



การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid
สำหรับบ้านพักอาศัย

นายमितต์ กุลอนุสถาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid
สำหรับบ้านพักอาศัย

The seal of Prince of Songkla University is a large, circular emblem in the background. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a sunburst at the top. The emblem is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai script: "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ".

นายमित्त กุลอนุสถาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงงานวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย

โดย นายमितต์ กุลอนุสถาพร

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา จันทวงษ์)

ชื่อ : นายमितต์ กุลอนุสถาพร
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจาก
 แสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid สำหรับ
 บ้านพักอาศัย
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.ปริดา จันทวงษ์
 ปีการศึกษา : 2568

ศึกษาไทย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานสำหรับใช้งานในอาคารสำนักงาน (2) เพื่อทดสอบการทำงานของระบบภายใต้ภาระโหลดระหว่าง 2-5 กิโลวัตต์ ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน (3) เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่กับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเพื่อดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่ติดตั้งในอาคารสำนักงาน โดยวิธี การติดตามและบันทึกข้อมูลพลังงานด้วยโปรแกรม ESS LINK และวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบวิเคราะห์ข้อมูลด้วย วิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ผลิตได้ การใช้พลังงาน และค่าการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละช่วงเวลา ผลการวิจัยประกอบด้วย (1) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่ประกอบด้วยระบบแบตเตอรี่ขนาด 10.24 กิโลวัตต์ ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด อินเวอร์เตอร์และชาร์จเจอร์ขนาด 10 กิโลวัตต์ และแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 550 วัตต์ จำนวน 20 แผง สามารถจ่ายไฟได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้า (2) ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตและชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่มีความเสถียรและสามารถสำรองพลังงานไว้ใช้ในช่วงกลางคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (3) ระบบดังกล่าวช่วยเพิ่มเสถียรภาพของการจ่ายพลังงานภายในอาคาร และส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดจากแสงอาทิตย์ รวมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

(มีจำนวนทั้งสิ้น xx หน้า)

คำสำคัญ : : ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม,แบตเตอรี่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Name : Mr. Mitt Kulanusathaporn
 Thesis Title : Study and comparative of on-grid and hybrid solar power generation used in homes
 Major Field : Energy Engineering Technology
 King Mongkut's University of Technology North Bangkok
 Thesis Advisor : Associate Professor Dr. Preeda Chantawong
 Academic Year : 2025

ABSTRACT

This research aims to (1) study the performance of a hybrid solar photovoltaic power generation system for office building applications (2) test the system's performance under load conditions ranging from 2 to 5 kilowatts continuously for 24 hours a day. (3) compare the charging current into the Battery with the electricity consumption within the building. The study was conducted using a hybrid solar power system installed in an office building. Data were collected through monitoring and recording power data using the ESS LINK program and analyzing various electrical parameters within the system. The data were analyzed quantitatively by comparing the amount of energy produced, energy consumption, and Battery charging levels over different time periods. The research findings are as follows: (1) The hybrid solar power generation system, consisting of a set of 10.24 kWh Battery, a 10-kilowatt inverter and charger, and 20 solar panels with a capacity of 550 watts each, can supply electricity continuously for 24 hours without relying on grid electricity. (2) The charging current produced and stored in the Battery is stable and effectively provides backup power during nighttime. (3) The system enhances the stability of electricity supply within the building, promotes the use of clean solar energy, and contributes to environmental conservation.

(Total xx Pages)

Keywords: Hybrid solar power system, Green energy storage

 Advisor

กิตติกรรมประกาศ

Click or tap here to enter text.

मित्त กุลอนุสถาพร



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง (ถ้ามี)	ซ
สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี).....	ฌ
บรรณานุกรม	2
ภาคผนวก.....	5
ประวัติผู้เขียน	1

สารบัญตาราง (ถ้ามี)

หน้า

No table of figures entries found.



สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี)

หน้า

No table of figures entries found.



บรรณานุกรม

1. Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2018). Alternative Energy Development Plan: AEDP2015. Bangkok: Ministry of Energy
2. Saranya S, Tika B and Preeda C. Investigation of Thermal Performance of Photovoltaic Roof Solar Collector with Phase Change Material, J Energy and Environment Technology 2021;8:1:11-21.
3. ศาตรา ศิริแก้ว, วุฒิสาสตร์ โชคเกื้อ, อนุสรณ์ แสงประจักษ์ และ ชโลธร สีหาทิพย์. (2562). การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์: กรณีศึกษาอาคารสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 11(21), 179–192.
4. Jha. A. R. Solar Cell Technology and Applications. Boca Raton: Taylor & Francis Group. 2010.
5. Surakit, T., & Atthapol, N. (2018). Performance and economic analysis on rooftop PV system. Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology, 10(19), 157–169.
6. Cross, B.M. Development, testing and first installations of an integrated solar roof system. In The IEEE First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 1994:1: 1020-1023.
7. พีระวุฒิ ชินวรรังสี และคณะ. (2558). การประเมินสมรรถนะและความคุ้มค่าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายเทคโนโลยีที่ติดตั้งบนหลังคาในประเทศไทย. วิศวกรรมลาดกระบัง, 32(2), 19–24.
8. ธีรยุทธ พันธ์ทิพย์สุวงษ์ และคณะ การจำลองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาล ตำบลแม่เกาะจังหวัดลำปาง วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2565) หน้า 81-97.
9. EnergySage. (2023). "On-grid vs. Off-grid vs. Hybrid Solar Systems: What's the Difference?" EnergySage.
10. Solar Reviews. (2022). "Solar Battery Storage: The Future of Clean Energy." Solar Reviews.

11. Clean Energy Council. (2022). "Hybrid Solar Systems - Everything You Need to Know." Clean Energy Council.
12. <https://itsmartsystem.com/Blog-Hybrid-Solar-System.html>
13. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. "Photovoltaic Report." 2021.
14. Chen, Y., et al. "Research on Grid-Connected PV Systems with Inverter and its Harmonics." IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2019.
15. UNFCCC – Thailand's Submission on Climate Policy
16. Climate Action Tracker – Thailand 2022 Update
17. Thailand's Path to Carbon Neutrality – World Bank
18. Dzvinga, H., & Xia, X. (2014). Energy Dispatch Strategy for a Grid-Connected PV-Wind-Battery Hybrid System. IEEE Transactions on Energy Conversion.
19. Akikur, R. K., et al. (2013). "A review of strategies for PV and energy storage integration." Renewable and Sustainable Energy Reviews.
20. บริษัท EnSmart. (2564). คู่มือการใช้งานโปรแกรม ESS LINK. กรุงเทพฯ: เอนสมาร์ท เทคโนโลยี.
21. จักรกฤษณ์ แสงทอง. (2560). การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์. วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่.
22. ณรงค์ฤทธิ์ พงศ์ศิริ. (2563). ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Hybrid System). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เทคโนโลยี.
23. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2564). รายงานการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย. กระทรวงพลังงาน.
24. สุชาติ ศรีอนันต์. (2565). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบโซลาร์เซลล์แบบ On-grid และ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย. วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนการราชดำเนิน.
25. ชัยวัฒน์ ทองคำ และคณะ. (2562). การประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พลังงานทดแทน.
26. Marion, B., Anderberg, M., & Kroposki, B. (2005). Performance parameters for grid-connected solar systems. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
27. Kumar, A., Singh, R., & Shukla, A. (2021). Performance analysis of hybrid solar solar system for residential buildings. Energy Reports, 7, 1234–1242.



This is Mendeley biography

ภาคผนวก

หากมีภาคผนวกให้จัดทำเนื้อหาบริเวณนี้ หากไม่สามารถลบหน้านี้ได้เลย



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย มิตต์ กุลอนุสถาพร

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย

สาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน

ประวัติ Click or tap here to enter text.

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid
สำหรับบ้านพักอาศัย

(Study and comparative of on-grid and hybrid solar power generation used in homes)

โดย
นาย มิตต์ กุลอนุสถาพร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาโควิด-19 ที่ผ่านมานั้นได้เกิดการระบาดไปทั่วโลก ส่งผลต่อภาวะเศรษฐกิจทั่วโลก อีกทั้งยังเกิดภาวะสงครามระหว่างประเทศมหาอำนาจ คือ ประเทศรัสเซียกับยูเครนในทวีปยุโรป ซึ่งทั้งสองประเทศนี้เป็นประเทศมหาอำนาจด้านพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงส่งผลให้ราคาพลังงานสูงขึ้น และกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวม

ในปัจจุบัน สถานการณ์พลังงานของโลกมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น อันเป็นผลจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การใช้ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมถึงใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้และส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมทั่วไป ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5

เชื้อเพลิงฟอสซิลยังเป็นที่พึ่งพาอาศัยกันแล้วหมดไป อีกทั้งประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกในปัจจุบันต่างตื่นตัวกับปัญหา “ภาวะโลกร้อน” ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประชากรโลก ทั้งในด้านสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง การเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่น คลื่นยักษ์สึนามิ ไฟป่า พายุทอร์นาโด การเกิดหลุมยุบ และการเกิดโรคอุบัติใหม่รวมถึงการกลายพันธุ์ของเชื้อโรค

ประชาคมโลกจึงได้มีการจัดทำ สนธิสัญญาเกียวโต (Kyoto Protocol) และ สนธิสัญญาปารีส (Paris Agreement) โดยในสนธิสัญญาปารีสได้กำหนดนโยบาย “Carbon Neutrality” และ “Net Zero” ซึ่งเป็นกลยุทธ์สำคัญในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ประเทศต่าง ๆ ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก โดยมีรายละเอียดสำคัญดังนี้

Carbon Neutrality (คาร์บอนเป็นกลาง) หมายถึง การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ มีค่าเป็นศูนย์สุทธิ โดยลดการปล่อยคาร์บอนให้น้อยลงและชดเชยปริมาณที่ปล่อยออกมาผ่านการดูดซับ เช่น การปลูกป่า หรือเทคโนโลยีการดักจับคาร์บอน (Carbon Capture) หลายประเทศได้นำเป้าหมายนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายสิ่งแวดล้อม เช่น สหภาพยุโรปและสหราชอาณาจักร ซึ่งตั้งเป้าหมายให้บรรลุคาร์บอนเป็นกลางภายในปี 2050

นอกจากนี้ สนธิสัญญาปารีสยังเป็นความตกลงระหว่างประเทศเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีเป้าหมายหลักในการจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกให้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม และพยายามจำกัดไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส ข้อตกลงนี้กำหนดให้ประเทศภาคีต้องรายงานความก้าวหน้าทุก 5 ปี ผ่านเป้าหมายระดับประเทศที่เรียกว่า NDCs (Nationally Determined Contributions) ซึ่งเป็นแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แต่ละประเทศต้องจัดทำและนำเสนอ

Net Zero หมายถึง การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้สุทธิมีค่าเป็นศูนย์ หลายประเทศทั่วโลกได้กำหนดเป้าหมาย Net Zero ไว้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น

สหภาพยุโรป: ตั้งเป้าบรรลุ Net Zero ภายในปี 2050

สหราชอาณาจักร: ประกาศเป้าหมาย Net Zero ภายในปี 2050 ผ่านกฎหมายอย่างเป็นทางการ

สหรัฐอเมริกา: ตั้งเป้าบรรลุ Net Zero ภายในปี 2050 โดยเร่งนโยบายด้านพลังงานทดแทน

นอกจากนี้ หลายประเทศทั้งในกลุ่มพัฒนาแล้วและกำลังพัฒนาก็ได้มีการกำหนดเป้าหมาย Net Zero เพื่อให้สอดคล้องกับสนธิสัญญาปารีส รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีสีเขียวเพื่อสนับสนุนเป้าหมายดังกล่าว ซึ่งนโยบายเหล่านี้เป็นการตอบสนองในระดับโลกต่อการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และมุ่งสู่ระบบเศรษฐกิจที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ สำหรับ ประเทศไทย [13–15] ได้มีการกำหนดนโยบาย Net Zero โดยมีเป้าหมายหลักในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้สุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2065 ทั้งนี้ ประเทศไทยตั้งเป้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 30 ภายในปี 2030 ตามแผน NDC (Nationally Determined Contributions) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพันธกรณีภายใต้ สนธิสัญญาปารีส (Paris Agreement)

แนวทางการดำเนินงานหลัก

1. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน: ประเทศไทยส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวภาพ พร้อมทั้งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและส่งเสริมการนำเทคโนโลยีสีเขียวมาใช้ เช่น ระบบดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS)
2. การพัฒนานโยบายการใช้พลังงาน: ประเทศไทยส่งเสริมมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการพลังงาน รวมถึงการปรับปรุงกฎระเบียบด้านการก่อสร้าง เพื่อให้มีการประหยัดพลังงานมากยิ่งขึ้น
3. ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน: ภาครัฐได้ดำเนินการร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ ซึ่งได้ร่วมมือกันเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ผ่านการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังคงมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมถึงในภาคส่วนอื่น ๆ เช่น ภาคเกษตรกรรม ภาคครัวเรือน ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสีย คือ การปลดปล่อยก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 และก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน

ดังนั้น รัฐบาลจึงได้มีมาตรการในการส่งเสริมการใช้ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสะอาด ซึ่งไม่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเลย เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ และมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก

จากรายงาน [1] พบว่าในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการใช้และพัฒนาพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของเชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า ตาม แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) โดยมีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนในปี พ.ศ. 2579 ที่ร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ทั้งนี้ เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ที่ 19,684.40 เมกะวัตต์ (เทียบเท่าน้ำมันดิบ 5,588.24 พันตัน) หรือคิดเป็นร้อยละ 14.19 โดยพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนสูงสุดคือ 6,000 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ของพลังงานทดแทนทั้งหมด ทั้งนี้ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี โดยมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี 17.4 MJ/m²·day (4.83 kWh/m²·day) ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอต่อการนำมาใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ใน แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) ฉบับปี พ.ศ. 2564 ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเป้าหมายการติดตั้งรวม 3,000 เมกะวัตต์ (MW)

ปัจจุบันประเทศไทย [2] ได้มีการนำพลังงานหมุนเวียนจากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง โดยไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการนำพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่แล้วมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตประจำวัน และสามารถใช้งานได้ทุกวันที่มีแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของระบบโซลาร์เซลล์ คือ การนำแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จและเก็บประจุของเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน โดยต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และหากต้องการเพิ่มกระแสไฟฟ้าก็จะต่อแบบขนาน ทั้งนี้ การออกแบบระบบจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่ากำหนดกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ต่อแผงไว้เท่าใด โดยค่ากระแสไฟฟ้าจะมีสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์ ซึ่งในวันที่มีความเข้มแสงสูง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ความเข้มแสงมาตรฐานที่ใช้ในการวัดคือค่าความเข้มแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอกในพื้นที่นั้น ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานสำหรับใช้งานในอาคารสำนักงาน
2. เพื่อทดสอบการทำงานของระบบภายใต้ภาระโหลดระหว่าง 2-5 กิโลวัตต์ ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่กับการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเพื่อดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On grid และ แบบ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย (Study and comparative of on-grid and hybrid solar power generation used in homes) ที่เหมาะสมในการใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ของระบบทั้งสอง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Hybrid ที่ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ อินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ และซอฟต์แวร์ติดตามผล เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเสถียรในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารสำนักงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยไม่พึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้า การวิจัยพิจารณาองค์ประกอบหลักดังนี้

1. ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
2. ภาระโหลดไฟฟ้าภายในอาคาร (2-5 กิโลวัตต์)
3. พลังงานที่ผลิตจากแสงอาทิตย์
4. การชาร์จพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่

5. การใช้พลังงานในช่วงกลางวันและกลางคืน

6. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม ESS LINK

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านี้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ โดยพิจารณาจากปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ ความสามารถในการจ่ายไฟอย่างต่อเนื่อง ความเสถียรของกระแสไฟฟ้า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสามระบบ คือ

- ระบบแรก เป็นแบบออนกริด (On-Grid System)
- ระบบที่สอง เป็นแบบออฟกริดทั่วไปหรือแบบอิสระ (Off-Grid System)
- ระบบที่สาม เป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะแบบอิสระ (Off-Grid Smart Photovoltaic Generator System)

1.6.2 พลังงานจากแสงอาทิตย์ หมายถึง แหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาด และมีอยู่มากมาย มหาศาลจนไม่มีวันใช้หมด เพราะตราบดีที่ยังมีดวงอาทิตย์อยู่ในระบบสุริยะจักรวาล ก็ยังคงมี พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกทุกวันและทุกเวลา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้สิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก จะใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์โดยตรง แต่ปริมาณที่ใช้จริงนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้รับ มนุษย์จึงได้พัฒนาและประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในกิจกรรมต่าง ๆ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าแบบ On-Grid และแบบ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย

1.7.2 เพื่อเลือกแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับระบบ On-Grid และ Hybrid ใน บ้านพักอาศัย โดยมีปัจจัยหลัก 7 ประการ ได้แก่ ชนิดแบตเตอรี่, วัฏจักรการชาร์จไฟต่อน้ำหนัก, ขนาด, ราคา, รอบการชาร์จ, การสูญเสียไฟฟ้าเมื่อไม่มี การใช้งาน, อุณหภูมิใช้งาน และค่าความลึกของการคายประจุ (Depth of Discharge: DOD) ที่เหมาะสม

1.7.3 เพื่อให้ได้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาและเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ On-Grid และแบบ Hybrid สำหรับบ้านพักอาศัย (Study and comparison of on-grid and hybrid solar power generation used in homes) จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 พลังงานแสงอาทิตย์
- 2.2 ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์
- 2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดและแบบไฮบริด
- 2.4 แบตเตอรี่
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่สะอาด และมีอยู่มากมายมหาศาลจนไม่มีวันใช้หมด เพราะตราบดีที่ยังมีดวงอาทิตย์อยู่ในระบบสุริยะจักรวาล ตรานั้นจะยังคงมีพลังงานจากดวงอาทิตย์ส่งมายังโลกของเราทุกวันและทุกเวลา อย่างไรก็ตาม ถึงแม้สิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกจะใช้ประโยชน์โดยตรงจากแสงอาทิตย์ แต่ปริมาณที่ใช้กันอยู่นั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ได้รับมา มนุษย์จึงได้รู้จักการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา มนุษยชาติ มานานนับร้อยปี

