

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์
เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก
Technical performance Investigation of Smart grid using electricity production
by Photovoltaic systems

คณะผู้วิจัย สังกัด

นายนิพนธ์	เกตจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นายฉัตรชัย	ศิริสัมพันธ์วงษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นายคงฤทธิ	แมนศิริ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นายรัฐพร	เงินมีศรี	มหาวิทยาลัยนเรศวร
นายณัฐวุฒิ	ขาวสะอาด	มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักงานหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันที่ลงทะเบียน 1039368
เลขทะเบียน ๑ TK
เลขเรียกหนังสือ ๑๑18

๒6195
2559

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2559

ชื่อโครงการ	การศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก
ชื่อผู้วิจัย	นายนิพนธ์ เกตุจ้อย นายฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์ นายคงฤทธิ์ แม้นศิริ นายรัฐพร เงินมีศรี นายณัฐวุฒิ ชาวสะอาด
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
งบประมาณ	285,300 บาท
ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยทำการศึกษารายละเอียดของระบบ smart grid ที่ติดตั้งภายในวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ที่ทำการเก็บบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ซึ่งในการวิเคราะห์หาสมรรถนะของระบบ smart grid นั้นจะใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค ที่อ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2) จากผลการศึกษา พบว่า สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PR) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (Y_p) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 kWh/kWp ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_f) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 kWh/kWp โดยค่าการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c) เฉลี่ยที่เกิดขึ้นเท่ากับ 1.85 kWh/kWp และค่าการสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (L_s) เฉลี่ยที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0.33 kWh/kWp ซึ่งจากการศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จะเห็นได้ว่าปัจจัยบ่งชี้ว่าสมรรถนะของระบบจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับค่าการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากหลายสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยกตัวอย่างเช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบชำรุด จึงส่งผลทำให้ระบบผลิตพลังงานได้น้อยลง

Titles	Technical performance Investigation of Smart grid using electricity production by Photovoltaic systems
Researcher	Mr.Nipon Ketjoy Mr. Chatchai Sirisamphanwong Mr. Kongrit Mansiri Mr. Rattaporn Ngoenmeesri Mr. Nattawut khaosaad
Sponsor	National Research Council of Thailand (NRCT)
Budget	285,300 Bath
Period of time	October 2015 – September 2017

Abstract

The Objective of this research is the performance Investigation of a Smart grid using electricity production by Photovoltaic systems. This study used the data of smart grid system that installed at the School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University. The annual array yield of photovoltaic analyzed the data were recorded every 1 minute since January 2015 until November 2015. The technical analysis of this research used the International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2). This study found that the system performance ratio (PR) is about 0.54. The array yield (Y_A) is about 2.75 kWh/kWp. The final yield (Y_f) is about 2.42 kWh/kWp. The capture loss (L_c) is about 1.85 kWh/kWp and system loss is about 0.33 kWh/kWp. This research can be seen that as the factor indicating whether the performance of the system is high or low depends on the loss on the capture loss. This may be due to several causes of loss on the PV system. For example, the PV modules are defective in the system. This results in less energy production.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ งบประมาณแผ่นดินประจำปี งบประมาณ 2559 และขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่วิจัยของวิทยาลัยหลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทำให้ การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย
กันยายน 2560



สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
รายการสัญลักษณ์.....	ช
<hr/>	
บทที่ 1_บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2_เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์.....	6
2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	6
2.3 เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
2.4 อุปกรณ์ประกอบในระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
2.5 รูปแบบการใช้ประโยชน์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์.....	21
2.6 โครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid).....	23
2.7 ทฤษฎีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบ.....	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3_ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย.....	38
บทที่ 4_ผลการวิจัย.....	44
บทที่ 5_สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	47
5.1 สรุป.....	47
5.2 อภิปรายผล.....	47
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	47
บรรณานุกรม.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ลักษณะเฉพาะของแบตเตอรี่รูปแบบต่างๆ	16
ตารางที่ 2 ชื่ออ้างอิงสำหรับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยใช้รูปแบบสั้นๆ	18



