



การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์
สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด
Calculation and Design of Solar Cell System
for Connection Solar System Off Grid Type

สมคิด จุติยนต์
Somkid Jutiyan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2565



การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์
สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด
Calculation and Design of Solar Cell System
for Connection Solar System Off Grid Type

สมคิด จุติยนต์
Somkid Jutiyon

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์ การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงาน
แสงอาทิตย์แบบออฟกริด
ชื่อ นามสกุล สมคิด จุติยนต์
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว



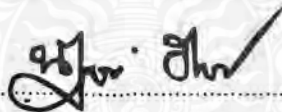
.....ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.กานท์ เกิดชื่น



.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์



.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ



.....กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ

วันที่ 20 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566

ชื่อวิทยานิพนธ์	การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด
ชื่อ นามสกุล	สมคิด จุติยนต์
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และคำนวณหาขนาดโหลดพื้นฐานที่เหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์โดยนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ประมวลผลการคำนวณและทดสอบกำลังไฟฟ้าใช้งาน กระแสไฟฟ้า การส่องสว่างและระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ผลการคำนวณและทดสอบ พบว่าสามารถกำหนดขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ขนาดโหลดแสงสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งาน การวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อโดยตรงกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง และอีกรูปแบบหนึ่งคือ การต่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้สามารถใช้งานโดยการต่อกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง ในขณะที่เดียวกันกำลังไฟฟ้าที่เหลือสามารถนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และสามารถแปลงผันพลังงานโดยใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับใช้กับโหลดทางไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับ ผลการศึกษาและผลการคำนวณ พบว่าโหลดของระบบมีค่า 3,128.62 วัตต์ แต่ใช้โหลดพัดลมและโหลดเครื่องปรับอากาศสลับกัน ดังนั้นจึงออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,360 วัตต์ และแบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก ผลลัพธ์การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์ออฟกริด พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมได้ส่วนหนึ่ง งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์ลักษณะทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริดเพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการประหยัดและความคุ้มค่าในระยะยาว

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา, ระบบออฟกริด

Thesis Title	Calculation and Design of Solar Cell Systems for Off Grid Solar Power System Connections
Author	Somkid Jutiyon
Degree	Master of Engineering (Electrical Engineering)
Major Program	Electrical Engineering Faculty of Engineering
Academic Year	2022

ABSTRACT

This study presents the calculation and design of solar cell systems for off grid solar power system connections. The objective is to design a solar cell system and calculate the appropriate basic load size for the solar cell system. To do this, solar energy would be applied with an off grid solar cell system within Nakhon Pathom Technical College. This research compiled the calculation results and examined the working electrical power, current, illumination, and solar cell systems used to fit the workspace. The calculation and testing results demonstrated that it was possible to determine the sizes of solar cell panels, batteries, and lighting loads suitable for the workspace. An analysis of the energy produced from an off-grid solar power generation system is an electricity generation system applied in remote areas, such as rural areas, where there is no system of electricity transmission lines. The key components of the system include photovoltaic panels connected directly to direct current loads. Another configuration is to connect the electrical voltage generated from the PV panels to a solar charge controller. The resulting voltage can be used by connecting to a direct current load. Meanwhile, the remaining electrical power can be stored in batteries and converted using an inverter to change direct current to alternating current for use with alternating current electrical loads. The results of the study and calculation showed that the system load was 3,128.62 watts; however, the fan load and air conditioner load were used alternately. Therefore, a 3,000 watt inverter, 1,360 watt solar panels, and two 100Ah batteries were designed. The results of the calculation and design of the solar cell system for connecting an off grid solar energy system showed that it could partially reduce electricity consumption at Nakhon Pathom Technical College. Future research will analyze the economic aspects of the off grid solar power generation system to demonstrate its potential for cost-effectiveness and long-term savings.

Keywords : Rooftop Solar Power Reneration System, Off grid System

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ของรองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำและชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงข้อบกพร่องจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ เกิดชื่น ผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ และคณาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์และเสียสละเวลาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนพ้อง และคณะครู-อาจารย์ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุน รวมทั้งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สมคิด จุติยนต์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.3 แผนที่ยกยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับ ประเทศไทยปี พ.ศ. 2560	9
2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ	11
2.5 การหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ (PV Grid Connected System, (PV Grid Connected System, PVGCS)	21
2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	24
2.7 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System, ESS)	27
2.8 กำลังสูญเสียฮิสเทอรีซิสของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต	28
2.9 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter)	29
2.10 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC-AC Converter)	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 บทสรุป	32
บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย	33
3.1 บทนำ	33
3.2 ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย	33
3.3 หลักการและแนวคิด	35
3.4 เซลล์แสงอาทิตย์	36
3.5 ข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า	38
3.6 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์บนหลังคา	44
3.7 การออกแบบจำลองโปรแกรมเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบผลิตพลังงาน เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา	45
3.8 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผง	50
3.9 บทสรุป	54
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	55
4.1 บทนำ	55
4.2 ผลการวิเคราะห์คำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด	55
4.3 บทสรุป	57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	59
5.1 บทนำ	59
5.2 สรุปผลการวิจัย	59
5.3 ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	62
ภาคผนวก ข การคำนวณระบบโซลาร์เซลล์	71
ประวัติผู้เขียน	73

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การทบทวนวรรณกรรม	5
ตารางที่ 2.2 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน	25
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท	26
ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ Trin รุ่น Tallmax plus	36
ตารางที่ 3.2 ค่าคุณภาพของระบบไฟฟ้าตามชนิดของระบบที่ใช้	45
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินการผลิตไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จากระบบที่ติดตั้ง	55
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	56
ตารางที่ 4.3 รายการวัสดุอุปกรณ์แรงงาน (BOQ)	56



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด	2
รูปที่ 2.1 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทย	10
รูปที่ 2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆ ของประเทศไทย	11
รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของ เซลล์แสงอาทิตย์ ในทางปฏิบัติ	11
รูปที่ 2.4 เส้นโค้งของ $v-i$ ที่มีค่าความต้านทานอนุกรมที่ค่าต่างกัน	12
รูปที่ 2.5 กราฟเส้นโค้งของ $I-V$ ที่มีค่าความต้านทานต่างกัน	12
รูปที่ 2.6 เส้นโค้งคุณลักษณะของ $I-V$ ที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน	14
รูปที่ 2.7 กราฟ $I-V$ ที่อุณหภูมิต่างๆ	15
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์	16
รูปที่ 2.9 กราฟ $I-V$ ของการต่อแบบอนุกรม 3 เซลล์	16
รูปที่ 2.10 แสดงหนึ่งเซลล์ถูกบังแสง (Shading)	17
รูปที่ 2.11 การต่อบายพาสไดโอด	17
รูปที่ 2.12 กราฟ $I-V$ ของการต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสง	18
รูปที่ 2.13 การต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วน	18
รูปที่ 2.14 การต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วนและมีบายพาสไดโอด	19
รูปที่ 2.15 กราฟ $I-V$ ต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วนและมีบายพาสไดโอด	19
รูปที่ 2.16 กราฟ $I-V$ ของเซลล์ที่ไม่มีการอับแสง	20
รูปที่ 2.17 กราฟ $I-V$ ของเซลล์เมื่อมีการอับแสงบางส่วน	20
รูปที่ 2.18 ตัวชี้วัดที่ใช้แสดงประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากแสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน IEC 61724	21
รูปที่ 2.19 กระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์เคมีไฟฟ้าของ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	25

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลของแบตเตอรี่ LiFePO ₄	28
รูปที่ 2.21 ความผิดพลาดของกำลังการสูญเสียฮิสเตอร์ซิสที่ SOC ต่างกัน	29
รูปที่ 2.22 วงจร buck converter, boost converter และวงจร buck – boost converter	30
รูปที่ 2.23 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้งแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส	31
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	34
รูปที่ 3.2 โครงสร้างสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลด	35
รูปที่ 3.3 ผลจำลอง I-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแวดล้อมคงที่ (25° C)	37
รูปที่ 3.4 ผลจำลอง P-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแวดล้อมคงที่ (25° C)	37
รูปที่ 3.5 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนมกราคม 2563	38
รูปที่ 3.6 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกุมภาพันธ์ 2563	39
รูปที่ 3.7 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนมีนาคม 2563	39
รูปที่ 3.8 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนเมษายน 2563	40
รูปที่ 3.9 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนพฤษภาคม 2563	40
รูปที่ 3.10 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนมิถุนายน 2563	41
รูปที่ 3.11 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกรกฎาคม 2563	41
รูปที่ 3.12 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนสิงหาคม 2563	42
รูปที่ 3.13 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกันยายน 2563	42

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.14 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนตุลาคม 2563	43
รูปที่ 3.15 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร- ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนพฤศจิกายน 2563	43
รูปที่ 3.16 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร- ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนธันวาคม 2563	44
รูปที่ 3.17 วางแผนเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Trina Tallmax plus สำหรับระบบผลิตฯ ขนาดกำลังผลิต 15.87 kWp	46
รูปที่ 3.18 กำหนดค่าตำแหน่งที่ตั้งสำหรับการ Simulation	46
รูปที่ 3.19 แปลงไฟล์การติดตั้งระบบผลิตฯ จากโปรแกรม Sketchup ลงในโปรแกรม PVsyst	47
รูปที่ 3.20 เช็คค่ามุมการวางแผงฯ, มุมอะซิมูท และกำหนดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์	47
รูปที่ 3.21 เลือกขนาดและชนิดของอินเวอร์เตอร์และแผงโซลาร์เซลล์	48
รูปที่ 3.22 กำหนดลักษณะอากาศไหลเวียนใต้แผงโซลาร์เซลล์	48
รูปที่ 3.23 กำหนดค่าความสูญเสียแรงดันตกทั้งด้าน DC และ AC ในระบบผลิตฯ	49
รูปที่ 3.24 กำหนดค่าความสูญเสียที่เกิดจากแผงโซลาร์เซลล์ในระบบผลิตฯ	49
รูปที่ 3.25 กำหนดค่าความสูญเสียที่เกิดจากความสกปรกของแผงโซลาร์เซลล์ ในระบบผลิตฯ	50
รูปที่ 3.26 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผงโซลาร์เซลล์	50
รูปที่ 3.27 แปลงไฟล์การติดตั้งระบบผลิตฯ จากโปรแกรม Sketchup ลงในโปรแกรม PVsyst	51
รูปที่ 3.28 เช็คค่ามุมการวางแผงฯ, มุมอะซิมูท และกำหนดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์	52
รูปที่ 3.29 เลือกขนาดและชนิดของอินเวอร์เตอร์และแผงโซลาร์เซลล์	53

บทที่ 1

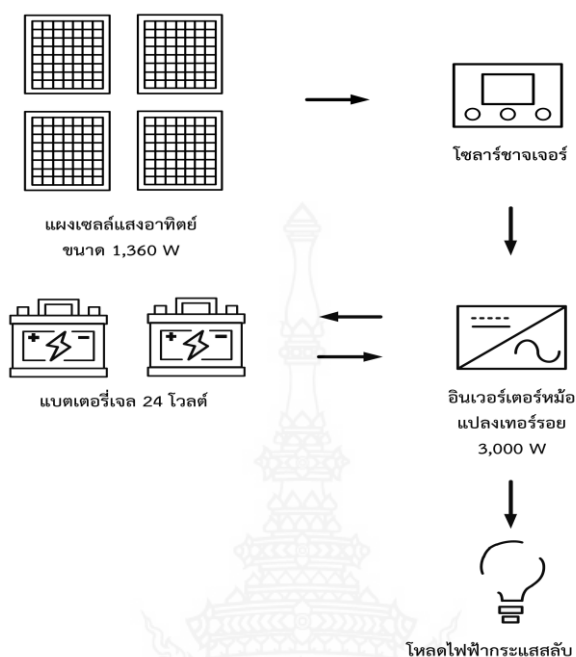
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด (Off Grid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel) เชื่อมต่อโดยตรงกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) และอีกรูปแบบหนึ่งคือ การต่อให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar Charge Controller) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้สามารถนำไปใช้งานโดยการต่อกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง ในขณะเดียวกันถ้ากำลังไฟฟ้าเหลือสามารถนำไปเก็บในแบตเตอรี่ (Battery) และอุปกรณ์แปลงผันพลังงาน (Inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current) เพื่อจ่ายแรงดันให้กับโหลดทางไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับ

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และคำนวณหาขนาดโหลดพื้นฐานที่เหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์โดยนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ประมวลผลการคำนวณและทดสอบกำลังไฟฟ้าใช้งาน กระแสไฟฟ้า การส่องสว่างและระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน จากผลการคำนวณและทดสอบพบว่าสามารถกำหนดขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ขนาดโหลดแสงสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งาน การวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด (Off Grid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel) เชื่อมต่อโดยตรงกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) และอีกรูปแบบหนึ่งคือ การต่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar Charge Controller) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้สามารถใช้งานโดยการต่อกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง ในขณะเดียวกันกำลังไฟฟ้าที่เหลือสามารถนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ (Battery) และสามารถแปลงผันพลังงานโดยใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current) เพื่อใช้กับโหลดทางไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับ ผลการศึกษาพบว่าพลังงานที่ใช้ในการระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด (Off-Grid System) ผลการคำนวณพบว่าโหลดของระบบมีค่า 3,128.62 วัตต์ แต่ใช้โหลดพัดลมและหลอดเครื่องปรับอากาศสลับกันดังนั้นจึงออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,360 วัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก ผลลัพธ์การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมได้ส่วนหนึ่ง งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริดเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา และการหา

ขนาดแบตเตอรี่ให้มีความเหมาะสมเพื่อบริหารจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากระบบจำหน่ายการไฟฟ้าและคําค่าต่อการลงทุน ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางและออกแบบระบบการใช้พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่มีแบตเตอรี่ สำหรับรองรับการพลังงานไฟฟ้า ให้มีประสิทธิภาพและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากระบบจำหน่ายการไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาชนิดและขนาดแบตเตอรี่,แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่มีระบบกักเก็บพลังงานสำหรับตอบสนองความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอ

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดด้วยโปรแกรมจำลอง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาและวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด โดยใช้พลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่มีระบบกักเก็บพลังงาน และเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้า สำหรับรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าห้องพักครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม โดยออกแบบจำลองเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบผลิต (%PR) โดยใช้โปรแกรมจำลอง (PVsyst) และใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า(load profile) ห้องพักครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 kWh/เดือน โดยนำข้อมูลค่า ค่าสมรรถนะของระบบผลิต (%PR) , ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้า (load profile), ความจุของแบตเตอรี่ (battery capacity) และ โหลดทางไฟฟ้า ใส่ในโปรแกรม (PVsyst) เพื่อวิเคราะห์พลังงานที่ผลิตได้จาก Solar Rooftop และการทำงานของแบตเตอรี่สำหรับตอบสนองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อรองรับการประจุไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงข่ายไฟฟ้าและสามารถวิเคราะห์และออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 สามารถออกแบบการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากระบบจำหน่ายการไฟฟ้า

1.4.2 สามารถหาชนิดและขนาดแบตเตอรี่,แผงเซลล์แสงอาทิตย์,อินเวอร์เตอร์และชาร์เจอร์ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับระบบ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน สำหรับตอบสนองความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอและรองรับโหลดไฟฟ้าของห้องพักครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษารายละเอียดของวิทยานิพนธ์จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.5.2 จัดระเบียบ และเรียบเรียงข้อมูลที่สำคัญในงานวิจัย ที่ค้นคว้ามาจำลองห้องพักอาศัยที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน

1.5.3 ศึกษากระบวนการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดแต่ละรูปแบบ

1.5.4 ทำการวิเคราะห์ออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดให้เหมาะสมกับความต้องการของโหลดที่ใช้งาน

1.5.5 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้า, กำลังติดตั้งระบบผลิตฯ, ค่าสมรรถนะของระบบผลิต, โดยจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst

1.5.6 ทำการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดให้เหมาะสมกับความต้องการของโหลดที่ใช้งาน

1.5.7 สรุปลักษณะและอภิปรายผลการทดลอง

1.5.8 จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

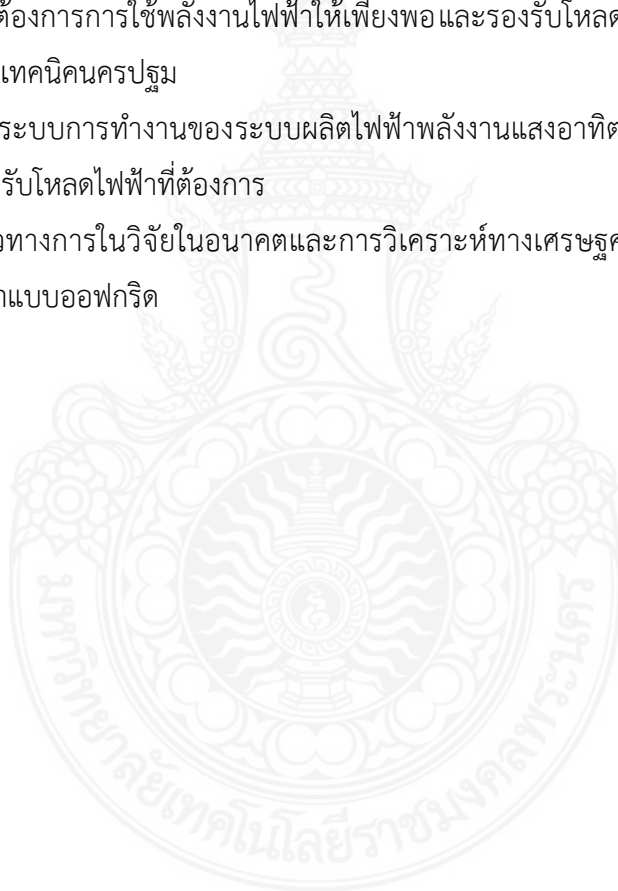
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถหาแนวทางการใช้พลังงานพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่มีระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับความต้องการใช้งาน

1.6.2 สามารถหาชนิดและขนาดแบตเตอรี่,แผงเซลล์แสงอาทิตย์,อินเวอร์เตอร์และชาร์เจอร์ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่มีระบบกักเก็บพลังงานสำหรับตอบสนองความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอและรองรับโหลดไฟฟ้าของห้องพักรักษาตัวผู้ป่วยในโรงพยาบาล วิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6.3 เข้าใจถึงระบบการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดที่ระบบกักเก็บพลังงานสามารถรองรับโหลดไฟฟ้าที่ต้องการ

1.6.4 เป็นแนวทางการวิจัยในอนาคตและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริด



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และคำนวณหาขนาดโหลดพื้นฐานที่เหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์โดยนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง ได้ประมวลผลการคำนวณและทดสอบกำลังไฟฟ้าใช้งาน กระแสไฟฟ้า การส่องสว่างและระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานจากผลการคำนวณและทดสอบพบว่าสามารถกำหนดขนาดและจำนวนของแผงโซลาร์เซลล์ขนาดของแบตเตอรี่ และขนาดของโหลดทางฟ้าที่เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาาระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดที่มีขนาดเล็กซึ่งได้มีการรวมระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ โหลดไฟฟ้า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระบบกักเก็บพลังงาน และระบบควบคุม สำหรับรองรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยในปัจจุบันนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก โดยสามารถนำเสนอบทสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำความรู้สาระสำคัญมาประยุกต์ใช้กับงานวิทยานิพนธ์ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 2.1 การทบทวนวรรณกรรม

ปีที่ตีพิมพ์	ผู้แต่ง	การทบทวนวรรณกรรม
2018	Seongmun Oh, Junhyuk Kong, Wonjun Lee, Jaesung Jung	ได้พิจารณาเรื่องการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อลดพลังงานเชื้อเพลิง และลดปัญหาเรื่องปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก โดยได้ออกแบบอัลกอริทึมเพื่อสร้างระบบกักเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด โดยได้จำลองออกแบบติดตั้งระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 100 kWp ที่ประเทศเกาหลีใต้ โดยมีการจำลองแบตเตอรี่สำหรับระบบ

ตารางที่ 2.1 การทบทวนวรรณกรรม (ต่อ)

ปีที่ตีพิมพ์	ผู้แต่ง	การทบทวนวรรณกรรม
		กักเก็บพลังงานขนาด 10 kWh – 500 kWh เพื่อหาขนาดความเหมาะสมของแบตเตอรี่ ตามโครงสร้างสร้าง Model ทางคณิตศาสตร์จากการคำนวณค่า PCS (Power Conversion System) ratio ระหว่างช่วง 0.1 - 0.2 เพื่อให้ได้ค่า NPV (Net Present Value) ที่สูงที่สุด [2]
2020	VLADIMIR A. FREIRE, LÚCIA VALÉRIA RAMOS DE ARRUDA, CARLOS BORDONS AND JUAN JOSÉ MÁRQUEZ3	ได้พิจารณาถึงการปรับปรุงค่า DR (Demand Response) ให้มีความเหมาะสม โดยค่า DR เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานที่ผลิตได้จากระบบ Smart Grid ในบทความนี้หมายถึงพลังงานหมุนเวียนที่ได้จากระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างระบบการจัดการระบบผลิตไฟฟ้าที่มีการกักเก็บพลังงาน หรือ Microgrid โดยใช้ค่า DR ตามสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นตัวควบคุมให้ผลิตพลังงานที่ได้ใช้ประโยชน์สูงสุด ลดการใช้พลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าให้มากที่สุด กำหนดขนาดระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสม และคุ่มค่ากับการลงทุนมากที่สุด [3]
2009	Yusuf Gurkaynak, Student Member, Zhihao Li, Student Member, and Alireza Khaligh	ได้พิจารณาถึงการออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่มีการใช้ Inverter ที่มีระบบ Maximum Power Point Tracking (MPPT) เพื่อให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าผลิตได้สูงสุด และมีการควบคุมระบบ bi-directional เพื่อเป็นตัวควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดระหว่างระบบกักเก็บพลังงานและการใช้พลังงานไฟฟ้าปกติ (PHEV) สำหรับบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 2.1 การทบทวนวรรณกรรม (ต่อ)

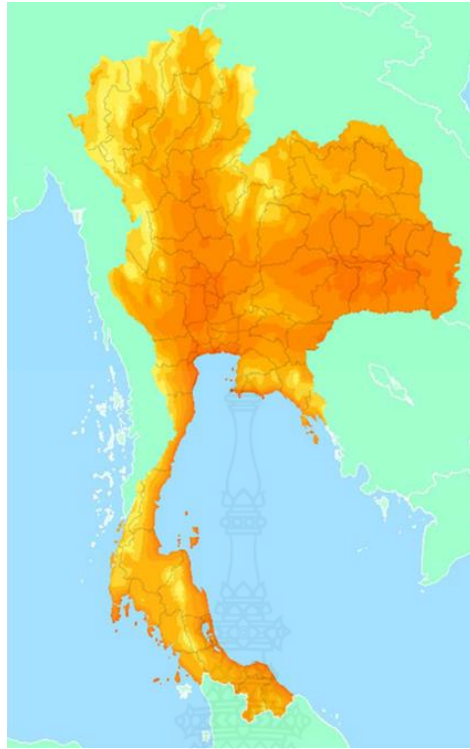
ปีที่ตีพิมพ์	ผู้แต่ง	การทบทวนวรรณกรรม
2020	HUY TRUONG DINH, JAESEOK YUN , DONG MIN KIM , KYU-HAENG LEE , AND DAEHEE KIM	ได้พิจารณาการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ในด้านพลังงานหมุนเวียนในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์และแบตเตอรี่สำหรับบ้านพักอาศัยที่เพิ่มขึ้นที่ได้รับการติดตั้งแหล่งพลังงานหมุนเวียน (RES) และระบบการจัดเก็บพลังงาน(ESS) ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อลดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าและถ้ามีพลังงานไฟฟ้าเหลือก็ขายคืนให้การไฟฟ้า บ้านเหล่านี้มักจะมีระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (HEMS) เพื่อควบคุมและกำหนดเวลาอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกเครื่อง มีการศึกษาเกี่ยวกับ HEMS และอัลกอริทึมสำหรับปรับให้เหมาะสมสำหรับลดค่าพลังงานไฟฟ้าและลดอัตราการใช้พลังงานในช่วง PEAK (PAR) โดยมีการสร้างสูตรทางคณิตศาสตร์สำหรับค่าพลังงานและอัตราการใช้พลังงานในช่วง PEAK และมีการปรับค่าให้มีความเหมาะสมโดยใช้วิธี Particle Swarm Optimization (PSO) และ Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 19.7 % [5]
		สูงตลอดทั้งปี แบตเตอรี่ราคาถูก และค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่ซื้อจากการไฟฟ้ามียูราคาสูง [8]
2015	IREQ, Hydro-Québec Research Institute, Canada and The Mathworks	ได้พิจารณาถึงการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Matlab สำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ (PV) ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน (ESS) ที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าที่ทวีปอเมริกาเหนือ ที่มีระบบสายส่ง 25 kV สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับชุมชนที่อยู่อาศัยที่ใช้ระบบไฟฟ้าแบบ 1 Phase ความถี่ 60 Hz เพื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานที่