ถึงกระนั้นก็ตาม ในปัจจุบันมนุษย์ก็ยังคงคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ทั้งในรูปของพลังงานความร้อนโดยตรง หรือการแปลงรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในอนาคตเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จะถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น เพราะนอกจากจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากแหล่งพลังงานต้นทางแล้ว ยังช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมของโลกอีกด้วย

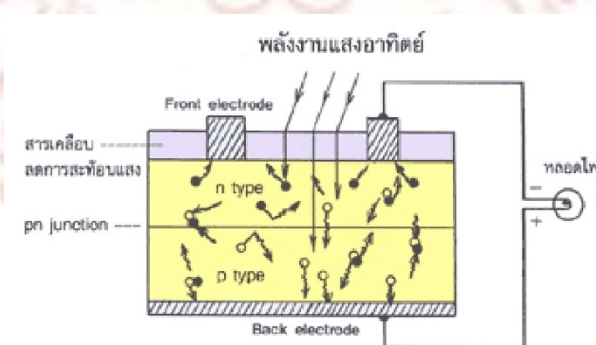
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และไม่หมดไป เราสามารถใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าผ่านระบบโซลาร์เซลล์และเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น ระบบพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Concentrated Solar Power: CSP)

ประโยชน์ของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1. ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ จึงช่วยลดภาวะโลกร้อนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
2. ลดค่าไฟฟ้า: การติดตั้งโซลาร์เซลล์สามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมากในระยะยาว เนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตจากแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ภายในบ้านหรือขายคืนเข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลักได้
3. พลังงานยั่งยืน: พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดและสามารถใช้ได้ทุกวัน แม้ในวันที่มีเมฆมากหรือแสงแดดน้อย ก็ยังสามารถผลิตไฟฟ้าได้ เพียงแต่ประสิทธิภาพจะลดลงเล็กน้อย
4. ความมั่นคงด้านพลังงาน: การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ และเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้แก่ประเทศ
5. ส่งเสริมเศรษฐกิจ: อุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยสร้างงานและกระตุ้นเศรษฐกิจ ทั้งในด้านการผลิต การติดตั้ง และการบำรุงรักษา ซึ่งส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจในระยะยาว

2.2 ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถนำกระแสไฟฟ้างกล่าวไปใช้งานได้

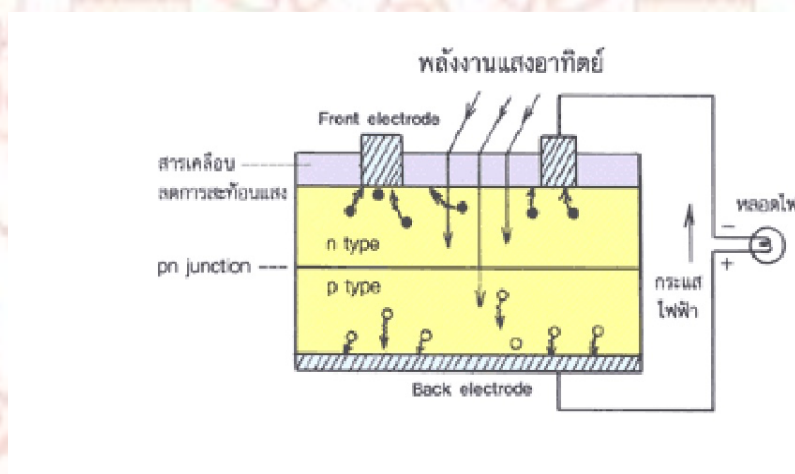


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ (คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์, กองเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

จากรูปที่ 2.1 N-type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้จากการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัส ทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ จะอยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ชั้นถัดมาคือ P-type ซิลิคอน ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้จากการโด๊ปด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (เกิดโฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาประกบกันเกิดเป็นรอยต่อ P-N Junction จึงทำให้เกิดเป็น “เซลล์แสงอาทิตย์”

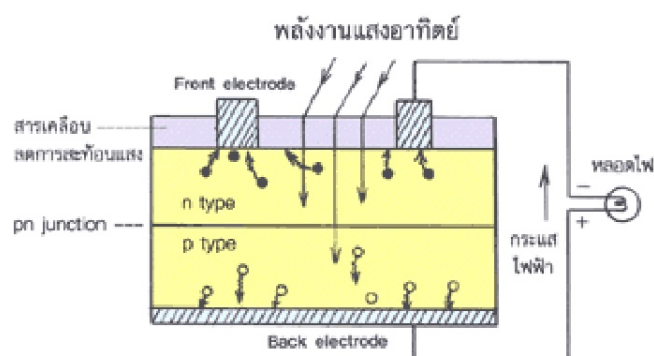
ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด N-type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่เล็กน้อย บริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน

ส่วน P-type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านล่างของ P-type ซิลิคอน จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่รวบรวมโฮล (รูปที่ 2.2)



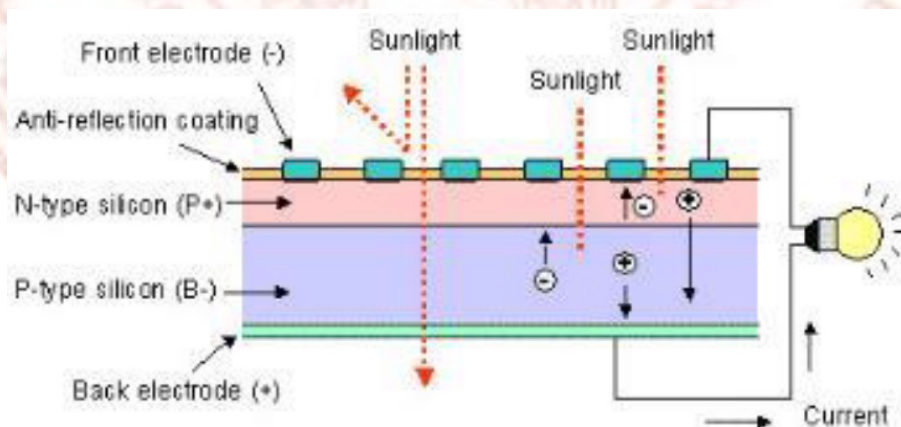
รูปที่ 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนที่จะได้รับแสง

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบนแผง แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กันอิเล็กตรอน จะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-type (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสง

อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กันดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของไฟฟ้า

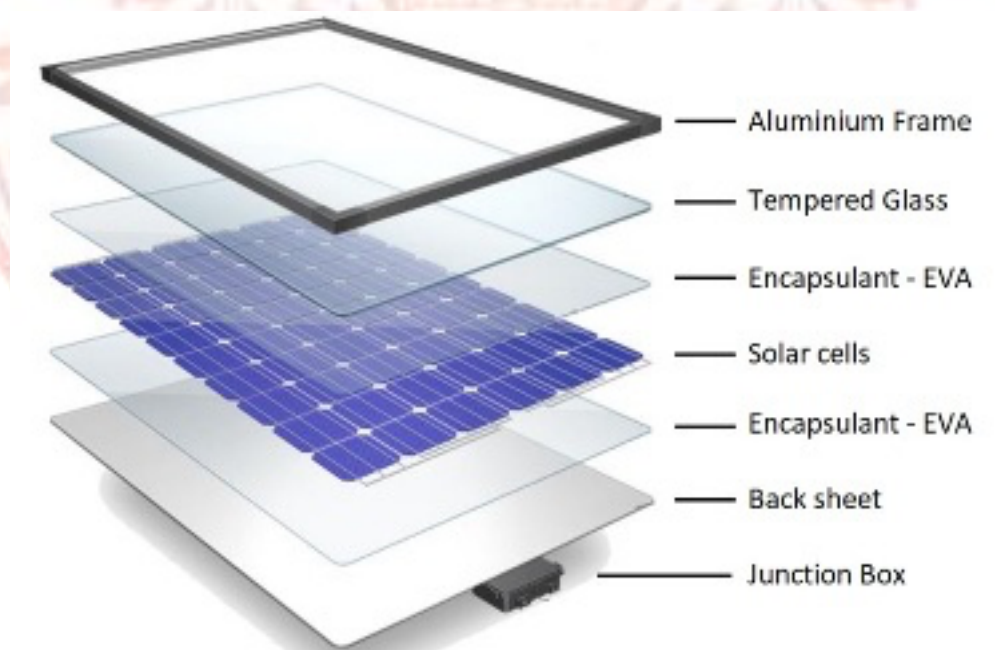
2.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผง ก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย

แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะแผงโซลาร์เซลล์จะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบติดตั้งจึงต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและสามารถป้องกันความชื้นได้ดี เช่น ซิลิโคน และ EVA (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น

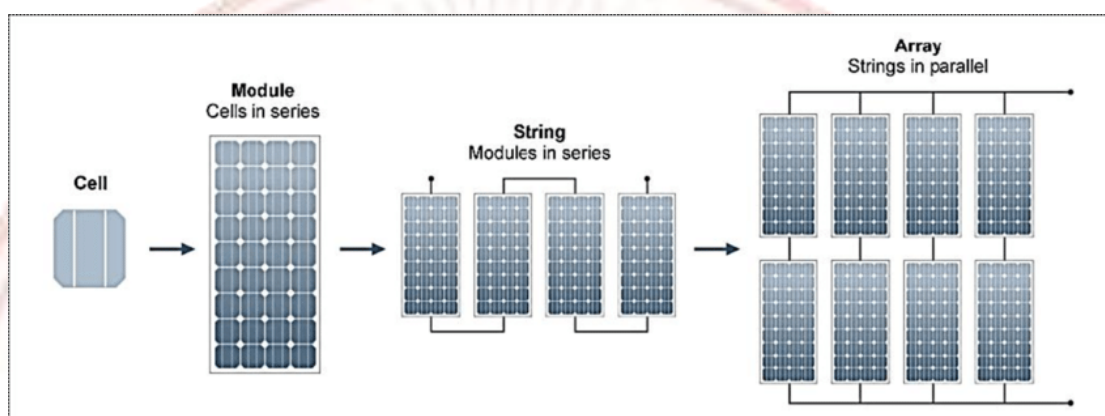
เพื่อเป็นการป้องกัน แผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่ในบางครั้งก็ไม่มี ความจำเป็น หากมีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งสามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้น แผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ซึ่งสะดวกต่อการติดตั้ง (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

(https://th.everexceed.com/blog/components-of-solar-panels_b134)

Crystalline Silicon (C-Si) โซลาร์เซลล์ถูกเรียกว่า “เซลล์” (Cell)
 ถัดมาคือการนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่ออนุกรมกัน จะเรียกว่า “พาเนล” (Panel)
 ถัดมาคือการนำพาเนลหลาย ๆ พาเนลมาต่ออนุกรมกัน จะเรียกว่า “สตริง” (String)
 และถัดมาคือการนำสตริงหลาย ๆ สตริงมาต่อขนานกัน เรียกว่า “อาร์เรย์” (Array)
 ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Crystalline silicon Solar PV

(https://www.researchgate.net/figure/Figure-17-Configuration-of-cell-module-and-array34_fig5_342736081)

ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยทั่วไป แบ่งออกเป็นสามระบบ คือ

ระบบแรก เป็นแบบออนกริด (On-Grid System) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic Panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์เพียงแผงโซลาร์เซลล์และอินเวอร์เตอร์ออนกริด (On-Grid Inverter)

หลักการทำงานคือการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบของการไฟฟ้า สามารถขายไฟฟ้าคืนหรือใช้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้

ระบบที่สอง เป็นแบบออฟกริดทั่วไป (Off-Grid System) หรือแบบอิสระ เป็นระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์โดยไม่ปฏิสัมพันธ์กับระบบของการไฟฟ้า ทำให้ระบบนี้สามารถพึ่งพาตัวเองได้ โดยสมบูรณ์ ผู้ติดตั้งสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

ระบบออฟกริดสามารถแบ่งย่อยตามลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่ใช้กันได้เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยสามารถเลือกโหลด (เครื่องใช้ไฟฟ้า) ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ มีวิธีการ

ต่อระบบที่หลากหลาย เช่น ต่อโหลดกระแสตรงเข้ากับแผงโซลาร์เซลล์ (ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง) โดยตรง หรือ นำไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงไปชาร์จไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ (Battery) ผ่านอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ (Charge Controller) แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

ข้อดีของระบบนี้คือสามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ในช่วงกลางคืนได้ แต่ข้อเสียคือหากไฟสำรองในแบตเตอรี่หมดก็ไม่สามารถใช้งานได้

ระบบที่สาม เป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะแบบอิสระ (Off-Grid Smart Photovoltaic Generator System)

ระบบนี้สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีการใช้วงจรควบคุมการชาร์จไฟฟ้าอัจฉริยะแบบพลวัต หลักการทำงานของระบบประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic Panels) ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และส่งผ่านวงจรชาร์จไฟ (Charge Control) เข้าสู่แบตเตอรี่ (Battery) ผ่านอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จ (Charge Controller)

จากนั้นจะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน และยังมีวงจรชาร์จไฟฟ้ากระแสตรง (Charge DC) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ในกรณีที่เป็นเวลากลางคืนหรือมีเมฆมาก

ข้อดีของระบบนี้คือสามารถสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ได้ในช่วงกลางคืน ทำให้ระบบสามารถจ่ายพลังงานได้ต่อเนื่องตลอดเวลา

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบออนกริด และ แบบไฮบริด [10-12]

ระบบโซลาร์เซลล์แบ่งออกเป็นหลายประเภทหลัก ๆ โดยเฉพาะระบบออนกริด (On-Grid) และไฮบริด (Hybrid) ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านการใช้งาน การเก็บพลังงาน และการพึ่งพาไฟฟ้าจากแหล่งอื่น ๆ ดังนี้:

2.3.1. ระบบออนกริด (On-Grid System)

ระบบออนกริดเป็นระบบโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายไฟฟ้าหลัก (Grid) เช่น เครือข่ายของการไฟฟ้าในพื้นที่ การทำงานของระบบนี้จะส่งไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลักโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งระบบนี้มีจุดเด่นและรายละเอียดดังนี้:

คุณสมบัติ:

- พึ่งพาเครือข่ายไฟฟ้าหลัก: ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกใช้งานในอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน หรืออาคารก่อน และไฟฟ้าที่เหลือจะถูกส่งกลับเข้าสู่เครือข่ายไฟฟ้า

- ไม่มีแบตเตอรี่: ระบบออนกริดไม่มีการเก็บพลังงานไว้ใช้ภายหลัง จึงไม่สามารถใช้งานได้ในกรณีที่เครือข่ายไฟฟ้าหลักมีปัญหา เช่น ไฟฟ้าดับ
- ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า: เนื่องจากการไม่ติดตั้งแบตเตอรี่ ทำให้ต้นทุนของระบบออนกริดต่ำกว่าระบบอื่น ๆ โดยเฉพาะระบบไฮบริด



รูปที่ 2.7 แสดงระบบโซลาร์แบบ ออนกริด

(<https://www.kitjarak.com/article/13>)

ข้อดีของระบบ Solar On-Grid

- ประหยัดค่าไฟ: ระบบออนกริดช่วยลดค่าไฟฟ้าได้มาก เนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ถูกนำมาใช้แทนไฟฟ้าจากการไฟฟ้า
- ขายไฟฟ้ากลับเข้าระบบ: ในบางประเทศหรือบางพื้นที่ ระบบนี้สามารถขายไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานกลับเข้าสู่เครือข่ายไฟฟ้าและได้รับค่าตอบแทน (เช่น ภายใต้ระบบ Net Metering)

ข้อเสียของระบบ Solar On-Grid

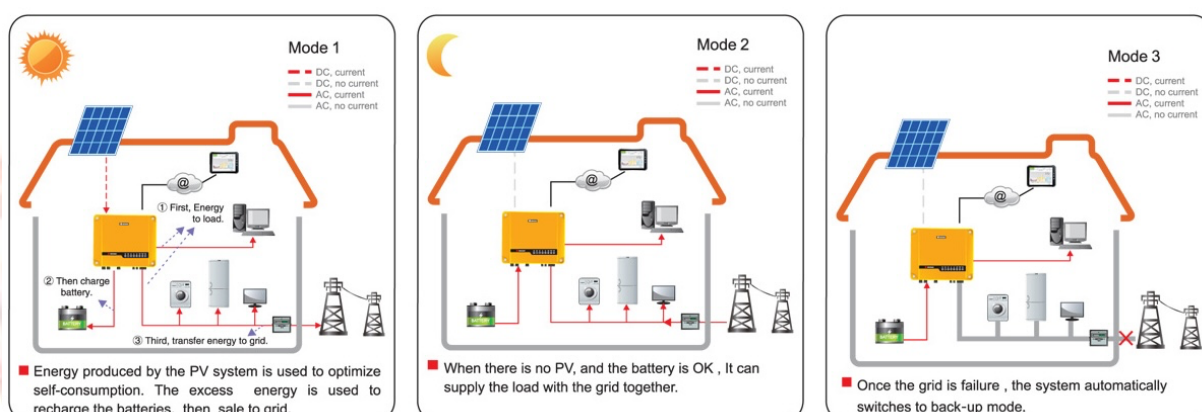
- ไม่สามารถทำงานได้ในขณะที่ไฟฟ้าดับ: ระบบนี้ยังคงพึ่งพาไฟฟ้าจากเครือข่ายหลัก ดังนั้นเมื่อไฟฟ้าดับ ระบบก็จะไม่สามารถใช้งานได้
- ไม่มีการเก็บพลังงานสำรอง: ในวันที่ไม่มีแสงแดด ระบบจะยังคงต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากเครือข่ายหลักอย่างเต็มที่

2.3.2 ระบบไฮบริด (Hybrid System)

ระบบไฮบริดเป็นการผสมผสานระหว่างระบบออนกริดและระบบแบตเตอรี่ (Off-Grid) โดยระบบนี้สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไฟฟ้าหลักได้เหมือนระบบออนกริด แต่สามารถเก็บพลังงานในแบตเตอรี่เพื่อใช้ในช่วงที่ไฟฟ้าดับหรือในช่วงกลางคืน ดังแสดงในรูปที่ 2.8

