ PV modules Jinko 555 และ JA solar 550

PV Module	Manu Facture	Produced Energy (kwh)year	Specific product (kwh) (kwp) year	Performance Ratio PR	PV Loss (%)	Inverter Loss (%)
Si-mono	Jinko	441708	1474	86.16	8.43	1.92
Si-mono	Ja solar	437957	1443	84.33	9.38	1.92
Number of PV modules		Jinko 555		540 units		
Number of PV modules		JA solar 550		552 units		

แผงชนิด JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022

Project: New Project F&N 300 KW

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
05/03/24 12:22
with v7.4.0

General parameters

Grid-Connected System — **No 3D scene defined, no shadings**

PV Field Orientation

Orientation	Sheds configuration	Models used
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth 5 / 0 °		Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar separate

Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer	Jinkosolar
Model	JKM-555N-72HL4-BDV
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	555 Wp
Number of PV modules	540 units
Nominal (STC)	300 kWp
Optimizer Array	54 Strings x 10 In series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	277 kWp
U mpp	384 V
I mpp	722 A

Inverter

Manufacturer	Huawei Technologies
Model	SUN2000-50KTL-M3-480V
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	50.0 kWac
Number of inverters	19 * MPPT 25% 4.8 units
Total power	238 kWac
Operating voltage	200-1000 V
Max. power (=>35°C)	55.0 kWac
Pnom ratio (DC:AC)	1.26
No power sharing between MPPTs	