		ได้รับจาก PV และ ESS ว่าพอเพียงต่อการใช้งานโดยไม่ต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้า [11]
2017	Jérémy Dulout, Bruno Jammes, Corinne Alonso, Amjad Anvari- Moghaddam, Adriana Luna, Josep M. Guerrero	ได้พิจารณาการหาขนาดลิเทียมแบตเตอรี่ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การอัดประจุและคายประจุของเตอร์ (SOC) และราคาของแบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Microgrid) เพื่อให้สามารถลดต้นทุนค่าลิเทียมแบตเตอรี่และสามารถยืดอายุการใช้งานของลิเทียมแบตเตอรี่ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการการผลิตไฟฟ้าจากระบบ Microgrid [12]
2019	Luminita BAROTE, Corneliu MARINESCU	ได้พิจารณาขนาดของแบตเตอรี่สำหรับที่ใช้กับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่ใช้ในบ้านพักอาศัยขนาดที่มีระบบกักเก็บพลังงาน (Microgrid) เพื่อรองรับโหลดการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยออกแบบระบบผลิตฯ ขนาด 8 kWp, และใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 20 kWh แรงดัน 48 V โดยใช้ daily load profile บริเวณพื้นที่ชุมชนบ้านพักอาศัย และนำข้อมูลทั้งหมดมาจำลองกับโปรแกรม Homer Pro เพื่อจัดการการทำงานของระบบ Microgrid ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น [14]

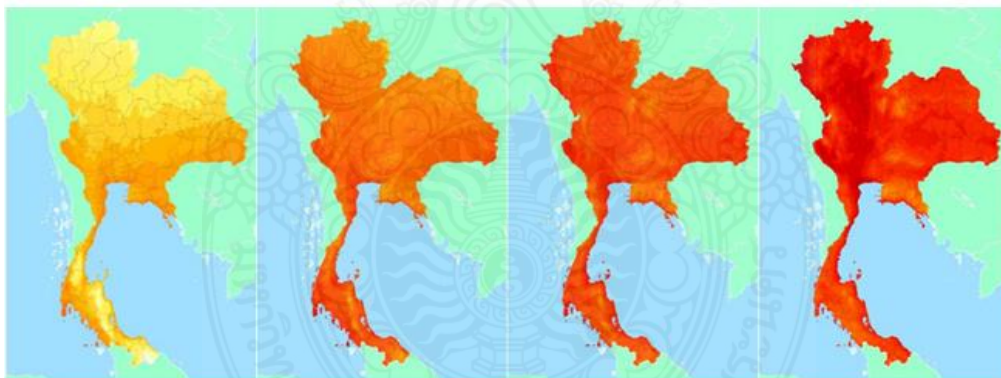
2.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย

ปี พ.ศ. 2560

แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ฉบับใหม่สำหรับประเทศไทยในการพัฒนาแผนที่ดังกล่าว สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GMS5 GOES9 และ MTSAT1R รวมระยะเวลา 15 ปี (พ.ศ. 2544-2559) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 9 ตารางกิโลเมตร การกระจายตามพื้นที่ของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุม และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยได้รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ($18-20 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$) จะอยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ และร้อยเอ็ด เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทยพบว่ามีค่าเท่ากับ $17.6 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ดังรูปที่ 2.1 ค่าดังกล่าวลดลงจากแผนที่ฉบับเดิม ($18.0 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศในประเทศไทย จากรูปแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆ ดังรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และเวลาในรอบปี แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2542 พบว่าความเข้มของรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่า $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ และในปีพ.ศ. 2553 พบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทย มีค่า $18.0 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ สำหรับความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนของประเทศไทยในรายงานวิจัยนี้มีค่า $17.6 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ จะเห็นว่าค่าศักยภาพความเข้มรังสีอาทิตย์ของประเทศไทยมีค่าลดลงทั้งนี้เนื่องจากส่วนหนึ่งมาจากค่าของปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือมีสาเหตุมาจากภาวะโลกร้อนที่ส่งผลให้สภาวะอากาศโลกมีแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้อากาศแห้งสามารถรับปริมาณความชื้นได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่เข้ามาถึงยังพื้นโลกต่ำลง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน สำหรับประเทศไทยจะเห็นว่าค่าสูงเหมาะแก่การใช้งานเป็นพลังงานหมุนเวียน [20]



รูปที่ 2.1 ความเข้มข้นสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทย [20]

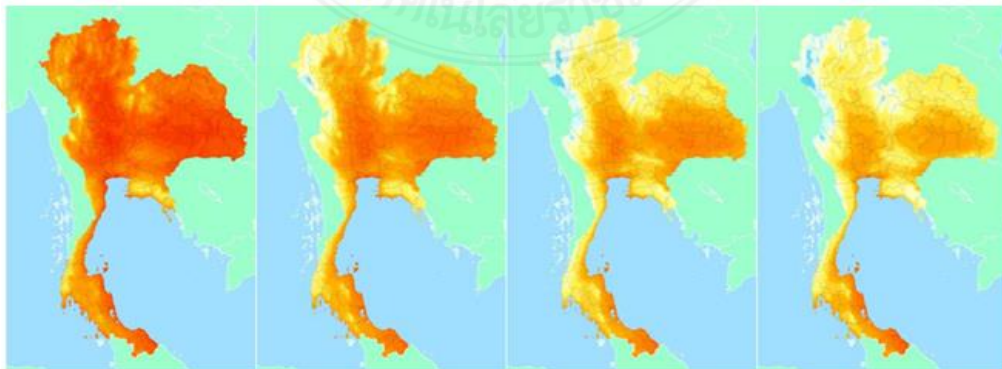


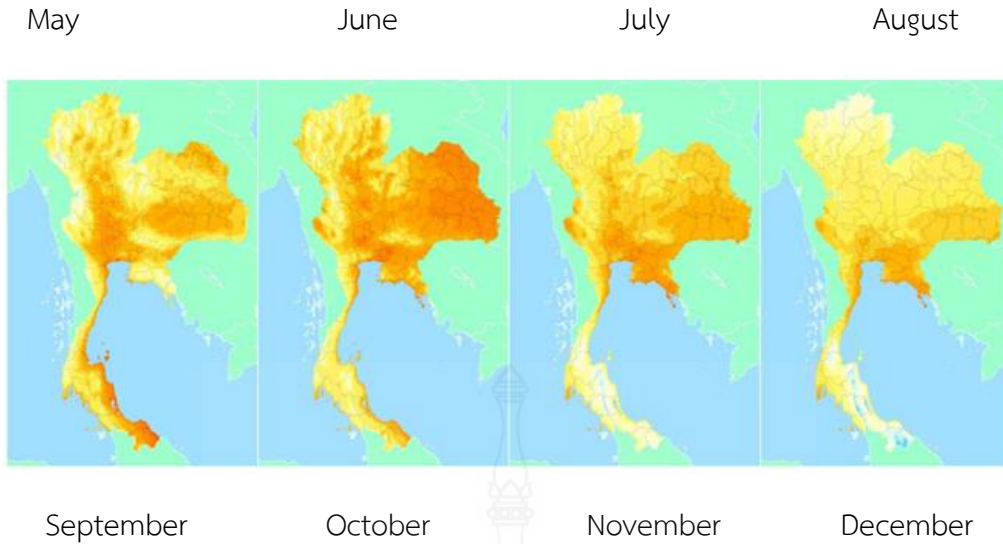
January

February

March

April



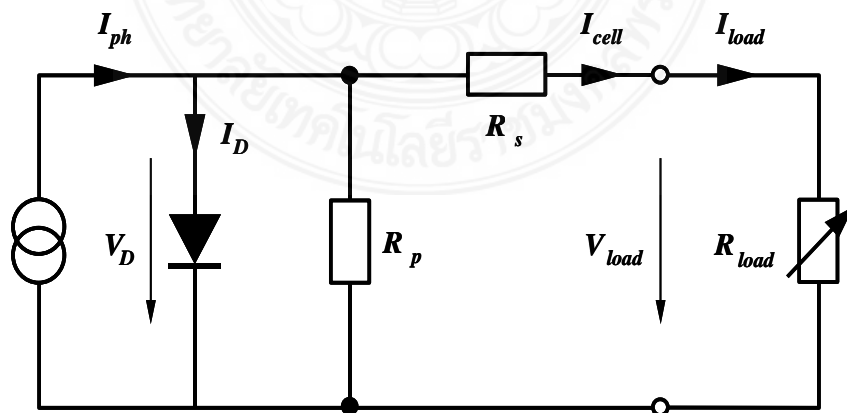


รูปที่ 2.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆ ของประเทศไทย [20]

2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ

2.4.1 ผลของความต้านทานที่ต่ออนุกรม และต่อขนาน

เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์ในทางปฏิบัติ จะพบว่ามีส่วนประกอบความต้านทานเพิ่มมาอีก 2 ค่าภายในเซลล์ ก็คือ R_s ที่ต่ออนุกรมและ R_p ที่ต่อขนานอยู่ ซึ่งพิจารณาได้จากวงจรเทียบเคียง ดังรูปที่ 2.3

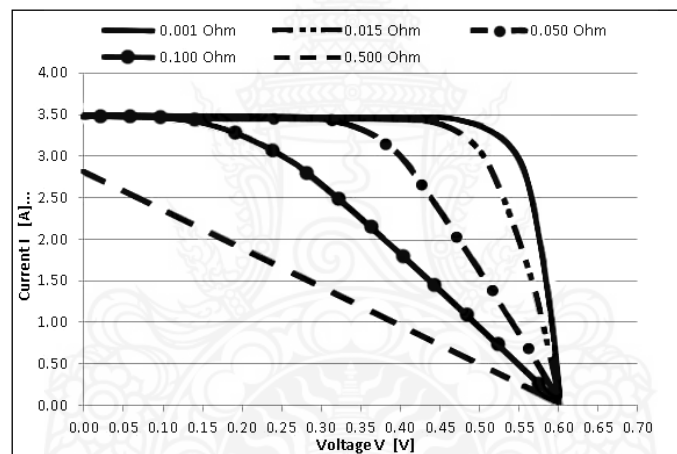


รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของ เซลล์แสงอาทิตย์ ในทางปฏิบัติ

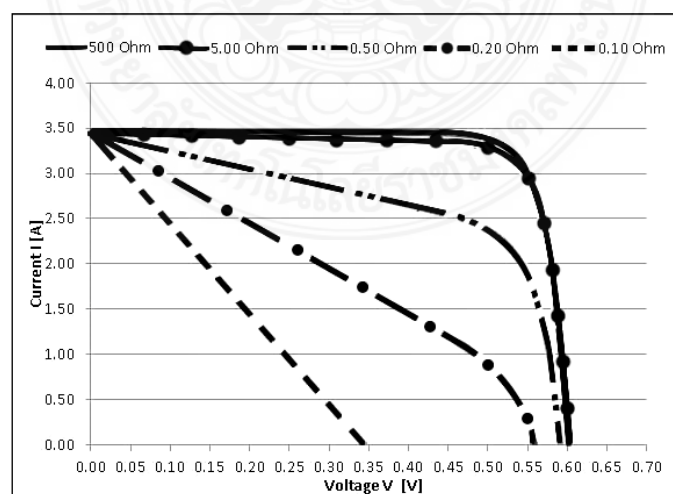
จากวงจรดังรูปที่ 2.3 แสดงดังสมการดังข้างล่างนี้

$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} \cdot (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p} \quad (2.1)$$

ค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมเกิดจากความต้านทานของซิลิคอนเซลล์ที่เรียงกันเป็นชั้นและความต้านทานของขั้วโลหะด้านหน้าและด้านหลังที่เป็นผลมาจากการต่อกับขั้วต่อภายนอก ส่วนค่าความต้านทานที่ต่อขนานส่วนใหญ่เกิดจากการรั่วไหลของกระแสเนื่องจากรอยต่อ P-N junction ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งทำให้เกิด short circuit บางส่วน โดยเฉพาะใกล้กับขอบของเซลล์ แต่อย่างไรก็ดีการลดค่าความต้านทานอนุกรมลงก็มีลักษณะเช่นเดียวกับการลัดวงจร ค่าต่างๆ เหล่านี้ก็จะมีผลกับค่าของ Fill Factor จะส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าด้านออกสูงสุดลดลงดังรูปที่ 2.4 คือผลของ R_s ส่วนรูปที่ 2.5 คือผลของ R_p



รูปที่ 2.4 เส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานอนุกรมที่ค่าต่างกัน



รูปที่ 2.5 กราฟเส้นโค้งของ I-V ที่มีค่าความต้านทานขนานต่างกัน

2.4.2 กำลังสูญเสียในเซลล์แสงอาทิตย์

1) กำลังสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนแสงจากการส่องแสงในอากาศไปยังสารกึ่งตัวนำเนื่องจากมีดัชนีการหักเหแสงที่ต่างกัน โดยกำลังสูญเสียเหล่านี้ลดได้โดยการเคลือบผิวด้วยสารกั้นสะท้อนหรือปรับโครงสร้างของผิวเซลล์ อีกส่วนคือการสะท้อนของโลหะที่เชื่อมต่อด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) ความเข้มรังสีของแสงซึ่งลักษณะการส่องของแสงอาทิตย์ในช่วงกว้าง ๆ (Wide spectrum) โฟตอนมีพลังงานไม่เท่ากัน โฟตอนที่มีพลังงานเพียงเล็กน้อยกว่า Band-gap จะทำให้ไม่สามารถดูดซับและนำไปใช้ได้เนื่องจากไม่มีพลังงานเพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ และจะไม่เกิดพันธะคู่ระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮล ในกรณีที่โฟตอนมีขนาดพลังงานมากกว่า Band-gap หรือเท่ากับ Band-gap เท่านั้นที่จะถูกนำไปใช้ได้ ถ้ามีแสงมากเพียงใดก็ตามแต่พลังงานไม่ถึง Band-gap ก็ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งส่วนนี้ไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่กลับจะทำให้เกิดความร้อนภายในผลึกได้

3) เนื่องจากกระแสโฟโต้จะเป็นสัดส่วนกันโดยตรงกับจำนวนโฟตอนที่ดูดซับได้ต่อหน่วยเวลา เมื่อกระแสโฟโต้เพิ่มขึ้น Band-gap จะลดลง และ Band-gap ก็เป็นตัวกำหนดแรงดันที่บริเวณรอยต่อ P-N junction เมื่อ Band-gap ที่มีขนาดเล็กลงจะเป็นผลให้แรงดันน้อยลง ในกรณีที่ Band-gap ขนาดใหญ่จะมีแรงดันสูง แต่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพียงส่วนน้อยที่ถูกดูดซับได้ก็จะเป็นผลให้เกิดกระแสโฟโต้ขึ้นมาเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์

4) กระแส Dark current (I_0) มีค่ามากกว่าค่าในทางทฤษฎีทำให้แรงดันลดลงซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 2.3

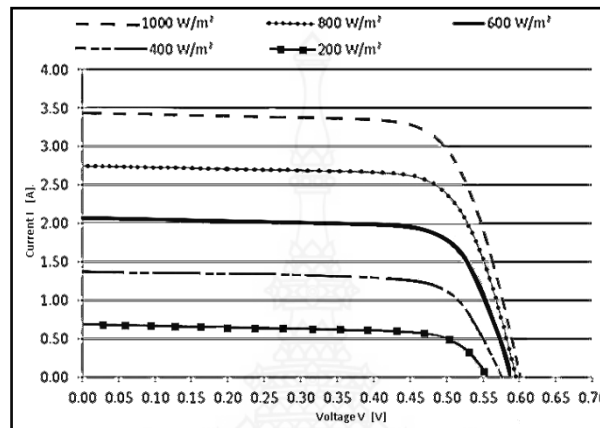
5) ประจุพาหะรวมตัวกันไม่หมด (Recombination) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จุดที่มีความไม่สมบูรณ์ เช่น ความบกพร่องภายในผลึกหรือความบริสุทธิ์ ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำจะต้องมีความเป็นผลึกที่สมบูรณ์และมีความบริสุทธิ์ให้มากที่สุด ในทำนองเดียวกัน ผิวของวัสดุกึ่งตัวนำจะต้องอยู่ในโครงสร้างผลึกที่มีความแข็งแรงทนต่อการรบกวนภายนอก

6) ค่า Fill Factor จะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ (ในทางทฤษฎีค่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณคือ 0.85)

7) ค่าความต้านทานอนุกรมและขนาดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ค่า Fill Factor ลดลง

2.4.3 ผลกระทบจากระดับของรังสีแสงดวงอาทิตย์

ตามความสัมพันธ์ของกระแสโพลาร์ที่เกิดขึ้นต่อความเข้มรังสีแสงอาทิตย์จะมีสัดส่วนที่เป็นเชิงเส้นกับความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาวงจรสมมูลของเซลล์แผงแสงอาทิตย์ และกราฟคุณลักษณะของเส้นโค้ง จะพบว่าเส้นโค้งเกี่ยวข้องกับแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดภายใน ซึ่งสัมพันธ์กันกับคุณลักษณะกลับของไดโอด และเมื่อความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่ำ V_{oc} และ I_{sc} ก็ต่ำตามไปด้วย ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เส้นโค้งคุณลักษณะของ I-V ที่ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน

2.4.4 ผลของอุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิของเซลล์สูงขึ้นจะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ที่บริเวณรอยต่อ P-N สามารถที่จะมีพลังงานในการเคลื่อนตัว จึงทำให้กระแสลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ แต่ไม่มากนัก ประมาณ 0.07% ผลของ V_{oc} ปกติจะขึ้นกับปริมาณของความเข้มรังสีแสงอย่างไรก็ตามกฎของ Shockley จะได้ว่า

$$I_0 = q N_v N_c \left[\exp\left(\frac{-E_g}{kT}\right) \right] \left(\frac{L_n}{n_n \tau_n} + \frac{L_p}{p_p \tau_p} \right) \quad (2.2)$$

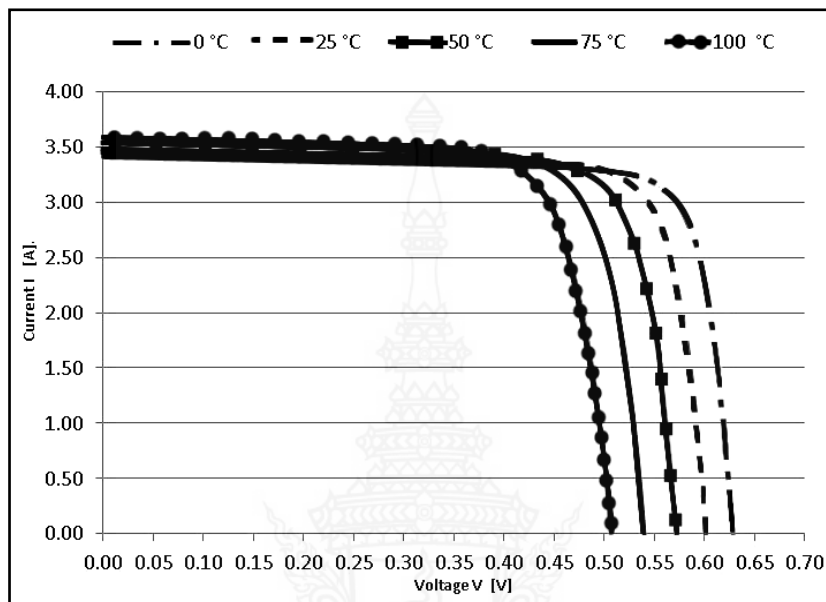
N_v , N_c คือค่าความนำที่รอยต่อ E_g คือพลังงานที่รอยต่อ L_n , L_p , n_n , p_p , τ_n , τ_p ระยะการกระจาย ความเข้มอิเล็กทรอนิกส์ อายุของอิเล็กทรอนิกส์และโฮล, ดังนั้นจากสมการ (3.9) และ (3.4), ให้ $I_{ph} \gg I_0$ จะได้ว่า

$$V_{oc} = \frac{E_g}{q} - \frac{kT}{q} \cdot \ln \left[\frac{I}{I_{ph}} \cdot q N_v N_c \right] \left(\frac{L_n}{n_n \tau_n} + \frac{L_p}{p_p \tau_p} \right) \quad (2.3)$$

จะเห็นว่า V_{oc} จึงมีผลกับอุณหภูมิเช่นกัน คือ V_{oc} ลดลงประมาณ 0.4 % / K

ดังนั้นในการติดตั้งใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิด้วย เพราะการติดตั้งกลางแจ้งอุณหภูมิอาจสูงมากกว่า 40 K จากอุณหภูมิมาตรฐาน ดังนั้นการระบายความร้อนอาจจะต้องจำเป็นในบางโอกาส อย่างไรก็ตาม ใ้เมื่ออุณหภูมิมีผลกับแรงดัน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีผลกระทบด้วย

P ลดลง $0.4 - 0.5 \% / K$ จากผลกระทบดังกล่าวสามารถที่จะนำมาแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



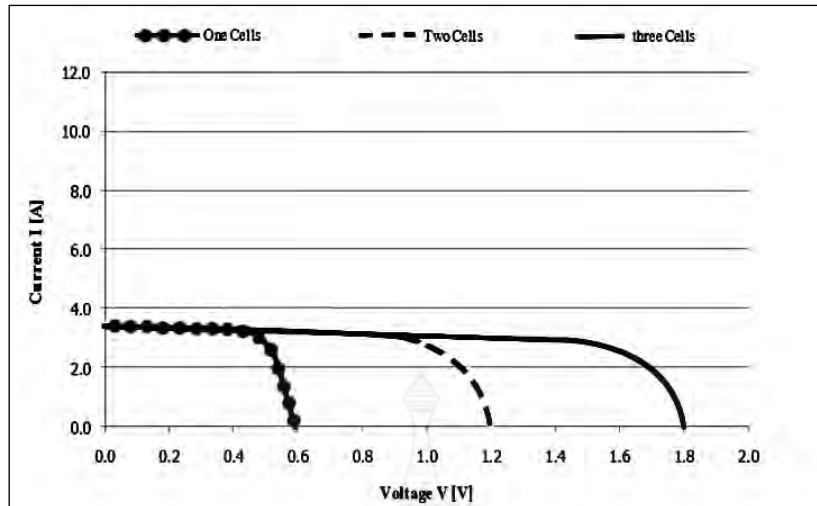
รูปที่ 2.7 กราฟ I-V ที่อุณหภูมิต่างๆ

ค่าปกติในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ “Watt Peak” [Wp] หรือเรียกว่า Standard Test Conditions (STC), ซึ่งมีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ 1000 W/m^2 อุณหภูมิ 25°C และ AM 1.5 ดังนั้นค่ากำลังสูงสุด “Peak Power” สามารถจะเปลี่ยนแปลงได้ถ้าอุณหภูมิเกินกว่าที่กำหนดที่ 25°C หรือต่ำกว่าที่กำหนดก็จะเป็นในทางตรงกันข้าม

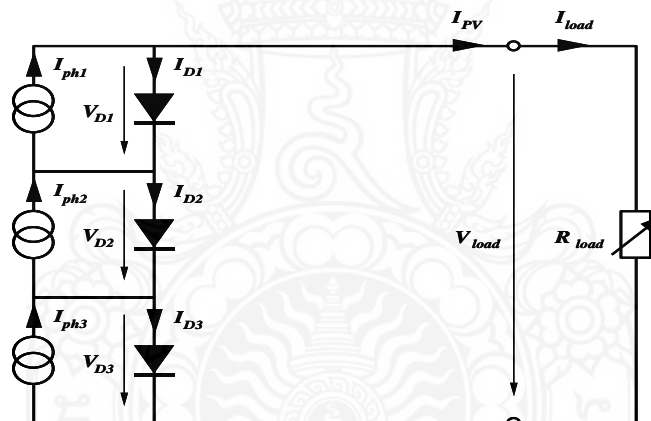
2.4.5 การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม (Series Connection)

ในลักษณะของการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรมถูกรวมต่อวงจรเข้าด้วยกันจนเป็นกลุ่มเพื่อใช้งานที่เรียกว่าอาร์เรย์ (Arrays) กระแสไฟฟ้าที่เท่ากันจะไหลผ่านเซลล์แต่ละเซลล์ ขณะที่แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ กราฟ I-V จะแสดงรูปที่ 2.8

การเชื่อมต่อแบบอนุกรมของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบอันไม่พึงปรารถนาเมื่อบางเซลล์ถูกบังแสงและในกรณีนี้ที่วงจรปิดดังรูปที่ 2.9

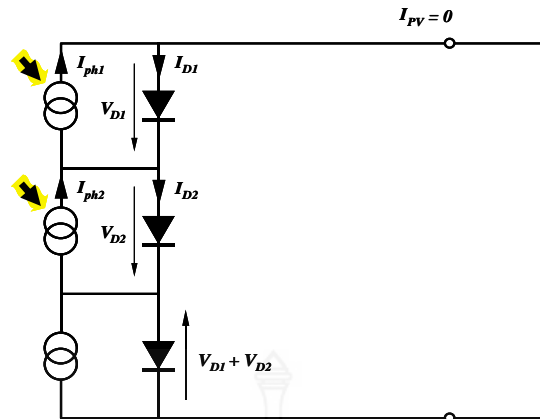


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการต่อเซลล์แบบอนุกรม 3 เซลล์



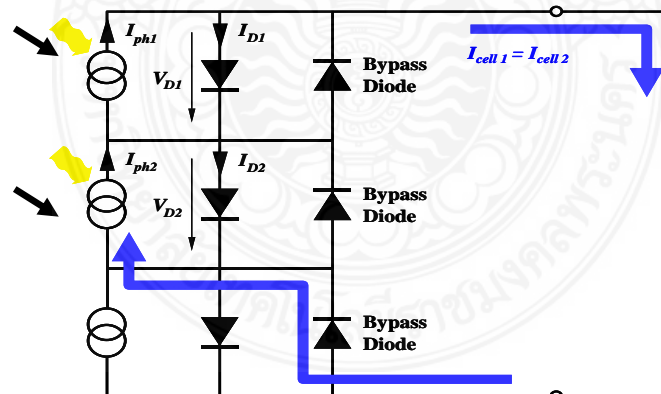
รูปที่ 2.9 กราฟ I-V ของการต่อแบบอนุกรม 3 เซลล์

ในกรณีเซลล์ถูกบังตามที่แสดงในรูปที่ 2.10 เซลล์ที่ถูกบังแสงจะไม่ผลิตกระแสไฟฟ้า และจะทำงานเหมือนการเปิดวงจร ดังนั้นจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรของเซลล์ได้ ในทางตรงข้ามกันแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์อีก 2 เซลล์จะตกคร่อมเซลล์ที่ถูกบัง และสามารถทำให้เซลล์ที่ถูกบังเสียหายได้

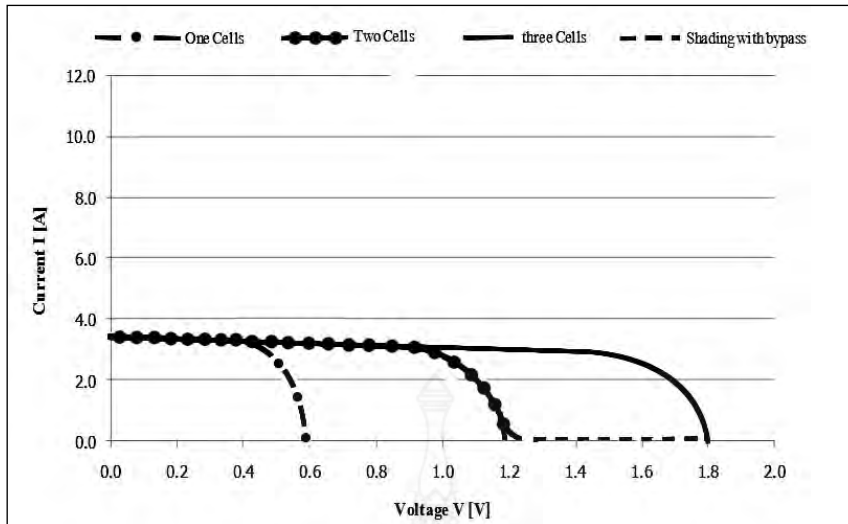


รูปที่ 2.10 แสดงหนึ่งเซลล์ถูกบังแสง (Shading)

เนื่องด้วยในความเป็นจริงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร กำลังไฟฟ้าที่ถูกผลิตออกมาในกรณีนี้จึงเป็นศูนย์ โดยการแก้ไขอย่างหนึ่งต่อปัญหานี้ก็คือ เชื่อมต่อบายพาสไดโอด (bypass diode) ไปยังเซลล์ ดังรูปที่ 2.11 เพื่อที่แรงดันจะไม่ตกคร่อมเซลล์ที่อับแสงและที่สำคัญกระแสก็สามารถผ่านบายพาสไดโอดไปได้ด้วย ภายใต้สภาพปรกติไม่มีการอับแสง บายพาสไดโอดจะอยู่ในสภาวะรีเวอร์สไบแอส (Reverse Bias) จึงไม่มีผลกับวงจรและเซลล์แต่ละเซลล์ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่าเมื่อเซลล์ลำดับที่ 3 ถูกบังแสงบายพาสไดโอดจะนำกระแสและส่งกำลังไฟฟ้าได้ ส่วนกราฟ I-V จะเป็นดังรูปที่ 2.1.3

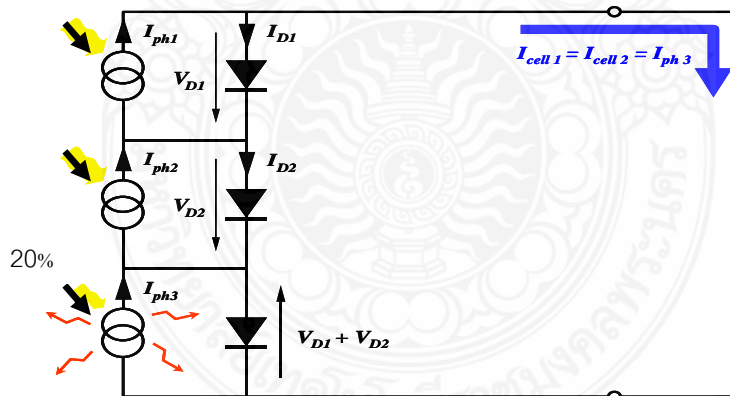


รูปที่ 2.11 การต่อบายพาสไดโอด



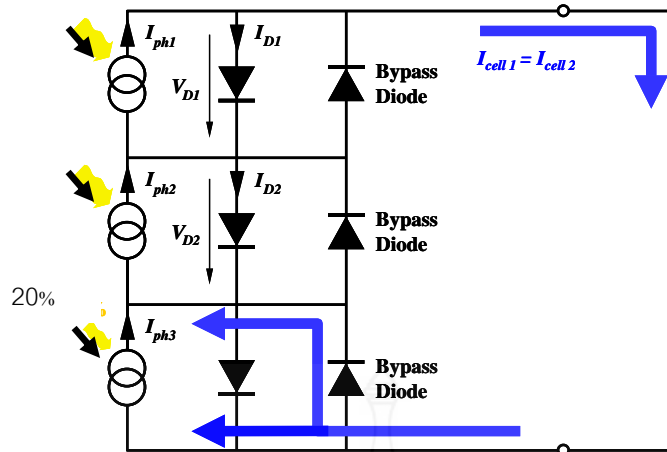
รูปที่ 2.12 กราฟ I-V ของการต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสง

ในกรณีที่เซลล์ลำดับที่ 3 ถูกบังแสงเป็นบางส่วน ดังรูปที่ 2.9 ร้อยละ 20% ของเซลล์ได้รับแสง เซลล์ยังสามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีก 20% ในส่วนของการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรมแม้ว่าเซลล์อีก 2 เซลล์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเองได้ 100% แต่ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเวียนในวงจรนั้นมีค่าเท่ากับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตโดยเซลล์ที่ 3 ดังรูปที่ 2.14 ส่วนที่เหลือของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตโดยเซลล์แรก จะไหลไปยังไดโอดของตัวมันเองและของเซลล์ที่ 3 รวมทั้งแรงดันตกคร่อมเซลล์ที่อับแสงบางส่วน จะทำให้ส่วนนี้เกิดความร้อน (Hot Spot) และเซลล์เสียหายได้

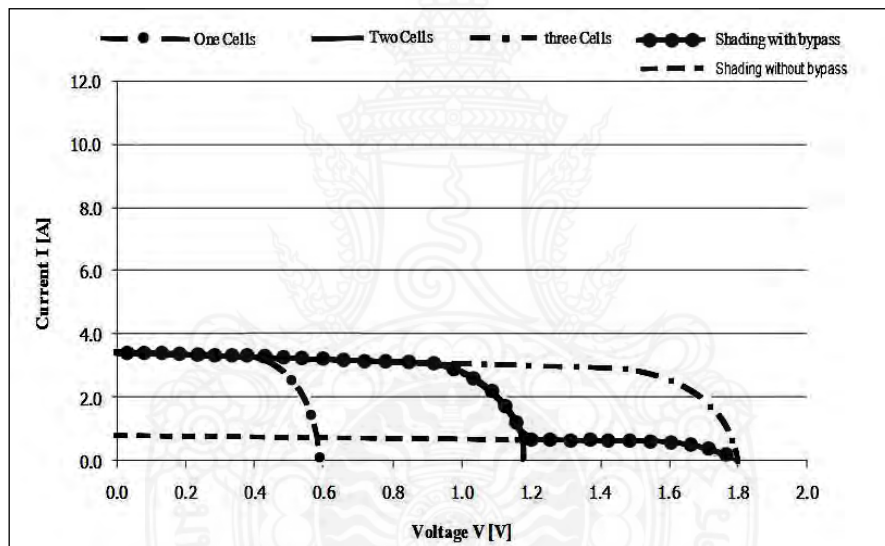


รูปที่ 2.13 การต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วน

อย่างไรก็ตามเราสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาด้วยบายพาสไดโอด ตามที่แสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งการไหลของกระแสไฟฟ้ามักมีค่าเท่ากับค่าความแตกต่างระหว่างวงจรกระแสไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ถูกผลิตจากเซลล์ที่ 3 ด้วยดังกราฟ I-V ในรูปที่ 2.15

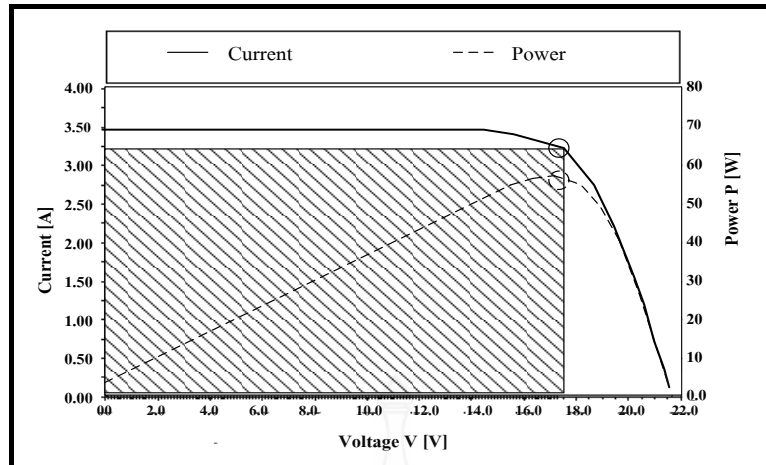


รูปที่ 2.14 การต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วนและมีบายพาสไดโอด

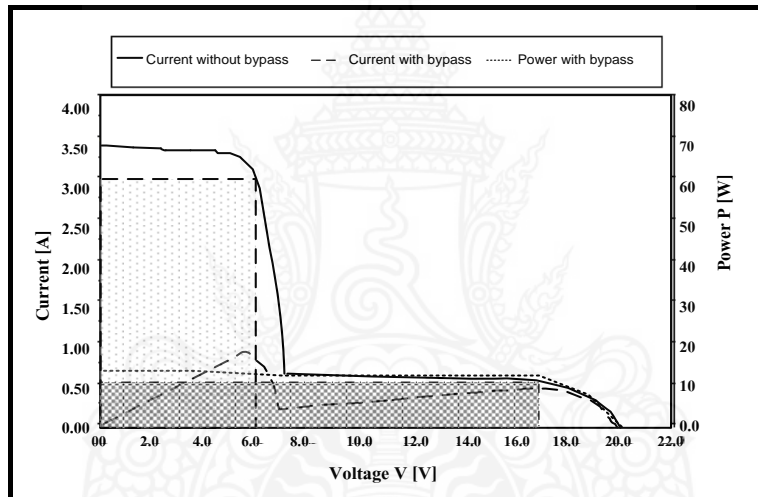


รูปที่ 2.15 กราฟ I-V ต่อแบบอนุกรมที่มีหนึ่งเซลล์อับแสงบางส่วนและมีบายพาสไดโอด

อย่างไรก็ดีการต่อบายพาสไดโอดทุกเซลล์จะทำให้มีราคาแพงและไม่เหมาะสม ในทางปฏิบัติจึงจะต่อโมดูลละหนึ่งบายพาสไดโอดก็เพียงพอ บางบริษัทผู้ผลิตจะต่อไดโอดมาให้ด้านหลังโมดูลเลยเพื่อความสะดวก อย่างไรก็ตามการอับแสงของเซลล์มีผลอย่างมากกับกำลังไฟฟ้าของเซลล์ ดังที่เห็นในรูปที่ 2.16 และ 2.17



รูปที่ 2.16 กราฟ I-V ของเซลล์ที่ไม่มีการอับแสง

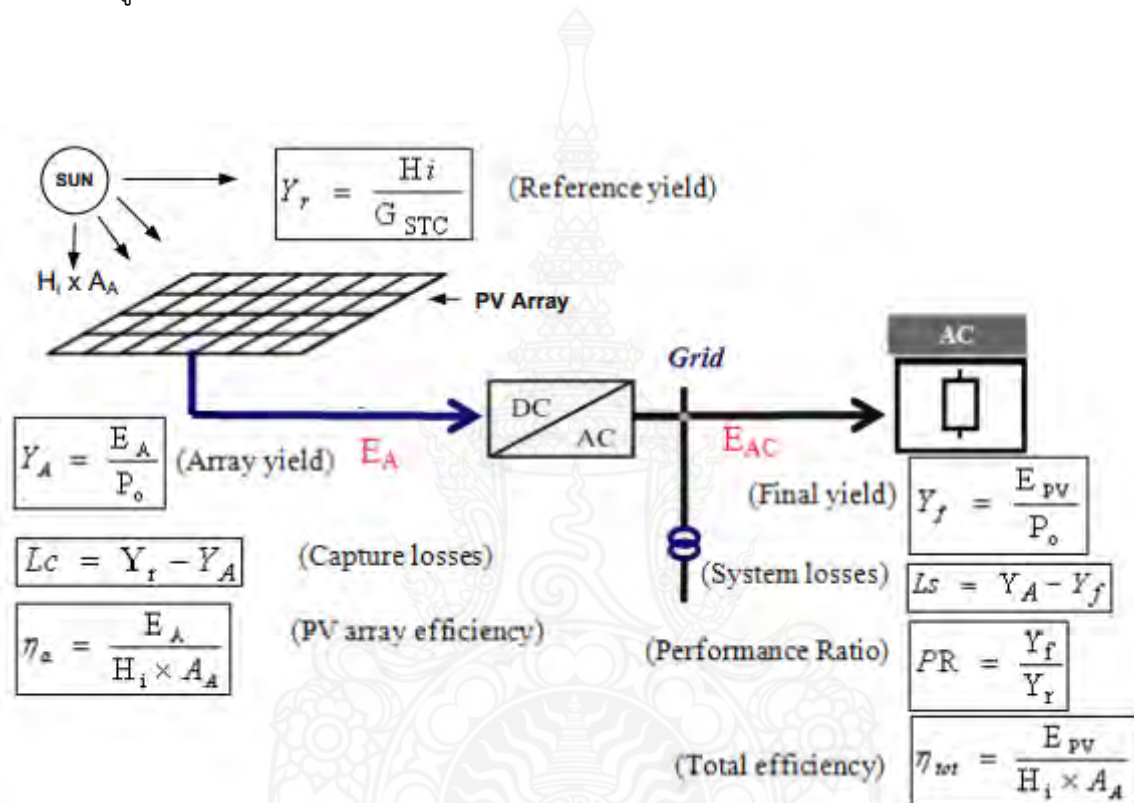


รูปที่ 2.17 กราฟ I-V ของเซลล์เมื่อมีการอับแสงบางส่วน

สำหรับการเชื่อมต่อเซลล์แบบอนุกรม เซลล์ที่มีคุณภาพต่ำสุดจะเป็นตัวกำหนดพลังงานที่ได้ด้วยเหตุนี้ การต่ออนุกรมแผงที่มาจากหลายบริษัทหรือจากการผลิตที่แตกต่างกัน จึงไม่ควรนำมาต่อกัน นอกจากนี้ไม่ใช่ โมดูลทั้งหมดที่ประกอบด้วย Bypass diode ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบให้ดี และที่ดีที่สุดต้องหลีกเลี่ยงเงา เช่น จากเคเบิล ส่วนสูงของต้นไม้ โครงสร้างรอบๆ ที่อยู่ใกล้ และควรทำความสะอาดเซลล์เพื่อประสิทธิภาพที่ดีกว่า

2.5 การหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Grid Connected System, PVGCS)

การวิเคราะห์สมรรถนะทางเทคนิคของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะกล่าวถึงการใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค โดยอ้างอิงจาก IEA PVPS Task2 (International Energy Agency Photovoltaic Power System TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems) จึงแสดงได้ดังในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวชี้วัดที่ใช้แสดงประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน IEC 61724

กำหนดให้มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_A = E_a / P_O \quad (2.4)$$

Y_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)

E_a คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

P_o คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)

2.5.2 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_r = H_i / G_{STC} \quad (2.5)$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)

H_i คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m²)

G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ $STC=1 \text{ kW/m}^2$

2.5.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_f = E_{tot} / P_o \quad (2.6)$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

E_{tot} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

P_o คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)

2.5.4 พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Capture Losses) หาได้จากสมการ

$$L_C = Y_r - Y_A \quad (2.7)$$

L_C คือ พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

2.5.5 พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses) หาได้จากสมการ

$$L_S = Y_A - Y_f \quad (2.8)$$

L_S คือ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

2.5.6 สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio, PR) หาได้จากสมการ

$$PR = Y_f / Y_r \quad (2.9)$$

2.5.7 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_a = E_a / H_i A_A \quad (2.10)$$

η_a คือ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

A_A คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

2.5.8 ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Total Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_{tot} = E_{tot} / H_i A_A \quad (2.11)$$

η_{tot} คือ ประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.9 พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (E_a : kWh)

$$E_a = V_{dc} \times I_{dc} \times Time \quad (2.12)$$

V_{dc} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของ PV array

I_{dc} คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายจาก PV array

$Time$ คือ ระยะเวลาที่ PV array จ่าย V_{dc} และ I_{dc}

2.5.10 พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวเซลล์แสงอาทิตย์ (H_i : kWh/m²)

$$H_i = G_i \cdot Time \quad (2.13)$$

G_i คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ PV array ได้รับจริง (kW/m²)

$Time$ คือ ระยะเวลาที่ PV array ได้รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จริง

2.5.11 พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (E_{grid} : kWh)

$$E_{grid} = V_{ac} \times I_{ac} \times Time \quad (2.14)$$

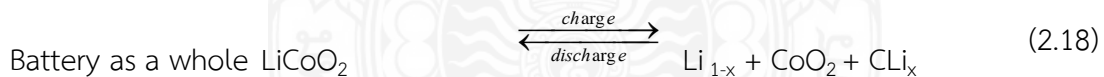
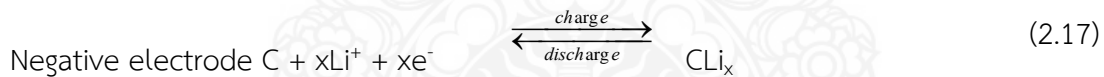
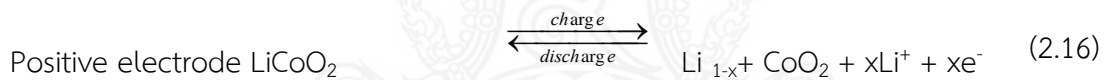
V_{ac} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของอินเวอร์เตอร์ทางด้านเอาต์พุตที่ป้อนให้ระบบจำหน่าย

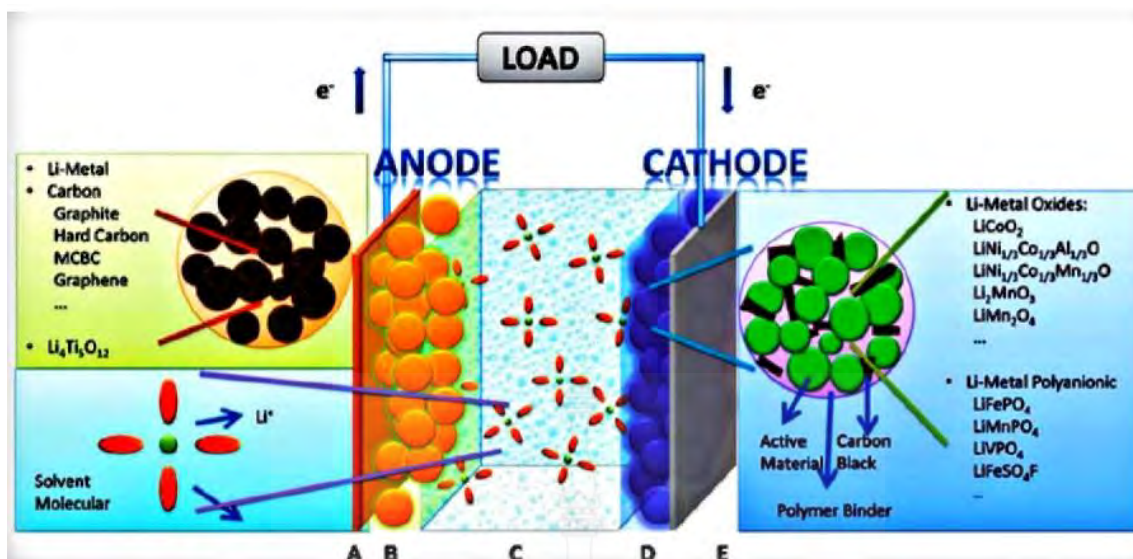
I_{ac} คือ กระแสไฟฟ้าที่ขั้วของอินเวอร์เตอร์ทางด้านเอาต์พุตที่ป้อนให้ระบบจำหน่าย

$Time$ คือ ระยะเวลาที่อินเวอร์เตอร์ป้อน V_{ac} และ I_{ac} ให้ระบบจำหน่าย

2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเทียมมีหลักการทำงาน คือ อีออนของลิเทียมจะเคลื่อนที่จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด ระหว่าง การคายประจุ (discharge) ซึ่งทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า และจะเคลื่อนที่กลับในทางตรงข้าม เมื่อมีการประจุไฟใหม่ (charging) ด้วยหลักการดังกล่าวสามารถให้กระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์เคมีไฟฟ้าดังรูปที่ 2.27 และสามารถแสดงเป็นสมการที่ 2.16 – 2.18 [23]





รูปที่ 2.19 กระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์เคมีไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน [23]

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีใช้ในปัจจุบันมี 6 ประเภทหลัก โดยทั่วไปจะแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วบวก ส่วนขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานที่ต่างกันไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และมีการเปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภทดังแสดงตารางที่ 2.2 [24]

ตารางที่ 2.2 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน [24]