คุณสมบัติ:

- มีแบตเตอรี่เก็บพลังงาน: ระบบนี้มีการติดตั้งแบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานส่วนเกินที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อนำมาใช้เมื่อไม่มีแสงแดดหรือในช่วงไฟฟ้าดับ
- ใช้ไฟฟ้าจากหลายแหล่ง: สามารถเลือกใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ หรือเครือข่ายไฟฟ้าหลักตามความเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา
- การจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ: ระบบสามารถตั้งค่าให้ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ก่อน และหากพลังงานในแบตเตอรี่หมด ระบบจะเปลี่ยนไปใช้ไฟฟ้าจากเครือข่ายไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.8 ระบบโซลาร์ไฮบริดและการทำงานในแต่ละโหมดของระบบ

(<https://www.kitjarak.com/article/13>)

ประโยชน์:

- สำรองพลังงานเมื่อไฟดับ: เนื่องจากมีแบตเตอรี่ ระบบนี้จึงสามารถสำรองพลังงานสำหรับการใช้งานในกรณีที่ไฟฟ้าดับได้
- เพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน: ระบบไฮบริดสามารถเลือกใช้แหล่งพลังงานที่ประหยัดและเหมาะสมที่สุดตามสภาพอากาศและช่วงเวลาในการใช้งาน

- ลดการพึ่งพาเครือข่ายไฟฟ้าหลัก: ในบางกรณี ระบบไฮบริดสามารถทำงานได้เกือบเป็นอิสระจากเครือข่ายไฟฟ้าหลักในวันที่มีแสงแดดดี

ข้อเสีย:

- ต้นทุนสูงกว่า: การติดตั้งแบตเตอรี่ทำให้ระบบไฮบริดมีต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่าระบบออนกริด
- การบำรุงรักษา: แบตเตอรี่ต้องการการบำรุงรักษาและอาจต้องเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้งานไปในระยะยาว

ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริดจะประกอบไปด้วย 5 ส่วนสำคัญ ดังนี้

1. แผงโซลาร์เซลล์
2. โครงสร้าง Mounting สำหรับติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์
3. ไฮบริดอินเวอร์เตอร์
4. แบตเตอรี่
5. อุปกรณ์เสริม

โดยทั่วไป เนื่องจากราคาที่ยังคงสูงอยู่ ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริดจึงนิยมใช้กับบ้านพักอาศัยหรืออาคารที่มีขนาดของระบบไม่ใหญ่มาก ทั้งนี้ ขนาดของระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริดที่มีใช้กันในท้องตลาดโดยทั่วไป สามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.1

ระบบ Solar off grid	ขนาดระบบ	ขนาดระบบ	ขนาดระบบ	ขนาดระบบ	ขนาดระบบ
	5,000 W	10,000 W	15,000 W	20,000 W	30,000 W
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	3 kW	5 kW	10 kW	10 kW	15 kW
โครงสร้างการติดตั้ง	3 kW	5 kW	10 kW	10 kW	15 kW
ไฮบริดอินเวอร์เตอร์	3 kW	5 kW	10 kW	10 kW	15 kW
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	5 kWh	10 kWh	15 kWh	20 kWh	30 kWh

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบระบบโซลาร์ off grid ขนาด 5-30 kW

2.3.3. การเปรียบเทียบระหว่างระบบออนกริดและไฮบริด

เมื่อพิจารณาระบบโซลาร์เซลล์แบบออนกริดกับแบบไฮบริดในระบบพื้นฐาน เบื้องต้น ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริด (Hybrid Solar System) [12] คือการผสมผสานระหว่างระบบโซลาร์เซลล์แบบออนกริด (On-Grid) และแบบออฟกริด (Off-Grid) เข้าด้วยกัน ระบบนี้จะมีการต่อวงจรร่วมกันทั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel), ไฟจากการไฟฟ้า (Grid), และแบตเตอรี่ (Battery)

ในช่วงเวลากลางวัน แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตไฟฟ้าและส่งผ่านอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ไปจ่ายให้กับโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ หากแผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าปริมาณที่ใช้จริงในขณะนั้น พลังงานส่วนเกินจะถูกนำไปชาร์จเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้ในเวลากลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์

ส่วนในช่วงเวลากลางคืนหรือวันที่มีเมฆมาก ระบบจะดึงพลังงานจากแบตเตอรี่ที่กักเก็บไว้ในเวลากลางวันมาใช้งานจนกว่าแบตเตอรี่จะหมด หากพลังงานในแบตเตอรี่หมดแล้วแต่ยังคงมีการใช้ไฟฟ้าอยู่ ระบบจะสลับไปใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

ระบบนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ใช้ไฟที่ต้องการลดค่าไฟทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืน หรือผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าไม่มีเสถียรภาพ หากมีการออกแบบระบบอย่างเหมาะสมจะช่วยให้ไฟฟ้ามีเสถียรภาพมากขึ้น ลดปัญหาไฟตก และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าลงได้จนถึงระดับต่ำสุด หรืออาจไม่ต้องซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเลยในบางช่วงเวลา

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันระบบนี้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากต้องติดตั้งแบตเตอรี่เพิ่มเติม ซึ่งทำให้มีมูลค่าการลงทุนค่อนข้างสูงกว่าแบบออนกริดพอสมควร ทั้งยังมีต้นทุนด้านการบำรุงรักษาที่มากกว่า โดยเฉพาะการดูแลแบตเตอรี่ เมื่อคำนวณจุดคุ้มทุนแล้ว พบว่าระบบไฮบริดจะมีระยะเวลาคืนทุนที่นานกว่าระบบออนกริด

อย่างไรก็ดี การพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการเติบโตของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า ทำให้ราคาของแบตเตอรี่ลดลงตามความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อแข่งขันกับอุตสาหกรรมรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Disruptive Technology)

ด้วยเหตุนี้เอง ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริดจึงเริ่มได้รับความสนใจมากขึ้น และถูกนำเสนอเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างยั่งยืน

2.4 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งเซลล์หรือมากกว่า ซึ่งมีการเชื่อมต่อภายนอกเพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า แบตเตอรี่มี ขั้วบวก (Anode) และ ขั้วลบ (Cathode) ขั้วที่มีเครื่องหมายบวกจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วที่มีเครื่องหมายลบ โดยขั้วที่มีเครื่องหมายลบคือแหล่งกำเนิดของอิเล็กตรอน ซึ่งเมื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้ว อิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลและส่งมอบพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายนอก

เมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก สารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้อิออนเคลื่อนที่ได้ ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง ซึ่งอยู่ห่างกัน เพื่อส่งพลังงานให้กับวงจรภายนอก การเคลื่อนไหวของอิออนภายในแบตเตอรี่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เพื่อใช้งาน

ในอดีต คำว่า “แบตเตอรี่” หมายถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์เท่านั้น แต่ในปัจจุบัน คำนี้ถูกใช้ครอบคลุมถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเพียงเซลล์เดียวด้วย

แบตเตอรี่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) และ แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery)

- แบตเตอรี่ปฐมภูมิ: ใช้ได้เพียงครั้งเดียวหรือใช้แล้วทิ้ง วัสดุที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรในระหว่างการคายประจุ (Discharge) ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่อัลคาไลน์ (Alkaline Battery) ที่นิยมใช้ในไฟฉายและอุปกรณ์พกพาทั่วไป
- แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (แบตเตอรี่แบบประจุซ้ำได้): สามารถคายประจุและชาร์จใหม่ได้หลายครั้ง โดยองค์ประกอบของขั้วไฟฟ้าสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับ ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery) ที่ใช้ในยานพาหนะ และ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) ที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา

แบตเตอรี่มีหลากหลายรูปทรงและขนาด ตั้งแต่เซลล์ขนาดเล็กที่ให้พลังงานกับเครื่องช่วยฟัง และนาฬิกาข้อมือ ไปจนถึงแบตเตอรี่ขนาดใหญ่เท่าห้องที่ใช้จ่ายพลังงานให้กับชุมสายโทรศัพท์และศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์

จากการคาดการณ์ในปี ค.ศ. 2005 อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ทั่วโลกมีมูลค่าการขายประมาณ 48 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และเติบโตเฉลี่ยปีละร้อยละ 6 แบตเตอรี่มีค่าพลังงานจำเพาะ (พลังงานต่อหน่วยมวล) ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำมัน



รูปที่ 2.8 voltaic pile แบตเตอรี่ตัวแรกของโลก (<https://th.wikipedia.org/wiki/แบตเตอรี่>)



รูปที่ 2.9 อาเลสซานโดร โวลตา กำลังสาธิตแบตเตอรี่ของเขาให้กับจักรพรรดิฝรั่งเศส นโปเลียน โบนาปาร์ต (<https://th.wikipedia.org/wiki/แบตเตอรี่>)

การใช้คำว่า “แบตเตอรี่” เพื่ออธิบายกลุ่มของอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถย้อนไปถึงสมัยของ เบนจามิน แฟรงคลิน (Benjamin Franklin) ผู้ซึ่งในปี ค.ศ. 1748 ได้อธิบายกลุ่มของ หม้อเลย์เดน (Leyden Jars) โดยเปรียบเทียบกับว่า เป็น “แบตเตอรี่ของปืนใหญ่” (ซึ่งแฟรงคลินยืมคำว่า แบตเตอรี่ จากทางทหาร ที่หมายถึงอาวุธหลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน)

ต่อมา อาเลสซานโดร โวลตา (Alessandro Volta) ได้สร้างและอธิบาย แบตเตอรี่ไฟฟ้าเคมี ตัวแรก ที่เรียกว่า Voltaic Pile ในปี ค.ศ. 1800 ซึ่งประกอบด้วยแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีวางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยมีแผ่นกระดาษชุบน้ำเกลือคั่นกลาง สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง เป็นเวลานานพอสมควร

โวลตาในขณะนั้นยังไม่เข้าใจว่ากระแสไฟฟ้าเกิดจากปฏิกิริยาเคมี เขาคิดว่าเซลล์ของเขาเป็น แหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด และมองว่าการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นกับขั้วไฟฟ้าทั้งสองเป็นเพียงสิ่งรบกวน มากกว่าจะเป็นผลโดยตรงจากการทำงานของแบตเตอรี่ แต่ต่อมา ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) ได้แสดงให้เห็นในปี ค.ศ. 1834 ว่าปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ไฟฟ้าคือแหล่งกำเนิดของ กระแสไฟฟ้าอย่างแท้จริง

แม้ว่าแบตเตอรี่ในยุคแรก ๆ จะมีประโยชน์อย่างมากในเชิงทดลอง แต่แรงดันไฟฟ้าของมันยังไม่คงที่ และไม่สามารถให้กระแสขนาดใหญ่ได้อย่างต่อเนื่อง

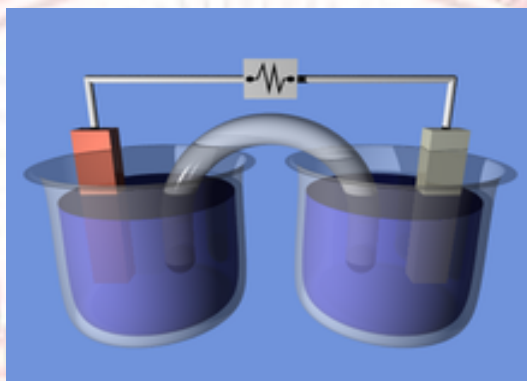
ต่อมาในปี ค.ศ. 1836 นักเคมีชาวอังกฤษ จอห์น เฟรเดอริก ดานีเอล (John Frederic Daniell) ได้คิดค้น เซลล์ของดานีเอล (Daniell Cell) ซึ่งถือเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริงเป็นครั้งแรก และกลายเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางให้เป็นแหล่งพลังงาน สำหรับระบบโทรเลขไฟฟ้าในยุคนั้น

เซลล์ของดานีเอลประกอบด้วยหม้อทองแดงที่บรรจุสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) และมีภาชนะดินเผาเคลือบอยู่ภายใน ซึ่งบรรจุกรดกำมะถัน (H_2SO_4) และขั้วไฟฟ้าสังกะสี เซลล์ชนิดนี้เป็น เซลล์เปียก (Wet Cell) ที่ใช้อิเล็กโทรไลต์ในรูปของเหลว ซึ่งมีแนวโน้มที่จะรั่วไหลได้ง่ายหาก เคลื่อนย้ายไม่ถูกวิธี และหลายเซลล์ในยุคนั้นใช้โพลีเมอร์เป็นภาชนะ ทำให้มีความเปราะบางสูง

ข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้เซลล์เปียกไม่เหมาะกับการใช้งานแบบพกพา แต่เมื่อใกล้ถึงช่วงปลาย ศตวรรษที่ 19 ได้มีการประดิษฐ์ แบตเตอรี่เซลล์แห้ง (Dry Cell Battery) ซึ่งใช้อิเล็กโทรไลต์ในรูป ของแข็งกึ่งเหลวแทนของเหลว ส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบพกพาเริ่มสามารถใช้งานได้จริงในทาง ปฏิบัติ

2.4.1 หลักการทำงานของ เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Battery)

เซลล์แบบโวลตา (เซลล์ที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยการแปลงที่ย้อนกลับไม่ได้จากพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าไม่สามารถประจุใหม่ได้) สำหรับวัตถุประสงค์เพื่อการสาธิต ในตัวอย่างนี้ครึ่ง-เซลล์สองตัวถูกเชื่อมเข้าด้วยกันโดยแผ่นคั่น สะพานเกลือที่ยอมให้มีการถ่ายโอนไอออนได้ (รูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 เซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบโวลตา (<https://th.wikipedia.org/wiki/แบตเตอรี่>)

แบตเตอรี่แปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยแบตเตอรี่ประกอบด้วยเซลล์แบบโวลตา (Voltaic Cell) ตั้งแต่หนึ่งเซลล์ขึ้นไป แต่ละเซลล์ประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ (Half Cell) ที่เชื่อมต่อกันผ่านสารอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นสื่อกระแสไฟฟ้าที่ประกอบด้วยไอออนประจุลบ (Anion) และไอออนประจุบวก (Cation)

ครึ่งเซลล์หนึ่งจะมีอิเล็กโทรไลต์และขั้วลบ (Anode) ซึ่งเป็นขั้วที่แอนไอออนเคลื่อนที่เข้าหา อีกครึ่งเซลล์หนึ่งจะมีอิเล็กโทรไลต์และขั้วบวก (Cathode) ซึ่งเป็นขั้วที่แคทไอออนเคลื่อนที่เข้าหา

พลังงานของแบตเตอรี่เกิดจาก ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ซึ่งเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างสารในครึ่งเซลล์ทั้งสอง โดยในระหว่างการชาร์จ

- ที่ขั้วบวก (Cathode) จะเกิดการรีดักชัน (Reduction) ซึ่งมีการรับอิเล็กตรอน
- ที่ขั้วลบ (Anode) จะเกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งมีการสูญเสียอิเล็กตรอน

ส่วนในระหว่างการคายประจุ (Discharge) กระบวนการดังกล่าวจะเกิดในทิศทางตรงกันข้าม

ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะไม่สัมผัสกันโดยตรง แต่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าผ่านสารอิเล็กโทรไลต์ เซลล์บางชนิดใช้อิเล็กโทรไลต์ชนิดหนึ่งสำหรับแต่ละครึ่งเซลล์ โดยมี ตัวคั่น (Separator) ทำหน้าที่ให้อิออนสามารถไหลผ่านได้ระหว่างครึ่งเซลล์ แต่ป้องกันไม่ให้อิเล็กโทรไลต์ทั้งสองด้านผสมกัน

แต่ละครึ่งเซลล์จะมีค่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force: EMF) ที่กำหนดโดย ศักยภาพของมันในการผลักดันกระแสไฟฟ้าจากภายในออกสู่ภายนอกของเซลล์ ส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้าวรวมของแบตเตอรี่ จะเท่ากับผลต่างของค่า EMF ระหว่างครึ่งเซลล์ทั้งสอง

ดังนั้นหากขั้วไฟฟ้าจะมี

$$\text{EMFs} = \varepsilon_1 \text{ และ } \varepsilon_2$$

ดังนั้น EMF สุทธิจะเป็น

$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1$$

หรือ EMF สุทธิคือความแตกต่างระหว่าง Reduction potential แรงขับไฟฟ้าหรือตกรวม ขั้วของเซลล์เรียกว่าแรงดันไฟฟ้า(แตกต่าง)ที่ขั้วและถูกวัดเป็น โวลต์แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเซลล์ที่ไม่ใช้ทั้งกำลังชาร์จและดิสชาร์จเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและเท่ากับ emf ของเซลล์. ผลจากความต้านทานภายในแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเซลล์ที่กำลังดิสชาร์จจึงมีขนาดเล็กกว่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด และแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเซลล์ที่กำลังชาร์จก็จะมีมากกว่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเซลล์ในอุดมคติจะมีความต้านทานภายในเล็กน้อยจนตัดทิ้งได้ ดังนั้นมันจึงจะรักษาระดับแรงดันที่ขั้วให้มีค่าคงที่ที่เท่ากับ จนหมดแรง แล้วลดลงไปอยู่ที่ศูนย์ ถ้าเซลล์ดังกล่าวสามารถรักษาระดับไว้ที่ 1.5 โวลต์และจัดเก็บประจุจำนวนหนึ่ง คูლობ์ จากนั้นเมื่อมันดิสชาร์จอย่างสมบูรณ์ มันควรจะสามารถทำงานได้ 1.5 จูลในเซลล์ปกติ ความต้านทานภายในจะเพิ่มระหว่างการดิสชาร์จและแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดก็ จะลดลงด้วยระหว่างการดิสชาร์จถ้าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานถูกวาดเป็นกราฟกับแกนเวลา รูปกราฟที่ได้มักจะเป็นเส้นโค้ง; รูปร่างของเส้นโค้งจะแปรไปตามคุณสมบัติทางเคมีและการจัดแจงภายในแรงดันไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าของเซลล์จะขึ้นอยู่กับพลดปล่อยพลังงานของปฏิกิริยาเคมีของขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์ของมัน เซลล์แบบ อัลคาไลน์ และแบบ สังกะสีคาร์บอน มีปฏิกิริยาเคมีแตกต่างกัน แต่มี EMF ประมาณเดียวกันที่ 1.5 โวลต์; ในทำนองเดียวกัน เซลล์แบบ NiCd และแบบ NiMH จะมีเคมีที่แตกต่างกัน แต่มี EMF ประมาณเดียวกันที่ 1.2 โวลต์การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเคมีที่สูงในปฏิกิริยาของสารประกอบลิเทียมจะเป็นผลให้เซลล์ลิเทียมมี EMF ที่ 3 โวลต์หรือมากกว่า