Huawei Optimizer

Model	MERC-1100W-P
Unit Nom. Power	1100 W
Input modules	One module

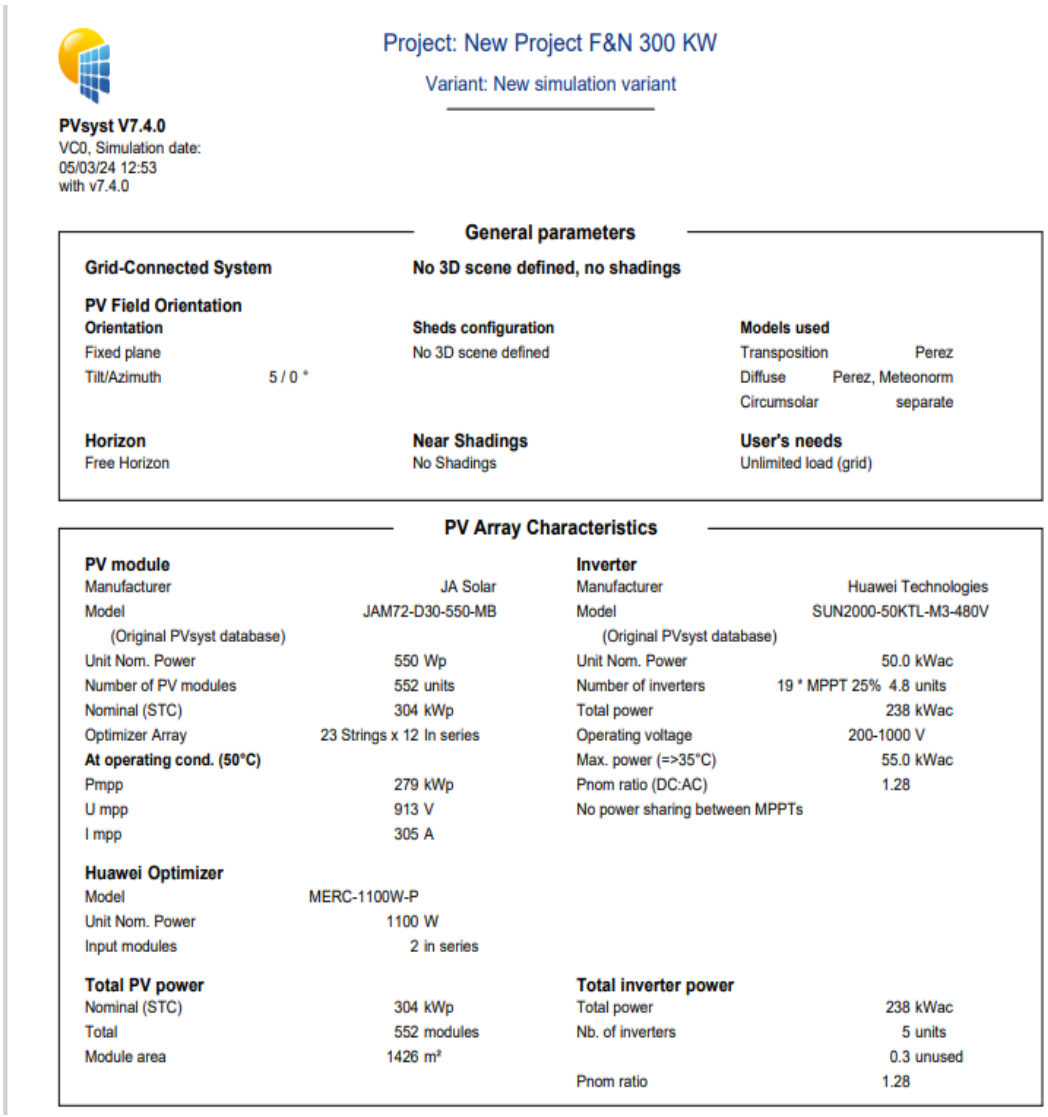
Total PV power

Nominal (STC)	300 kWp
Total	540 modules
Module area	1395 m²

Total inverter power

Total power	238 kWac
Nb. of inverters	5 units
	0.3 unused
Pnom ratio	1.26

แผงชนิด JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021



Project: New Project F&N 300 KW

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
05/03/24 12:53
with v7.4.0

General parameters

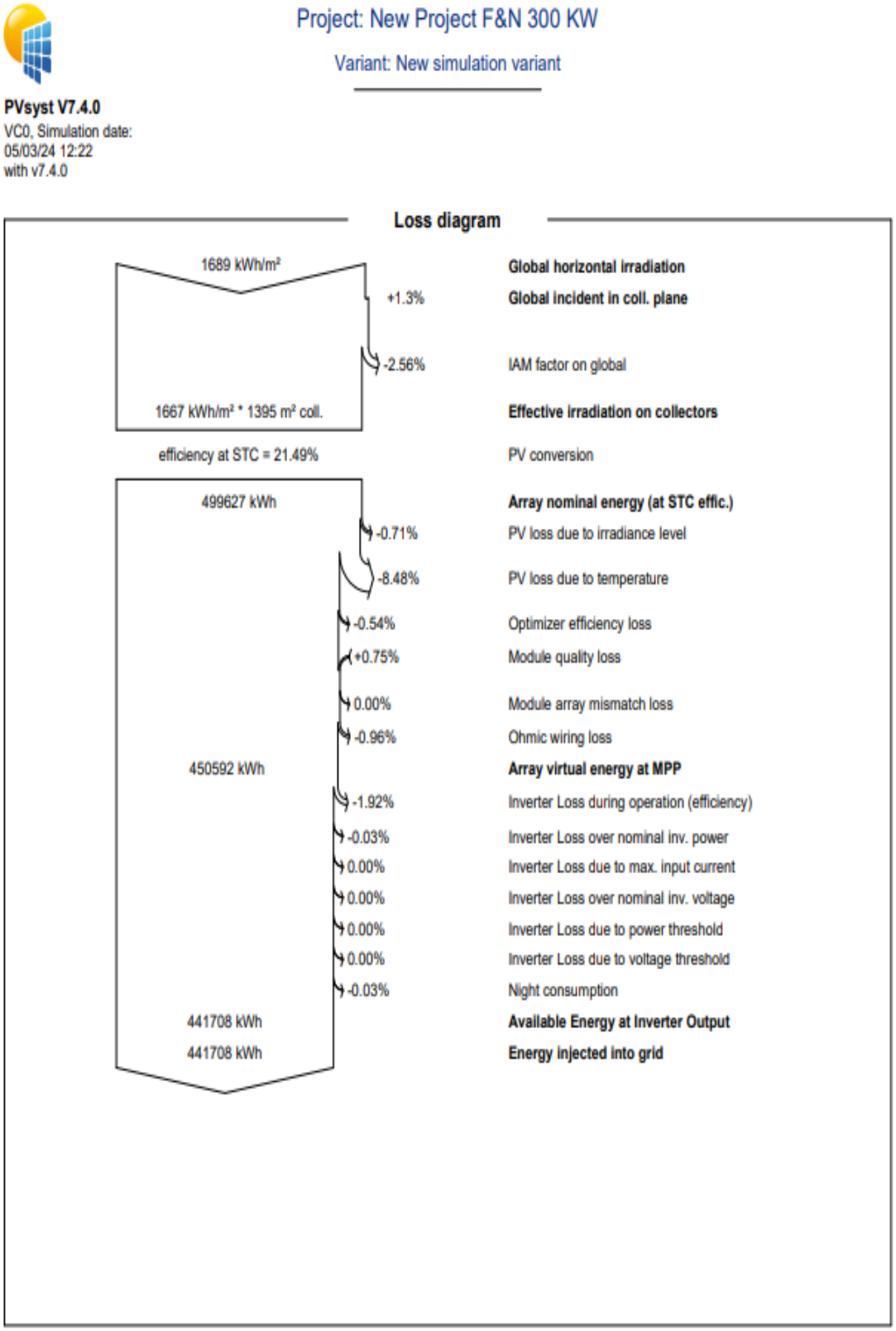
Grid-Connected System	**No 3D scene defined, no shadings**	
PV Field Orientation		
Orientation	**Sheds configuration**	**Models used**
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth 5 / 0 °		Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar separate
Horizon	**Near Shadings**	**User's needs**
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