ประเภท	วัสดุขั้วบวก	วัสดุขั้วลบ	การใช้งาน
1	Lithium Cobalt Oxide (LiCoO_2 , LCO)	แกรไฟต์	โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล
2	Lithium Manganese Oxide (LiMn_2O_4 , LMO)	แกรไฟต์	เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า
3	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide ($\text{Li}(\text{Ni}_2\text{Mn,Co})\text{O}_2$, NMC, NCM)	แกรไฟต์	จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (มักใช้ในรถไฮบริด) ระบบสำรองไฟฟ้า
4	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide ($\text{Li}(\text{Ni, Co, Al})\text{O}_2$, NCA)	แกรไฟต์	อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (เช่น ที่พบใน Tesla Model S) ระบบสำรองไฟฟ้า

5	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄ , LFP)	แกรไฟต์	ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้าหรือแทน แบตเตอรี่กรดตะกั่วในรถยนต์ (Start-Lighting- ignition battery) ระบบที่ต้องการกระแสและ ความทนทานสูง
6	แกรไฟต์ หรือ LMO	Lithium Titanate	ระบบสำรองไฟฟ้า ระบบส่งกำลังในยานพาหนะ ไฟฟ้า (Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit ev)

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท [24]

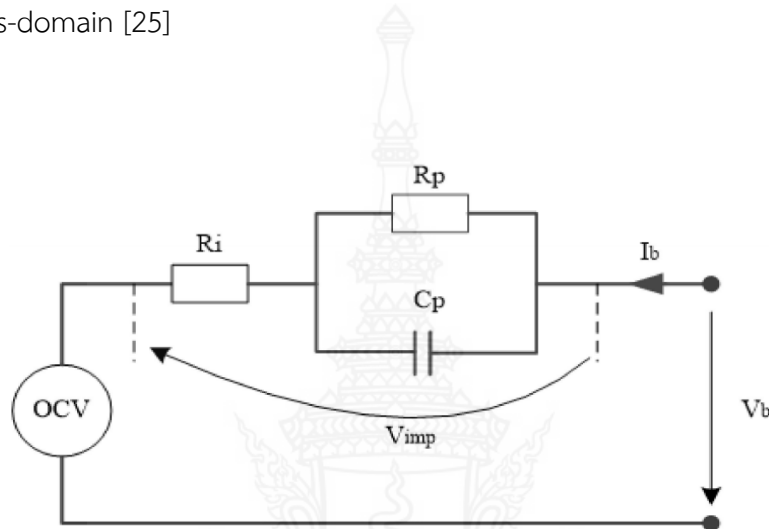
วัสดุขั้วบวก		LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
วัสดุขั้วลบ		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
ออกแบบโดยเน้น	หน่วย	ความจุพลังงาน	ความจุพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวนรอบในการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า
ช่วงแรงดันในการใช้งาน (Operating voltage range)	V	2.5-4.2	2.5-4.2	2.5-4.2	1.5-2.8	2.0-3.6
แรงดันเฉลี่ย (Nominal cell voltage)	V	3.6-3.7	3.6-3.7	3.7-3.8	2.3	3.3
ความจุพลังงานต่อน้ำหนัก	Wh/kg	175-240 (cylindrical) 130-450(pouch)	100-240	100-150	70	60-110

ความจุพลังงานต่อปริมาตร	Wh/L	400-640 (cylindrical) 250-450 (pouch)	250-640	250-350	120	125-250
อัตราการคายประจุอย่างต่อเนื่อง (Continuous discharge rate)	C ²	2-3	2-3 สำหรับแบตเตอรี่ความจุพลังงานสูง >30 สำหรับแบตเตอรี่กำลังไฟฟ้าสูง	>30	10	10-125
อายุการใช้งาน	รอบ	500+	500+	500+	4000+	1000+
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถอัดประจุได้	°C	0-45	0-45	0-45	-20-45	0-45
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถคายประจุได้	°C	-20-60	-20-60	-30-60	-30-60	-30-60
ความปลอดภัย	1-4 (4=ปลอดภัยที่สุด)	2	3	3	4	4
ราคา	1-4 (4=ราคาต่ำที่สุด)	3(LCO) 2(NCA)	3	3	1	3

2.7 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System, ESS)

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟตเป็นหนึ่งในฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดสำหรับระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) และระบบกักเก็บพลังงานอย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ลิเทียมได้ถูกนำมาใช้

กันอย่างแพร่หลายสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าและพลังงานระบบจัดเก็บข้อมูลลิเทียมเป็นวัสดุที่น่าสนใจมากสำหรับแบตเตอรี่เนื่องจากมีค่าน้ำหนักเท่ากันและมีศักยภาพมาตรฐานสูง สำหรับแบตเตอรี่ LFP มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและมีอัตราการชาร์จไฟสูงกว่าลิเทียมไอออนโดยสามารถอธิบายวงจรสมมูลของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟตได้ตั้งวงจรสมมูลตามรูปที่ 2.28 โดยจะเขียนในรูปของ R-C networks โดย R_i คือ the pure Ohmic resistance, R_p คือ the charge transfer resistance, C_p คือ the double layer capacitance เพื่ออธิบายพฤติกรรมของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ตั้งสมการที่ (2.19) ที่อธิบายสมการ transfer function ที่ในรูป s-domain [25]



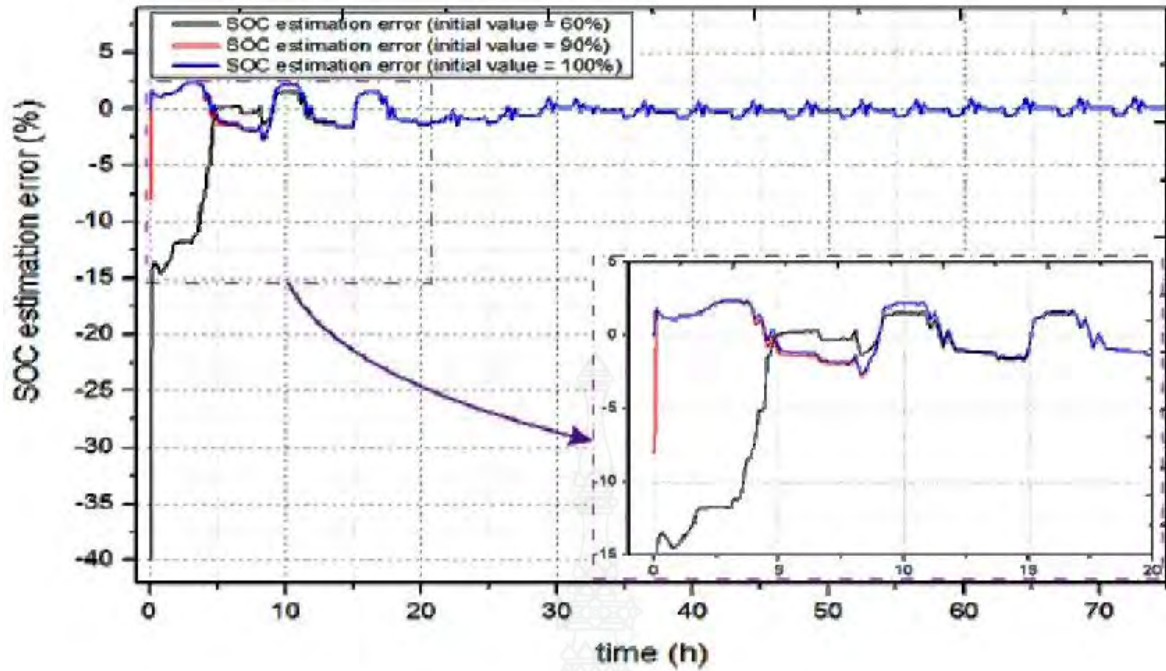
รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลของแบตเตอรี่ LiFePO4

$$G(s) = \frac{V_b(s) - OCV(s)}{I_b(s)} = \frac{V_{imp}(s)}{I_b(s)} = R_i + \frac{R_p}{1 + s \cdot R_p \cdot C_p} \quad (2.19)$$

2.8 กำลังสูญเสียฮิสเทอรีซิสของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต

จากการทดลองเรื่องแบบจำลองฮิสเทอรีซิส (hysteresis modeling) ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟตโดยจำลองการอัดประจุที่ 100%, 90% และ 60% ของ SOC และคายประจุที่ 20% ของ SOC

โดยแสดงกำลังการสูญเสียฮิสเทอรีซิสจาก SOC ที่ต่างกัน โดยในช่วง 4 ชั่วโมงแรกในการทดลองมีค่าความผิดพลาดของกำลังการสูญเสียฮิสเทอรีซิสต่างกันไม่เกิน 2 % ดังแสดงในรูปที่ 2.21 [25]



รูปที่ 2.21 ความผิดพลาดของกำลังการสูญเสียฮิสเตอร์ซิสที่ SOC ต่างกัน [25]

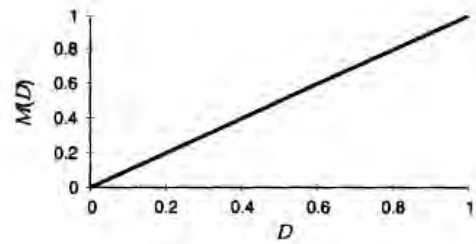
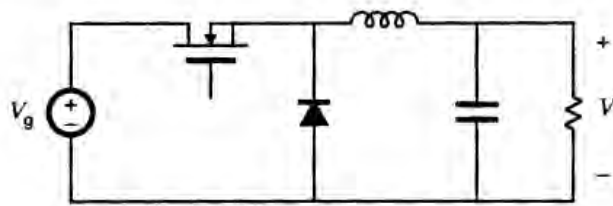
2.9 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter)

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter) สามารถเพิ่มหรือลดขนาดแรงดัน

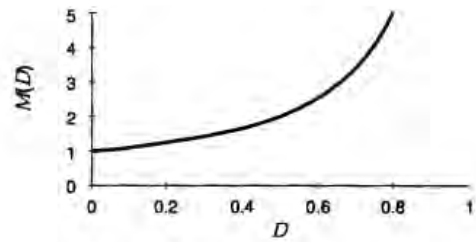
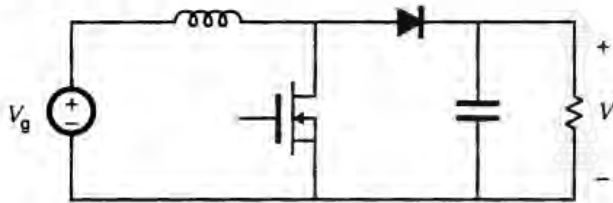
กระแสตรง (DC) โดยขอเสนอวงจร buck converter, boost converter และวงจร buck – boost converter ดังแสดงในรูปที่ 2.30 โดยทั่วไปสวิตช์ของวงจรใช้ power MOSFET และ diode ส่วนสารกึ่งตัวนำที่สามารถของวงจรที่สามารถใช้เป็นสวิตช์ได้ตามต้องการ เช่น IGBTs, BJTs และ thyristors

วงจร buck converter ทำหน้าที่ลดแรงดัน DC ด้านออก โดยสามารถแปลงอัตราส่วน วัฏจักรงาน (duty cycle) คือ $M(D) = D$ ดังรูป 2.30 และวงจร boost converter ตำแหน่งของสวิตช์และตัวเหนี่ยวนำได้เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เปลี่ยนขนาดแรงดัน dc ด้านออก ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยสามารถแปลงอัตราส่วน duty cycle คือ $M(D) = 1/(1-D)$ ดังรูป 2.30 ส่วนวงจร buck – boost converter การต่อสวิตช์ในวงจรจะสลับกับตัวเหนี่ยวนำเมื่อเทียบกับวงจร boost converter และตัวเหนี่ยวนำจะตรงข้ามกับกำลังด้านเข้าและแรงดันด้านออก วงจร buck – boost converter จะทำหน้าที่เพิ่มขนาดแรงดัน DC หรือ ลดขนาดแรงดัน DC โดยสามารถแปลงอัตราส่วน duty cycle คือ $M(D) = -D/(1-D)$ [26]

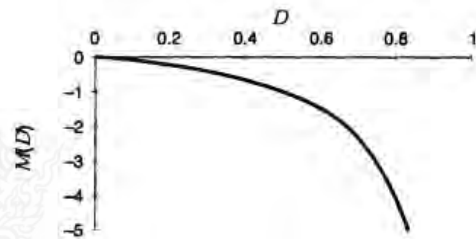
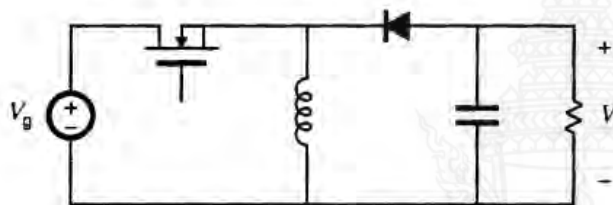
Buck converter



Boost converter



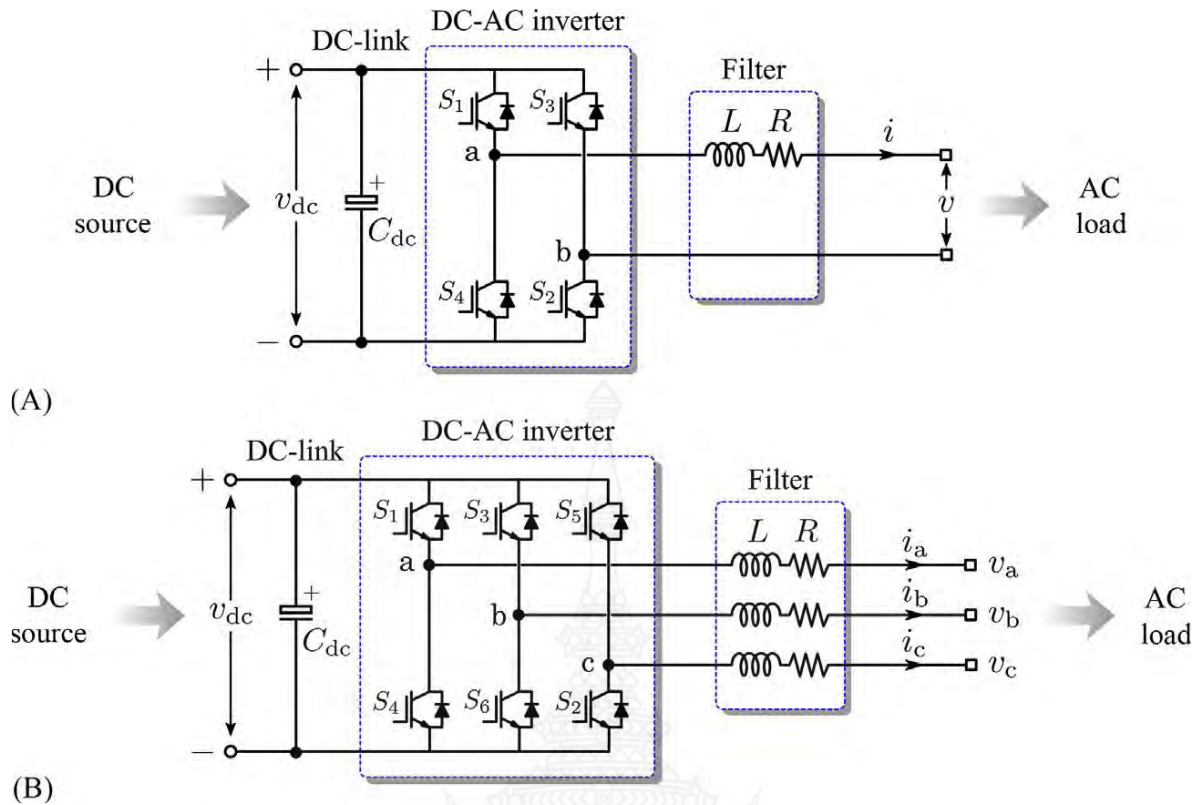
Buck-boost converter



รูปที่ 2.22 วงจร buck converter, boost converter และวงจร buck – boost converter [26]

2.10 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC-AC Converter)

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC-AC Converter) ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและมีการเชื่อมต่อกับโครงข่ายการไฟฟ้า เช่น ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนเพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยจะมีตัวกรองสัญญาณรบกวนเพื่อให้ได้คุณภาพไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยจะมีวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้งแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส แสดงดังรูป 2.31 [27]



รูปที่ 2.23 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทั้งแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส [27]

วงจรกำลังจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ หน้าที่เป็นสวิตช์ (ในปัจจุบันจะนิยมใช้IGBT) ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้เทคนิคPWM (Pulse Width Modulations) โดยไอจีบีที (IGBT: Isolated-Gate Bipolar Transistor) หรือเรียกอย่างเต็มว่าทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับการสวิตช์ชนิดหนึ่งที่สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้เป็นปริมาณสูง มีความเร็วสูงในการสวิตช์ในขณะที่มีค่าความต้านทานขาเข้าสูง ไอจีบีทีนับได้ว่าเป็น ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่ง ที่นำกระแสไฟฟ้าได้โดยอาศัยพาหะประจุทั้งสองชนิด ได้แก่ พาหะประจุบวก และ พาหะประจุลบ โดยมีตัวเหนี่ยวนำ (L) ทำหน้าที่กรองกระแสจากการสวิตช์ซึ่ง และ R คือ ตัวต้านทานภายใน และ ตัวเก็บประจุ C_{dc} ทำหน้าที่เป็น DC-link capacitor

2.11 บทสรุป

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาและการศึกษาในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์การออกแบบระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาและการจำลองหาค่าสมรรถนะของระบบผลิตโดยใช้โปรแกรม Sketch up และ PVsyst, หลักการทำงานของแบตเตอรี่, ขนาดแผงรูปแบบและหลักการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำข้อมูลที่ศึกษาทั้งหมดมา การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด



บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดโดยใช้พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน (ESS) โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (LFP) เพื่อรองรับการประจุพลังงานไฟฟ้าและไม่ได้เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยออกแบบจำลองเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบผลิต (%PR) โดยใช้โปรแกรมจำลอง (PVsyst) และใช้ข้อมูลความต้องการพลังงานใช้ไฟฟ้า (load profile) ของชุมชนบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องพักครู แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม โดยนำข้อมูล ค่าสมรรถนะของระบบผลิต (%PR) , ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้า (load profile), ความจุของแบตเตอรี่ (battery capacity) เพื่อวิเคราะห์พลังงานที่ผลิตได้จาก Solar Rooftop และการทำงานของแบตเตอรี่เพื่อกักเก็บพลังงานสำหรับรองรับการจ่ายโหลดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงาน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงข่ายไฟฟ้าและสามารถวิเคราะห์และออกแบบและหาขนาดและจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์, อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่สำหรับกักเก็บพลังงานให้เหมาะสมกับการจ่ายโหลด

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ศึกษาทฤษฎี แผนที่ยกภาพพลังงานแสงอาทิตย์, การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์, หลักการทำงานของ Inverter, รายชื่อผลิตภัณฑ์ อินเวอร์เตอร์ที่ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง, , ตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, Sketchup, PVsyst, Homer Grid [29]

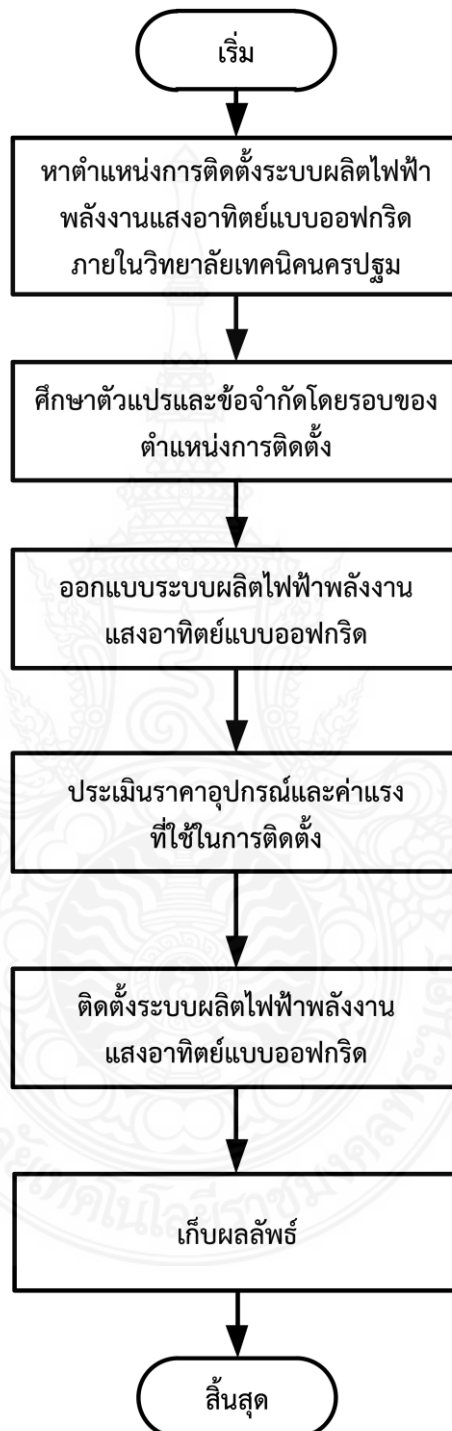
3.2.2 ศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์ เทคโนโลยีการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า, ผลกระทบของยานพาหนะไฟฟ้าต่อระบบสาธารณูปโภค และ โครงสร้างพื้นฐาน, คุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทและการใช้งาน, การประเมินค่าสถานะการชาร์จ (SOC) สำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO4)

3.2.3 ออกแบบและหาตำแหน่งการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยไม่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า ออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

3.2.4 วิเคราะห์พลังงานที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และการทำงานของของแบตเตอรี่เพื่อกักเก็บพลังงานรองรับการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลการใช้โหลดที่จำเป็นที่

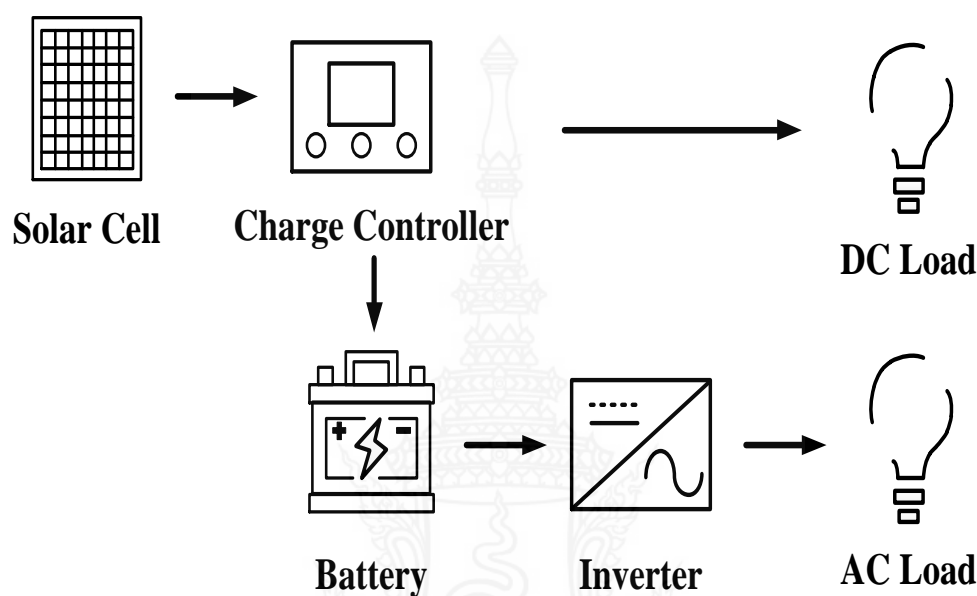
3.2.5 สรุปผลและอภิปรายผล

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของหัวข้อที่ 3.21 -3.25 สามารถแสดงเป็น Flow Chart ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3 หลักการและแนวคิด



รูปที่ 3.2 โครงสร้างสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลด

จากรูปที่ 3.2 แสดงถึงการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดทางไฟฟ้า โดยอธิบายการทำงานของส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ยี่ห้อ Trina รุ่น Tallmax plus ชนิดผลึกเดี่ยว ขนาด 345 Wc (Voc) 46.3 V ค่ากระแสลัดวงจร (Isc) 9.55 A และมีค่าประสิทธิภาพของแผง 17.4% จำนวน 4 แผง [28]
2. วงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ที่เป็นวงจรเรียงกระแส แบบสองทิศทาง ใช้ชนิด SolarEdge รุ่น SE33.3KUS ขนาด 3.5 kW แรงดัน 230 V, ระบบไฟฟ้า 1 เฟส, ความถี่ 50 Hz ที่มีชุด MPPT Optimizer ตามรายชื่อผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง [32]
3. วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ที่เป็นวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับ
4. แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟตเพื่อประจุไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 100 Ah แรงดัน 12 V จำนวน 2 ลูก