สารบัญภาพ

รูปที่ 1	การขยายตัวของตลาดผลิตเซลล์แสงอาทิตย์.....	1
รูปที่ 2	แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี	2
รูปที่ 3	จำนวนโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟที่ติดตั้งในประเทศไทย.....	3
รูปที่ 4	ระบบโครงข่ายอัจฉริยะและระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยฯ	4
รูปที่ 5	ขอบเขตงานวิจัยของระบบที่จะทำการศึกษา	5
รูปที่ 6	ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	6
รูปที่ 7	เซลล์ (Cell) โมดูล (Module) แอร์เรย์ (Array)	7
รูปที่ 8	คุณสมบัติกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	7
รูปที่ 9	I-V Curve กรณีเมื่ออุณหภูมิเซลล์คงที่และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง	9
รูปที่ 10	I-V Curve กรณีเมื่อค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่และอุณหภูมิเซลล์เพิ่มขึ้น.....	9
รูปที่ 11	เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน.....	10
รูปที่ 12	เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากสารประกอบ.....	10
รูปที่ 13	เครื่องควบคุมการประจุสองชนิดหลัก	12
รูปที่ 14	ลักษณะสัญญาณขาออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า	13
รูปที่ 15	ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....	13
รูปที่ 16	ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....	14
รูปที่ 17	ส่วนประกอบหลักของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า.....	15
รูปที่ 18	โครงสร้างลิเทียมโคบอลต์.....	17
รูปที่ 19	โครงสร้างลิเทียมแมงกานีสออกไซด์	17
รูปที่ 20	เปรียบเทียบค่าพลังงาน-ขนาด-น้ำหนักของแบตเตอรี่แต่ละชนิด.....	19
รูปที่ 21	เทคโนโลยีระบบเซลล์แสงอาทิตย์อิสระแบบรวมศูนย์แบบดั้งเดิม.....	21
รูปที่ 22	เทคโนโลยีระบบเซลล์แสงอาทิตย์อิสระแบบสมัยใหม่	22
รูปที่ 23	ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องย่นดการเกษตร	23
รูปที่ 24	ลักษณะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	23
รูปที่ 25	รูปโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ	24
รูปที่ 26	ส่วนประกอบของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ	25
รูปที่ 27	ระบบสื่อสารในสายสาธารณะ.....	27
รูปที่ 28	ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	38
รูปที่ 29	ระบบ PV micro grid system.....	39
รูปที่ 30	ระบบ PV grid connected system ขนาด 10 kW	40
รูปที่ 31	ระบบ PV roof connected system ขนาด 6 kW.....	41
รูปที่ 32	ระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติของระบบใช้ในการศึกษาวิจัย.....	42
รูปที่ 33	ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน.....	44
รูปที่ 34	พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	45
รูปที่ 35	ค่าพลังงานที่สูญเสียในแผงเซลล์แสงอาทิตย์และในระบบ	45
รูปที่ 36	สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์	46