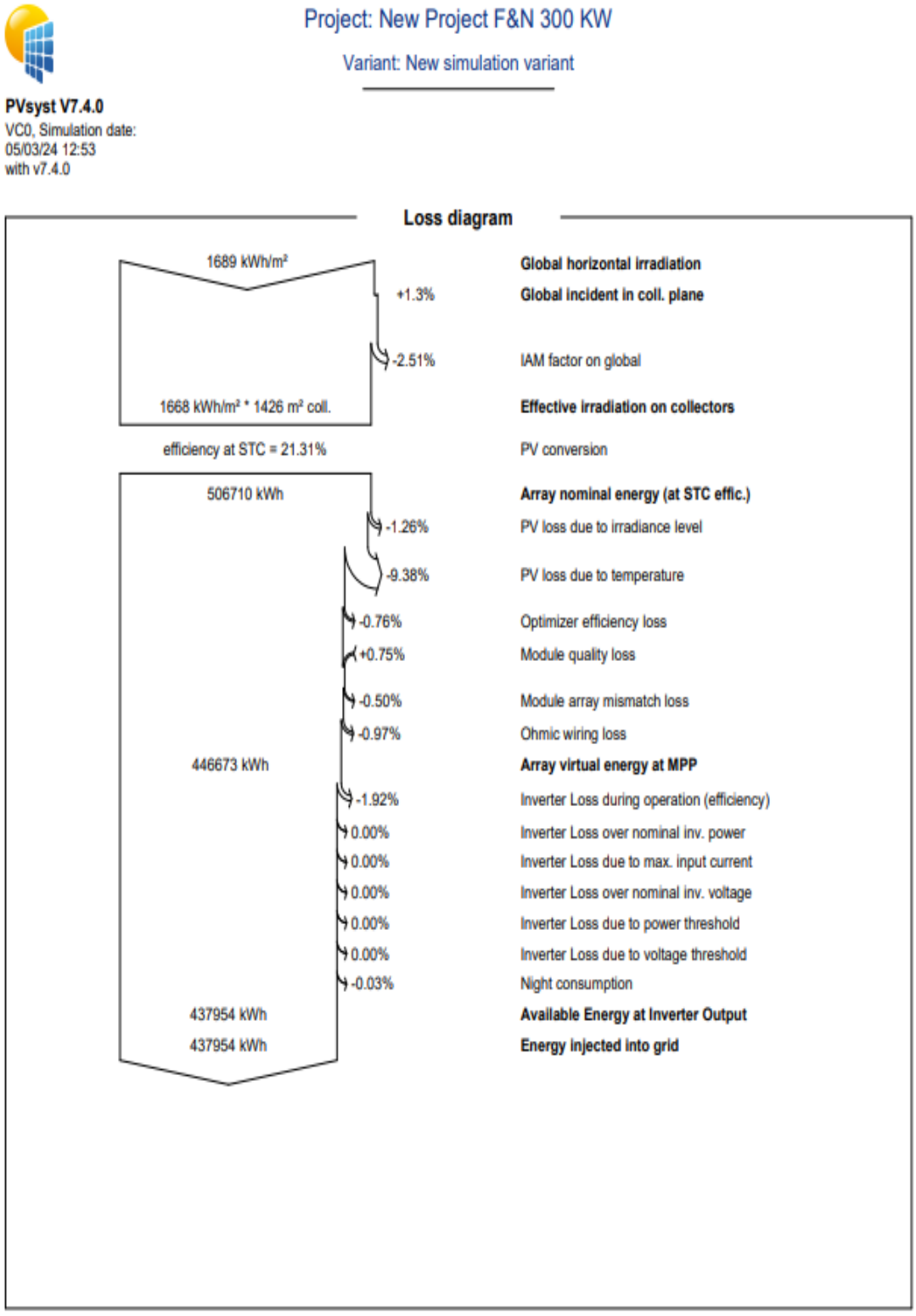
PV module		**Inverter**	
Manufacturer	JA Solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	JAM72-D30-550-MB	Model	SUN2000-50KTL-M3-480V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	50.0 kWac
Number of PV modules	552 units	Number of inverters	19 * MPPT 25% 4.8 units
Nominal (STC)	304 kWp	Total power	238 kWac
Optimizer Array	23 Strings x 12 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>35°C)	55.0 kWac
Pmpp	279 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.28
U mpp	913 V	No power sharing between MPPTs	
I mpp	305 A		
Huawei Optimizer			
Model	MERC-1100W-P		
Unit Nom. Power	1100 W		
Input modules	2 in series		
Total PV power		**Total inverter power**	
Nominal (STC)	304 kWp	Total power	238 kWac
Total	552 modules	Nb. of inverters	5 units
Module area	1426 m²		0.3 unused
		Pnom ratio	1.28