5. ห้องพักครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ขนาด 24 ตารางเมตร จำลองโดยใช้ โหลดทางไฟฟ้าคือ

$$\text{โหลดหลอดไฟ} = (9 \cdot 9) \cdot 5 = 81 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดโทรทัศน์} = (32 \cdot 1) \cdot 5 = 160 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดเครื่องปรับอากาศ} = 9,000 \cdot 0.293071 = 2,637.62 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดพัดลม} = (50 \cdot 1) \cdot 5 = 250 \text{ Wh}$$

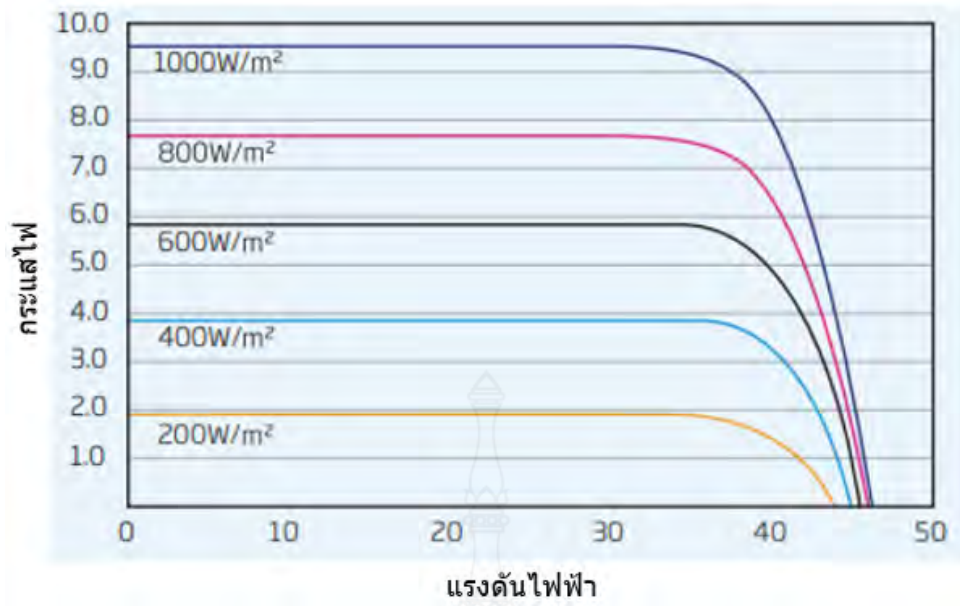
$$\text{โหลดรวม} = 81 + 160 + 2,637.62 + 250 = 3,128.62 \text{ Wh}$$

3.4 เซลล์แสงอาทิตย์

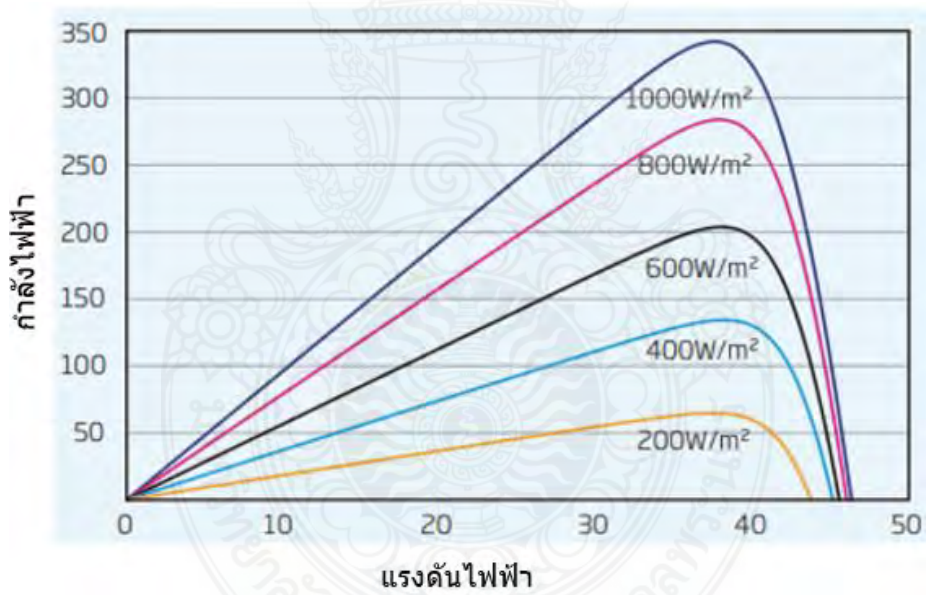
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโปรแกรมจำลองเป็น Trina Tallmax plus ชนิดผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Module) แผงละ 345 W (ที่ปริมาณความเข้มแสง 1000 W/m^2 และอุณหภูมิ 25°C) มีคุณลักษณะทางตารางที่ 3.1 จากตารางคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าแรงดันที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Voltage) คือ 38.2 V และค่ากระแสที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Current) คือ 9.04 A ซึ่งในสภาวะการทำงานจริงความเข้มแสงและอุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังปรากฏในตารางที่ 3.1 และมีผลจำลอง I-V Curve, P-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแวดล้อมคงที่ (25°C) ดังรูปที่ 3.3, 3.4 [28]

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ Trina Module รุ่น Tallmax plus

Trina module รุ่น Tallmax plus specifications ($1,000 \text{ W/m}^2$, 25°C)	
Characteristics	Spec
Peak Power Watts-Pmax (Wp)	345
Power Output Tolerance-Pmax (W)	0 ~ + 5
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	38.2
Maximum Power Current-Impp (A)	9.04
Open Circuit Voltage – Voc (V)	46.3
Short Circuit Current-Isc (A)	9.55
Module Efficiency (%)	17.4



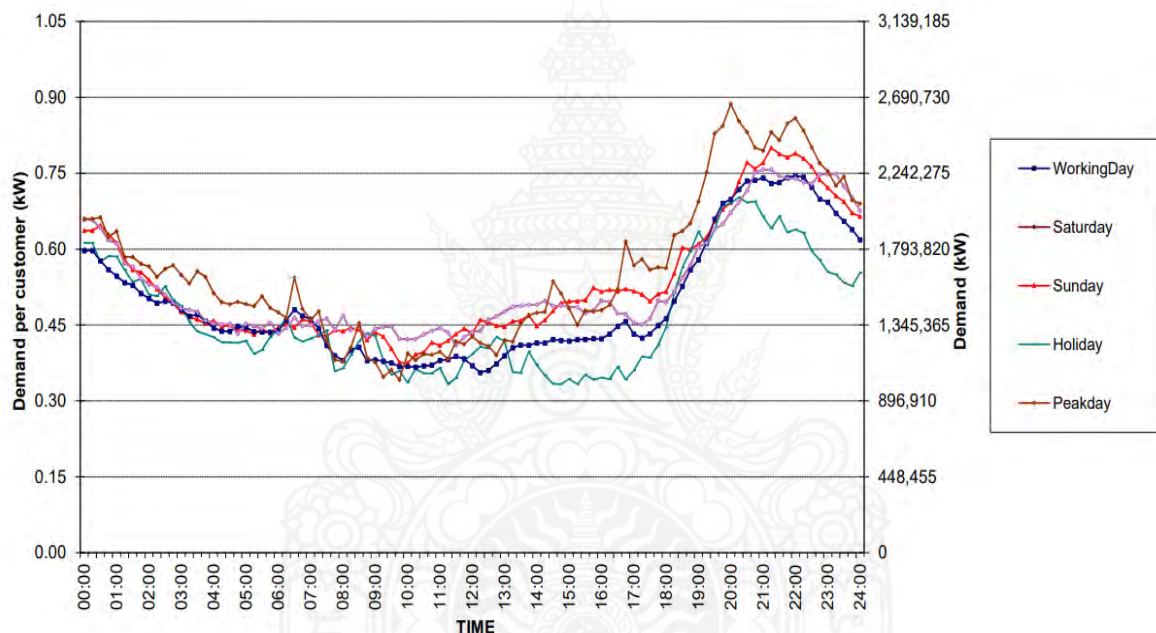
รูปที่ 3.3 ผลจำลอง I-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแวดล้อมคงที่ (25° C) [30]



รูปที่ 3.4 ผลจำลอง P-V Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิแวดล้อมคงที่ (25° C) [30]

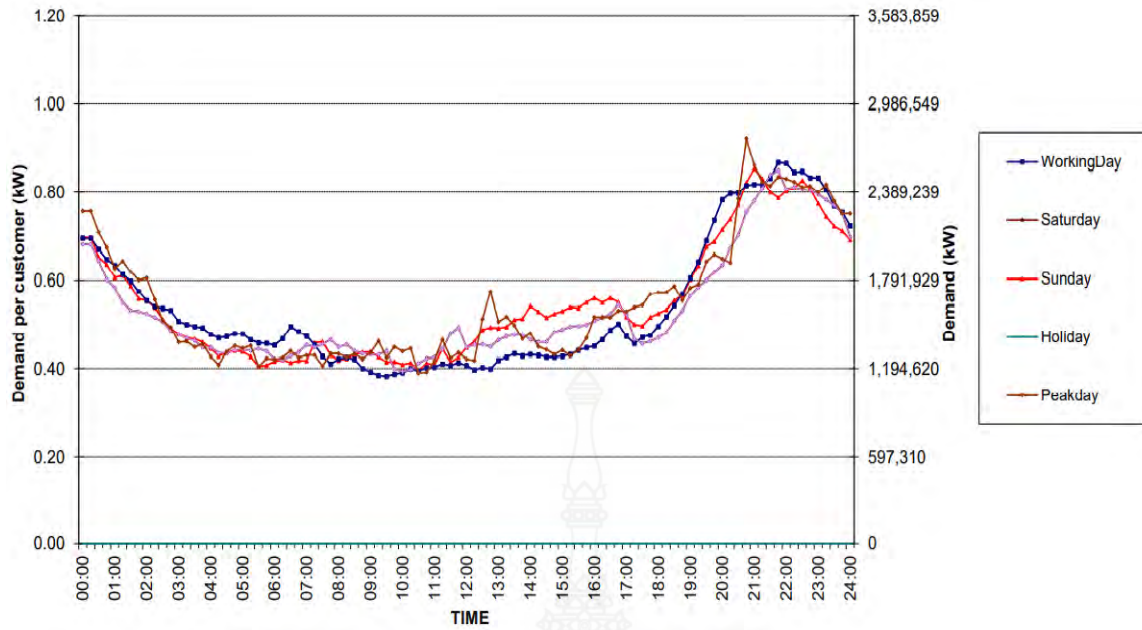
3.5 ข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า

ข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้า (load profile) เฉลี่ยต่อหลังคาเรือนจากชุมชนบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน จำนวน 119 หลัง ในช่วงเวลา 00:00 – 24:00 น. ในแต่ละเดือนของปี พ.ศ.2563 สามารถอธิบายแทนด้วยสี่เส้นกราฟ โดยเส้นกราฟสีน้ำเงินแทนข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์, เส้นกราฟสีแดงแทนข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงวันเสาร์, เส้นกราฟสีม่วงแทนข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงวันอาทิตย์, เส้นกราฟสีเขียวแทนข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงวันหยุดนักขัตฤกษ์, เส้นกราฟสีน้ำตาลแทนข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงสูงสุดในแต่ละเดือน โดยเลือกใช้ข้อมูลลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงสูงสุดเฉลี่ยสำหรับการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรม Homer Grid ดังรูป 3.5 - 3.16 [31]

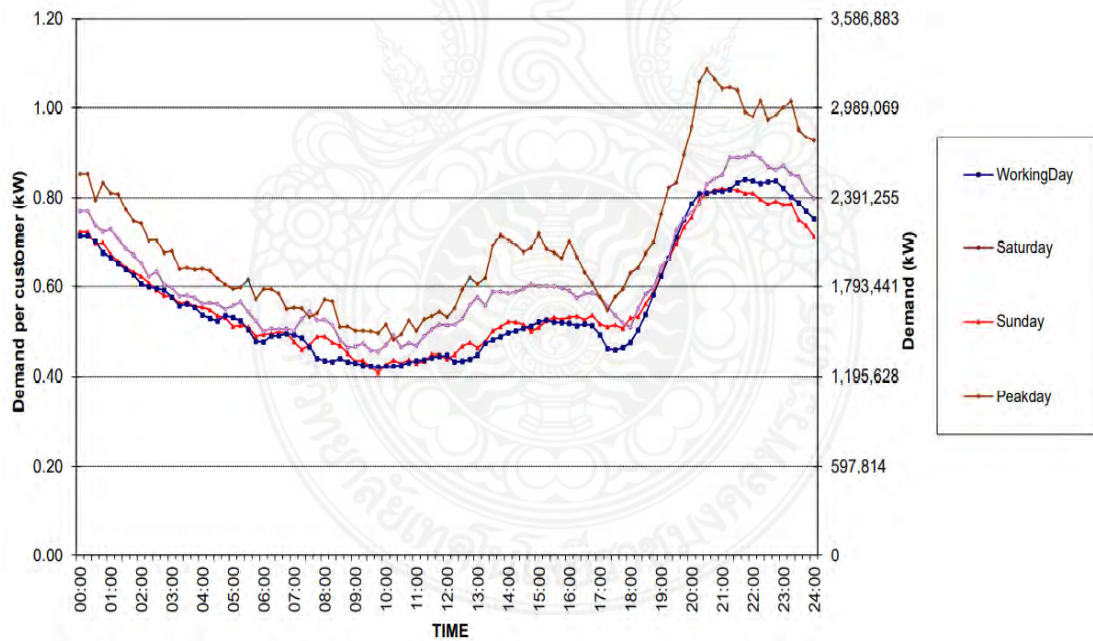


รูปที่ 3.5 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน

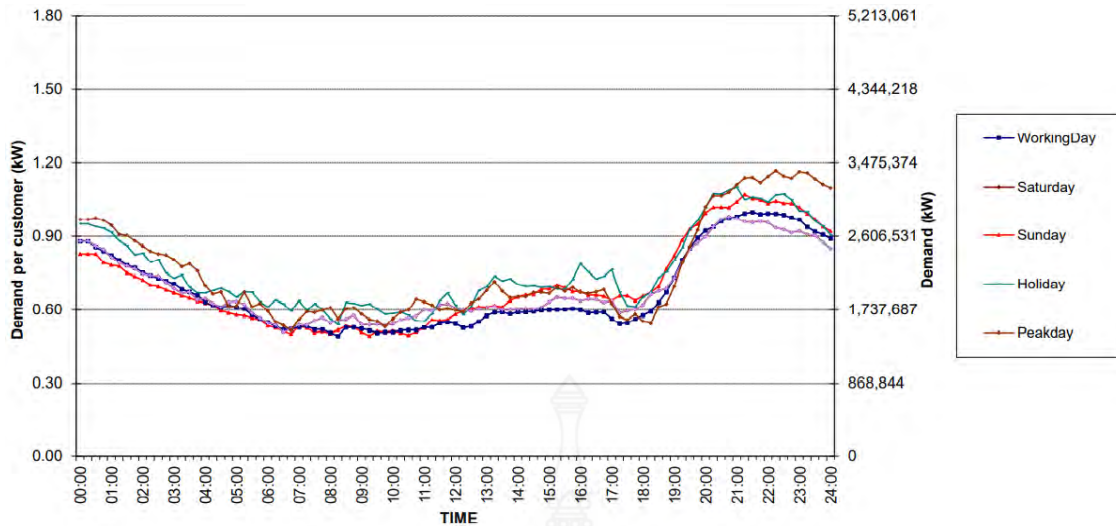
150 kWh/เดือน ใน เดือนมกราคม 2563



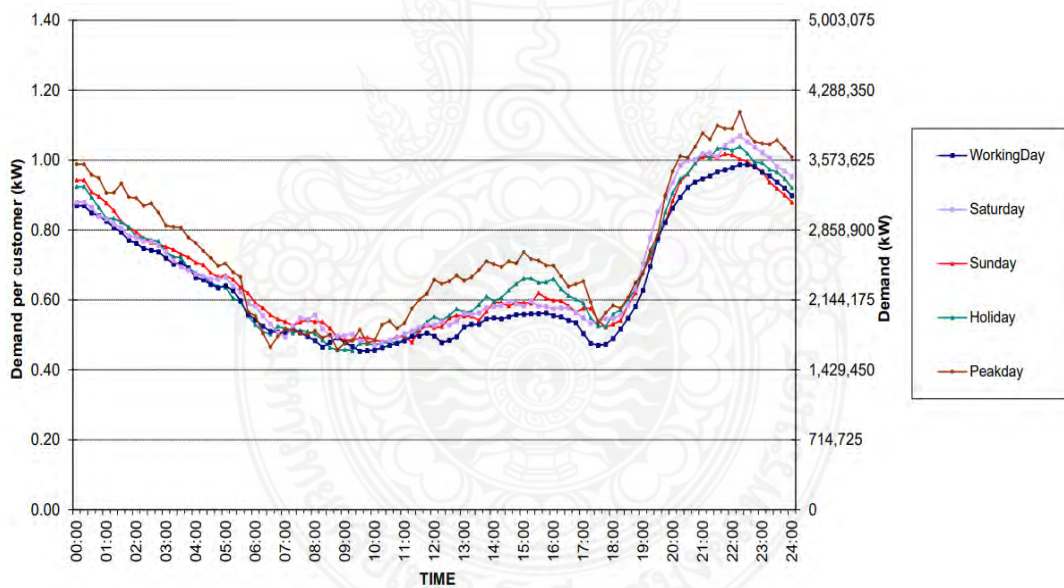
รูปที่ 3.6 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกุมภาพันธ์ 2563



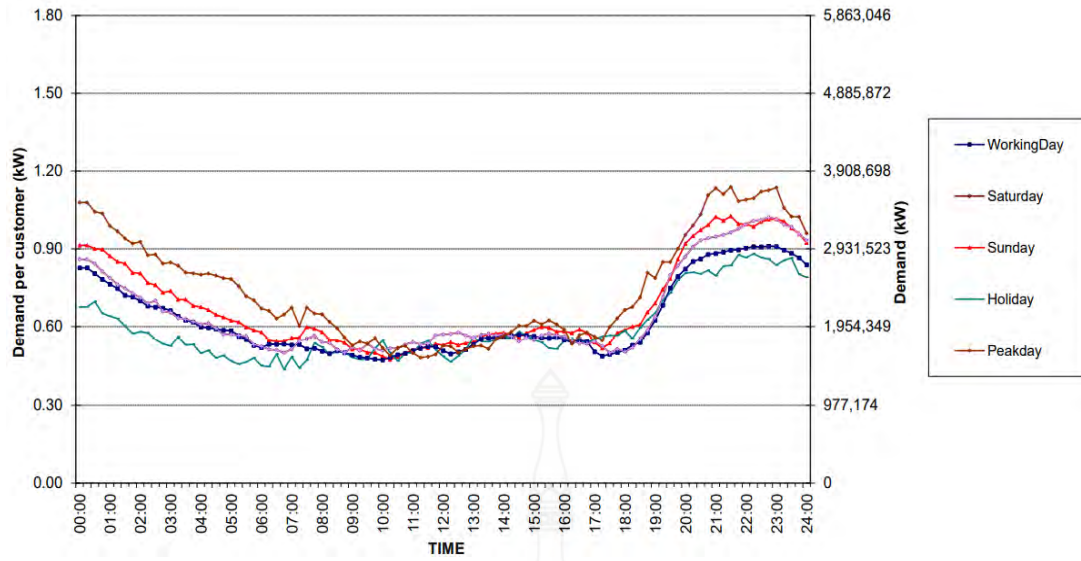
รูปที่ 3.7 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนมีนาคม 2563



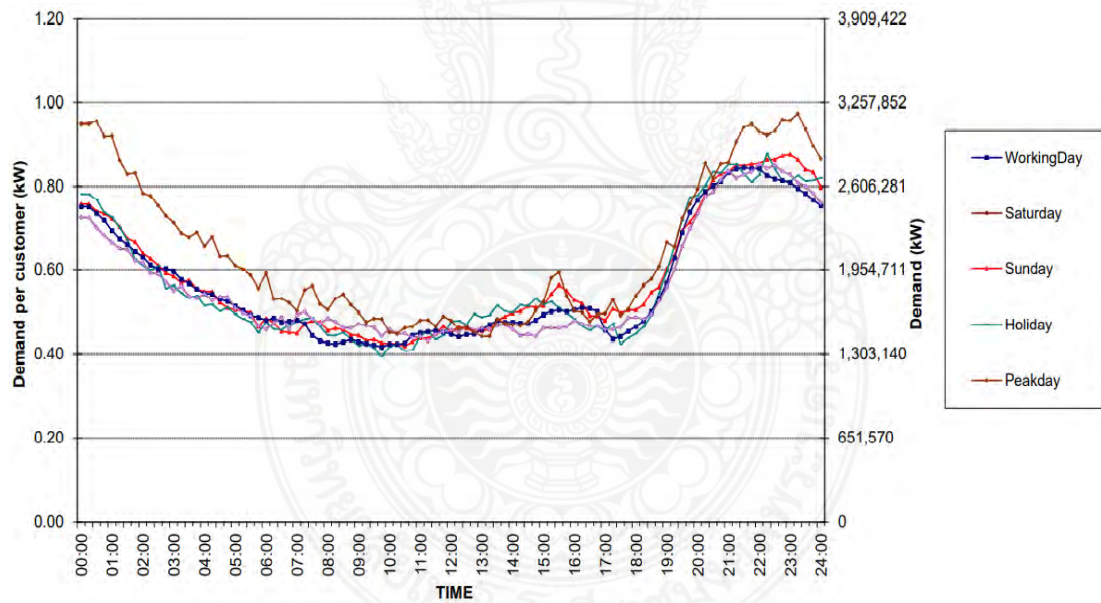
รูปที่ 3.8 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนเมษายน 2563



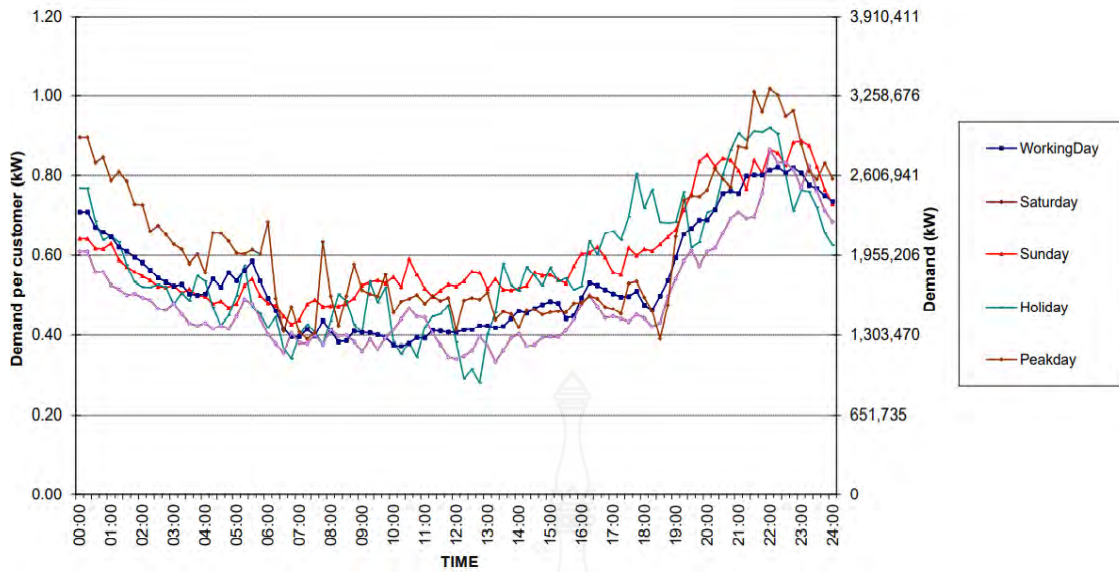
รูปที่ 3.9 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนพฤษภาคม 2563