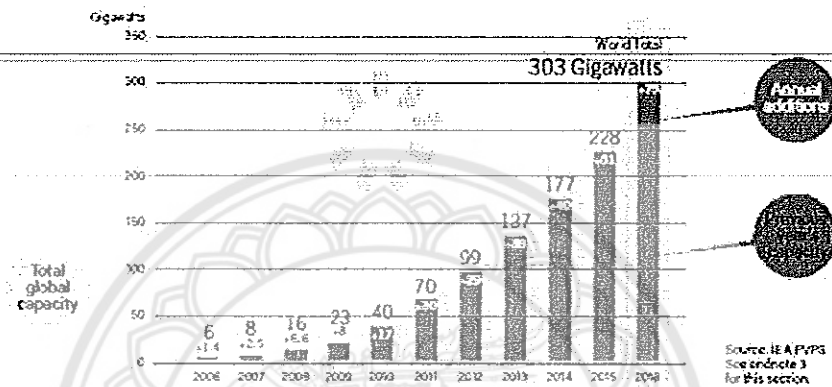
รายการสัญลักษณ์

I_m	คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่อยู่กับภาระทางไฟฟ้า
V_m	คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่อยู่กับภาระทางไฟฟ้า
I_{sc}	คือ ค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร
V_{oc}	คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีการะทางไฟฟ้า
P_m	คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่มีภาระทางไฟฟ้า
F.F	คือ ค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด
η_m	คือ ค่าอัตราส่วนกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานที่ได้รับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหาค่าได้จากสมการ
A_m	คือ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)
G_T	คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)
P_w	คือ กำลังของลม (W)
ρ	คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m^3
A	คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)
V	คือ ความเร็วลม (m/s)
$\rho(z)$	คือ ความหนาแน่นของอากาศซึ่งเป็นฟังก์ชันของระดับความสูง (kg/m^3)
P_0	คือ ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลมาตรฐาน (kg/m^3)
R	คือ ค่าคงที่ของอากาศ (Specific gas constant of air) ($J/K \text{ mol}$)
T	คือ อุณหภูมิ (K)
g	คือ ค่าแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)
z	คือ ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล (m)
P_{WT}	คือ กำลังของกังหันลม (W)
C_p	คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของกังหันลม
A_R	คือ พื้นที่กวาดของใบกังหัน (m^2)
N_i	คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบในแต่ละครั้งไฟดับ (ราย)
NT	คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด (ราย)
t_i	คือ ช่วงเวลาไฟดับในแต่ละครั้ง (นาที)

บทที่ 1 บทนำ

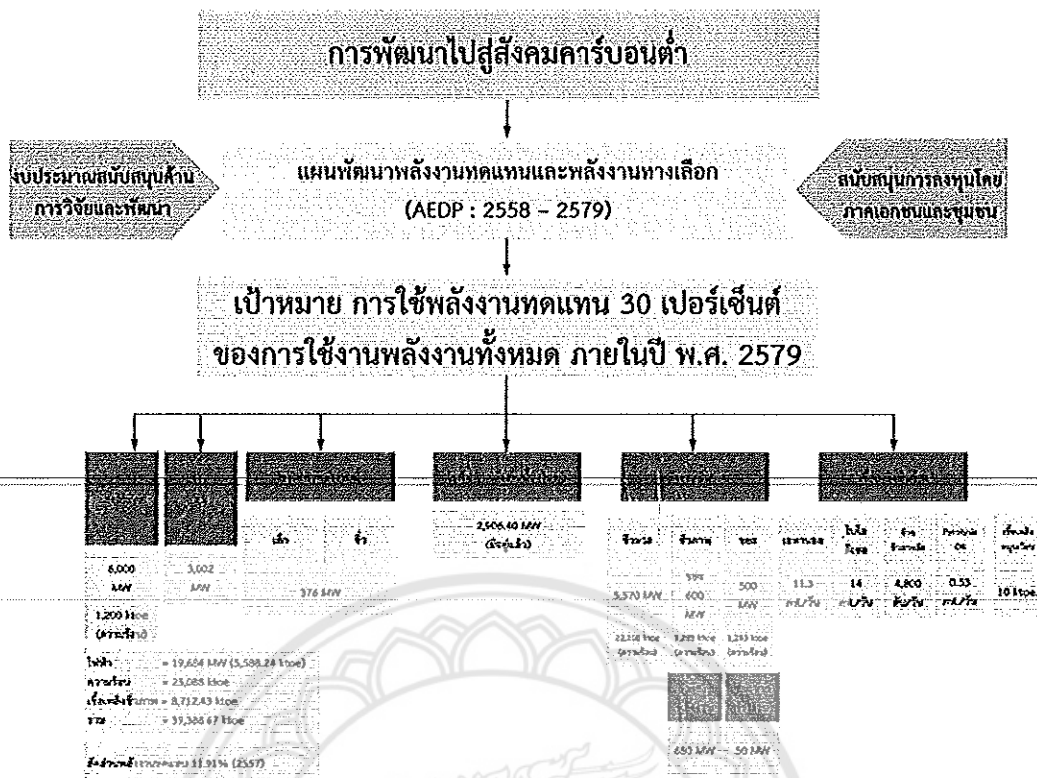
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มอย่างต่อเนื่องโดย ณ สิ้นปี พ.ศ. 2559 ทั่วโลกมีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์กว่า 75 GW ซึ่งเกิดจากความตื่นตัวของประชาคมโลกในเรื่องการนำพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานฟอสซิลซึ่งกำลังจะหมดไปและปัญหาจากสภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกปีอันเป็นผลจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังรูปที่ 1 [1]