สำหรับการวิเคราะห์หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีสุทธิ(Net Annual Energy Production) ของแผงโซล่าเซลล์ชนิด JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 หลังจากหักลบการสูญเสีย (Losses) เนื่องจากปัจจัยต่างๆพบว่าระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 441708 kWh/year สาเหตุหลังเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV loss) 8.48 % และการสูญเสียที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter Loss) ขณะทำงานถึง 1.92 %

สำหรับการวิเคราะห์หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีสุทธิ(Net Annual Energy Production) ของแผงโซล่าเซลล์ชนิด JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021 แต่พลังงานที่ผลิตได้ป้อนเข้าสู่ระบบ กริดอินเวอร์เตอร์ได้เพียง 437957 kWh/year สาเหตุหลังเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV loss) 9.38 % และการสูญเสียที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter Loss) ขณะทำงานถึง 1.92 % ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงรูปที่ 4.1 ซึ่งผลการ วิเคราะห์แสดงรูปที่ 4.2



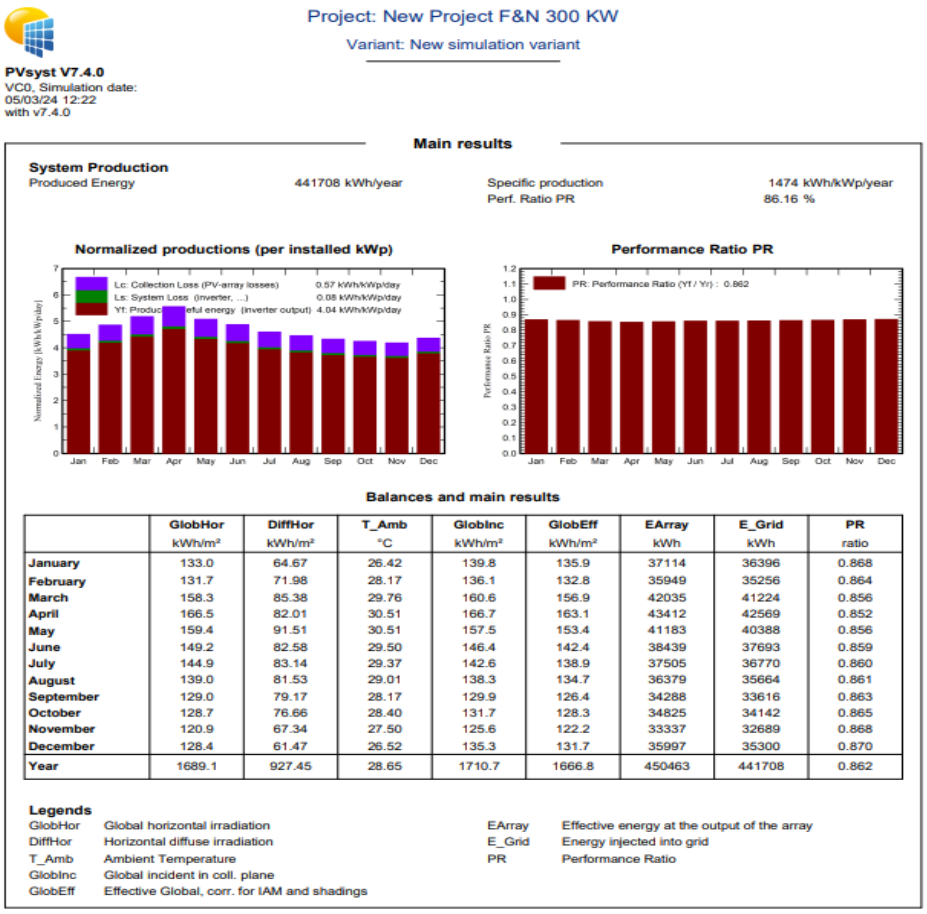
รูปที่ 4.1 การสูญเสียที่เกิดในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono Crystalline