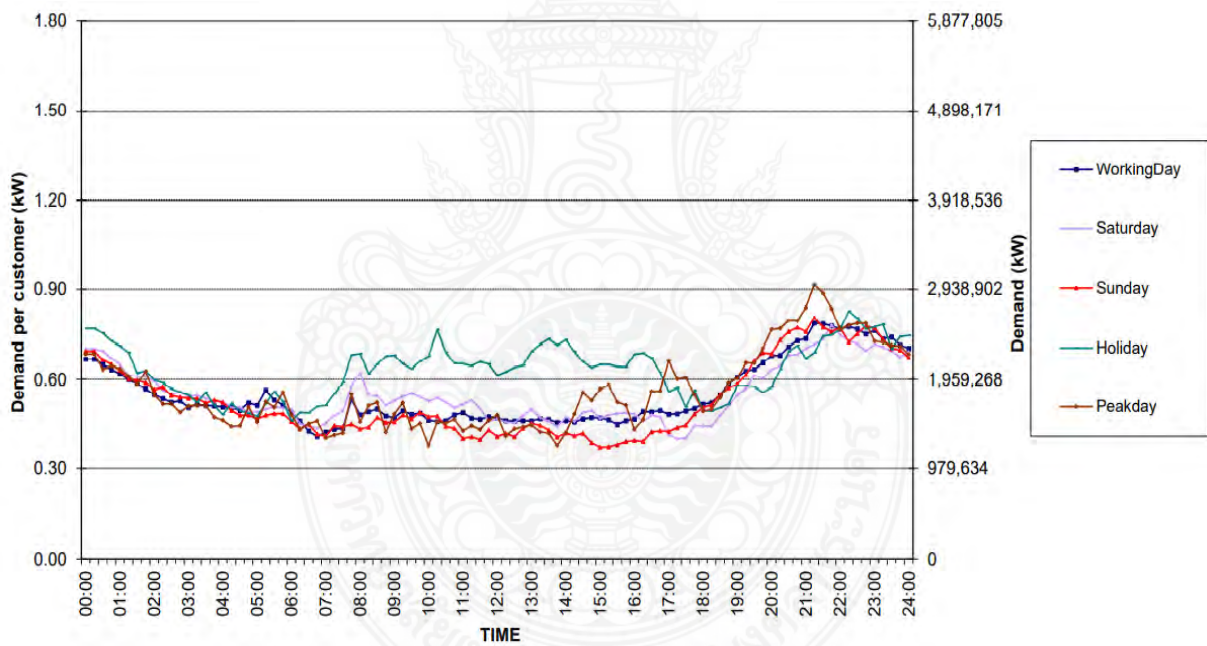
รูปที่ 3.10 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนมิถุนายน 2563



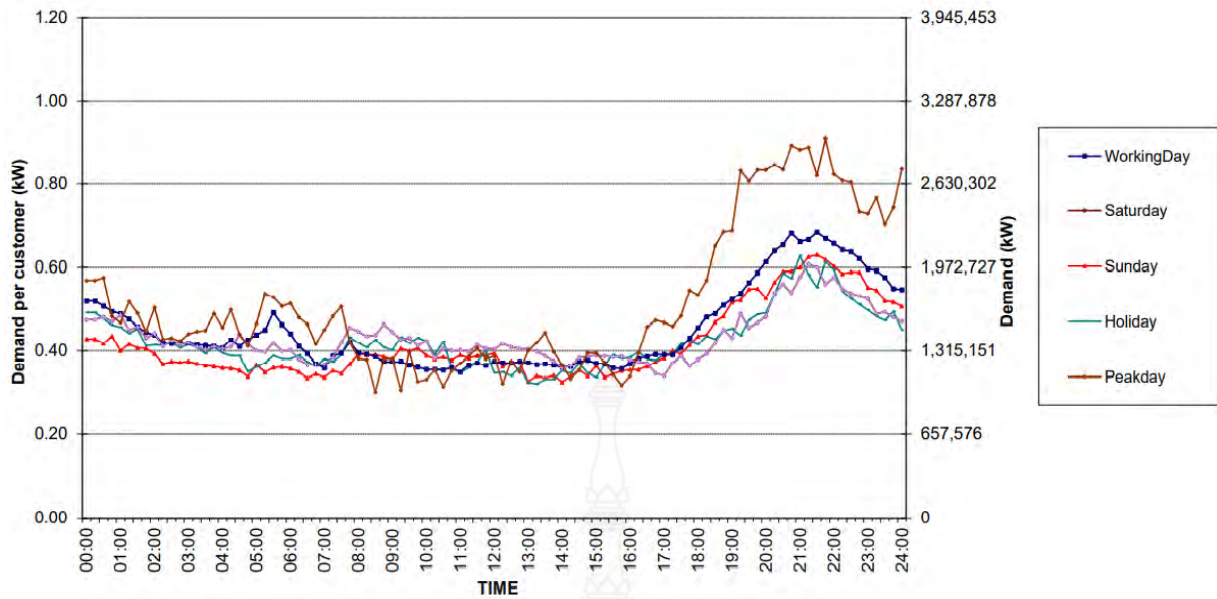
รูปที่ 3.11 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกรกฎาคม 2563



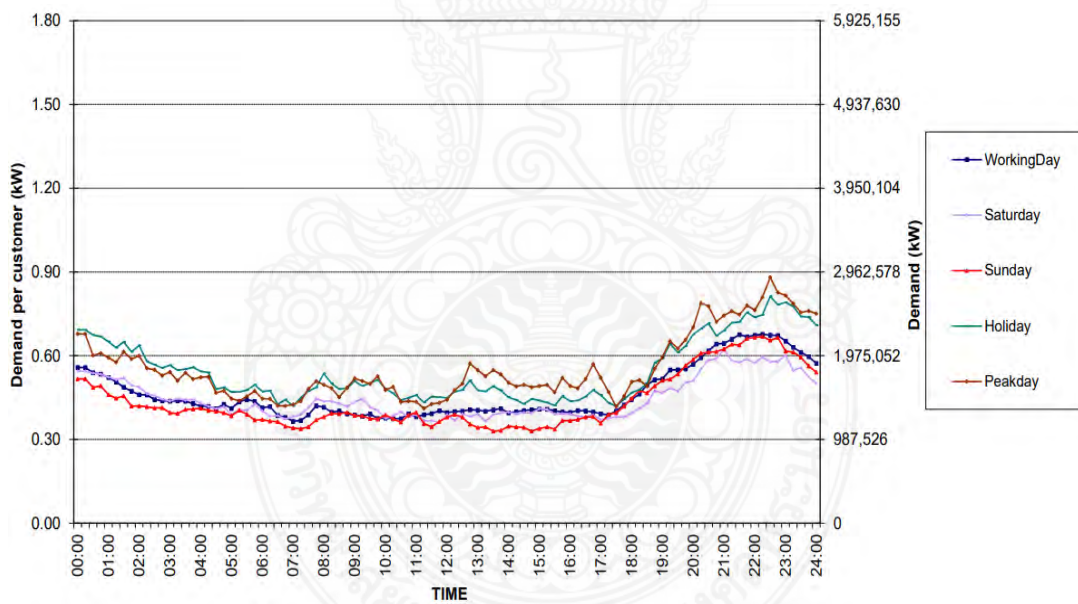
รูปที่ 3.12 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนสิงหาคม 2563



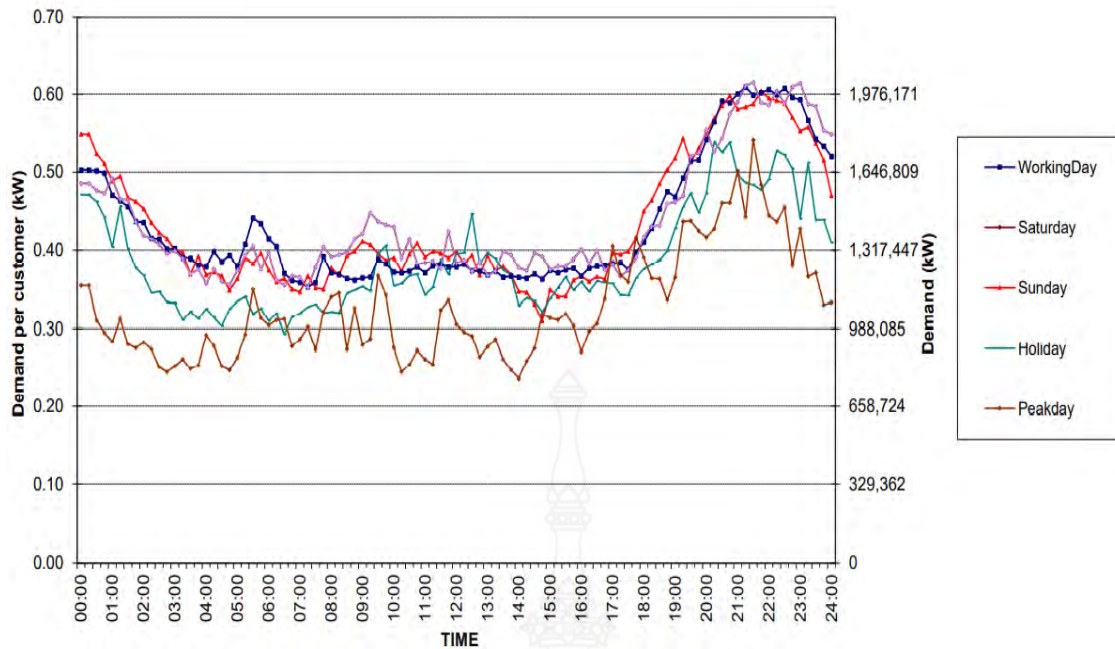
รูปที่ 3.13 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนกันยายน 2563



รูปที่ 3.14 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนตุลาคม 2563



รูปที่ 3.15 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนพฤศจิกายน 2563



รูปที่ 3.16 ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหลังคาเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 kWh/เดือน ใน เดือนธันวาคม 2563

จากข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยในปี 2563 ต่อหลังคาเรือนของชุมชนบ้านพักอาศัยในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่เลือกมาใช้ในการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา โดยค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.77 kWh/วัน

3.6 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

การหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ดังสมการที่ 3.1 ได้จากการวัดภายใต้ STC ($STC: I_{STC} = 1000 \text{ W/m}^2; T_{STC} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}, AM = 1.5$) โดยประเทศไทยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ $5,000 \text{ Wh/m}^2 / \text{d}$ และ ค่าคุณภาพของระบบไฟฟ้าตามชนิดของระบบที่ใช้ดังตารางที่ 3.2 [21] เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบระบบผลิตฯ และการออกแบบระบบกักเก็บพลังงานเพื่อรองรับการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า และรองรับการซื้อขายไฟฟ้าในอนาคต การคำนวณด้วยวิธีนี้เพื่อการออกแบบระบบที่ดีมีประสิทธิภาพและได้ขนาดตามต้องการจะต้องมีการใช้โปรแกรมจำลองพิจารณาเพื่อ Optimization ต่อไป

$$p_{peak} = \frac{E_{load} \cdot I_{STC}}{E_{glob} \cdot Q} \quad (3.1)$$

เมื่อ: p_{peak} = กำลังไฟฟ้าสูงสุดของ PV ภายใต้เงื่อนไข STC [kWp]
 E_{load} = ค่ากำลังไฟฟ้าจริงของระบบต่อวัน [kWh/d]
 I_{STC} = การแผ่รังสีมาบนพื้นผิวโลกภายใต้เงื่อนไข STC [1 kW/m²]

E_{glob} = การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งโลกต่อวัน [5 kWh/m²/d]

Q = คุณภาพของระบบ

ตารางที่ 3.2 ค่าคุณภาพของระบบไฟฟ้าตามชนิดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

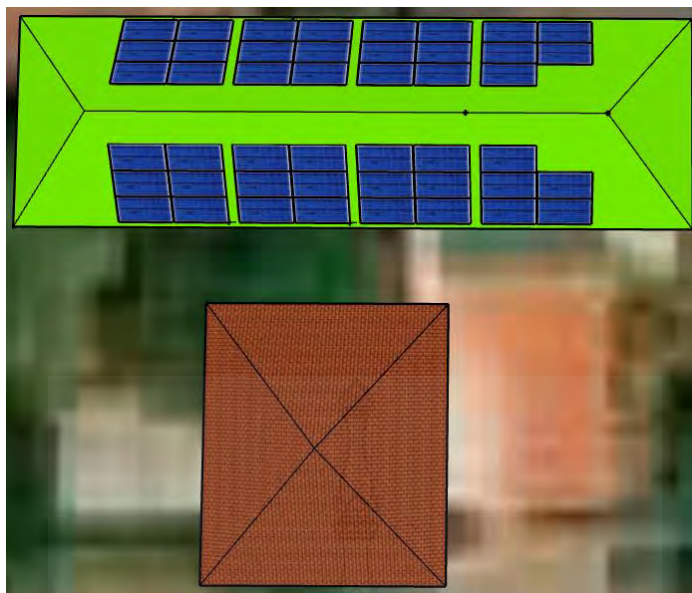
ระบบผลิตโซลาร์	ค่าคุณภาพ
ระบบที่ใช้แผงแบบผลึก	0.85...0.95
ระบบอาร์เรย์ที่มีการต่ออนุกรมของแผง	0.80...0.90
ระบบอินกริด	0.60...0.75
ระบบผลิตแบบออฟกริด	0.10...0.40
ระบบไฮบริดโดยมีการใช้เชื้อเพลิง	0.40...0.60

ค่ากำลังไฟฟ้าจริงของระบบต่อวัน (E_{load}) โดยเลือกใช้ค่าพลังงานเฉลี่ยจาก load profile ปี 2563 ที่มีค่า 14.77 kW และค่าพลังงานที่อัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงาน 8 kWh/วัน หรือ 23,000 km/ปี มาใช้ในการคำนวณค่า Ppeak โดยแทนค่าในสมการที่ 3.1 จะได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบผลิตฯ 6.1 kWp แต่จากการใช้โปรแกรมจำลองพิจารณาเพื่อ Optimization จะออกแบบการติดตั้ง Solar rooftop โดยใช้ขนาดการติดตั้ง 15.87 kWp เพื่อแสดงให้เห็นปริมาณการซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้านครหลวง ในอนาคต

3.7 การออกแบบจำลองโปรแกรมเพื่อหาค่าสมรรถนะของระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

จากการจำลองสมรรถนะของระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาดกำลังผลิต 3.5 kWp มีค่าสมรรถนะของระบบผลิตฯ เท่ากับ 76.60% มีขั้นตอนในตามหัวข้อที่ 3.7.1 – 3.7.13

3.7.1 เขียนแบบวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Trina Tallmax plus ชนิดผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Module) แผงละ 345 W จำนวน 4 แผง ใช้พื้นที่ในการวางแผงบนหลังคาทั้งหมด 12 m² สำหรับระบบผลิตฯ ขนาดกำลังผลิต 3.5 kWp โดยจำลองการวางแผงฯ ในโปรแกรม Sketchup ดังรูปที่ 3.17

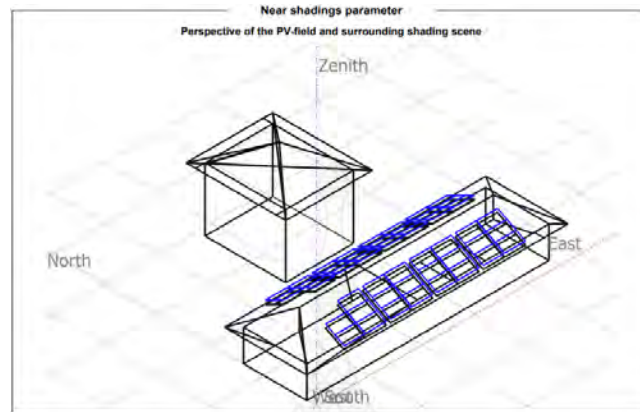


รูปที่ 3.17 วางแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Trina Tallmax plus สำหรับระบบผลิตฯ ขนาดกำลังผลิต 3.5 kWp

3.7.2 หาค่าสมรรถนะของระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาด้วยโปรแกรมจำลอง PVsyst โดยกำหนดค่าพิกัดของพื้นที่ เขตลาดพร้าว ในกรุงเทพฯ และใช้ข้อมูลแสง สภาพอากาศจากซอฟต์แวร์ Meteororm 7.3 การจำลองดังรูปที่ 3.18

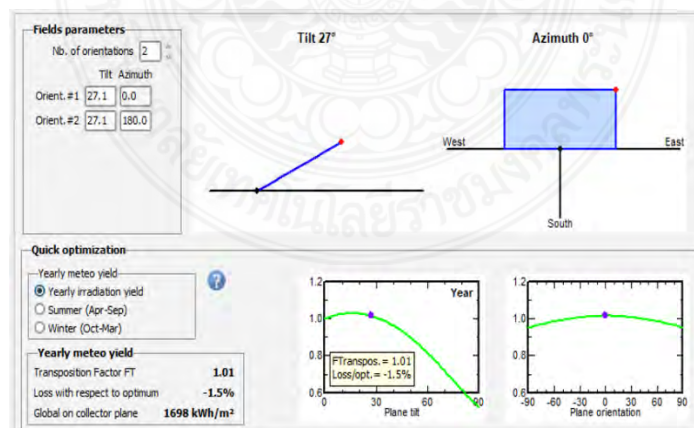
รูปที่ 3.18 กำหนดค่าตำแหน่งที่ตั้งสำหรับการ Simulation

3.7.3 แปลงไฟล์การติดตั้งระบบผลิตฯ จากโปรแกรม Sketchup โดยแปลงจากภาพ 3 มิติเป็นภาพ 2 มิติ ลงในโปรแกรม จำลอง PVsyst โดยมีการเช็คทิศการวางแผงฯ ตามทิศการติดตั้งจริง ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แปลงไฟล์การติดตั้งระบบผลิตฯ จากโปรแกรม Sketchup ลงในโปรแกรม PVsyst

3.7.4 เช็คค่ามุมการวางแผงฯ ในโปรแกรม PVsyst โดยเช็คค่ามุมการวางแผงฯ ตามหลังคาได้ 27 องศา โดยมีมุมอะซิมุทที่ 0 ในการวางแผงฯ ทิศเหนือ และมุมอะซิมุทที่ 180 ในการวางแผงฯ ทิศใต้ และกำหนดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ทั้งปี ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 เช็คค่ามุมการวางแผงฯ, มุมอะซิมุท และกำหนดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์

3.7.5 เลือกแผงฯ ชนิด Trina Solar ขนาด 345W โดยใช้ Optimizer ขนาด 370W และเลือก Inverter ชนิด Solar Edge ขนาด 10 kW รุ่น SE10KUS ตามรายชื่อ Inverter ที่ทำการทดสอบของการไฟฟ้านครหลวง และทำการกำหนดจำนวนแผงต่อสตริง ของทั้ง 2 ทิศทางการวางแผงฯ ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 เลือกขนาดและชนิดของอินเวอร์เตอร์และแผงโซลาร์เซลล์

3.7.6 กำหนดลักษณะอากาศไหลเวียนใต้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแบบ Semi-integrated with air duct behide เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการติดตั้งแผงฯ โดยมีค่ากำลังสูญเสียที่ $20\text{W/m}^2\text{K}$ ตามรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 กำหนดลักษณะอากาศไหลเวียนใต้แผงโซลาร์เซลล์

3.7.7 กำหนดค่ากำลังสูญเสียที่เกิดจากแรงดันตกที่ด้าน DC ที่ 1.5% และที่ด้าน AC ที่ 3% ดังรูปที่ 3.23

The screenshot shows a software interface with several tabs: Thermal parameter, Ohmic Losses, Module quality - LID - Mismatch, Soiling Loss, IAM Losses, Auxiliaries, Aging, Unavailability, and Spectral correction. The 'Ohmic Losses' tab is active.

DC circuit: ohmic losses for the subfield

Specified by

- Global wiring resistance: 1365.2 mΩ Calculated
- Loss fraction at STC: 1.50 % Default

Voltage Drop across series diode: 0.7 V Default

AC losses after the inverter

AC circuit: inverter to injection point (per inverter)

- Uses AC circuit ohmic loss
- per inverter Whole system
- Length Inverter to injection: 118.1 m
- Loss fraction at STC: 3.00 %
- Wire section: 2.5 mm²
- Material: Copper Alu
- STC: Pac = 7.78 kW, Vac = 480 V Tri, I = 9.36 A
- Voltage drop at STC: 14.4 V (3.00%)
- Uses one or several MV transformers
- Uses a HV transformer

รูปที่ 3.23 กำหนดค่าความสูญเสียแรงดันตกทั้งด้าน DC และ AC ในระบบผลิตฯ

3.7.8 กำหนดค่ากำลังสูญเสียของแผงฯ ด้านประสิทธิภาพของแผงฯ เป็นค่าเริ่มต้น ดังรูปที่ 3.24

The screenshot shows the same software interface with the 'Module quality - LID - Mismatch' tab active.

Module quality

- Module efficiency loss: -0.4 % default
- Deviation of the average effective module efficiency with respect to manufacturer specifications.
- (negative value indicates over-performance)

LID - Light Induced Degradation

- LID loss factor: 2.0 % default
- Degradation of crystalline silicon modules in the first operating hours with respect to the manufacturing flash test STC values

Module mismatch losses

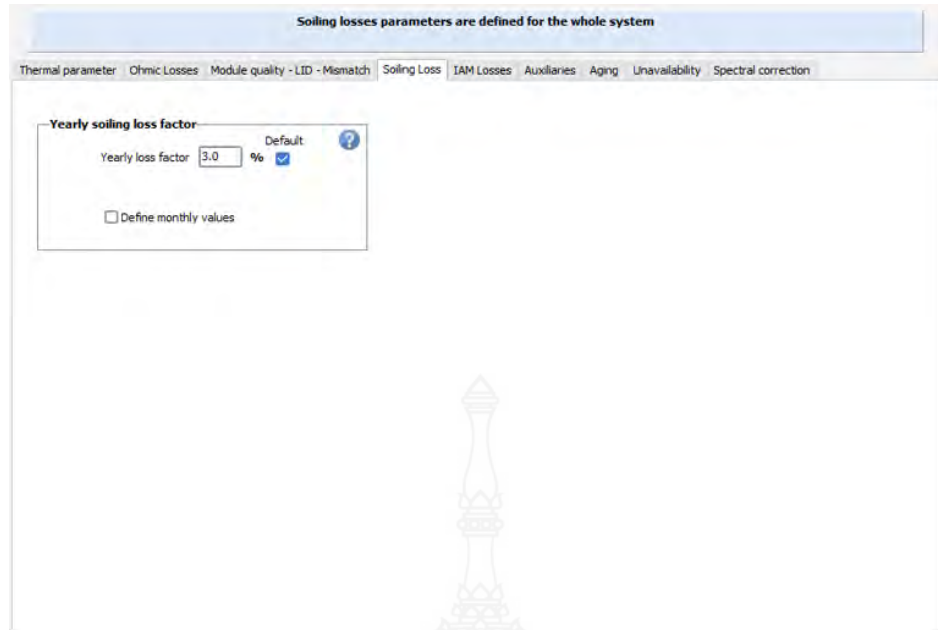
- Power Loss at MPP: 0.0 % default
- Loss when running at fixed voltage: 0.0 % default
- Module-level optimizers: no Mismatch Loss
-

Strings voltage mismatch

- Power Loss at MPP: 0.0 % Default
-

รูปที่ 3.24 กำหนดค่าความสูญเสียที่เกิดจากแผงโซลาร์เซลล์ในระบบผลิตฯ

3.7.9 กำหนดค่าความสูญเสียที่เกิดจากความสกปรกของแผงแต่ละปี เป็นค่าเริ่มต้นที่ 3% ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 กำหนดค่าความสูญเสียที่เกิดจากความสกปรกของแผงโซลาร์เซลล์ในระบบผลิตฯ

3.8 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผงฯ เป็นค่าเริ่มต้น ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผงโซลาร์เซลล์

3.8.1 ตรวจสอบผลการจำลองระบบผลิตฯ จากโปรแกรม PVsyst ทั้งทางด้านขนาดติดตั้ง, จำนวนแผงและกำลังสูญเสียในระบบผลิตฯ ที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.27

PV Array Characteristics			
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	16 kWp	Total power	20 kWac
Total	46 modules	Number of inverters	2 units
Module area	89.3 m ²	Pnom ratio	0.79
Cell area	80.2 m ²		