2.4.2 ประเภทของแบตเตอรี่

ในการแบ่งประเภทของแบตเตอรี่นั้นในหลักทั่วไปแล้วจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และ แบตเตอรี่ทุติยภูมิ ดังนี้

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ จัดเป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้ว จะไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุไฟเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่รู้จักกันดีคือ ถ่านไฟฉาย ซึ่งก็มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี (Carbon-zinc cells) หรือ ถ่านไฟฉายทั่วๆ เช่น ไฟฉาย วิทย์ ของเล่น และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นทั่วไป ถ่านเฮฟวี่ดิวตี้/ ซูเปอร์เฮฟวี่ดิวตี้ (Heavy duty/ Super heavy duty/ Zinc Chloride) เช่น เครื่องเล่นเทป เครื่องอัดเสียง นาฬิกาแขวน เครื่องคิดเลข รีโมทคอนโทรล ถ่านแอลคาไลน์ (Alkaline/ Alkaline Zinc-Manganese dioxide) เช่น ไฟฉาย แฟลช เครื่องโกนหนวด กล้องถ่ายรูปดิจิทัล (สมัยเก่า) แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium/ Lithium-Manganese dioxide) เช่น นาฬิกาข้อมือ กล้องถ่ายรูป

2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยผ่านอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ชนิดนี้มีทั้งในรูปแบบของเซลล์เปียก และ เซลล์แห้ง เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น ปัจจุบันนิยมใช้งานทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เช่น แบตเตอรี่กรดตะกั่ว (Lead acid) เช่น สตาร์ทเครื่องยนต์ในรถยนต์ รถไฟ และยานยนต์อื่นๆ เครื่องสำรองไฟฟ้า

ถ่านชาร์จแอลคาไลน์ (alkaline rechargeable/Rechargeable Alkaline Manganese (RAM)) เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังต่ำ รีโมทคอนโทรล ไฟฉาย วิทย์สื่อสาร

แบตเตอรี่เหล็กนิเกิล (Nickel – Iron) เช่น เครื่องสำรองไฟฟ้าขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ เครื่องขุดเจาะ

2.4.3 แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้

แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้หรือเซลล์ทุติยภูมิ สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่าชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์ แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ "เซลล์เปียก" หรือแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไฮโดรเจน ที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีน้ำหนักรวม รูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่ รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000 วัตต์ในช่วงเวลาสั้น ๆ

และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100 แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริก ซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโทรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท "เซลล์แห้ง" ที่นิยมใช้กันในโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ

- นิกเกิล-แคดเมียม (NiCd)
- นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH)
- ลิเทียม-ไอออน (Li-Ion)

แบตเตอรี่แบบ Primary cell ใช้แล้วทิ้ง

- Zinc-carbon battery
- Alkaline battery
- Silver-oxide battery
- Lithium battery
- Mercury battery
- Zinc-air battery

แบตเตอรี่แบบชาร์จใหม่ได้ Lead-acid battery

- Absorbed glass mat
- Gel battery

แบตเตอรี่แบบ lithium-ion

- Lithium ion polymer battery
- NaS battery
- Nickel metal hydride battery
- Nickel-cadmium battery
- Sodium-metal chloride battery

2.4.4. แบตเตอรี่ลิเทียม

แบตเตอรี่ลิเทียมกำลังความนิยมเพิ่มมากขึ้นและมากขึ้น โดยจะเห็นได้ว่ามีใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกอย่างรอบตัวเรา เช่น โทรศัพท์มือถือ เพาเวอร์แบงค์ โน้ตบุ๊ก เครื่องมือไร้สายทั้งหลาย รวมไปถึงรถยนต์ EV โดรน ยานยนต์ไฟฟ้า เครื่องบินไฟฟ้า ดาวเทียม และอื่นๆ ต่างก็ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ที่ถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์ต่างๆได้มีการพัฒนาให้ดีขึ้นซึ่งแบตเตอรี่ที่มีใช้งานใน อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่โซลาร์มีดังนี้ Battery ชนิดต่างๆ ในงานโซลาร์เซลล์ มี 4 ชนิดได้แก่

1. แบตเตอรี่น้ำ (Flood) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้กันทั่วไป ที่คุ้นๆ กันคือแบตเตอรี่รถยนต์ ที่ต้องเติมน้ำกลั่น ราคาถูก เมื่อก่อนสมัยที่โซลาร์เซลล์ พึ่งเข้ามาใหม่ๆ ได้ใช้แบตเตอรี่น้ำ สามารถทำให้ระบบทำงานได้ แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก เพราะเนื่องจากแบตเตอรี่ต้องเติมน้ำกลั่นทุกสัปดาห์ ทำให้เวลาที่ติดตั้งแล้วการที่จะเติมน้ำกลั่นที่เสาไฟถนนโซลาร์เซลล์เป็นเรื่องที่ยาก ยิ่งจำนวนเสาไฟถนนโซลาร์เซลล์เยอะ ยิ่งมีความลำบากไปอีก

2. เจล (Gel) คือ แบตเตอรี่ที่เป็นระบบปิด ไม่มีการถ่ายเทอากาศ และไม่ต้องการการดูแลหรือการเติมน้ำกลั่น ทำให้ช่วงหนึ่งมีการใช้กันมากขึ้น ตามทฤษฎี เพื่อลดปัญหาการรั่วไหลของน้ำกลั่นออกจากแบตเตอรี่ ทำให้มีข้อเสียในเรื่องของการใช้งานที่ไม่อาจเทียบได้กับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว (Lead) แต่จากการทดสอบประสิทธิภาพแล้วก็พอกับแบตเตอรี่แบบตะกั่ว และราคายังถูกกว่าอีกด้วย

3. ตะกั่ว (Lead) คือ แบตเตอรี่ที่เป็นระบบปิดเหมือนกับแบตเตอรี่เจล (Gel) รู้จักกันในชื่อ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) ที่เวลานี้ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีความทนทานสูง การดูแลรักษาทำได้ง่าย เนื่องจากแบตเตอรี่ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น หากซื้อมาแล้วไม่ได้ใช้งานต้องอัดประจุแบตเตอรี่ซ้ำทุก 3 เดือนทำให้สามารถเก็บแบตเตอรี่ไว้นาน

4. ลิเทียม (Lithium) คือ แบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแบ่งเป็น 2 แบบ(จริงๆแล้วแบตเตอรี่ลิเทียมมีหลายแบบ แต่ที่เราใช้มี 2 แบบ)

- แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่ค่าการจ่ายไฟที่แรงดันคงที่ มีระยะเวลาการชาร์จประจุไฟจนเต็มได้ไวกว่า ราคาก็แพงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นเช่นกัน

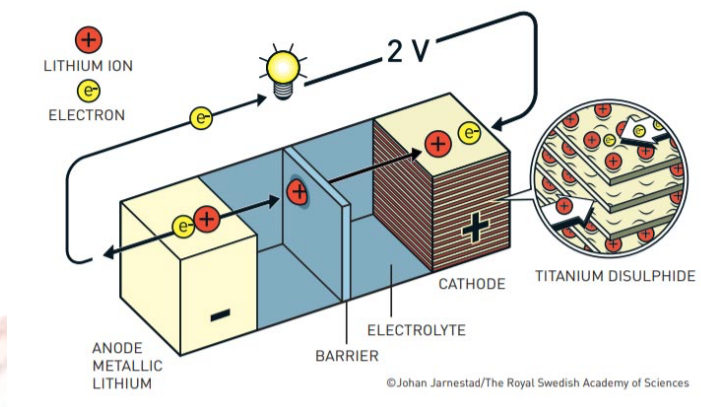
- แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (Lithium Iron Phosphate: LiFePO₄) เป็นแบตเตอรี่ที่พัฒนามาจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery) ทนต่อความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสามารถให้พลังงานที่สูงกว่า ไม่เป็นพิษ มีอายุการใช้งานที่มากกว่าแบตเตอรี่รุ่นเก่า ราคาก็สูง



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium)
(<http://www.teershop.com/article/1>)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

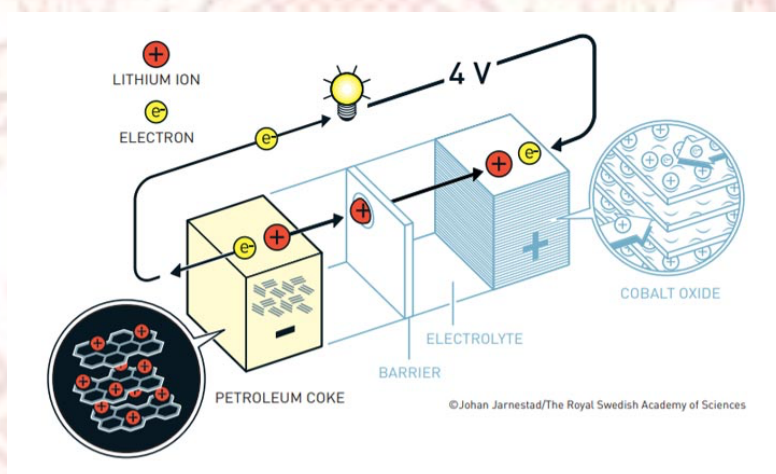
การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบอนกริดและแบบไฮบริด เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบสมรรถนะ ประสิทธิภาพและ มิติในด้านจุดคุ้มทุน อย่างไรก็ตาม ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบไฮบริดเป็นระบบที่ประกอบด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งต้องใช้เป็นแบบชนิดที่ประจุไฟฟ้าใหม่ได้ แบตเตอรี่ลิเทียมได้รับการคัดเลือกกว่าเป็นชนิดของแบตเตอรี่ที่ดีที่สุดเพื่อผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบอิสระ อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ลิเทียม แม้จะถูกเสนอไต่เต้ามา ตั้งแต่ปี 1973 โดย สแตนลีย์วาทิงแฮม ดังแสดงในรูป 2.12 โดยในช่วงแรกจะใช้ โทเทเนียมไดซัลไฟด์เป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด ส่วนในขั้วแอโนดนั้นผลิตจากลิเทียม แต่ด้วยเทคโนโลยีในเวลานั้นยังไม่สมบูรณ์พอ ทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมของสแตนลีย์ สามารถใช้ไฟฟ้าได้เพียงแค่ 2 โวลต์ เท่านั้น



รูป 2.12 แบตเตอรี่ลิเทียมของ สแตนลีย์ เวสต์คิงแฮม

(<https://www.scispec.co.th/learning/index.php/blog/elemental/lithium-battery>)

จากนั้นได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน อย่างต่อเนื่อง และต่อมาในปี 1985 อากิระ โยชิโนะ ได้เอาความรู้ทั้งหมดมาผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมออกสู่ตลาด โดยเปลี่ยนแคโทดเป็นโคบอลต์ออกไซด์ และเปลี่ยนมาใช้ปิโตรเลียมโค้กเป็นแอโนด



รูป 2.13 แบตเตอรี่ลิเทียมของ อากิระ โยชิโนะ

นับจากนั้นเป็นต้นมา แบตเตอรี่ชนิดนี้ ได้กลายเป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย และอุปกรณ์พกพา และเป็นที่รู้จักกันนับตั้งแต่ปี 1991 เป็นต้นมา ดังนั้นในการศึกษาเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์แบบอนกริดซึ่งไม่มีแบตเตอรี่และแบบไฮบริดที่มีแบตเตอรี่ซึ่งในอดีตแบตเตอรี่แบบลิเทียมยังมีราคาที่สูงมากจนทำให้ราคาของระบบที่เป็นแบบไฮบริดสูงกว่าระบบที่เป็นอนกริดมากๆ จนไม่มีใครสนใจศึกษา

เปรียบเทียบในสองระบบนี้มาก่อน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเป็นยุคในการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมไร้คาร์บอน (carbon neutralization) ทำให้หลังจากปี 2023 ที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ในวงการยานยนต์คือมีการเปลี่ยนจากรถยนต์ที่เป็นเครื่องยนต์สันดาบภายในสู่การใช้รถไฟฟ้า ซึ่งจากการแข่งขันทางการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า ที่ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งให้พลังงานหลัก จึงทำให้ราคาของแบตเตอรี่มีราคาที่ถูกลงและมีสมรรถนะการใช้งานที่สูงขึ้นมาก ด้วยเหตุนี้เองทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบไฮบริด ที่ใช้ Battery เป็นองค์ประกอบมีราคาที่ถูกลงจนสามารถนำไปเปรียบเทียบกับแบบออนกริดที่ไม่มีแบตเตอรี่ได้แล้ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่บุกเบิกในเรื่องของแนวทางการเปลี่ยนแปลงระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์จากแบบออนกริดธรรมดาทั่วไปให้เป็นแบบไฮบริดเพื่อนำมาใช้งานและลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำหรือโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

2.5.1. ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริด (Hybrid Solar PV)

ระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์มีจุดแข็งคือ เป็นระบบที่สามารถกระจายการผลิตไฟฟ้า (Decentralization) ซึ่งเป็นสิ่งที่ประเทศต่างๆ และทั้งโลกกำลังเป็นที่ต้องการ ทำให้ความเจริญกระจายไปยังจุดต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งพลังงานจากโซลาร์เซลล์เป็นตัวช่วยหนึ่งในการทำให้รัฐไม่ต้องขยายสายส่งไฟฟ้าไปในที่ซึ่งไฟฟ้าส่งไม่ถึง แต่เริ่มมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามามากขึ้นอีกทั้งการใช้ระบบโซลาร์เซลล์ยังทำให้ผู้คนสามารถนำที่ดินที่ห่างไกล ซึ่งระบบสาธารณูปโภคหลัก คือไฟฟ้าและประปา ยังเข้าไม่ถึงมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ไม่เกิดการกระจุกตัวในเมืองที่แออัด ทำให้ประชาชนทั่วไปมีโอกาสที่จะมีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง ทำให้เกิดเศรษฐกิจพื้นเมืองที่เข้มแข็ง สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การทำให้การสื่อสารและการศึกษาทางไกล สามารถเข้าถึงได้ทุกที่ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสทางการศึกษาให้ทั่วถึงทุกพื้นที่ ส่งผลให้ลดปัญหาความเหลื่อมล้ำจากการศึกษาที่มีให้เห็นอยู่มากในปัจจุบัน ดังนั้นการนำเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์แบบพึ่งพาตัวเองไปใช้ในพื้นที่ทุรกันดาร หรือ พื้นที่ซึ่งเป็นเกาะบนภูเขาเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคมชนบท รวมถึงยังสามารถอำนวยความสะดวกในการประกอบอาชีพ การเกษตร หรือนำไปประยุกต์ใช้ในสายอาชีพของตัวเองให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป เนื่องจากระบบโซลาร์เซลล์แบบอิสระเป็นระบบที่พึ่งพาตัวเองจึงจำเป็นต้องมีแบตเตอรี่ซึ่งในปัจจุบันแบตเตอรี่ที่เป็นที่นิยมใช้คือแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต

2.5.2 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน คือเทคโนโลยีในการกักเก็บพลังงานในรูปแบบไฟฟ้าเคมีประเภทหนึ่งที่สามารถชาร์จประจุใหม่ได้ ซึ่งมีการพัฒนามาตั้งแต่ ตั้งแต่ปี 1973 โดยคุณสแตนลีย์ วิทติงแฮม แต่แรกจะใช้ โทเทเนียมไดซัลไฟด์เป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด ส่วนในขั้วแอโนด นั้นผลิตจากลิเทียม แต่ด้วยเทคโนโลยีในเวลานั้น ยังไม่สมบูรณ์พอทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมของ สแตนลีย์ สามารถใช้ไฟฟ้าได้เพียงแค่ 2 โวลต์ และต่อมาในปี 1985 อากิระ โยชิโนะ ได้เอาความรู้ทั้งหมดมาผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมออกสู่ตลาด โดยเปลี่ยนแคโทดเป็นโคบอลต์ออกไซด์ และเปลี่ยนมาใช้ปิโตรเลียมโค้กเป็นแอโนด ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมนั้นมีราคาแพง และประสิทธิภาพต่ำ การพัฒนา แบตลิเทียมยังคงมีอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วในปัจจุบัน ได้มีการใช้งานใน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือ รถยนต์ไฟฟ้า และโซล่าเซลล์ เป็นต้น แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีหลายประเภทเช่น NMC , NCA หรือ แม้กระทั่ง ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ที่นิยมใช้กันในงานโซล่าเซลล์ แบตเตอรี่ลิเทียมทุกประเภทที่ขึ้นชื่อว่า แบตลิเทียมจะมีองค์ประกอบเหมือนกัน คือ มีลิเทียมเป็นองค์ประกอบอยู่ที่อิเล็กโทรดด้านบวก ซึ่งองค์ประกอบต่างๆจะแตกต่างกันไปทำให้มีแบตเตอรี่ลิเทียมหลากหลายประเภท (รูปที่ 2.14)

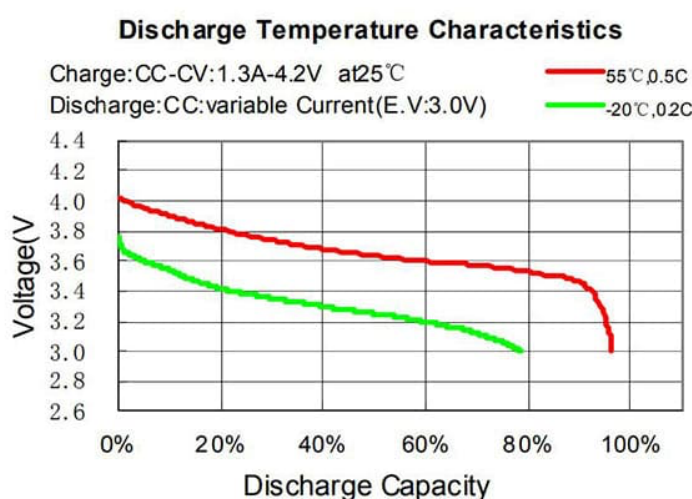


รูปที่ 2.14 โครงสร้างของ แบตเตอรี่ลิเทียม

(Johnson Matthey Technol. Rev., 2015, 59, (1),4–13)

2.5.2.1 อุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อแบตเตอรี่ลิเทียม

แบตเตอรี่ลิเทียมนั้นมีความอ่อนแอในเรื่องอุณหภูมิ คือมีทั้งดีและไม่ดี เช่น หากมีการติดตั้งแบตเตอรี่ลิเทียมในที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูงเท่าใด อัตราการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่จะเร็วขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในการเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติและสเปคของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมโดยที่จากการทดสอบในห้องทดลองจะบอกเสมอว่าตัวเลขอุณหภูมิที่ใช้คือค่าการทดสอบจะอยู่ที่อุณหภูมิ 25 องศา

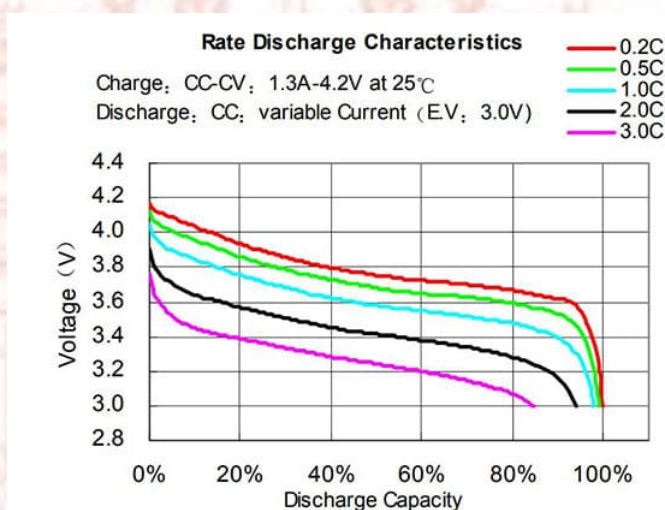


รูปที่ 2.15 แรงดันและการคายประจุของ แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium-ion Battery DATA SHEET Battery Model: LIR18650 2600 mAh EEMB Co., Ltd.)