รูปที่ 4.2 การสูญเสียที่เกิดในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Mono Crystalline

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Efficiency) และอัตราส่วนสมรรถนะ(Performance Ratio)ของระบบผลิต ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 50 KW ด้วยการจำลองแบบโดยใช้โปรแกรม PVsyst โดยอาศัยข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์จากฐานข้อมูล Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Syntheic พบว่าค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อวันของแผงโซล่าเซลล์ ชนิด JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 จะมีค่าเกิน 5 kWh/kWp/day ในช่วง เดือน มีนาคม-พฤษภาคม รูปที่ 4.3 ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 441708 kWh/year และมีอัตราส่วนสมรรถนะเฉลี่ยรายปี 36.16% ดังรูปที่4.3

ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อวันของแผงโซล่าเซลล์ ชนิด JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021 จะมีค่าเกิน 5 kWh/kwp/day ในช่วง เดือน พลังงานที่ผลิตได้ต่อวันของแผงโซล่าชนิด Mono จะมี ค่าเกิน 5 kWh/kwp/day ในช่วง มีนาคม-พฤษภาคม รูปที่ 4.4 ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 437954 kWh/year และมีอัตราส่วนสมรรถะเฉลี่ยรายปี 84.33 % รูปที่ 4.4



Project: New Project F&N 300 KW
Variant: New simulation variant

PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
05/03/24 12:22
with v7.4.0

Main results

System Production
Produced Energy 441708 kWh/year
Specific production 1474 kWh/kWp/year
Perf. Ratio PR 86.16 %

Normalized productions (per installed kWp)

Performance Ratio PR

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	133.0	64.67	26.42	139.8	135.9	37114	36396	0.868
February	131.7	71.98	28.17	136.1	132.8	35949	35256	0.864
March	158.3	85.38	29.76	160.6	156.9	42035	41224	0.856
April	166.5	82.01	30.51	166.7	163.1	43412	42569	0.852
May	159.4	91.51	30.51	157.5	153.4	41183	40388	0.856
June	149.2	82.58	29.50	146.4	142.4	38439	37693	0.859
July	144.9	83.14	29.37	142.6	138.9	37505	36770	0.860
August	139.0	81.53	29.01	138.3	134.7	36379	35664	0.861
September	129.0	79.17	28.17	129.9	126.4	34288	33616	0.863
October	128.7	76.66	28.40	131.7	128.3	34825	34142	0.865
November	120.9	67.34	27.50	125.6	122.2	33337	32689	0.868
December	128.4	61.47	26.52	135.3	131.7	35997	35300	0.870
Year	1689.1	927.45	28.65	1710.7	1666.8	450463	441708	0.862