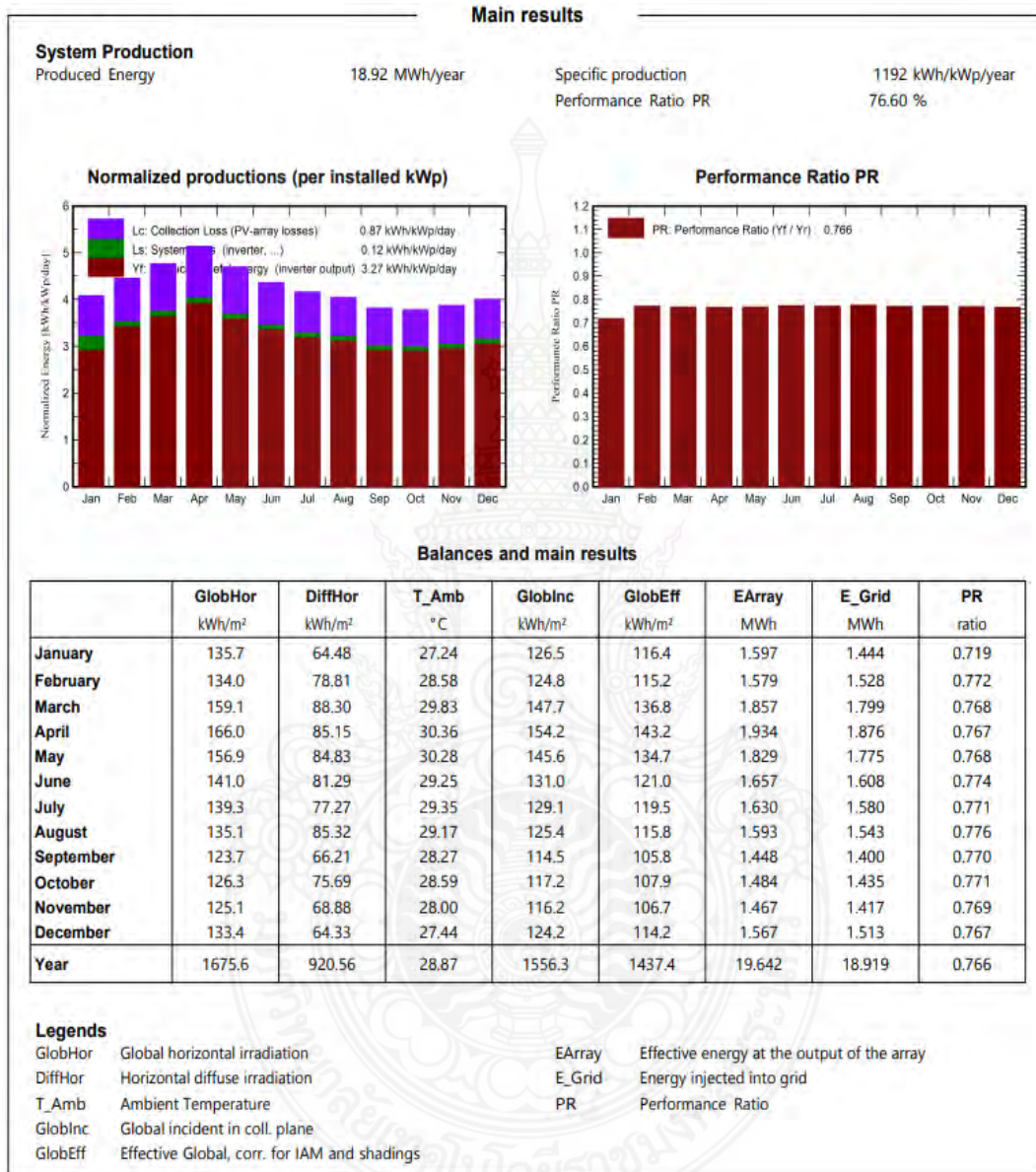
Array losses					
Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Loss Fraction	3.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	1365 mΩ
		Uc (const)	20.0 W/m ² K	Global wiring resistance	683 mΩ
		Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s	Loss Fraction	1.5 % at STC
Serie Diode Loss		LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss	
Voltage drop	0.7 V	Loss Fraction	2.0 %	Loss Fraction	-0.4 %
Loss Fraction	0.1 % at STC				
Module mismatch losses		IAM loss factor			
Loss Fraction (Fixed voltage)	0.0 %	ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi - 1)			
		bo Param.	0.05		

System losses	
Unavailability of the system	
Time fraction	2.0 %
	7.3 days,
	3 periods

AC wiring losses			
Inv. output line up to injection point			
Inverter voltage	480 Vac tri		
Loss Fraction	1.50 % at STC		
Inverter: SE10KUS		Inverter: SE10KUS	
Wire section (1 Inv.)	Copper 1 x 3 x 3 mm ²	Wire section (1 Inv.)	Copper 1 x 3 x 2 mm ²
Wires length	118 m	Wires length	0 m

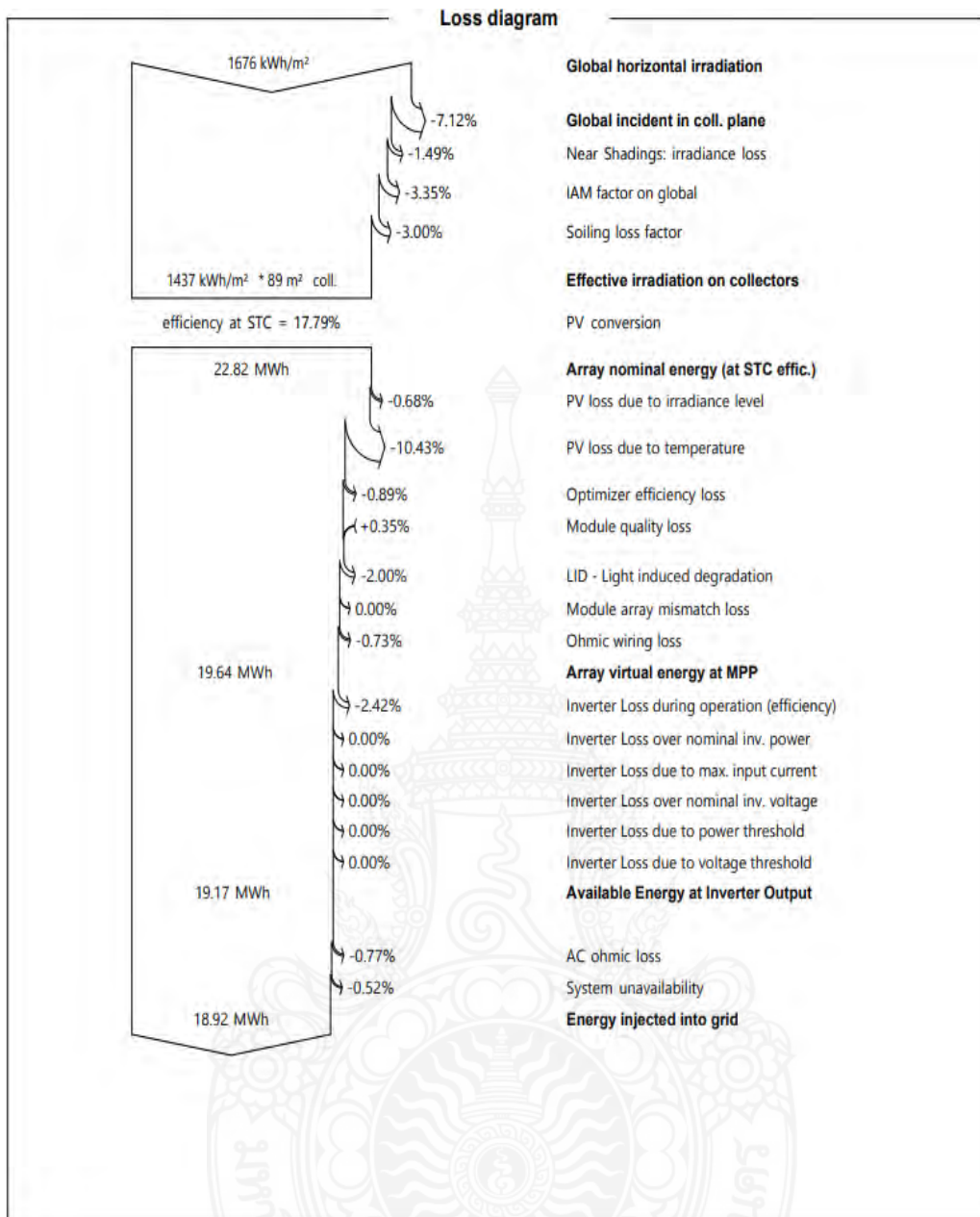
รูปที่ 3.27 ผลข้อมูลจำลองระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาดกำลังผลิต 15.87 kWp ด้วยโปรแกรม PVsyst

3.8.2 ผลการจำลองระบบผลิตฯ จากโปรแกรม PVsyst โดยจะนำค่าพลังงานที่เข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า (E_Grid) ในแต่ละเดือน และค่าสมรรถนะของระบบผลิตมาใช้ในโปรแกรมจำลอง Homer Grid และนำมาคิดหาจุดคุ้มค่าในการลงทุน ต่อไป ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ผลข้อมูลจำลองระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาดกำลังผลิต 16.56 kWp
ด้วยโปรแกรม PVsyst

3.8.3 ตรวจสอบค่าความสูญเสียของระบบผลิตฯ ที่เกิดจาก ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์, ความสกปรกของแผงฯ ที่เกิดขึ้น, ระบบติดตั้ง, ประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ ด้วยโปรแกรมจำลอง PVsyst ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ผลข้อมูลจำลองค่าความสูญเสียของระบบผลิตฯ ขนาดกำลังผลิต 15.87 kWp ด้วยโปรแกรม

PVsyst

3.9 บทสรุป

จากการดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงถึงการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานสะอาดหรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง วิทยานิพนธ์นี้ได้ประมวลผลการคำนวณ การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แบบออฟกริด เพื่อพัฒนาระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา(PVs Gen) โดยกรณี PVs Gen มีค่ามากกว่า 0 ช่วงเวลา 8.00 น. - 16.00 น. จะทำการอัดประจุเข้าระบบกักเก็บพลังงาน (ESS) แต่ถ้าไม่ใช่ช่วงเวลา 8.00 น. - 16.00 น. ต้องเช็คค่าความจุของแบตเตอรี่(C_{batt}) มีค่ามากกว่า 0 หรือไม่ เพื่อให้ระบบกักเก็บพลังงาน(ESS) คายประจุสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลดไฟฟ้า ในกรณีที่ระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (RE) มากกว่าโหลด (Load) ที่ใช้งานทั้งหมด ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่สำรอง จากผลการคำนวณพบว่าโหลดของระบบมีค่า 3,128.62 วัตต์ แต่ใช้โหลดพัดลมและโหลดเครื่องปรับอากาศสลับกันดังนั้นจึงออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,360 วัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก ผลลัพธ์การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดพบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าให้กับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริดต่อไป



บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

4.1 บทนำ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด โดยจำลองกำลังติดตั้งระบบผลิตพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด 3.5 kWp นั้น เพื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้จ่ายไหลลงทางไฟฟ้าขนาด 3 kW งบประมาณเสนอได้ดังนี้

4.2 ผลการวิเคราะห์คำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินการผลิตไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จากระบบที่ติดตั้ง

Solar rooftop 3.5 kWp PR 76.60%				
กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง	345.00	Wp	โครงการให้การสนับสนุนไม่เกิน 5.0 kWp	ส่วนลด PR
จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง	4.00	แผง	ใช้ผลค่าเฉลี่ยของ PR ในการประเมินค่าพลังงานที่ได้รับ	11.20%
ขนาดติดตั้ง	3.5	kWp		
ประสิทธิภาพของระบบ			75.00	%
กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง			0.35	kW
กำลังไฟฟ้าสูงสุดรวม			1.4	kW

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูล	ขนาด	จำนวน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	340 W	4 แผง
แบตเตอรี่	12 V	2 ลูก
อินเวอร์เตอร์หม้อแปลงเทอร์รอยด์	3,000 W	1 ตัว
ชาร์จเจอร์ MPPT	60 A	1 ตัว

ตารางที่ 4.3 รายการวัสดุอุปกรณ์แรงงาน (BOQ)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าของ		ค่าแรง		รวมเป็นเงิน
				ราคา/หน่วย	ราคารวม	ราคา/หน่วย	ราคารวม	
1	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา และ Inverter	3.5	kw	27,000.00	27,000.00			27,000.00
	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด 345 W/แผง	4	Unit	3,500.00	14,000.00			14,000.00
	โครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1	Unit	5,000.00	5,000.00			5,000.00
	จัดหาอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าต่างๆ พร้อมห้อง Inverter	1	Unit	5,000.00	5,000.00			5,000.00
2	ค่า LPF Battery	2.00	Unit	4,500.00	9,000.00			9,000.00
3	ค่าแรง ค่าดำเนินการ ควบคุมงาน	1.00	JOB			12,000.00	12,000.00	12,000.00
4	ค่าประกันภัย							
	รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น				60,000.00	12,000.00		72,000.00
		รวม			60,000.00	12,000.00	12,000.00	72,000.00
		รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			60,000.00	12,000.00	12,000.00	72,000.00
		VAT 7%			4,200.00	84.00	84.00	5,040.00
		รวมเป็นเงินทั้งสิ้น			64,200.00	12,084.00	12,084.00	77,040.00

4.3 บทสรุป

การคำนวณขนาดและจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่จำเป็นสำหรับโหลดเฉพาะ ขนาดรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายวันความร้อนในชั่วโมงที่มีแสงแดดสูงสุดเพื่อเรียกใช้โหลดที่ต้องการเทียบกับความต้องการ ดังนี้

คำนวณโหลด

การคำนวณโหลด คำนวณดังสมการที่ (1)

$$\text{ขนาดโหลด} = (\text{วัตต์} \times \text{จำนวนอุปกรณ์}) \times \text{จำนวนชั่วโมง}$$

$$\text{โหลดหลอดไฟ} = (9 \cdot 9) \cdot 5 = 81 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดโทรทัศน์} = (32 \cdot 1) \cdot 5 = 160 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดเครื่องปรับอากาศ} = 9,000 \cdot 0.293071 = 2,637.62 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดพัดลม} = (50 \cdot 1) \cdot 5 = 250 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดรวม} = 81 + 160 + 2,637.62 + 250 = 3,128.62 \text{ Wh}$$

คำนวณแบตเตอรี่

$$\text{Depth of Discharge (DoD)} = \frac{3,128.62}{0.8} = 3,910$$

$$\text{Ah} = \frac{3,910}{24} = 162.91 \text{ Ah}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก

คำนวณขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\text{ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์} = \frac{3,910}{3.5} = 1,117.14 \text{ W}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้แผงชนิดโมโนโพลี (Monopoly) ขนาด 340 วัตต์ จำนวน 4 แผง ขนาดรวม 1,360 วัตต์

ขนาดอินเวอร์เตอร์

เนื่องจากการใช้งานโหลดจะสลับกันใช้โหลดเครื่องปรับอากาศกับโหลดพัดลมดังนั้นขนาดโหลดรวมจึงมีขนาด 2,878.62 และ 491 วัตต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานสะอาดหรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง การวิจัยครั้งนี้ได้ประมวลผลการคำนวณ การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้และฝึกตั้งงานวิจัยภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริดต่อไป

5.2 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและวิเคราะห์ และจากผลการคำนวณพบว่าโหลดของระบบมีค่า 3,128.62 วัตต์ แต่ใช้โหลดพัฒนาและโหลดเครื่องปรับอากาศสลับกันดังนั้นจึงออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,360 วัตต์ จำนวน 4 แผง แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก ผลลัพธ์การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดพบว่าสามารถรองรับโหลดทางไฟฟ้าที่เลือกใช้งานได้อย่างเพียงพอและลดค่าไฟฟ้าให้กับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมได้ส่วนหนึ่ง งานวิจัยในอนาคตจะทำการศึกษาและทดลองระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาในรูปแบบอื่นๆอีกต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อสรุปจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้กับข้อมูลด้านการเงินการลงทุนของระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดสำหรับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม โดยการคำนวณและออกแบบระบบ ราคาอุปกรณ์ และโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์รวมถึงกระบวนการติดตั้งและทดสอบ จะเห็นได้ว่า ทางด้านราคาค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการลงทุน วัสดุอุปกรณ์ยังมีคุณภาพที่ต่ำเมื่อเทียบกับราคา ในด้านการจ่ายพลังงานไฟฟ้าก็ยังไม่เต็มประสิทธิภาพพร้อมเปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่างด้วยกันจึงควรนำค่าเหล่านี้มาพิจารณาในการออกแบบและทดลอง งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริดและรูปแบบอื่นๆเพื่อการลงทุนที่คุ้มค่าต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] H. Lei, T. Zhang, Y. Liu, Yabing Zha, "Optimizing Charging and Discharging on a Micro-Grid with ESS and Dynamic Price," *2017 International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)*, pp.85-89, 2017
- [2] S. Oh, J. Kong, W. Lee and J. Jung, "Development of Optimal Energy Storage System Sizing Algorithm for Photovoltaic Supplier in South Korea," *2018 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)*, pp. 1-5, 2018
- [3] V. A. Freire, L. V. R. De Arruda, C. Bordons and J. J. Márquez, "Optimal Demand Response Management of a Residential Microgrid Using Model Predictive Control," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 228264-228276, 2020
- [4] H. T. Dinh, J. Yun, D. M. Kim, K. -H. Lee and D. Kim, "A Home Energy Management System With Renewable Energy and Energy Storage Utilizing Main Grid and Electricity Selling," in *IEEE Access*, vol. 8, 2020
- [5] L. Pellegrino and C. Sandroni, "Aggregation of residential Energy Storage Systems," *2019 AEIT International Annual Conference (AEIT)*, pp. 1-6, 2019
- [6] Y. Zhou, Z. Li, and X. Wu, "The Multiobjective Based Large-Scale Electric Vehicle Charging Behaviours Analysis", *Hindawi Complexity Volume 2018*, 2018, R. Luthander, D. Lingfors, J. Munkhammar, and J. Widén, "Self-Consumption enhancement of residential photovoltaics with battery storage and electric vehicles in communities", *ECEEE 2015*, pp.992-1002, 2015
- [7] D. Satoya, D. Yamashita and R. Yokoyama, "Community Energy Management with Electric Vehicles for Effective Use of Solar Energy," *2014 4th International Conference on Artificial Intelligence with Applications in Engineering and Technology*, pp. 241-246
- [8] IREQ, Hydro-Québec Research Institute, Canada and The Mathworks, "One-Year Simulation in One Minute Simulation of an Energy Storage System used on a power Grid," *Mathworks*, pp1-10, June. 2015
- [9] J. Su, T.T. Lie, R. Zamora, "Modelling of large-scale electric vehicles charging

บรรณานุกรม (ต่อ)

- demand: A New Zealand case study,” *Electric Power Systems Research* 167, pp-171-182, 2019
- [10] L. Barote and C. Marinescu, "Li-Ion energy storage capacity estimation in residential applications with EV," *2019 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, pp. 326-330, 2019
- [11] วรารุช ศิริผล, จรรยา วงศ์จันทร์พงษ์, พงศกร ยุทธโกวิท, ปานทอง ถินสถิตย์, จุมภฏ ทิมะเจริญ, ศิริวรรณ วรเดช และคณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย, “รายงานแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย,” พฤศจิกายน 2559
- [12] มหาวิทยาลัยศิลปากร, “โครงการปรับปรุงแผนทัศนียภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย (ปี 2560)”, 2560
- [13] Residential Energy Consumption more than 150 kWh permonth on peak day in Jan-Dec 2020 at: URL: <https://www.mea.or.th/download/306/3394.>,
- [14] กองพัฒนาระบบไฟฟ้า, ฝ่ายวิจัยและพัฒนา. (2564). “รายชื่อผลิตภัณฑ์อินเวอร์เตอร์ที่ผ่านการทดสอบตาม ข้อกำหนดสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าประเภทเชื่อมต่อกับโครงข่ายของการไฟฟ้านครหลวง”.*การไฟฟ้านครหลวง*, 2564.[Online]. สืบค้นจาก <https://www.mea.or.th/minisite/vspp/download/849>.
- [15] บุญยัง ปลั่งกลาง, “เอกสารการสอนระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555
- [16] สงบ คาค้อ “การศึกษาสถานภาพการพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลซากแบตเตอรี่ชนิดที่มีลิเทียมเป็นองค์ประกอบในประเทศไทย” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, สิงหาคม 2562
- [17] วรวิศ กอปรสิริพัฒน์, “รู้จักแบตเตอรี่ ตอนที่ 4 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน”, หน่วยวิจัยวัสดุสำหรับพลังงาน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, หน้า 63 – 70, มกราคม – มีนาคม 2559
- [18] Y. Ko and W. Choi., “A New SOC Estimation for LFP Batteries: Application in a 10 Ah Cell (HW 38120 L/S) as a Hysteresis Case Study,” *Electronics 2021*, MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations, pp.1-14, 2021

บรรณานุกรม (ต่อ)

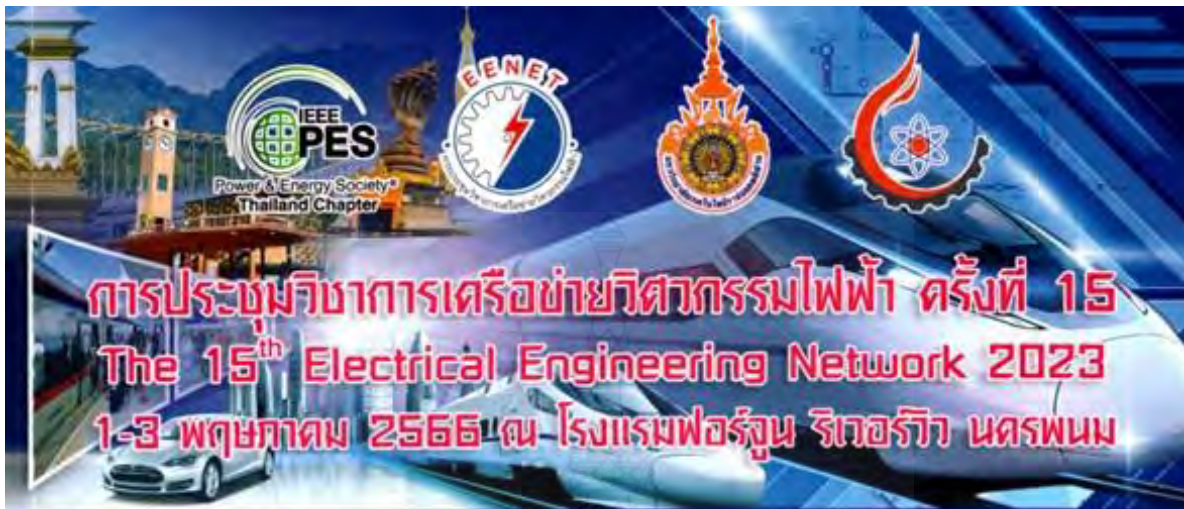
- [19] A. Sangwongwanich, A. Abdelhakim†, Y. Yang and K. Zhou, “Chapter 6 - Control of Single-Phase and Three-Phase DC/AC Converters,” 2018 Elsevier Inc, pp. 153-173, 2018
- [20] J.Webster (ed.), “DC–DC POWER CONVERTERS CHOPPERS SWITCHING POWER SUPPLIES,” Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, Copyright © 2007 JohnWiley & Sons, pp. 1-18, 2007
- [21] Trina TallMax 345W. สืบค้นจาก https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Datasheet_DE14H%28II%29_HC_1500V_May2019_NT.pdf.,
- [22] The ORA GOOD CAT. สืบค้นจาก <https://www.gwm.co.th/carspecification/?rdr=3717>.
- [23] The ORA GOOD CAT. สืบค้นจาก <https://www.gwm.co.th/carspecification/?rdr=3717>.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่





การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15
The 15th Electrical Engineering Network 2023
1-3 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรมฟอร์จูน ริเวอร์วิว นครพนม

ยานยนต์ไฟฟ้าและรถไฟฟ้าระบบราง อเนกการเดินทางใหม่ของประเทศไทย
Next Generation of Electric Vehicles and Railway Transit in Thailand

Abstract

Conference Topic

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Electrical Power (PW)
ไฟฟ้ากำลัง 2. Electronics, Circuit and Communication (EC)
อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร 3. Power Electronics (PE)
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 4. Computer and Information Technology (CP)
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ 5. Control Systems and Instrumentation (CT)
ระบบควบคุมและการวัด | <ul style="list-style-type: none"> 6. Digital Signal Processing (DS)
ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิทัล 7. Energy and Conservation of Energy (ES)
พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน 8. Innovation and Invention (IN)
นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ 9. General Electrical Engineering (GN)
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า 10. Special Session on Electric Vehicles
and Railway Transit (SS)
หัวข้อพิเศษทางยานยนต์และรถไฟฟ้าระบบราง |
|--|---|



บริษัท บีโอ ไดแดกติก จำกัด
NEO DIDACTIC CO.,LTD.





การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15
 The 15th Electrical Engineering Network 2023 [EENET2023]

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

สมคิด จุติยนต์ ณ์ชพล เรืองทรัพย์ และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความวิจัย PW-129
ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15

ระหว่างวันที่ 1 – 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2566
 ณ โรงแรมฟอร์จูน ริเวอร์วิว นครพนม จังหวัดนครพนม

รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน
 ประธานคณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียา แก้วอาษา
 คณบดีคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW-121	การปรับปรุงแบบจำลองมอเตอร์เหนี่ยวนำสำหรับวิเคราะห์เสถียรภาพสัญญาณของ พิกซ์ อารีดี	13
PW-122	การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก (เชษฐา ศรีเมือง และ บุญอึ้ง ปัดังกลา)	14
PW-123	การทดสอบเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่เกิดโคโรนาลดลงของสายส่งในอุณหภูมิโดยใช้อิเล็กโตรด แบบปลายแหลม-ระนาบ ที่องศา 35-75-90 องศา ประกาศิต ศรีทะแก้ว ชนากา ทังเพราะ และ กานุพงศ์ วงศ์ชาติ	15
PW-124	การวิเคราะห์การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าทุกโหนดแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยเชื่อมต่อ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า นเรศ ชลวิฑูรย์ สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ สุรเชษฐ เศรษฐ์ อภิสิทธิ์ ชาญ ชาญ พิทยาพิชร์ รุ่งผดุงนิน และ นัฐโชติ วิกิไทยเจริญชีพ	16
PW-125	การประเมินและออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบผสมผสานใน โรงแรมอุตสาหกรรม นัฐโชติ วิกิไทยเจริญชีพ ศุภกมล เบลวโธธีแก้ว ฉัตรพล เรืองกรวิทย์ สุเทพ สิมดา และ ปพน งามประเสริฐ	17
PW-126	การออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ บนหลังคา นภิต บุญเทียรทอง สาคร วุฒิสอนทินธุ์ นาวิน รอดเรือง ปพน งามประเสริฐ และ นัฐโชติ วิกิไทยเจริญชีพ	18
PW-127	การศึกษารายเปรียบเทียบโคโรนาลดลงของสายส่งของถูกด้วยและสายส่งในระบบจำหน่ายกรณีศึกษา ของสถานีไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยวิธีการไฟในต่อแอมแปร์ วิษณุ ทิพย์ประเสริฐ กิตติพงษ์ เสถียรบุษย์ ณัฐวุฒิ ดิถิตำ ชญานนท์ สิงห์ท่า และ ประกาศิต ศรีทะแก้ว	19
PW-128	การประเมินค่าความเสียหายจากการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายไฟฟ้า นิตกร เกษพรหม เวทวัฒน์ ธัญติประเสริฐ และ นัฐโชติ วิกิไทยเจริญชีพ	20
PW-129	การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบออฟกริด สมศักดิ์ จุติอนันต์ ฉัตรพล เรืองกรวิทย์ และ นัฐโชติ วิกิไทยเจริญชีพ	21
PW-130	การศึกษาราคาคิดต้นทุนเรโซแนนซ์สำหรับพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบไมโครกริด นิวัช วรรณวงศ์ นพพรวิจิตร หนูสวัสดิ์ หาญโชค บุคเรืองพันธ์ อัญชา บูรพาพฤกษ์ ประติมาภรณ์ หน่อวีร์ และ ประกาศิต ปราณพาส	22
PW-131	การศึกษาราคาคิดต้นทุนเครื่องกักไฟฟ้าแบบอินดักชันในระบบไมโครกริด กุลสมพรพิชญ์ เข็มจำชาติ วสันต์ เพชรพิมุต สุทธฉา คมจีน รุ่งเพชร ก่องนอก สิมชู วัฒนคำ และ ประกาศิต ปราณพาส	23

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15

15th Conference of Electrical Engineering Network 2023 (EENET 2023)



การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด Calculation and Design of Solar Cell System for Connection Solar System Off Grid Type

สมคิด ดุติยนต์ ณิชพล เรืองทรัพย์ และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประจักษ์วงษ์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 E-mail: nattachote.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด วัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และคำนวณหาขนาดโหลดพื้นฐานที่เหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์ติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ภายในประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง บทความนี้ได้ประมวลผลการคำนวณและทดสอบกำลังไฟฟ้าใช้งาน กระแสไฟฟ้าและระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน จากผลการคำนวณพบว่าโหลดที่คำนวณได้ มีขนาด 3,128.62 วัตต์ แต่ใช้รวมโหลดพัดลมและโหลดเครื่องปรับอากาศสลับกัน ดังนั้นจึงสามารถออกแบบขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ขนาดอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่การใช้งาน

คำสำคัญ: การคำนวณและออกแบบ, โซลาร์เซลล์, ระบบออฟกริด

Abstract

This paper presents the calculation and design of solar cell system for connection solar system off grid type. The objective is to design a solar cell and calculate the size of the basic load suitable for a solar cell system by applying solar energy to off-grid solar cell systems inside Nakhonpathom Technical College. It has a good effect in saving electricity in some units. This article processes the calculation and testing of the used power, current, and solar cell system used to suit the area of use. From the calculation results, it was found that the calculated load was 3,128.62 watts, but the fan load and the air conditioner load were used alternately. Therefore, calculate the size of the solar panel, battery, and inverter size suitable for the area of use.

Keywords: calculation and design, solar cell, off grid system

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15

15th Conference of Electrical Engineering Network 2023 (EENET 2023)



การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

Calculation and Design of Solar Cell System for Connection Solar System Off Grid Type

สมศักดิ์ สุทธิบาล¹ อธิชาล (เรืองทรัพย์) และ วิรุฬห์ วัทธิพงษ์วิชัย²

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²138 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวัดจตุรพักตรพิมาน กรุงเทพมหานคร 10600 E-mail: satorchote.r@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบระบบโซลาร์เซลล์และคำนวณหาขนาดโหนดพื้นฐานที่เหมาะสมกับระบบโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่งบทความนี้ได้ประมวลผลกรคำนวณและทดสอบกำลังไฟฟ้าใช้งานกระแสไฟฟ้าในสถานะระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้ไฟฟ้ในขณะกินพื้นที่ใช้งานจากผลการคำนวณพบว่าโหนดที่คำนวณได้มีขนาด 3,128.61 วัตต์ แต่ใช้งานโหนดที่ลดขนาดและโหนดเครื่องปรับอากาศลดกัน ดังนั้นจึงสามารถออกแบบขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ขนาดอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมพื้นที่การใช้งาน

คำสำคัญ: การคำนวณและออกแบบ, โซลาร์เซลล์, ระบบออฟกริด

Abstract

This paper present the calculation and design of solar cell system for connection solar system off grid type. The objective is to design a solar cell and calculate the size of the basic load suitable for a solar cell system by applying solar energy to off-grid solar cell systems inside Nakhonpathom Technical College. It has a good effect in saving electricity in some unit. This article processes the calculation and testing of the used power, current, and solar cell system used to put the area of use. From the calculation result, it was found that the calculated load was 3,128.61 watt, but the fan load and the air conditioner load were used alternately. Therefore, calculate the size of the solar panel, battery, and inverter size suitable for the area of use

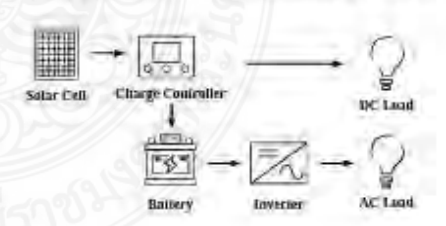
Keywords: Calculation and Design, Solar Cell, Off Grid System

1. บทนำ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด (Off-Grid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ที่มีฟ้าไกล เช่น ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel) (เชื่อมต่อกับโหนดวงจรกับโหนดทางไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) และอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การต่อไฟตรงกับแรงดันไฟฟ้าของของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar Charge Controller) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้สามารถใช้งานโหนดการคั่นไฟโหนดทางไฟฟ้ากระแสตรง ในขณะที่อีกส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งคือสามารถนำไปเก็บในแบตเตอรี่ (Battery) และอุปกรณ์แปลงพลังงาน (Inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current) [1] ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดโหนดวงจร ดังแสดงในรูปแบบที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดทำงานร่วมกับแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปแบบที่ 2



รูปที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดโหนดโหนด



รูปที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดทำงานร่วมกับแบตเตอรี่

บทความวิจัย

การประเมินวิชาการหรือช่วยวิศวกรรม ไฟฟ้า ครั้งที่ 15

15th Conference of Electrical Engineering (Nov 2023) (EENET 2023)



ในปี ค.ศ. 2017 [2] มีการศึกษาค่าความเป็นไปได้อาจระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้าน (SChob) ของ Malawar รัฐบาลอินเดีย ประเทศอินเดีย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์คำนวณได้ 583.7 กิโลวัตต์วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และโปรแกรม (PVGIS) ในปี ค.ศ. 2018 [3] มีการศึกษาค่าของระบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านในชนบทของ Mapeya Mapeya ตั้งอยู่ใน Lowveld of Mpumalanga โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและดำเนินการจัดระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากหมู่บ้านอยู่ห่างจากโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ ในปี ค.ศ. 2020 [4] มีการศึกษาระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ของครัวเรือนสำหรับบ้านในชุมชนชนบทของปากีสถาน ระบบที่ออกแบบให้พลังงานได้ 40 kWp การสร้างแบบจำลองสถานะคงที่ของระบบดำเนินการในซอฟต์แวร์ HOMER ระบบที่ออกแบบนี้ใช้แผงโซลาร์เซลล์ 4 แผง แผงละ 140 วัตต์ รวมเป็นแผงโซลาร์เซลล์ 560 วัตต์ แบตเตอรี่ 125 Ah ลีดแอคซิด และอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ ในปี ค.ศ. 2021 [5] มีการศึกษาการแนะนำขึ้นคอนโทรลเลอร์ระบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดสำหรับฟาร์มในนาบูนาอู ค่าใช้จ่ายการติดตั้งคือ 228.8 kWp ความจุของแบตเตอรี่ คือ 2100 kWp และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลขนาด 10 kW คิดเป็นพลังงานสำรอง ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ติดตั้งได้ประมาณ 279.5 kWp คอปปี ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของฟาร์ม

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของบทความวิจัยนี้เพื่อประยุกต์ใช้ระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดที่ติดตั้งใช้จำนวนและต่อชุดการศึกษาอยู่ในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมคือภาระคำนวณและออกแบบระบบติดตั้งไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ สำหรับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตำแหน่งวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวณ

การคำนวณขนาดและจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่จำเป็นสำหรับโหลดเฉพาะ ขนาดรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายวัน ความเร็วในชั่วโมงที่มีแสงแดดสูงสุดเพื่อเลือกใช้โหลดที่โครงการเทียบกับความเคื่องการ

ค่ารวมโหลด

$$\text{การคำนวณ โหลด} = \text{จำนวนตู้คอมพิวเตอร์} (1)$$

$$\text{ขนาด โหลด} = (\text{วัตต์} \times \text{จำนวนอุปกรณ์}) \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟ} (2)$$

$$\text{โหลดหลอดไฟ} = (2 \times 2) \times 5 = 20 \text{ W}$$

$$\text{โหลดโทรทัศน์} = (12 \times 1) \times 100 = 100 \text{ W}$$

$$\text{โหลดเครื่องปรับอากาศ} = 0.008 \times 0.000071 = 0.000568 \text{ W}$$

$$\text{โหลดทั้งหมด} = (20 + 100) \times 8 = 960 \text{ Wh}$$

$$\text{โหลดรวม} = 20 + 100 + 0.000568 + 250 = 370.000568 \text{ Wh}$$

ค่ารวมแบตเตอรี่

$$\text{Depth of Discharge (DoD)} = \frac{3328.00}{0.8} = 4160.00$$

$$Ah = \frac{4160.00}{24} = 173.33 \text{ Ah}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ขนาด 100 Ah จำนวน 2 ลูก

คำนวณขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\text{ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์} = \frac{3328}{0.8} = 4160.00 \text{ W}$$

โดยที่ 3.3 คือ ระยะเวลาของแผงอาทิตย์ ดังนั้นจึงเลือกใช้แผงชนิด โมโน โพลี (Monopoly) ขนาด 540 วัตต์ จำนวน 4 แผง ขนาดรวม 1,360 วัตต์

ขนาดอินเวอร์เตอร์

เนื่องจากการใช้งาน โหลดจะสลับกัน ใช้ โหลดเครื่องปรับอากาศกับ โหลดทั้งหมด ดังนั้นขนาด โหลดรวมจึงมีขนาด 3,878.62 และ 491 วัตต์

ดังนั้นจึงเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15
 15th Conference of Electrical Engineering Network-2023 (EENET 2023)



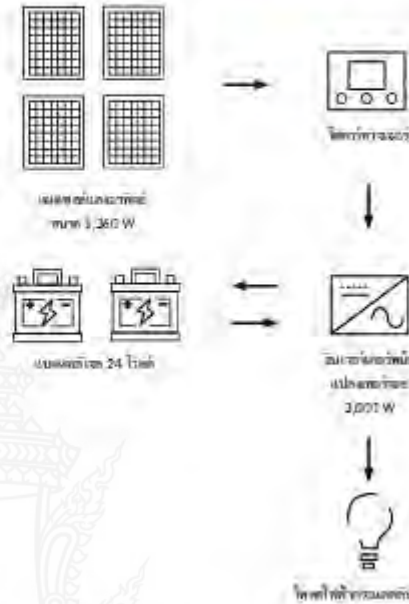
3. ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การออกแบบ

การออกแบบระบบไฟฟ้าใช้วิธีการเริ่มต้นขึ้นอยู่กับความต้องการใช้พลังงานสูงสุด จำนวนชั่วโมงที่ใช้ไฟฟ้าใช้พลังงานและสภาพอากาศ ขนาดของแบตเตอรี่จะพิจารณาจากปริมาณและระยะเวลาของการมีอินพุต [6] แผนผังการทำงานแสดงในรูปแบบที่ 4 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด ดังแสดงในรูปแบบที่ 5



รูปที่ 4 แผนผังการทำงาน



รูปที่ 5 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้เป็นอินเวอร์เตอร์หึ่งมือแปลงพลังงานคลื่นซิดี คือ ใช้ค่าสูงๆ ทนทานกว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และจ่ายโหลดได้ดี โดยไม่เกิดความร้อน

4. อุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด

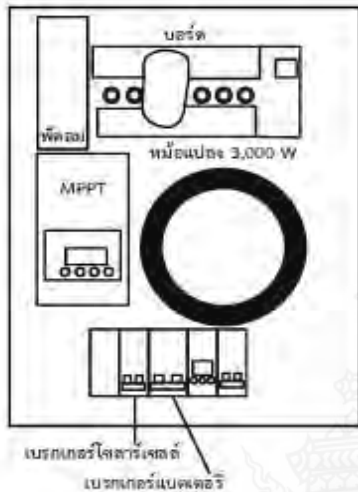
ข้อมูลอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณแสดงในตารางที่ 1 ภายในอินเวอร์เตอร์หึ่งมือแปลงพลังงานคลื่นซิดี ดังแสดงในรูปแบบที่ 6 แบบสวิตช์ 12 โวลต์ ดังแสดงในรูปแบบที่ 7

ตารางที่ 1 ข้อมูลอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ชื่อวัสดุ	ขนาด	จำนวน
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	340 W	4 แผง
แบตเตอรี่	12 V	3 ลูก
อินเวอร์เตอร์หึ่งมือแปลง	3,000 W	1 ตัว
เพจเจอร์		
ขดลวดรีเลย์ MPPT	60 A	1 ตัว

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๒๕
 13th Conference of Electrical Engineering Network 2023 (EENET 2023)



รูปที่ ๕ ภายในอินเวอร์เตอร์หม้อแปลงเทอร์ลด



รูปที่ ๖ แบตเตอรี่จิลต 12 โวลต์

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานสะอาดหรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นออฟกริดภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐมซึ่งมีผลดีในการประหยัดไฟฟ้าในหน่วยงานได้ส่วนหนึ่ง บทความนี้ได้ประมวลผลการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดเบื้องต้นเป็น

แหล่งเรียนรู้ พัฒนาและผลักดันงานวิจัยภายในวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม จากผลการคำนวณพบว่าโวลต์ของระบบมีค่า ๖,1๒๖.๕๖ โวลต์ แต่ใช้โวลต์ที่ลดลงและ โวลต์เครื่องปรับอากาศกลับกัน ดังนั้นจึงออกแบบอินเวอร์เตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ แมกเซลต์แสงอาทิตย์ขนาด ๑,๓๕๐ วัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah จำนวน ๓ ลูก ผลลัพธ์การคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์สำหรับการเชื่อมต่อระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริดพบว่าสามารถลดค่าไฟฟ้าให้กับวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม งานวิจัยในอนาคตจะทำการวิเคราะห์การเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาแบบออฟกริด

๕. ทิศติกรรมประกาศ

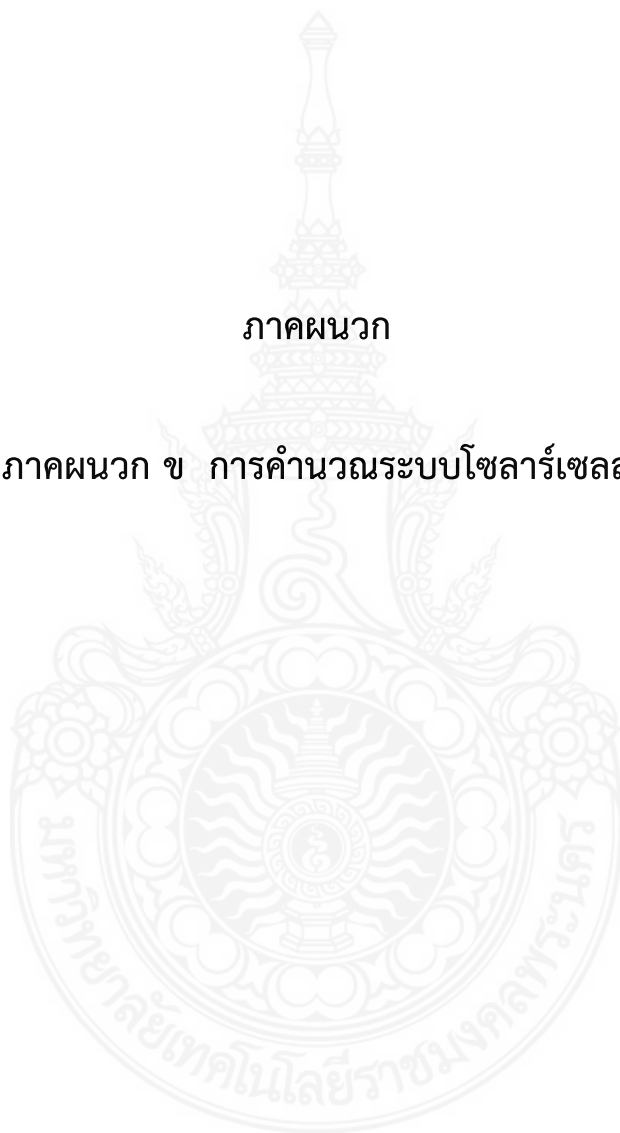
ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือ ในการจัดทำบทความนี้ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลงอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองยงชวดและเพื่อนร่วมทีม โอลิโย กรบกับค้นหาพลังงานทดแทนและอนุวัจน์พลังงาน สารสนเทศไฟฟ้าของคลังงานแสงอาทิตย์.
- [2] A. Khundelwal and V. Shivavatra, "Design and assessment of solar photovoltaic system for a village of Rajasthan," 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technology (ICCPCT), 2017, doi: 10.1109/ICCPCT.2017.8074274.
- [3] N. H. Mazibane, S. P. Chowdhury, A. T. P. Lim and M. J. Malan, "Design of an off-grid PV system for Mapeya rural village," 2019 IEEE AFRICON, 2019, doi: 10.1109/AFRICON46755.2019.9134038.
- [4] A. U. Rehman and M. T. Iqbal, "Design and Control of an Off-Grid Solar System for a Rural House in Pakistan," 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronic and Mobile Communication Conference (IEMCON), 2020, doi: 10.1109/IEMCON51388.2020.9284867.
- [5] S. Chen, "Designing an Off-grid PV System for a Farm in Vietnam," 2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2021, doi: 10.1109/PVSC43888.2021.9516771.
- [6] M. Davoudi, M. M. Aghajaei and H. R. Moraddeh, "Introducing a novel method for improving the design of off-grid photovoltaic systems," 2019 Smart Grid Conference (SGC), 2019, doi: 10.1109/SGC49328.2019.9056592.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ข การคำนวณระบบโซลาร์เซลล์



การคำนวณขนาดและจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่จำเป็นสำหรับโหลดเฉพาะ ขนาดรวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายวันความร้อนในชั่วโมงที่มีแสงแดดสูงสุดเพื่อเรียกใช้โหลดที่ต้องการเทียบกับความต้องการ คำนวณดังสมการที่ (1)

$$P_{t-pv} = \frac{E_t}{T_{peak-hours}} \cdot 1.2 \quad (1)$$

โดยที่ P_{t-pv} คือ ขนาดที่สมบูรณ์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Watt)
 $T_{peak-hours}$ คือ ช่วงเวลาสูงสุดเฉลี่ยรายวันที่ต่ำที่สุด ชั่วโมงของเดือนในหนึ่งปี
 1.2 คือ ปัจจัยการปรับสเกล

จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับขนาดรวมของอาร์เรย์ PV คำนวณโดยใช้กำลังวัตต์สูงสุดของขนาดแผงที่เลือก สามารถคำนวณดังสมการที่ (2)

$$N_{modules} = \frac{P_{t-pv}}{Wp_i} \quad (2)$$

โดยที่ $N_{modules}$ คือ จำนวนโมดูลทั้งหมด
 Wp_i คือ อัตรากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เลือกไว้แผงหรือโมดูลเป็นวัตต์

การคำนวณความจุของแบตเตอรี่ดังสมการที่ (3)

$$(Ah)_{bank} = \frac{E_t}{V_{dc-sys}} \cdot T_{backup} \cdot 0.05 \quad (3)$$

โดยที่ $(Ah)_{bank}$ คือ ขนาดหรือความจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์ชั่วโมง)
 V_{dc-sys} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของระบบโซลาร์เซลล์
 T_{backup} คือ เวลาที่ต้องการใช้สำรองพลังงานในชั่วโมง
 0.05 คือ ปัจจัยที่ทำให้เสื่อมเสีย

ขนาดของอินเวอร์เตอร์ได้รับการปรับให้เหมาะสมตามอาร์เรย์ PV ขาออก ซึ่งพิจารณาโหลดทั้งหมด ความจุขาออกของอินเวอร์เตอร์สำหรับระบบออฟกริดต้องสูงพอที่จะรองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$(VA)_{inv} = (VA)_{t-load} \cdot CF \quad (4)$$

โดยที่ $(VA)_{inv}$ คือ พิกัดของอินเวอร์เตอร์ (โวลต์-แอมแปร์)
 CF คือ ปัจจัยการแก้ไขเพื่อความปลอดภัยซึ่งค่าคือ 3 สำหรับโหลดมอเตอร์และ 1.25 สำหรับ

โหลดธรรมดาไม่มีมอเตอร์
 $(VA)_{t-load}$ คือ โหลดไฟฟ้าทั้งหมดเป็นโวลต์แอมแปร์
และคำนวณโดยผลรวมของ VA



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสมคิด จุติยนต์
วัน เดือน ปีเกิด	7 มกราคม 2515
ที่อยู่	1/2 หมู่.7 ตำบลหนองดินแดง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
การศึกษา	ปริญญาตรี สาขาครุเทคนิคไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ประสบการณ์การทำงาน	ครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ.2540 ถึง ปัจจุบัน
วิชาชีพ	รับราชการครู
เบอร์โทรศัพท์	08-6169-7233
อีเมลล์	Somkid233.sj@gmail.com