ในทางตรงข้ามหากมีการนำแบตเตอรี่ลิเทียมไปใช้ในอุณหภูมิที่ยิ่งต่ำมากเท่าไร ค่าความจุของแบตเตอรี่จะลดต่ำลงตามไปด้วยเช่นกัน นั่นคือแบตเตอรี่ลิเทียมจะมีค่าความจุไฟฟ้าที่ลดลง แบตเตอรี่ลิเทียมนั้นไม่สามารถชาร์จได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศา เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำจะทำให้ตัว electrolyte ของแบตเตอรี่มีความหนืดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ การเคลื่อนที่ของประจุทำได้ไม่ดีและหากยังคงฝืนชาร์จไฟฟ้าเข้าไปอีกจะส่งผลให้เกิดความเสียหายกับตัวแบตเตอรี่ได้

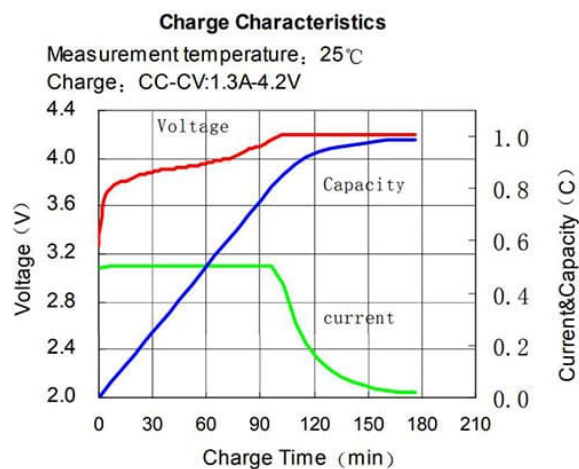
2.5.2.2 ผลกระทบจากการชาร์จด้วยกระแสสูง

แบตเตอรี่บางชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่ไม่รองรับการชาร์จแบบเร็ว (Quick Charge) ดังนั้นในการเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียม จึงต้องพิจารณากราฟอายุการใช้งานโดยจะต้องมีการพิจารณากราฟนี้เสมอ นั่นคือ อุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสมที่สุดคือที่อุณหภูมิ 25 องศา อีกหนึ่งตัวแปรที่สำคัญที่ต้องพิจารณาคือ การทดสอบทำที่ค่า Battery Capacity, C เท่าไร หากมีการทดสอบใช้งานการ Discharge ด้วยกระแสที่สูงๆ โดยเฉพาะการใช้งานที่กระแสที่สูงเกินกว่าค่า C ที่ ข้อมูลแบตเตอรี่กำหนด จะทำให้แบตเตอรี่นั้นเสื่อมเร็วขึ้น เพราะแบตเตอรี่จะมีแรงต้านทาน การใช้กระแสสูงจึงทำให้เกิดความร้อนที่สูงกว่าปกติและจะส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น



รูปที่ 2.16 แรงดันและการคายประจุของ แบตเตอรี่ลิเทียม

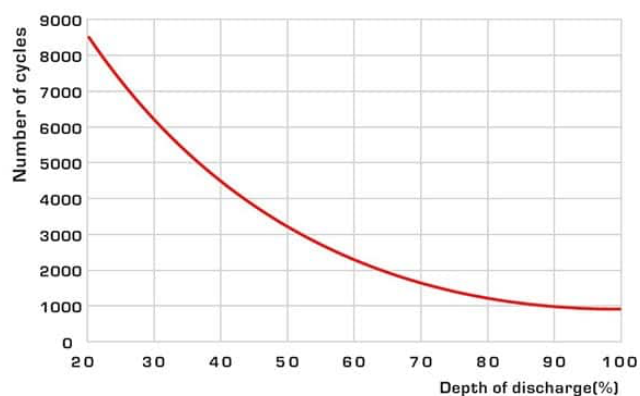
ในการชาร์จประจุหากมีการชาร์จประจุด้วยกระแสไฟฟ้าที่สูงจะทำให้เกิดความร้อนสูงตามและจะส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้นและสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ หากทำการชาร์จประจุ หรือใช้งานแบตเตอรี่ ด้วยกระแสที่สูงมากจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปจนทำให้เกิดสภาวะที่เหมือนกับค่าความจุของแบตเตอรี่จะลดน้อยลงอีกด้วยเช่น แบตเตอรี่มีความจุ 100 Ah มีการใช้ที่กระแสสูงเกิด Loss 10 % ทำให้สามารถใช้พลังงานเพียง 90 A หรือ หากเป็นการชาร์จแบตเตอรี่ก็เช่นเดียวกัน แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah หากมีการชาร์จเร็วเกินไป Loss 10% จะส่งผลให้ในการชาร์จไฟจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการชาร์จที่สูงขึ้นเป็น 110 A ในการชาร์จประจุ



รูปที่ 2.17 แรงดันกระแสและการประจุของ แบตเตอรี่ลิเทียม

2.5.2.3. Depth of Discharge (DOD)

การใช้แบตเตอรี่ลิเทียมนั้นมีข้อกำหนดที่สำคัญคือต้องไม่ใช้ไฟจนหมด 100% เช่นเดียวกับ แบตตะกั่วกรด ในขณะเดียวกันกรณีที่เป็นการชาร์จประจุก็เช่นกัน ไม่ควรชาร์จไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ หลังจากแบตเตอรี่เต็มแล้วต้องตัดการชาร์จประจุทันทีที่แบตเตอรี่เต็มแล้วโดยจะมี BMS และ Active charging เป็นตัวควบคุม ดังนั้นหากนำเครื่องชาร์จของแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดที่ต้องการแรงดัน ชาร์จประมาณหนึ่งๆที่เรียกว่า Float state หากนำเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบนี้ไปชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม และไม่ปิดฟังก์ชันนี้จะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมเร็วขึ้น (รูปภาพจาก Energymag)



Typical cycle life versus DOD(20°C)

รูปที่ 2.18 จำนวนครั้งการชาร์จและค่า DOD ของแบตเตอรี่ลิเทียม.

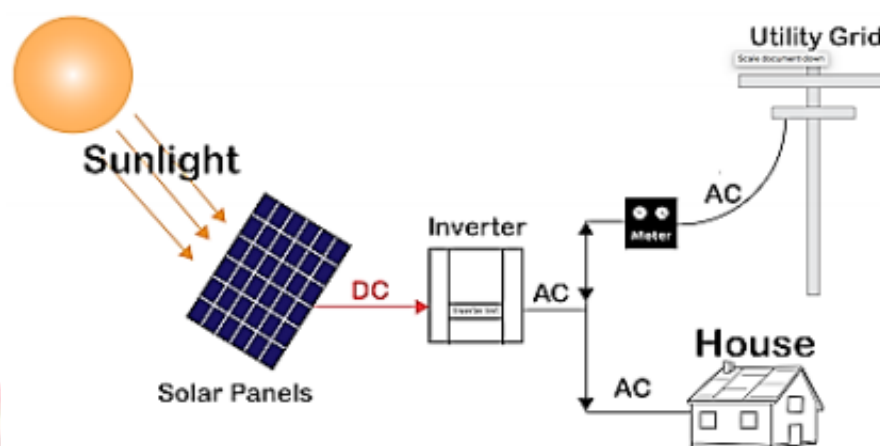
<https://energymag.net/dod-depth-of-discharge/>

การตั้งค่าการชาร์จแบตเตอรี่ที่ดีที่สุดคือให้ชาร์จที่ค่าความจุ 50% ซึ่งการใช้งานโหลดจะมากน้อยเท่าใดต่อรอบการใช้ จะไปเกี่ยวข้องกับค่า DOD หรือ Depth of Discharge ซึ่งเป็นค่าบอกถึงเปอร์เซ็นต์การใช้แบตเตอรี่ที่ตั้งไว้ต่อรอบการชาร์จ 1 ครั้ง หากมีการตั้งค่าการชาร์จ ที่แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเท่าไรค่า DOD สูงเท่าใดอายุการใช้งานแบตเตอรี่จะสั้นลงเท่านี้การศึกษาถึงตัวแปรที่ส่งกระทบต่อสมรรถนะของแบตเตอรี่ลิเทียมที่เป็นหัวใจสำคัญของระบบ โซลาร์เซลล์แบบอิสระยังไม่มีผู้ใดได้ทำการวิจัยในเรื่องนี้จึงถือเป็นเรื่องใหม่มากสำหรับการนำระบบโซลาร์เซลล์แบบอิสระมาใช้ในประเทศไทย เพื่อจะได้เข้าใจและสามารถเลือกสรรแบตเตอรี่ลิเทียมมาใช้กับระบบฯ ทำให้ระบบโซลาร์เซลล์แบบอิสระมีสมรรถนะที่ดีที่สุด และป้องกันสิ่งที่ทำให้เกิดความเสียหาย และสิ่งที่ทำให้เกิดอันตรายต่อตัวแบตเตอรี่ ซึ่งหากมีการใช้งานไม่ถูกต้อง หรือเลือกชนิดของแบตเตอรี่ที่ผิดประเภทจะทำให้เกิดความผิดพลาดและเสียหายอย่างยิ่งแต่หากเลือกใช้แบตเตอรี่อย่างถูกประเภทถูกวิธีจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุยืนยาวมากและระบบผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แบบอิสระ จะมีประสิทธิภาพและสมรรถนะที่สูงตามที่ต้องการ

2.5.3 วงจรการติดตั้งระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

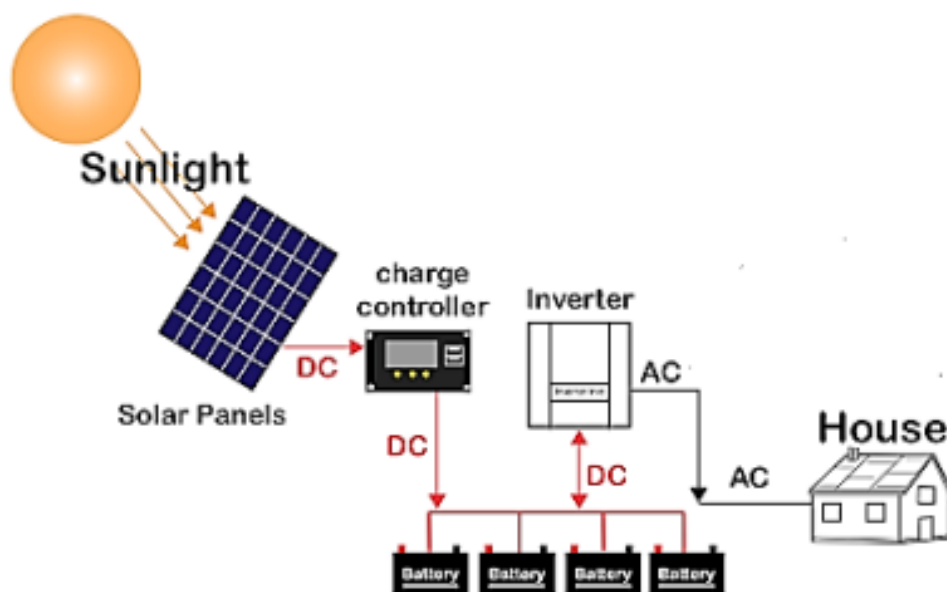
ระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ

1) ระบบออนกริด (On-grid system) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (Solar panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า จะใช้อุปกรณ์เพียงแผงโซลาร์เซลล์และอินเวอร์เตอร์ออนกริด (On-grid inverter) โดยหลักการแปลงไฟกระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้าเพื่อทำการขายไฟฟ้าคืน หรือลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้ ซึ่งระบบแสดงในรูปที่ 2.19



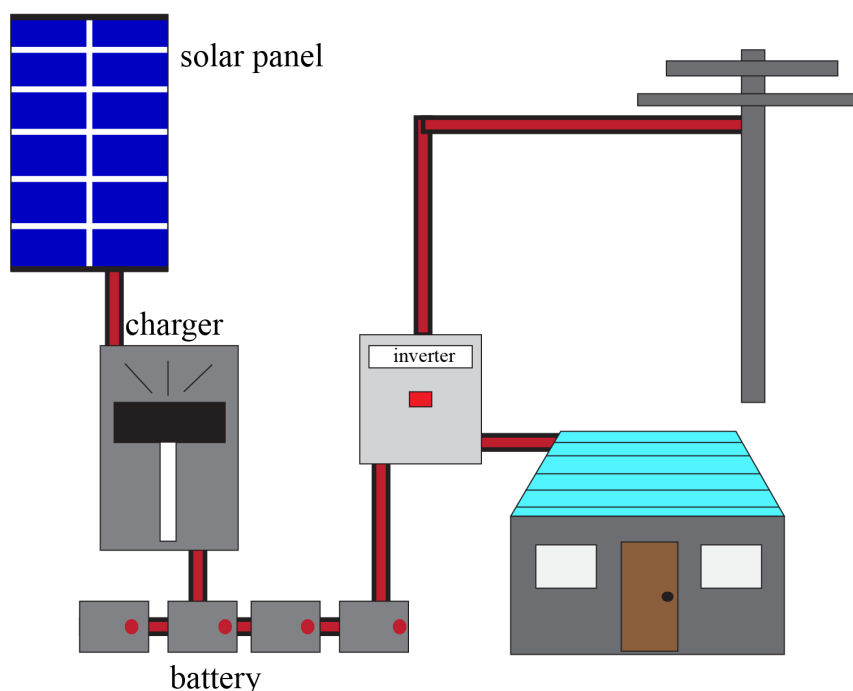
รูปที่ 2.19 วงจรการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบออนกริด (On-grid system)

2) ระบบออฟกริด (Off-grid system) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ไม่ ปฏิสัมพันธ์กับผู้ให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้ารายใหญ่ ระบบออฟกริดนี้จะแยกเดี่ยวออกมาโดยผู้ติดตั้งโซลาร์เซลล์จะสามารถ ผลิตไฟฟ้าใช้ตัวเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาการไฟฟ้าซึ่งสามารถแยกหมวดย่อยลงไปได้อีกตามลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้งาน ว่าเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง หรือ ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยต้องเลือกโหลด (เครื่องใช้ไฟฟ้า) ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่ง มีวิธีการต่อระบบที่หลากหลาย ทั้งต่อโหลดกระแสตรงกับแผงโซลาร์เซลล์ (ซึ่งผลิตไฟฟ้ากระแสตรง) โดยตรง หรือนำไฟฟ้า กระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงไปชาร์จไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย Charge Controller แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ด้วย Inverter สำหรับไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนซึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับอยู่แล้ว ซึ่งระบบในแสดงในรูปที่ 2.20 โดยระบบโซลาร์เซลล์นี้จะมีข้อดีคือสามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับกำลังของ เครื่องใช้ไฟฟ้าได้คงที่และเหมาะสม มากกว่านั้นคือสามารถเก็บสำรองไฟฟ้าไปใช้ได้ในตอนกลางคืน



รูปที่ 2.20 วงจรการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบออฟกริด (Off-grid system)

3) ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริด (Hybrid System) คือระบบโซลาร์เซลล์ที่มีความผสมผสานระหว่างระบบออนกริด(on grid)และระบบออฟกริด(off grid) ผสมกัน โดยระบบไฮบริดนั้นจะมีการนำแบตเตอรี่มาสำรองพลังงานเพื่อใช้ในตอนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ แต่หากมีแสงอาทิตย์เพียงพอที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าที่ต้องการ จะนำพลังงานที่ผลิตได้ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่และดึงมาใช้เมื่อไฟไม่เพียงพอ เมื่อถึงกลางคืนระบบไฮบริดจะนำไฟการแบตเตอรี่มาใช้ก่อน เมื่อไม่พอจึงจะนำไฟจากการไฟฟ้ามาใช้ต่อไป ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 วงจรการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบ Hybrid (Hybrid solar system)