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

รูปที่ 4.3 อัตราส่วนสมรรถนะ(Performance Ratio) ของ mono

Project: New Project F&N 300 KW

Variant: New simulation variant

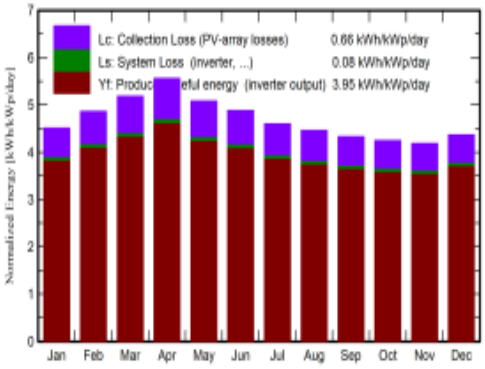
PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
05/03/24 12:53
with v7.4.0

Main results

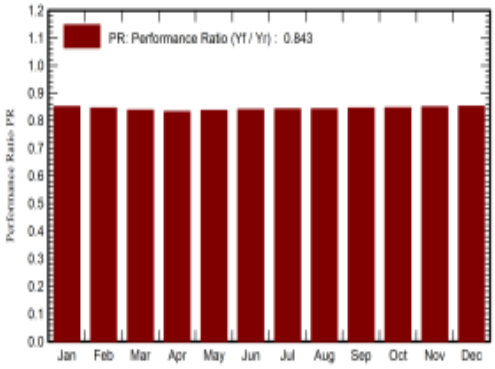
System Production

Produced Energy	437954 kWh/year	Specific production	1443 kWh/kWp/year
		Perf. Ratio PR	84.33 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	133.0	64.67	26.42	139.8	136.0	36828	36113	0.851
February	131.7	71.98	28.17	136.1	132.9	35646	34956	0.846
March	158.3	85.38	29.76	160.6	157.0	41662	40856	0.838
April	166.5	82.01	30.51	166.7	163.2	42989	42155	0.833
May	159.4	91.51	30.51	157.5	153.4	40832	40042	0.837
June	149.2	82.58	29.50	146.4	142.5	38100	37356	0.841
July	144.9	83.14	29.37	142.6	138.9	37200	36468	0.842
August	139.0	81.53	29.01	138.3	134.8	36073	35360	0.842
September	129.0	79.17	28.17	129.9	126.5	34016	33346	0.845
October	128.7	76.66	28.40	131.7	128.3	34533	33852	0.847
November	120.9	67.34	27.50	125.6	122.3	33074	32427	0.850
December	128.4	61.47	26.52	135.3	131.8	35720	35024	0.852
Year	1689.1	927.45	28.65	1710.7	1667.8	446673	437954	0.843

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

รูปที่ 4.4อัตราส่วนสมรรถนะ(Performance Ratio) mono

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การจัดทำปริญญานิพนธ์การจำลองและออกแบบโรงจอดรถพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมPVsyst และดำเนินการจากบทที่แล้วมา ในบทนี้ผู้จัดทำได้นำผลการดำเนินงานมาสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จำลองระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตยเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 300 (kw) ในพื้นที่ ศูนย์กระจายสินค้า F&N Dairies (Thailand) มีความเหมาะสมดีและให้ประสิทธิภาพสูง ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 441708 kWh/year

และมีอัตราส่วนสมรรถนะเฉลี่ยราย ปี81.319 เมื่อใช้แผงโซล่าแบบ Mono-Crystalline และเมื่อเปรียบเทียบแผง โซล่าแบบ mono-Crystalline สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 543144 kWh/year และมีอัตราส่วน สมรรถนะเฉลี่ยราย ปี 86.16 % และ ดังนั้นควรเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 รองรับกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยกริดอินเวอร์เตอร์ขนาด 50 kw ที่เหมาะสม และการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศใต้ S)

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.2.1 ได้ทราบองค์ประกอบและหลักการทำงาน ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

5.2.2 ได้ทราบวิธีการใช้โปรแกรม PVsyst ในการจำลองและหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้

5.2.3 ทำให้ทราบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ แผงโซล่าเซลล์ประเภทโมโนคริสตัลไลน์ ชนิด JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022 และ ชนิด JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021 ที่ผลิตได้ เพื่อมาเปรียบเทียบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยนำข้อมูลจากการใช้งานจริงมาคำนวณ เพื่อให้ผลการคำนวณมีค่าถูกต้องมากที่สุด

5.3.2 ควรมีการลงพื้นที่เพื่อทดสอบกับระบบจริงๆ ว่าที่จำลองการคำนวณนั้นตรงกัน

บรรณานุกรม

[1] เซลล์แสงอาทิตย์ [Online] Available แหล่งที่มา https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/ (วันที่ค้นข้อมูล 14 ธันวาคม 2566)