รูปที่ 1 การขยายตัวของตลาดผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ [1]

แนวโน้มในปัจจุบันประเทศไทยมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย (PV grid connected system) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (พ.ศ.2558-2579) นั้นได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้สูงถึง 2,000 MW โดยภาครัฐได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานในอนาคตของประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2579 คาดว่าจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้า 326,119 หน่วย โดยนโยบายของกระทรวงพลังงานได้กำหนดเป้าหมายในการใช้พลังงานทดแทนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็น 30% ของการใช้พลังงานรวมทั้งหมด ดังรูปที่ 2 [2]

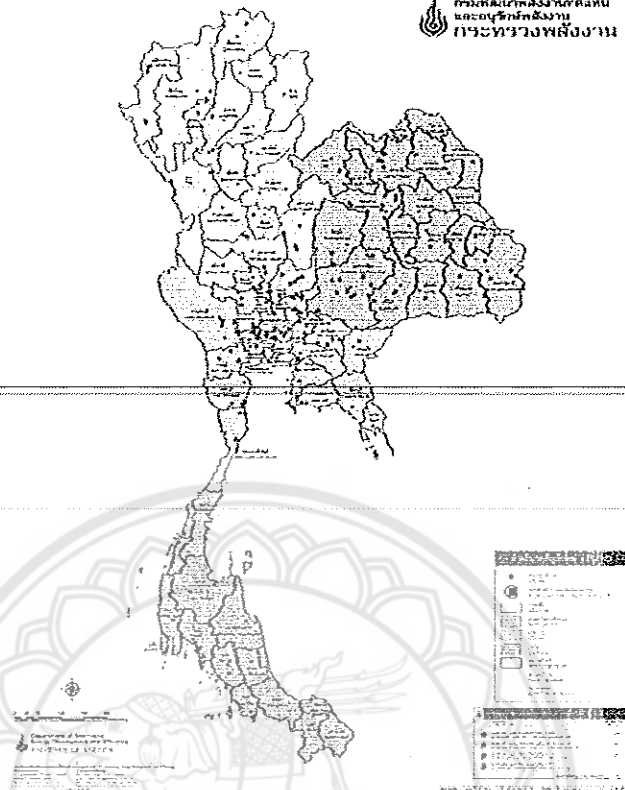


รูปที่ 2 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี [2]

จากรูปที่ 3 แสดงเห็นจำนวนโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟที่ติดตั้งในประเทศไทย ซึ่งมีกำลังการผลิตรวม 787 เมกกะวัตต์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน โดยมุ่งเน้นให้มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำหน่ายให้การไฟฟ้า แต่เนื่องจากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคานั้นมีการกระจายตัวมาก และขนาดกำลังการผลิตแตกต่างกัน ส่งผลให้สมรรถนะของระบบแตกต่างกันตามไปด้วย ซึ่งขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าและสมรรถนะของแต่ละระบบแตกต่างกันนั้น หากไม่มีการบริหารจัดการที่ดี อาจส่งผลต่อเสถียรภาพและประสิทธิภาพระบบโดยรวมได้ [3]

แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟในประเทศไทย
 MAP OF SOLAR POWER PLANTS AND SOLAR ROOFTOP IN THAILAND

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
 และอนุรักษ์พลังงาน
 กระทรวงพลังงาน