ศาสตราจารย์ศิริแก้วและคณะ[3] มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาภายใต้เงื่อนไขทิศทาง การรับรังสีอาทิตย์ตามทิศทางของหลังคาอาคารสำนักวิทยบริการ(อาคาร A) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย(1) ประเมินศักยภาพเชิงพื้นที่โดยใช้แบบพิมพ์เขียวอาคารซึ่งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AutoCAD (2) ประเมินศักยภาพรังสีอาทิตย์โดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์จากสถานีวัดรังสีอาทิตย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อประเมินค่ารังสีอาทิตย์ตามทิศทางของหลังคา (3) ประเมินกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยจาก 4 สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ (สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ขอนแก่น และ จ.ร้อยเอ็ด) และข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SW 285-300 MONO (5-busbar) และ (4) ประเมินพลังงานไฟฟ้าต่อกำลังการติดตั้ง โดยการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าพิจารณาภายใต้มาตรฐานที่กำหนดโดย IEA (IEA-PVPS T2-03:2002) และแสดงผลการประเมินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า อาคาร A มีพื้นที่หลังคารวม 2,744.00 ตารางเมตรสามารถจำแนกทิศทางของหลังคาโดยใช้มุมอะซิมุทพื้นดินได้ 6 ทิศทาง ได้แก่ 165 (NE1) 75 (SE2) 30 (SE1) -15 (SW1) -105 (NW1) และ -150 (NW2) สามารถติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้รวม 972 แผง มี

กำลังไฟฟ้าติดตั้ง 291.60 กิโลวัตต์ ผลการประเมินรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ หลังคามีค่าเฉลี่ยสูงสุดในทิศ SW1 SE1 NW1 SE2 NW2 และ NE1 มีค่า 5.84 5.61 5.30 5.19 4.72 และ 4.45 กิโลวัตต์ ชั่วโมง/ตารางเมตร-วัน ตามลำดับ

พีระวุฒิ ชินวรรังสีและคณะ[7]ได้ศึกษาและการประเมินสมรรถนะ (Performance ratio: PR) และความคุ้มค่าของเทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันโดยติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 6 ระบบบนหลังคาในประเทศไทยด้วยการบันทึกข้อมูลในระยะเวลา 1 ปี พบว่า ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si: H มีค่าสมรรถนะสูงที่สุดเท่ากับ 82.2% ขณะที่ระบบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono c-Si มีค่าสมรรถนะต่ำที่สุดเท่ากับ 68.9% นอกจากนี้ยัง พบว่า เทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด poly-Si มีความเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดสำหรับใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในปัจจุบัน

ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงศ์ และคณะ[8] ได้ศึกษาสมรรถนะและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาลตำบลแม่เมาะ จังหวัดลำปางโดยทำการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงตามภาระโหลดของเทศบาลย้อนหลัง 1 ปี บนพื้นที่หลังคา 704 ตารางเมตร ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ ระบบสายไฟฟ้าอุปกรณ์ต่างๆและการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากนั้นทำการจำลองระบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ PV syst 7.1 และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และระยะเวลาคืนทุน (PP) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งปีมีค่าเท่ากับ 152.12 เมกะวัตต์ชั่วโมง สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.711 การสูญเสียพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าเกิดขึ้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดจำแนกเป็นการสูญเสียจากอัตราการเสื่อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร้อยละ 12.50 (ระยะเวลา 25 ปี) การสูญเสียเนื่องจากอุณหภูมิเซลล์ ร้อยละ 11.00 และมีการสูญเสียขณะใช้งาน Inverter ร้อยละ 3.50 โดยประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (STC) เท่ากับร้อยละ 16.81 ที่อายุโครงการ 25 ปี มีค่าผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับร้อยละ 164.30 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,364,334 บาท และระยะเวลาคืนทุน 8.3 ปีโครงการนี้ ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 91.06 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อปีหรือตลอดทั้งอายุโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 2,139.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าข้อมูลที่ได้ จากงานวิจัยนี้เทศบาลตำบลแม่เมาะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการลงทุนสร้างระบบผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบวิธีการทดสอบและเครื่องมือวัด

ในการเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดและแบบไฮบริด มีการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลองดังนี้

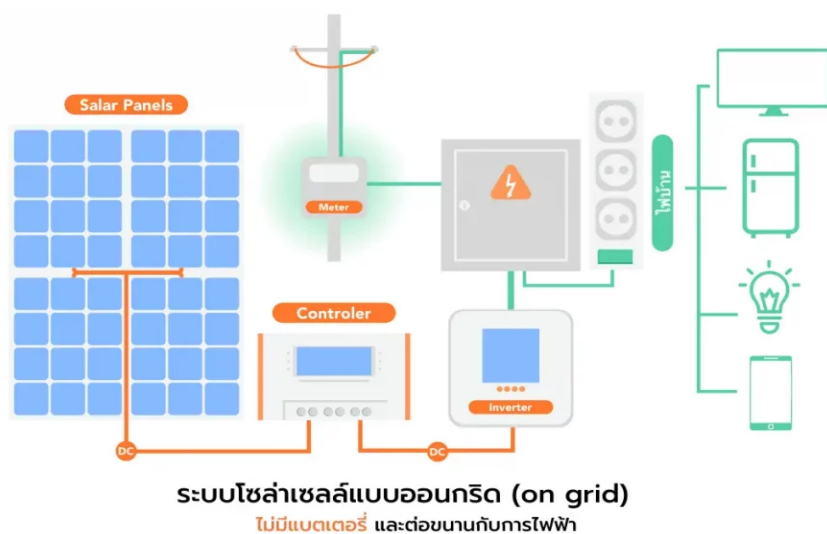
- อาคารสำนักงานแบบออนกริด
- อาคารสำนักงานแบบไฮบริด

3.2 รายละเอียดอุปกรณ์การทดสอบในอาคารสำนักงานแบบออนกริด

ระบบของอาคารสำนักงานแบบ On-Grid (เชื่อมต่อกับสายส่ง) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักดังนี้:

1. แผงโซลาร์เซลล์ (PV Array): เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC)
2. อินเวอร์เตอร์ (Inverter): แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าในบ้านหรืออุตสาหกรรม
3. ตัวตัดต่อหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker): สำหรับควบคุมและป้องกันไฟเกินในระบบ
4. มิเตอร์ไฟฟ้า (Electric Meter): วัดการไหลของพลังงานไฟฟ้าจากและเข้าสู่ระบบโครงข่าย
5. โครงข่ายไฟฟ้าสาธารณะ (Grid): ระบบไฟฟ้าของผู้ให้บริการที่ทำหน้าที่ในการจ่ายไฟฟ้าในกรณีที่ระบบโซลาร์ผลิตไม่เพียงพอ

การทำงานของระบบ: เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบที่แผงโซลาร์เซลล์แล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสตรงถูกส่งไปที่อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกส่งไปยังโหลดเพื่อใช้งานในบ้านเรือน หรือเข้าสู่โครงข่ายสาธารณะในกรณีที่มีไฟฟ้าส่วนเกิน โดยระบบที่ใช้ในการวิจัยนี้จะประกอบด้วย แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 550W. จำนวน 20 แผง มีอินเวอร์เตอร์ขนาด 10 kW ดังแสดงในรูปที่ 3.1



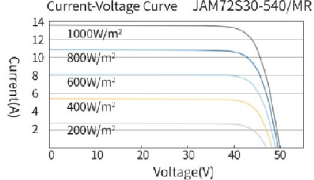
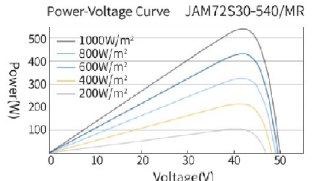
รูปที่ 3.1 รูปแสดงวงจรการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แบบออนกริด
<https://solarcellguru.com/solar-cell-system/>

โดยที่มีรายละเอียดอุปกรณ์หลักของระบบออนกริด ดังนี้

3.2.1 แผงโซลาร์เซลล์แผงโซลาร์ที่ใช้ มีขนาด 550W. แรงดันสูงสุด (V_{mp}) 41.96V กระแสสูงสุด (I_{mp}) 13.11 A. แรงดันวงจรเปิด (V_{OC}) 49.9V. กระแสลัดวงจร (I_{sc}) 14A. อัตราการใช้งาน คลาส A จำนวน 10 แผง รวมเป็นกำลังทั้งสิ้น 5,500W. ดัง และมีรายละเอียดของแผงดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 รูปแผง โซลาร์ เซลล์ ขนาด 550W. จำนวน 20 แผง.

MECHANICAL PARAMETERS		CHARACTERISTICS
Cell	Mono	
Weight	27.3kg	
Dimensions	2278±2mm×1134±2mm×30±1mm	
Cable Cross Section Size	4mm²(IEC), 12 AWG(UL)	
No. of cells	144(6×24)	
Junction Box	IP68, 3diodes	
Connector	QC 4.10-351/MC4-EVO2A	
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)	
Front Glass	3.2mm	
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 720pcs/40HQ Container	

รูปที่ 3.3 รูปแสดงข้อมูลแผง โซลาร์ เซลล์ ขนาด 550W.

3.2.2 อินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นขนาด 10kW เป็นแบบ Hybrid Pure sine wave โดยรับไฟกระแสดังจากแผงโซลาร์ 499V. ติดตั้งระบบ MPPT ขนาด 13.11A. ระบบมีประสิทธิภาพ 21.3% สามารถรับกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์ได้สูงสุด 15,000W. DC (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 รูปแสดงไฮบริดอินเวอร์เตอร์

3.3 รายละเอียดอุปกรณ์การทดสอบในอาคารสำนักงานแบบไฮบริด

ระบบของอาคารสำนักงานแบบไฮบริด โดยที่ระบบโซลาร์แบบ Hybrid เป็นระบบที่รวมข้อดีของระบบ On-Grid และ Off-Grid โดยใช้ทั้งพลังงานจากโซลาร์เซลล์, แบตเตอรี่ และโครงข่ายไฟฟ้าสาธารณะ ซึ่งช่วยให้สามารถสำรองพลังงานได้เมื่อโครงข่ายไฟฟ้ามีปัญหาหรือไม่สามารถใช้งานได้โดยมีส่วนประกอบหลักของระบบ Hybrid PV:

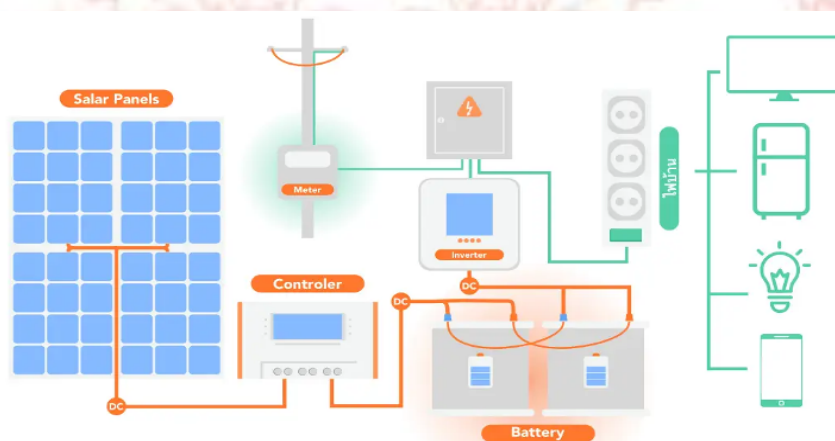
1. แผงโซลาร์เซลล์ (PV Array): แปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC)
2. อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริด (Hybrid Inverter): แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จและการจ่ายไฟระหว่างแผงโซลาร์, แบตเตอรี่ และโครงข่ายไฟฟ้า
3. แบตเตอรี่ (Battery Bank): สำรองพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้งานเมื่อแสงอาทิตย์น้อยหรือไม่มีไฟฟ้าจากโครงข่าย (รูปที่ 3.5)
4. ตัวตัดต่อหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker): สำหรับควบคุมและป้องกันไฟฟ้าเกินในระบบ
5. มิเตอร์ไฟฟ้า (Electric Meter): วัดการไหลของพลังงานไฟฟ้าจากและเข้าสู่ระบบโครงข่าย
6. โหลด (Load): อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากระบบ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน
7. โครงข่ายไฟฟ้าสาธารณะ (Grid): เมื่อพลังงานจากแบตเตอรี่และโซลาร์ไม่เพียงพอ ระบบจะดึงพลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าสาธารณะมาใช้งาน

โดยที่ระบบโซลาร์แบบไฮบริดจะมีการทำงานของระบบคือ: ในช่วงกลางวันที่มีแสงอาทิตย์ แผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้า และพลังงานส่วนหนึ่งถูกส่งไปยังโหลดใช้งาน พลังงานที่เหลือจะถูกชาร์จลงในแบตเตอรี่สำรอง เมื่อแสงอาทิตย์หมดหรือระบบไฟฟ้าจากโครงข่ายขัดข้อง ระบบจะดึงพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ หากทั้งแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้เพียงพอ ระบบจะใช้พลังงานจากโครงข่ายไฟฟ้าสาธารณะ



รูปที่ 3.5 แสดง แบตเตอรี่ ที่ใช้กับระบบ Solar Hybrid System.

โดยระบบที่ใช้ในการวิจัยมีวงจรประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ขนาด 550W. จำนวน 20 แผง มี อินเวอร์เตอร์ขนาด 10 kW และระบบมีการติดตั้งแบตเตอรี่ขนาด 204.8V 50 Ah/10.24Kwh. ดังแสดงในรูปที่ 3.6



ระบบโซล่าเซลล์แบบไฮบริด (hybrid)

มีแบตเตอรี่และต่อกับการไฟฟ้า

รูปที่ 3.6 รูปแสดงวงจรการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์แบบไฮบริด

<https://solarcellguru.com/solar-cell-system>

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดและแบบไฮบริดที่ใช้ในอาคารสำนักงานที่จะเปรียบเทียบสมรรถนะ ที่เหมาะสมในการใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อการทำงานของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการจ่ายไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดและแบบไฮบริด เพื่อให้แบตเตอรี่ทำงานเต็มกำลังและสามารถจัดการชาร์จและจ่ายไฟฟ้าแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม ไม่ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานสั้น โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและดำเนินการในการวิจัยประกอบด้วย

ในการศึกษาเปรียบเทียบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดและแบบไฮบริด จะเปรียบเทียบ ในด้านการทำงานของระบบ ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตและการใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ดังกล่าวเก็บข้อมูล เปรียบเทียบระหว่างแบบออนกริดและแบบไฮบริด การออกแบบและการดำเนินการเป็นไปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6 แผนการดำเนินการ

การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ ระบบแรกเป็นแบบออนกริด (ออนกริด system) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้าจะใช้อุปกรณ์เพียงแผงโซลาร์เซลล์และอินเวอร์เตอร์ออนกริด (ออนกริด อินเวอร์เตอร์) โดยหลักการแปลงไฟกระแสตรง (DC) จากแผงโซลาร์เซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อเชื่อมต่อเข้าระบบการไฟฟ้าเพื่อทำการขายไฟฟ้าคืนหรือลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้ระบบแบบที่สองเป็นระบบไฮบริด (Hybrid system) หรือ แบบไฮบริดเป็นระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่ผู้วิจัยขอศึกษาวิจัยการทำงานของใช้ระยะเวลาทำวิจัย 12 เดือน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา(เดือน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูล												
2. วิเคราะห์และออกแบบ												
3. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำการวัดค่าต่างๆ												
4. สร้างชุดแบบออนกริดและแบบไฮบริด												
5. ทำการติดตั้งและทดสอบ												
6. นำผลทดสอบมาวิเคราะห์และสรุป												

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาทำวิจัย 12 เดือน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานและระยะเวลาดำเนินงาน

3.7 เครื่องมือวัด

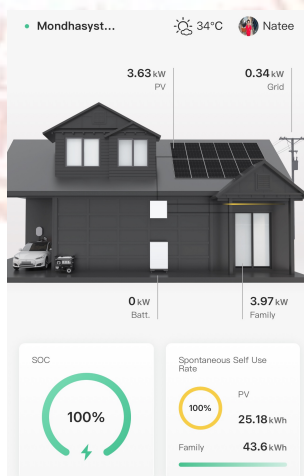
ในการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์หรือระบบโซลาร์เซลล์ ทำการเก็บข้อมูลโดยการดึงข้อมูลจากอินเวอร์เตอร์ผ่านโปรแกรม..... โดยมีค่าที่เก็บข้อมูลดังรูปที่ 3.9