[2] แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โมโนคริสตัลไลน์ [Online] Available แหล่งที่มา: https://webkc.dede.go.th (วันที่ค้นข้อมูล 29 ธันวาคม 2566

[3] อินเวอร์เตอร์ [Online] Available แหล่งที่มา : https://faifaaoutlet.com/shop/inverter/huawei-inverter-50-kw-on-grid-3- (วันที่ค้นข้อมูล 7 มกราคม 2567)

[4] ออฟติไมเซอร์ [Online] Available แหล่งที่มา: https://www.storetexshop.com/product/9865/huawei-smart-pv-optimizer-

(วันที่ค้นข้อมูล 29 มกราคม 2567)

[5] โปรแกรม PVsyst [Online] Available แหล่งที่มา: กวินชัย ต้องตรงทรัพย์. (2564) "การใช้งานโปรแกรม PVSYST เบื้องต้น." สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (วันที่ค้นข้อมูล 29 กุมภาพันธ์ 2567)

ภาคผนวก

JINKO 555 Wp 35VSi-monoJKM-555N-72HL4-BDV Since 2022Datasheets 2022

JA SOLAR 550 Wo 35Si-mono JAM72-D.30-550-MB. Since 2021

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

Tiger Pro 72HC

535-555 Watt

MONO-FACIAL MODULE

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

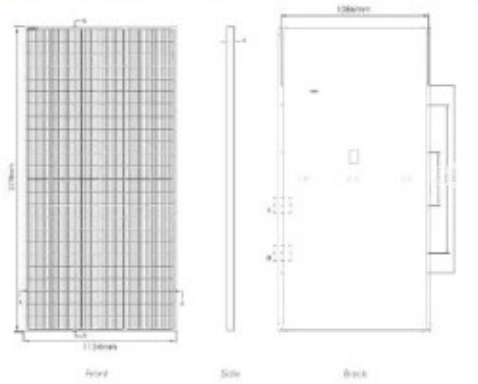
ISO9001:2015: Quality Management System

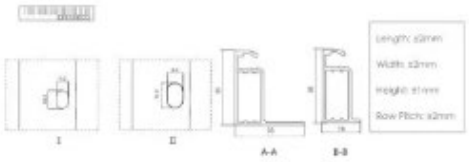
ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018
Occupational health and safety management systems

Key Features

Engineering Drawings



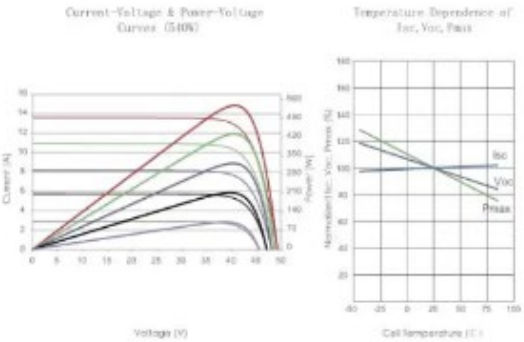


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2278×1134×35mm (89.69×44.65×1.38 inch)
Weight	28 kg (61.73 lbs)
Front Glass	3.2mm,Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

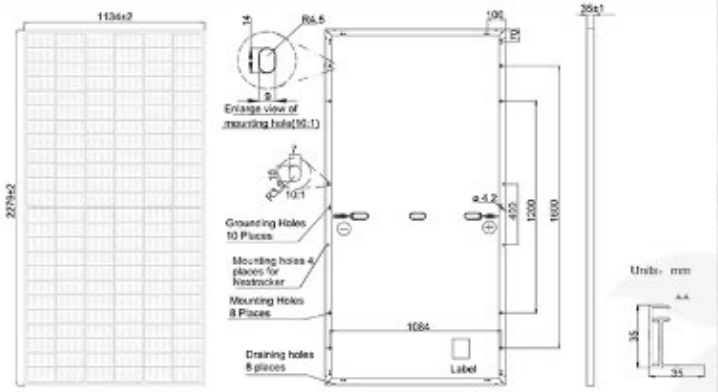
Module Type	JKM535M-72HL4 JKM535M-72HL4-V		JKM540M-72HL4 JKM540M-72HL4-V		JKM545M-72HL4 JKM545M-72HL4-V		JKM550M-72HL4 JKM550M-72HL4-V		JKM555M-72HL4 JKM555M-72HL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	406Wp	550Wp	409Wp	555Wp	413Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.63V	37.91V	40.70V	38.08V	40.80V	38.25V	40.90V	38.42V	40.99V	38.59V
Maximum Power Current (Imp)	13.17A	10.50A	13.27A	10.55A	13.36A	10.60A	13.45A	10.65A	13.54A	10.70A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.34V	46.57V	49.42V	46.65V	49.52V	46.74V	49.62V	46.84V	49.72V	46.93V
Short-circuit Current (Isc)	13.79A	11.14A	13.85A	11.19A	13.94A	11.26A	14.03A	11.33A	14.12A	11.40A
Module Efficiency STC (%)	20.71%		20.90%		21.10%		21.29%		21.48%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									