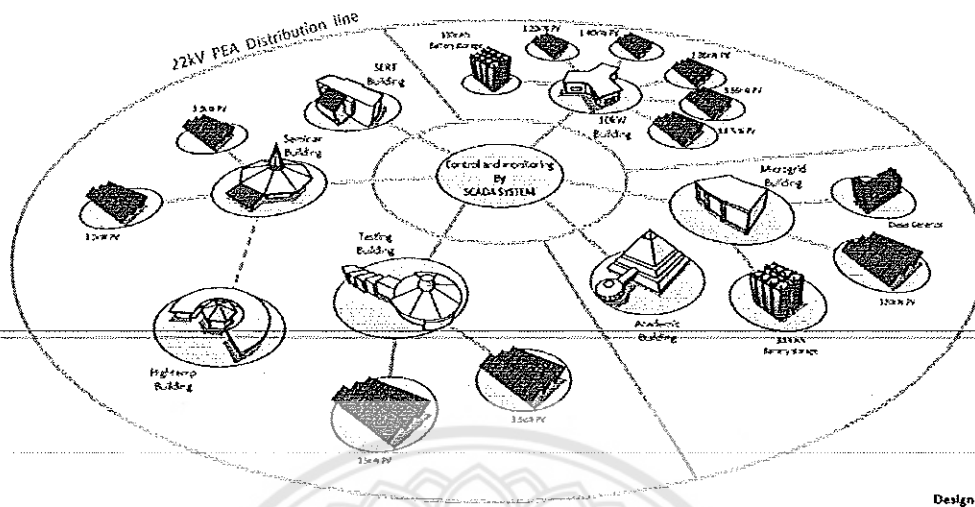


รูปที่ 3 จำนวนโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟที่ติดตั้งในประเทศไทย [3]

ซึ่งในปัจจุบันนี้มีระบบที่สามารถช่วยบริหารจัดการการเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่มีมากขึ้นเข้าไปในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีโครงข่ายไฟฟ้าที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นพิเศษสำหรับการบริหารจัดการ การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า และการทำนายความต้องการและการผลิตพลังงาน ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) นั้นเป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่หลายประเทศทั่วโลก เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป ประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีน และประเทศนิวซีแลนด์ เป็นต้น ได้ให้ความสนใจในการวิจัยและการพัฒนาระบบไฟฟ้าให้กลายเป็น ระบบไฟฟ้าที่มีความชาญฉลาด และใช้ทรัพยากรให้น้อยลง นั้นหมายถึงมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น มีความน่าเชื่อถือ ยั่งยืน ปลอดภัย รวมถึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นได้โดยการพัฒนาเทคโนโลยีระบบตรวจวัด ระบบเก็บข้อมูล ระบบสื่อสาร เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยนั้นมีหลายหน่วยงานให้ความสนใจในการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ แต่ยังไม่เป็นรูปธรรมมากนัก จากข้อมูลที่กำลังมาข้างหน้าหากมีการนำระบบโครงข่ายอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในขนาดกำลังการผลิตแตกต่างกันจะส่งผลอย่างไรกับสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในภาพรวม ซึ่งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยพลังงานทดแทนได้มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนหลายระบบ และมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 3 - 120 kW ซึ่งปัจจุบันนี้วิทยาลัยฯ ได้มีการปรับปรุงระบบแต่ละระบบให้มีการเชื่อมโยงกัน เพื่อจำลองระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในสวนพลังงานให้มีลักษณะเดียวกันกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาที่มีหลากหลายขนาด ประกอบกับได้มีการพัฒนาระบบบริหาร

จัดการระบบเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละระบบโดยใช้ระบบโครงข่ายอัจฉริยะเป็นเครื่องมือในการช่วยบริหารจัดการ ดังรูปที่ 4

SERT SMART GRID



รูปที่ 4 ระบบโครงข่ายอัจฉริยะและระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยฯ

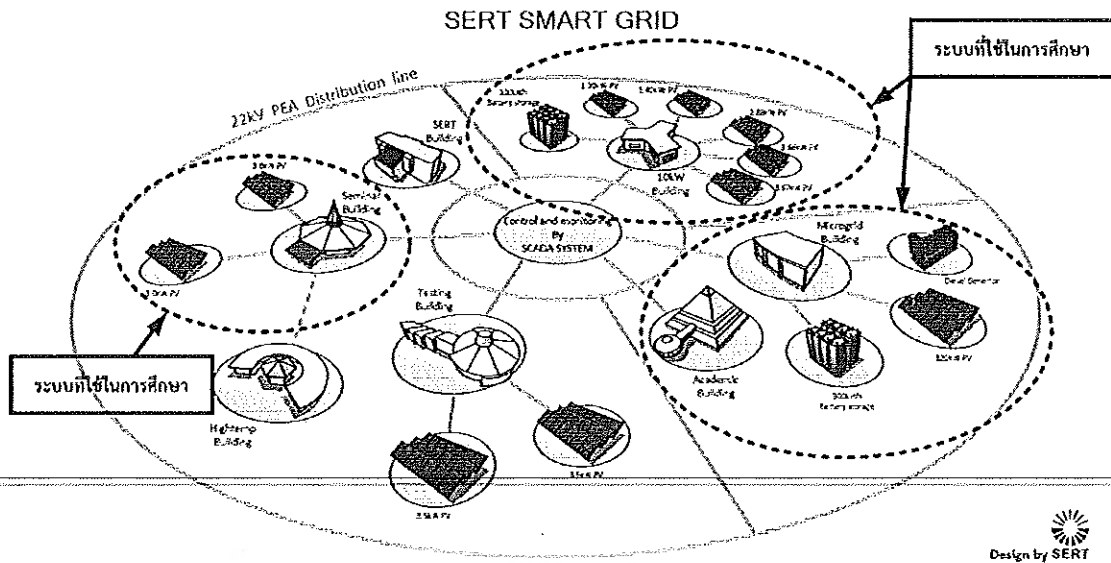
คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะทำการศึกษасรรณะทางเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งและสมรรถนะของระบบแตกต่างกัน และเมื่อมีการประยุกต์ระบบโครงข่ายอัจฉริยะมาช่วยในการบริหารจัดการระบบจะส่งผลต่อสมรรถนะโดยภาพรวมของระบบอย่างไร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นในการศึกษасรรณะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานหลัก เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะทางเทคนิคของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำระบบโครงข่ายอัจฉริยะมาบริหารจัดการ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษасรรณะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยในงานวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นทำการศึกษасรรณะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งภายในสวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทางด้านปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ 1 ระบบ PV Micro grid ขนาด 120 kW ระบบที่ 2 ระบบ PV grid connected system ขนาด 10 kW และระบบที่ 3 ระบบ PV roof connected system ขนาด 6 kW ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขอบเขตงานวิจัยของระบบที่จะทำการศึกษา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก

1.4.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านระบบโครงข่ายอัจฉริยะและระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศ และมีความเหมาะสมต่อการลงทุน

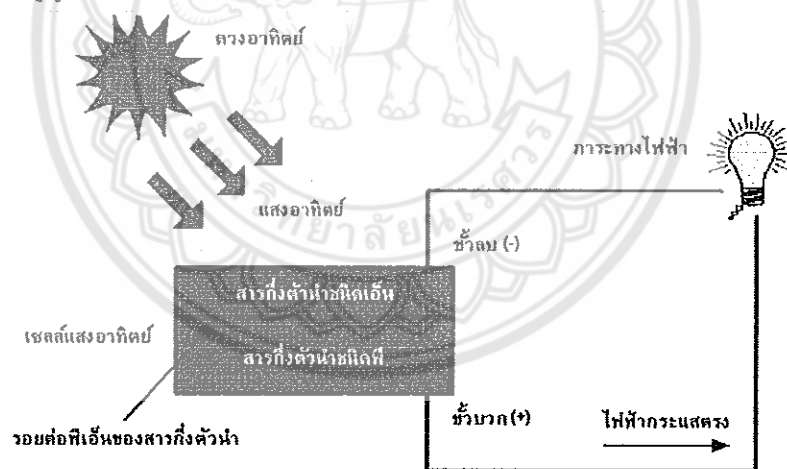
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้าได้ โดยไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปประกอบไปด้วยรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งส่วนใหญ่คือซิลิกอนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เรียกรอยต่อนี้ว่ารอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) ทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดพาหะทางไฟฟ้าขึ้นสองชนิดคือ อิเล็กตรอน (ประจุลบ) และ โฮล (ประจุบวก) สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อพีเอ็นจะแยกอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นให้ไหลไปทางขั้วลบและ แยกโฮลให้ไหลไปทางขั้วบวก มีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง ดังนั้นเมื่อเราต่อขั้วดังกล่าวเข้ากับภาระทางไฟฟ้า ก็จะมีการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในวงจร ดังรูปที่ 6