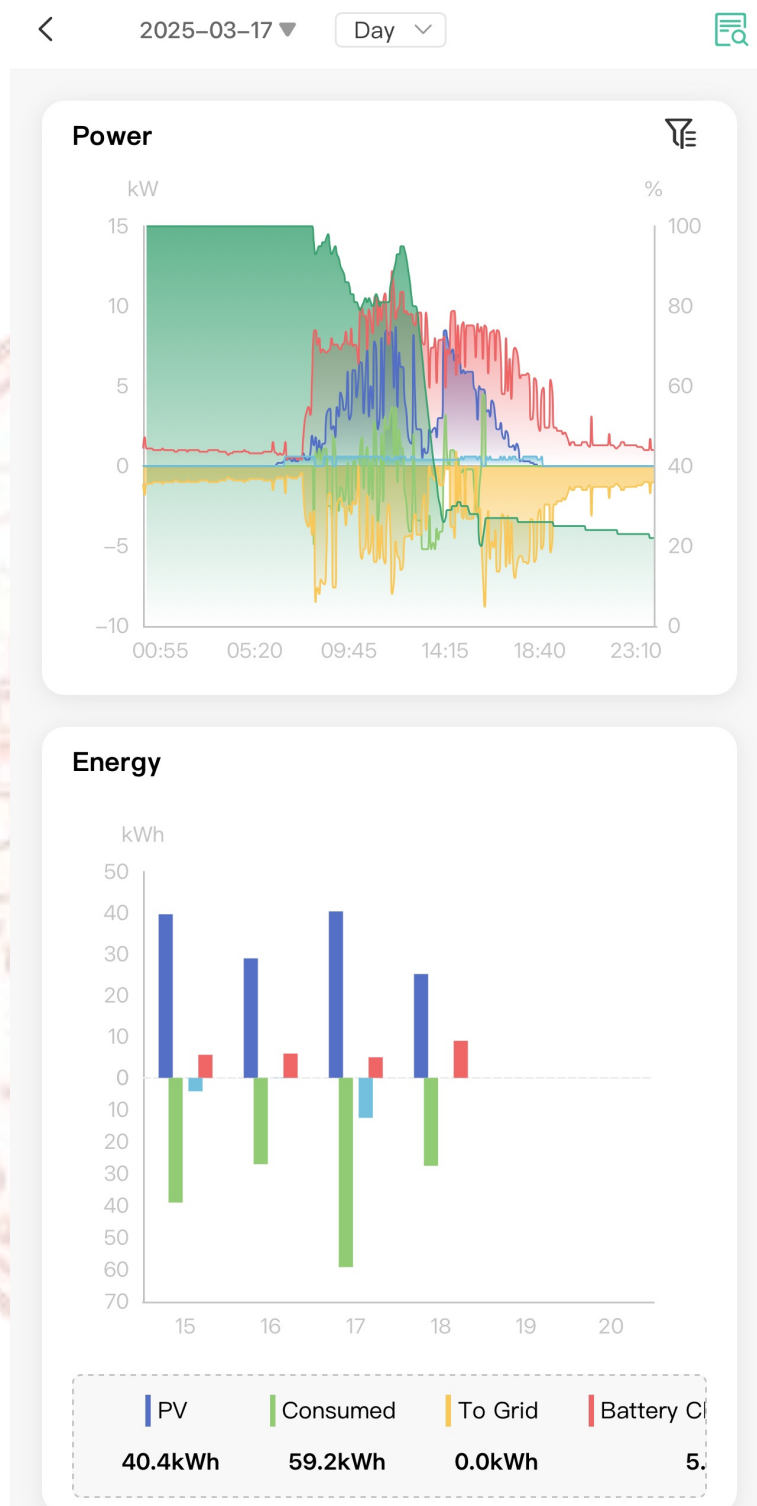
รูปที่ 3.9 ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจออินเวอร์เตอร์และส่งข้อมูลสู่โปรแกรม ESS LINK

ข้อมูลที่จัดเก็บผ่านโปรแกรม ESS LINK ดำเนินการเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรม โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลที่จัดเก็บมีดังต่อไปนี้ (รูปที่ 3.10 – 3.12)

- ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ Watt
- ปริมาณไฟฟ้าที่ถูกใช้งาน Watt
- ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ถูกนำมาชาร์จประจุแบตเตอรี่
- ไฟจากการไฟฟ้าที่ถูกนำมาใช้ในระบบแบบออนกริด



รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.11 แสดงข้อมูลของพลังงานที่ใช้ในระบบเป็นรายชั่วโมง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

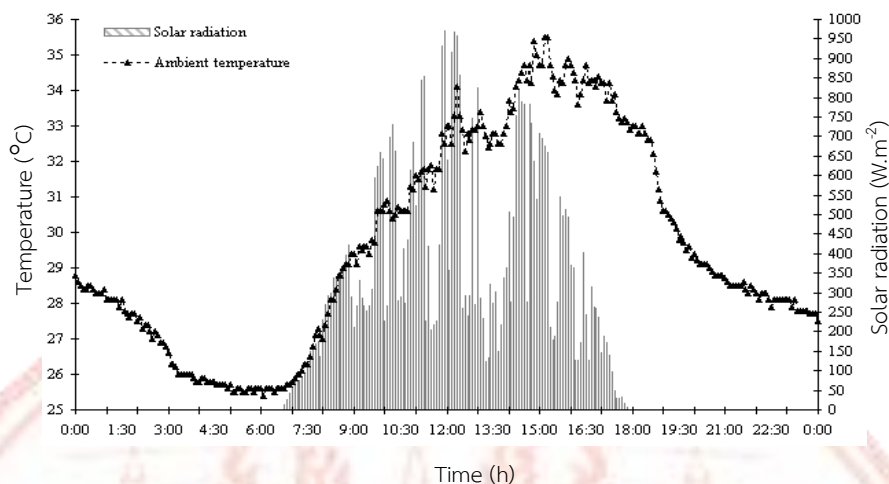
จากการเก็บข้อมูลของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ ไฮบริดขนาด 10 กิโลวัตต์ ที่ใช้กับอาคารสำนักงาน โดยมีการเก็บข้อมูลปัจจัยต่างๆคือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, ความเข้มของรังสีอาทิตย์, อุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์, ความเร็วลมภายนอก, ปริมาณการผลิตไฟฟ้า โซลาร์เซลล์ พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ภายในระบบ ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานติดตั้งจริงในอาคารสำนักงาน แสดงให้เห็นการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา และอุปกรณ์ควบคุมภายใน ได้แก่ อินเวอร์เตอร์ ตู้ควบคุม และแบตเตอรี่สำรองพลังงาน

4.1 ปัจจัยในด้านประสิทธิภาพและการผลิตไฟฟ้า

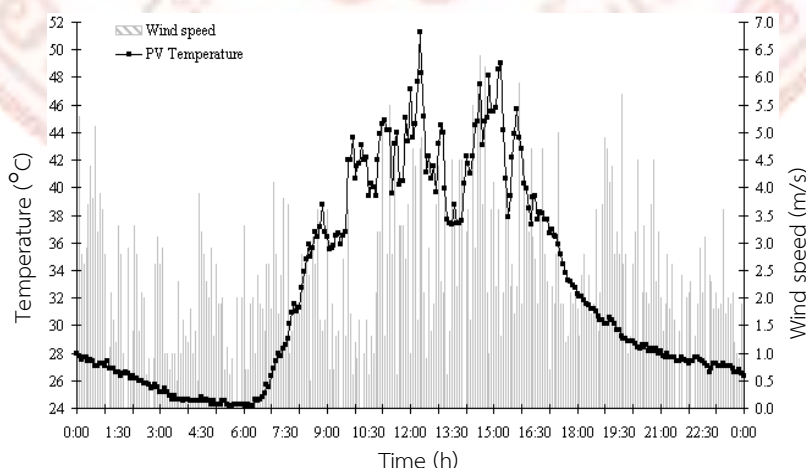
จากการทดสอบเมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านปัจจัยของผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความเข้มของรังสีอาทิตย์ (รูปที่ 4.2) พบว่าในวันที่ทดสอบ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดที่ 25.5 องศา ในเวลา 6:00 น และสูงสุดที่ 35.5 องศา ในเวลา 15:30 น โดยอุณหภูมิในช่วงเวลา 00:00 น นั้นอุณหภูมิอยู่ที่ 28-29 องศา จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆลดต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงเวลา 6:00 ที่เริ่มมีแดดออกอุณหภูมิซึ่งอยู่ที่ประมาณ 25.5 องศา และเมื่อมีแดดออกรังสีอาทิตย์จะเริ่มเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วยเรื่อย ๆ โดยอุณหภูมิสูงสุด จะอยู่ที่ 35.5 องศา ในเวลา 15:30 น เมื่อพิจารณาร่วมกับความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นระฆังคว่ำเริ่มตั้งแต่วเวลา 6:00 – 18:00 น อย่างไรก็ตามในวันที่เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 13:00 – 14:30 นั้นน่าจะฝนตกและฟ้าปิดจึงทำให้ค่าความเข้มรังสีตกลงอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและความเข้มของรังสีอาทิตย์
(วันที่ 17 มีนาคม 2525)

4.2 ปัจจัยของอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์และความเร็วลม

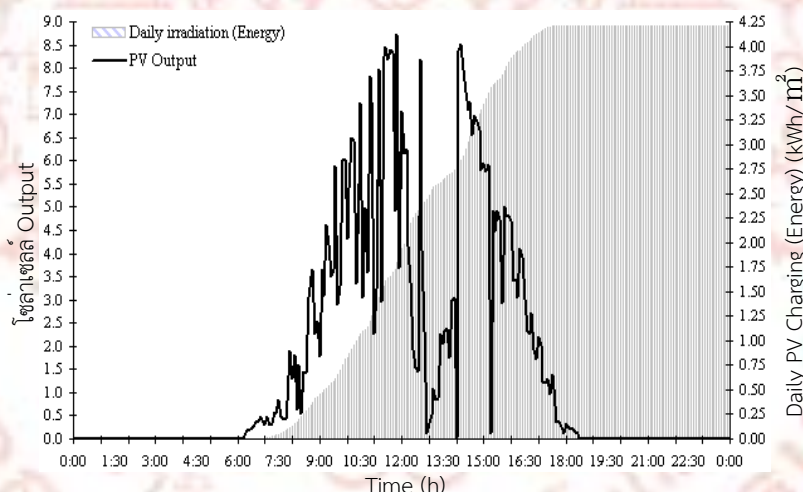
จากการทดสอบเมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านปัจจัยของอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์และความเร็วลมสิ่งแวดล้อม (รูปที่ 4.3) พบว่าในวันที่ทดสอบอุณหภูมิของแผงรับรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดที่ 24 องศา ในเวลา 6:00 น และสูงสุดที่ 52 องศา ในเวลา 12:00 น โดยอุณหภูมิของแผงรับรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลา 00:00 น นั้นอุณหภูมิอยู่ที่ 28 องศา จากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงเวลา 6:00 ที่เริ่มมีแดดออกอุณหภูมิซึ่งอยู่ที่ประมาณ 24 องศา จากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงเที่ยงที่จะสูงสุดที่ 52 องศา และเมื่อพิจารณาร่วมกับความเร็วลมตลอดทั้งวันที่มีค่าอยู่ที่ 0.5 – 7 m/s



รูปที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์และความเร็วลมสิ่งแวดล้อม
(วันที่ 17 มีนาคม 2525)

4.3 ปัจจัยของการผลิตไฟฟ้าและไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้

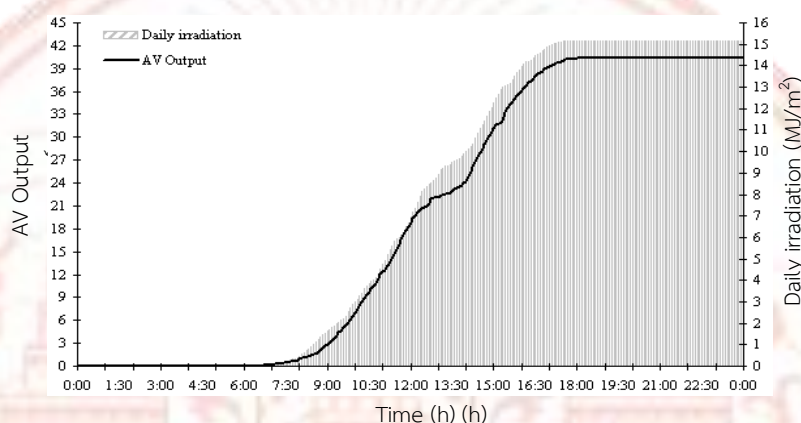
จากการทดสอบเมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ภายในระบบ (รูปที่ 4.4) พบว่าการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์นั้นพบว่า ระบบที่มีสองแบบ คือ แบบ ออนกริด (ไม่มี Battery) และ แบบ ไฮบริด (มี Battery และ Inverter Hybrid) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นสอง case ดังนี้ หากเป็นระบบ On grid ซึ่งไม่มี Battery นั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีลักษณะเป็นกราฟพระฆังคว่ำตั้งแต่ 6:00 น จนถึง 18:00 น เท่านั้น หลัง 18:00 น ไปแล้วระบบจะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อีกปัจจัยที่เห็นได้ชัดคือการผลิตไฟฟ้าของแผงรับรังสีอาทิตย์นั้นขึ้นกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบแผ่น (รูปที่ 4.3) อย่างชัดเจนโดยในวันที่เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 13:00 – 15:30 นั้นน่าจะฝนตกและฟ้าปิดจึงทำให้ค่าความเข้มรังสีตกลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้อัตราการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์นั้นตกลงตามอย่างเห็นได้ชัดนั้นคือ Solar on grid นั้นการใช้ไฟฟ้าจะเป็นไปตามไฟฟ้าที่แผงรับรังสีอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ภายในระบบ (วันที่ 17 มีนาคม 2565)

ในกรณีของระบบ Hybrid ซึ่งมีการติดตั้ง Battery ขนาด 10.24 kWh พร้อมทั้ง Hybrid Inverter ซึ่งจะทำงานในการแปลงไฟฟ้าที่ผลิตได้จากรังสีอาทิตย์ที่ตกลงบนแผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมดออกมาเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด ส่วนหนึ่งนำไปใช้กับโหลดและอีกส่วนที่แผงสามารถผลิตไฟฟ้าได้จะถูกนำไปชาร์จลงใน แบตเตอรี่ซึ่งแบบ on grid นั้น inverter จะแปลงไฟเท่ากับปริมาณโหลดที่ใช้เท่านั้นซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า ในช่วงเวลาตั้งแต่ 9:00 น เป็นต้นไปนั้นปริมาณการชาร์จ Battery นั้นมีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งหมายถึงโหลดที่ใช้มีค่าค่อนข้างคงที่แต่ไฟฟ้าที่แผงรับรังสี

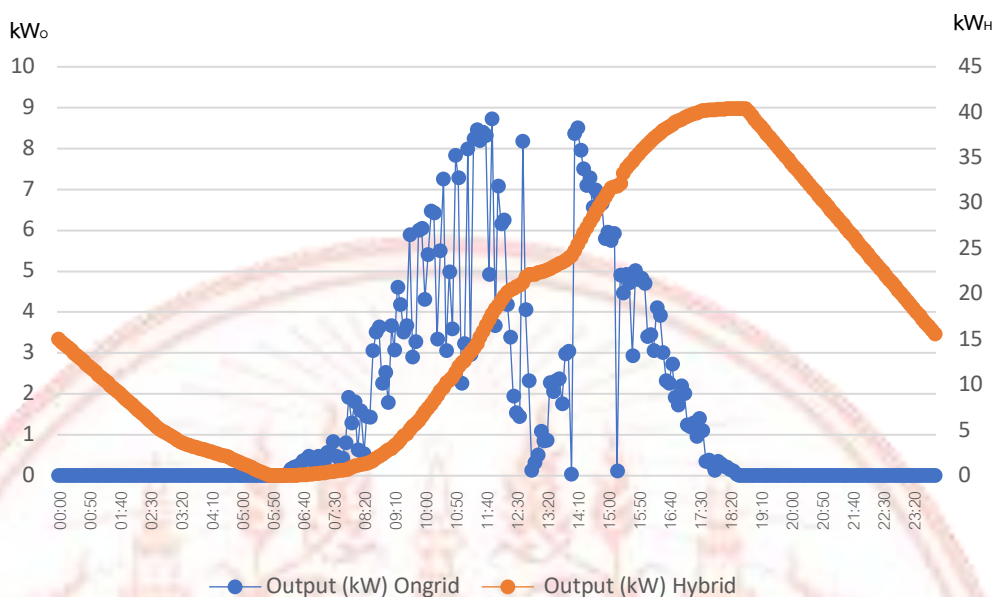
อาทิตย์มีค่าที่เพิ่มข้ขึ้นเป็นรูปประฆังคว่ำทำให้ Battery ถูกชาร์จเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างเห็นได้ชัดและไฟฟ้าจะชาร์จลง Battery สะสมไปเรื่อย ๆ จนถึงตอนเย็น 18:00 น แสงอาทิตย์หมดลง เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้ภายในระบบ (รูปที่ 4.5) จะเห็นได้ชัดว่าการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์นั้นและไฟฟ้ากระแสสลับที่แผงสามารถผลิตได้นั้นมีค่าต่ำกว่ากันเล็กน้อยจากค่าประสิทธิภาพของ Invertor



รูปที่ 4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้ภายในระบบ (วันที่ 17 มีนาคม 2025)

4.4. ปัจจัยในด้านประสิทธิภาพและการผลิตไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาปัจจัยในด้านของประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้านั้นจะเห็นความแตกต่างของพลังงานที่ระบบโซลาร์เซลล์ทั้งสองแบบผลิตได้ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยรูปแบบของการผลิตไฟฟ้าของระบบโซลาร์ On grid นั้นจะเป็น รูปประฆังคว่ำ อย่างชัดเจนโดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเริ่มต้นในตอนหกโมงเช้าและจะค่อยๆ สูงขึ้นจนสูงที่สุดในตอนช่วงเที่ยงแต่หากมีเมฆบังแสงอาทิตย์ปริมาณรังสีรวมจะลดลงทำให้การผลิตไฟฟ้าที่ได้ลดลงตามไปด้วยในทันทีในขณะที่ถ้าเป็นแบบ Hybrid ซึ่งมีแบตเตอรี่อยู่ด้วยนั้นจะเห็นว่าปริมาณไฟฟ้านั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและเนื่องจากระบบมีการจัดการพลังงานที่ส่งไฟฟ้าส่วนเกินไปเก็บในแบตเตอรี่นั้นสิ่งที่จะทำให้ในรูปที่ 4.6 นั้นสามารถเห็นความแตกต่างของรูปแบบของเส้นที่แสดงถึงสมรรถนะที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนที่สุด