Harvest the Sunshine
DEEP BLUE 3.0
Mono
550W MBB Half-cell Module
JAM72S30 525-550/MR/1500V Series
Introduction
Assembled with 1/8B PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.
Higher output power
Lower LCOE
Less shading and lower resistive loss
Better mechanical loading tolerance
Superior Warranty
12-year product warranty
25-year linear power output warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years
New linear power warranty
Standard module linear power warranty
Comprehensive Certificates
IEC 61215, IEC 61730
ISO 9001: 2015 Quality management systems
ISO 14001: 2015 Environmental management systems
ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
JA SOLAR
www.jasolar.com
Specifications subject to technical changes and tests
JA Solar reserves the right of final interpretation
Shanghai JA Solar Technology Co., Ltd.

JA SOLAR

JAM72S30 525-550/MR/1500V Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	Genuine MC4-EVO2 QC 4.10-35/45
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Country of Manufacturer	China/Vietnam

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR/1500V	JAM72S30 -530/MR/1500V	JAM72S30 -535/MR/1500V	JAM72S30 -540/MR/1500V	JAM72S30 -545/MR/1500V	JAM72S30 -550/MR/1500V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α_Isc)	+0.045%/℃					
Temperature Coefficient of Voc(β_Voc)	-0.275%/℃					
Temperature Coefficient of Pmax(γ_Pmp)	-0.350%/℃					
STC	Irradiance 1000W/m², cell temperature 25℃, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.
Measurement tolerance at STC: Pmax ±3 %, Voc ±5% and Isc ±4%.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72S30-525 /MR/1500V	JAM72S30-530 /MR/1500V	JAM72S30-535 /MR/1500V	JAM72S30-540 /MR/1500V	JAM72S30-545 /MR/1500V	JAM72S30-550 /MR/1500V
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55
NOCT	Irradiance 800W/m², ambient temperature 20℃,wind speed 1m/s, AM1.5G					

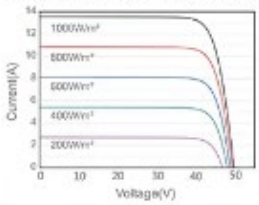
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2000Pa while Maximum Static Load, Back is2000Pa.

OPERATING CONDITIONS

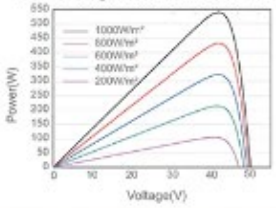
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Operating Temperature	-40℃~+85℃
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front* Maximum Static Load,Back*	3600Pa, 1.5 1600Pa, 1.5
NOCT	45±2℃
Safety Class	Class Ⅱ
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

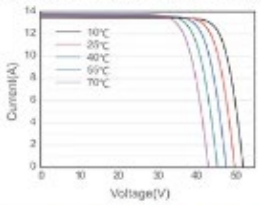
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Premium Cells, Premium Modules

Version No.: Global_EN_20210607A

ภาคผนวก

ข้อมูลอุปกรณ์ที่สำคัญ

Huawei Technologies 50 kW200 - 1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-50KTL-M3-400V Since 2022

Huawei อินเวอเตอร์ Hybrid 50kW 3 เฟส รุ่น SUN2000-50KTL-M3

★★★★★| Sold: 0

97,170.00

- Up to 30% M
- AI2 Powered
- WLAN, Fast I

− 1 +

SKU: SUN2000-

Category: Hua