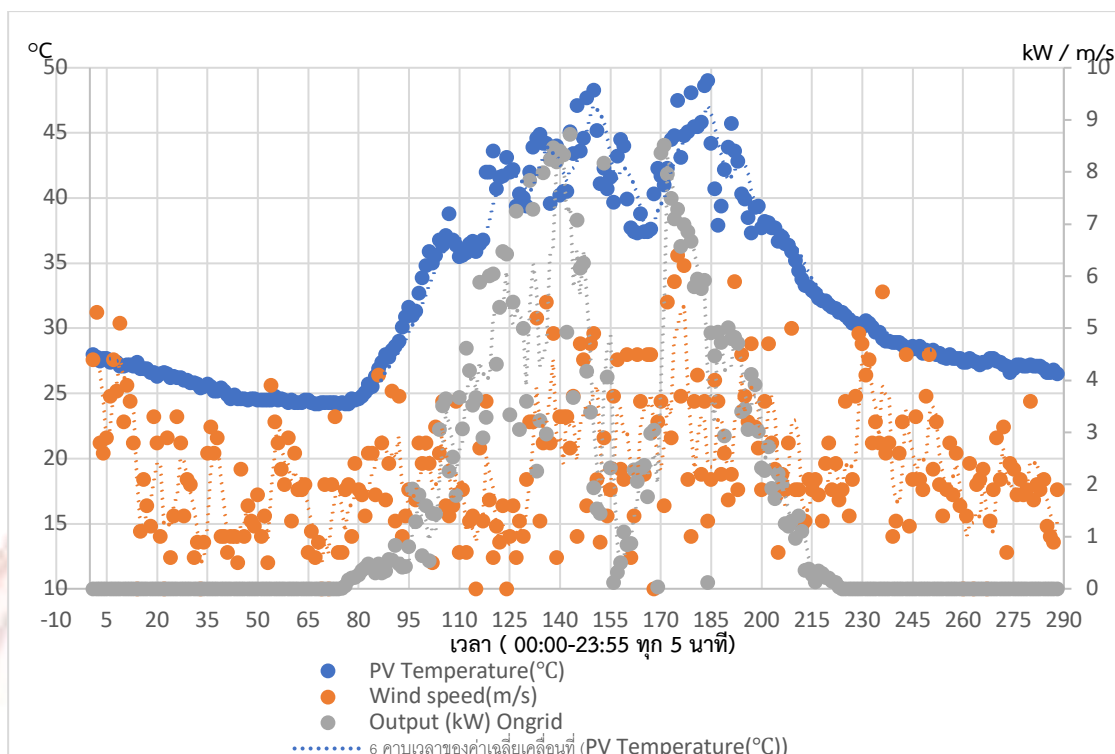


รูปที่ 4.6. การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า ระหว่าง ระบบ Ongrid และ Hybrid

เมื่อพิจารณาในรูปที่ 4.6 ในด้านการรองรับภาระโหลด 2–5 kW ตลอดทั้งวัน และในช่วงกลางคืนโหลดจะลดลงเหลือ 0.5–1 kW Okdโหลดประเภท Induction เช่น ปั๊มน้ำและพัดลม ในช่วง 2–5 kW พบว่าระบบสามารถขับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีอาการโหลดตกหรือการหยุดทำงาน ค่าพลังงานสำรองในแบตเตอรี่ขนาด 10.4 kWh นั้นจะถูกชาร์จจนเต็มในช่วง 18:00 น. และจะค่อย ๆ ลดลงจาก 100% ไปเรื่อย ๆ จนเกือบหมดในช่วง 6:00 น ในตอนเช้าจากนั้นจะถูกชาร์จไปเรื่อย ๆ จน Battery เต็มในช่วง 18:00 น อีกครั้ง เนื่องจากพลังงานส่วนเกินจากแสงอาทิตย์ถูกนำมาชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ สะท้อนถึงศักยภาพของระบบในการรองรับการใช้งานจริงในช่วงเวลาที่ต้องใช้พลังงานต่อเนื่อง

4.5. ปัจจัยในด้านสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของแผ่น

เมื่อพิจารณาในด้านของผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของแผ่นโซล่าเซลล์ (รูปที่ 4.7) พบว่าผลกระทบจากความเร็วมจากสิ่งแวดล้อมจะส่งผลโดยตรงกับอุณหภูมิของแผ่นรับรังสีอาทิตย์อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งส่งผลให้การแปลงรังสีรวมที่ตกกระทบบนแผ่นรับรังสีอาทิตย์ มีปริมาณการสูญเสียที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอิทธิพลของลมที่เข้ามากระจายความร้อนให้กับแผ่นรับรังสีอาทิตย์ส่งผลให้อุณหภูมิของแผ่นรับรังสีอาทิตย์เย็นลงทำให้ความสามารถในการแปลงพลังงานของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ทำได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญรูปที่ 4.7

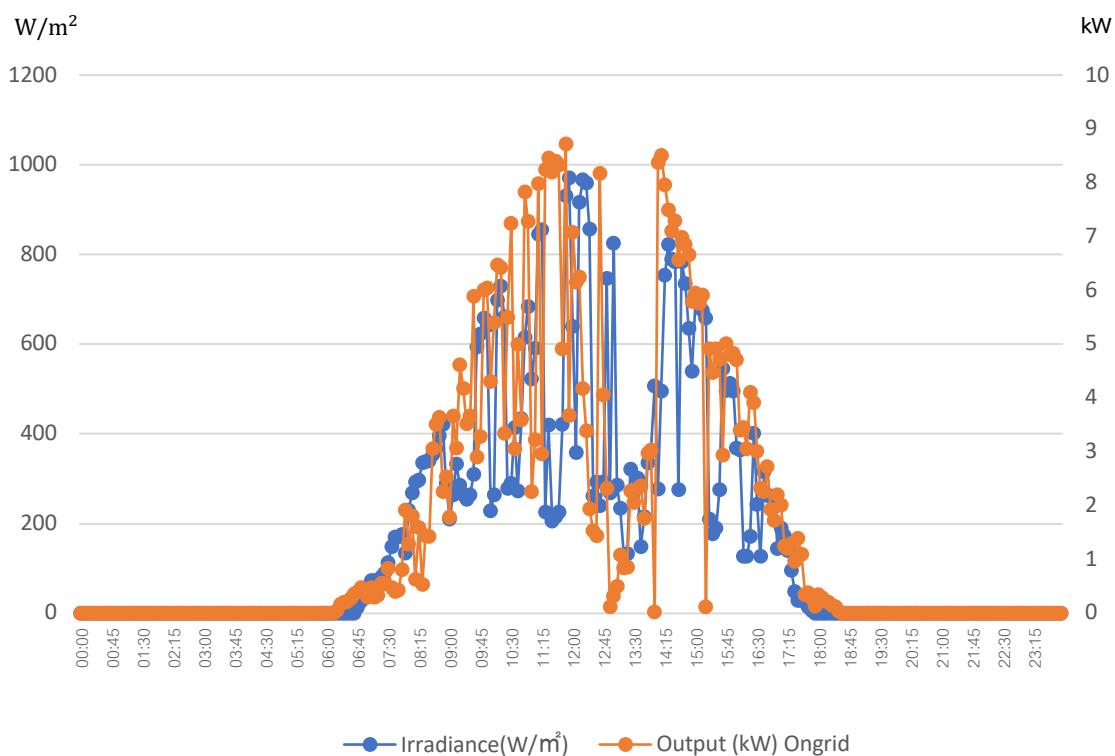


รูปที่ 4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์
อุณหภูมิแผงโซลาร์กับความเร็วลม

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.7 พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่ทดสอบในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการใช้งานจริง ช่วยลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากภายนอก ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด และทำให้ระบบสามารถใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวันในระยะยาว

4.6. ปัจจัยในด้านกำลังการผลิตกับรังสีรวมที่ตกกระทบแผ่นรังสี

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.8 จะเห็นได้ชัดว่ารังสีรวมที่ตกกระทบบนแผ่นรับรังสีอาทิตย์ นั้นเป็นไปตามปริมาณรังสีรวมที่ตกกระทบแผ่นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบในแต่ละช่วงเวลา มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่ถูกนำไปใช้งานภายในอาคารและการเก็บสำรองในแบตเตอรี่ โดยเฉพาะในช่วงกลางวันที่มีการใช้ไฟฟ้าและมีการชาร์จแบตเตอรี่พร้อมกัน ค่าการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งวันสามารถรองรับภาระโหลดภายในอาคารได้เต็มที่ และยังสามารถเก็บสำรองไว้ใช้งานในช่วงกลางคืน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 4.8. ปริมาณแสงตกกระทบแผ่นและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้

เมื่อพิจารณาปริมาณแสงตกกระทบแผ่นและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (รูปที่ 4.8) เห็นได้ชัดว่าปริมาณแสงตกกระทบแผ่นและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นมีค่าเหมือนกันทั้งหมดโดยที่ค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นจะต่ำกว่าปริมาณแสงตกกระทบอันเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานของแผงรับรังสีอาทิตย์

บทที่ 5

บทสรุป

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษาและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานสำหรับใช้งานในอาคารสำนักงาน สามารถสรุปออกมาได้ในสามปัจจัยหลักดังนี้

5.1 ปัจจัยในด้านประสิทธิภาพและการผลิตไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในแบบ on grid และแบบ Hybrid กันแล้วในด้านประสิทธิภาพของระบบ ระบบสามารถผลิตและจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาการทดสอบ โดยแบตเตอรี่ขนาด 102.4 V ความจุ 50 Ah จำนวน 2 ลูก (รวม 10.24 kWh) ร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 550 W จำนวน 20 แผง และ Inverter ขนาด 10 kW สามารถรองรับโหลดในอาคารได้โดยไม่พึ่งพาไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้อยู่ที่ 1,684.79 V และในช่วงที่มีการแผ่รังสีสูงสุด (12.00–13.00 น.) สามารถผลิตได้ถึง 3,210.45 W แสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ตอบสนองต่อภาระโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อพิจารณาในมิติของการใช้พลังงานเทียบกันสองระบบ พบว่าระบบ Hybrid นั้นมีแบตเตอรี่ในการเก็บสะสมพลังงานและ Hybrid Inverter นั้นมีการจัดการพลังงานไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยถ้าผู้ใช้มีการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าไฟฟ้าที่แผงโซลาร์ผลิตได้ไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกนำไปชาร์จใส่แบตเตอรี่ไว้ ซึ่งเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์แล้วระบบโซลาร์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ผู้ใช้สามารถใช้ไฟฟ้าได้ต่อไปจนกว่าแบตเตอรี่จะหมดในขณะถ้าเป็นแบบ On grid หลังจาก ทดลองครั้ง Inverter จะตัดไปสู่การใช้ไฟจากการไฟฟ้าทันที

5.2 ปัจจัยในด้านกำลังการผลิตกับรังสีรวมทั้งอุณหภูมิที่ตกกระทบแผ่นรังสี

เมื่อพิจารณาในด้านการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้ากับรังสีที่ตกกระทบแผ่น การใช้พลังงานจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม ESS LINK พบว่า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบในแต่ละช่วงเวลา มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่ถูกนำไปใช้งานภายในอาคารและการเก็บสำรองในแบตเตอรี่ โดยเฉพาะในช่วงกลางวันที่มีการใช้ไฟฟ้าและมีการชาร์จแบตเตอรี่พร้อมกัน ค่าการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งวันสามารถรองรับภาระโหลดภายในอาคารได้เต็มที่ และยังสามารถเก็บสำรองไว้ใช้งานในช่วงกลางคืน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี

5.3. ปัจจัยในด้านสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของแผ่น

เมื่อพิจารณาในด้านการเปรียบเทียบผลของสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิของแผ่นรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งส่งผลกับการผลิตไฟฟ้าของแผ่นรับรังสีอาทิตย์อย่างเห็นได้ชัดโดยที่ทำให้แผงรับรังสีอาทิตย์มีสมรรถนะที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแผงรับรังสีอาทิตย์ร้อนขึ้นส่งผลให้ปริมาณการแปลงรังสีที่ตกกระทบแผ่นให้เป็นไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงตามไปด้วย ดังนั้น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิของแผ่นรับรังสีอาทิตย์นั้นแปรผันตามกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.4. สรุปผลการทดสอบของระบบ On grid และ Hybrid

จากการทดสอบระบบทั้งหมดเปรียบเทียบแบบ ออนกริดและไฮบริด พบว่ามีการใช้โหลดทางไฟฟ้าของอาคารอยู่ในช่วงไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ โดยเมื่อพิจารณาจากผลการเก็บข้อมูลจำนวน 24 ชั่วโมง โดยการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่แผง โซลาร์เซลล์ผลิตได้ตามเวลาที่มีแดดเป็นรายชั่วโมงโดยพิจารณาเทียบกับค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นดินรายวันที่เกิดขึ้น พบว่ามีค่าเป็นไปในทางเดียวกันโดยที่การผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องมีค่าที่น้อยกว่าค่ารังสีตกกระทบแผ่นโซลาร์เซลล์ ที่ได้รับการติดตั้งเทียบกับระบบ โซลาร์เซลล์ ที่ได้รับการติดตั้ง โดยมีช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลเริ่มจากช่วงเวลา 07.00น ถึง 18.00น ซึ่งจากข้อมูลจะพบว่าช่วงเวลา 7.00น. แรงดันไฟฟ้าจากชุดโซลาร์เซลล์ จะจ่ายไฟฟ้าไปยังชาร์จเจอร์และจ่ายไปยังโหลด โดยที่โหลดจะดึงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ชุดหลัก 102.4 V 50 Ah จำนวน 2 ลูกต่อเนื่องกันเพื่อให้ได้กำลังรวม 10.24 kWh จ่ายไฟให้กับระบบ Inverter แปลงแรงดันไฟฟ้า DC 204.8 V เป็นแรงดันไฟฟ้า AC 220 V เพื่อจ่ายโหลดซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าของระบบที่ได้จากการวัดเฉลี่ยจะอยู่ที่ 1,684.79 W ซึ่งช่วงที่ค่ากำลังไฟฟ้าได้สูงสุดจะอยู่ที่ ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 3,210.45 W จากการทดลองกับโหลด บัมพ์และพัดลม ซึ่งเป็นโหลดชนิด Induction มีการเหนี่ยวนำอยู่ตลอดเวลา ระบบสามารถที่ขับโหลดได้อย่างต่อเนื่อง และเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่ จะถูกชาร์จไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ 6:00 น ไปจนถึง 18:00 น. และมีปริมาณไฟฟ้าใน Battery อยู่ที่ 100 % และจะค่อยๆถูกใช้ไปเรื่อยๆในตอนกลางคืนจนถึงเช้าแบตเตอรี่จะหมดลง และจะเริ่มนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผง โซลาร์เซลล์ ในส่วนที่เหลือจากการใช้งานมาชาร์จ Battery เก็บไว้ที่แบตเตอรี่ วง Loop อยู่ตลอดเวลา และยังชาร์จไปยังชุดแบตเตอรี่ 102.4 V 50 Ah จำนวน 2 ลูกต่อเนื่องกันเพื่อให้ได้กำลังรวม 10.24 kWh เพื่อใช้จ่ายให้กับระบบควบคุมได้แบบต่อเนื่อง ดังนั้นหมายความว่า ระบบของ โซลาร์เซลล์ มีขนาดกำลังไฟฟ้าสำรองในแบตเตอรี่ที่เพียงพอในการจ่ายให้กับโหลดอยู่แม้ในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ก็สามารถจ่ายไฟให้โหลดได้ต่อเนื่องจนกว่า แบตเตอรี่ จะหมด และเมื่อดูในตารางการบันทึกข้อมูลด้านอุณหภูมิ Ambient Temperature มีค่าเฉลี่ยที่ 25.6 องศา

ค่าความเร็วลมบนหลังคาบ้านจากการวัด เฉลี่ยอยู่ที่ 1.73 m/s โดยในวันที่ทำการทดสอบ อากาศปกติ สลับมีเมฆบ้างเป็นช่วงๆ

เมื่อพิจารณาจากการทดลองพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดในอาคารได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาทดสอบ แม้ในบางช่วง จะมีเมฆบังแสงอาทิตย์เกิดขึ้นก็ตาม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงควมมีเสถียรภาพของระบบ ทั้งนี้ เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพและความพร้อมใช้งานของระบบในระยะยาว ควรพิจารณาในการศึกษาปริมาณและ ขนาดของ Battery ที่เหมาะสมกับระบบอย่างไรก็ตามจากการทดสอบพบว่าสามารถเพิ่มขนาดของ Battery ขึ้นได้อีกให้สูงขึ้นมากกว่า 10.4 kWh โดยที่จากขนาดของระบบที่มีแผงรับรังสีอาทิตย์อยู่ที่ 10 kW และมีโหลดเฉลี่ยอยู่ที่ 2-5 kWh ต้องพิจารณาจากพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่แผงรับรังสีอาทิตย์ สามารถผลิตได้ต่อวัน เทียบกับโหลดที่ใช้จะเป็นปริมาณที่ Battery ชาร์จ เช่น ค่าปริมาณการผลิต ไฟฟ้ารวมตลอดทั้งวันตั้งแต่ 6:00 – 18:00 น. มีค่าเป็น 474.92 kW-day และมีการใช้โหลดเฉลี่ยทั้ง วันอยู่ที่ 420 kW-day ดังนั้นสามารถชาร์จ Battery ได้ถึง 40 kWh

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบ ออนกริด เทียบกับแบบ ไฮบริดนั้นได้ผลออกมาอย่างชัดเจนว่า ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบไฮบริดนั้นมีความสามารถ ในการใช้งานที่สูงกว่ามีเสถียรภาพที่สูงกว่าแบบออนกริดอย่างเห็นได้ชัดในทุกด้าน จากการที่ระบบมี การติดตั้ง Battery และใช้ร่วมกับ Hybrid Inverter เข้าไป ดังนั้นการศึกษาคำหาขนาด Battery ที่ เหมาะสมของระบบ Solar Cell แบบ Hybrid จึงเป็นสิ่งที่ควรทำการศึกษาต่อไป รวมถึงการสร้าง ตารางหรือสมการในการออกแบบขนาด Battery ของระบบ Solar Hybrid System

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในมิติของสภาพอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ สามารถทำการศึกษาอิทธิพลของสภาพบรรยากาศที่ส่งผลกับสมรรถนะของระบบเช่น อุณหภูมิและ ความเร็วลม ควรมีการติดตามและบันทึกข้อมูลในระยะยาว เพื่อใช้ในการปรับปรุงการออกแบบระบบ ในอนาคต และช่วยให้สามารถวางแผนการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สำหรับการนำ ระบบไปประยุกต์ใช้จริงในบ้านพักอาศัยหรือสำนักงานขนาดเล็ก รวมไปถึงการปรับแต่งระบบให้ สอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้งาน และ ควรมีการศึกษาระบบสำรองพลังงานที่เป็น ระบบหลักหรือระบบเชื่อมต่อกับไฟฟ้าภายนอกเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉินทำให้เพิ่มสมรรถนะ และเสถียรภาพทางด้านพลังงานขึ้นไปได้