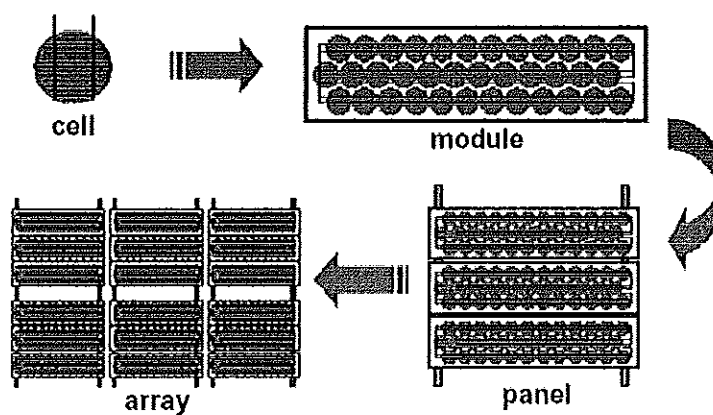
เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ที่สภาวะวงจรเปิดและไม่มีภาระทางไฟฟ้า ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและ ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ (พื้นที่หน้าตัด) และยิ่งขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวอย่างเช่น เซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงานขนาดพื้นที่หน้าตัด 160 ตารางเซนติเมตร จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 2 วัตต์ ที่สภาวะความเข้มแสงอาทิตย์ประมาณ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร และเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ลดต่ำลงเหลือประมาณ 400 วัตต์ต่อตารางเมตร เซลล์แสงอาทิตย์นี้ก็จะผลิตไฟฟ้าได้เพียงประมาณ 0.8 วัตต์ [4]



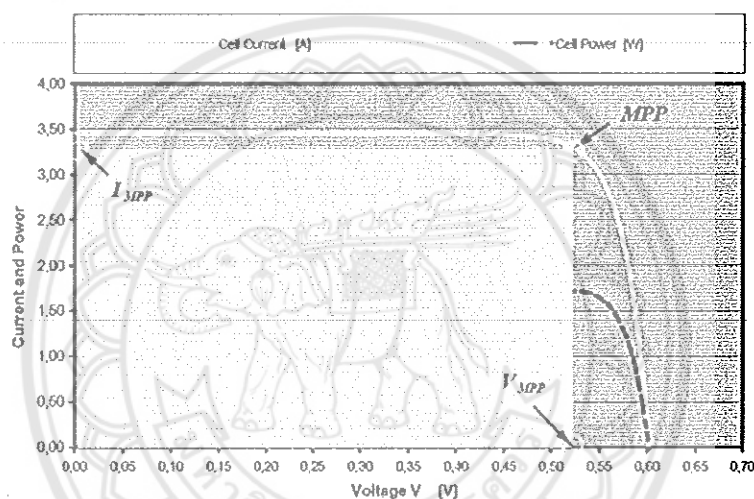
รูปที่ 6 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถอธิบายได้โดยใช้กราฟแสดงคุณสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V Curve) ลักษณะของ I-V Curve ไม่ว่าจะ เป็นของเซลล์ (Cell) โมดูล (Module) แอร์เรย์ (Array) จะมีลักษณะที่เดียวกัน ดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 เซลล์ (Cell) โมดูล (Module) แอร์เรย์ (Array)



รูปที่ 8 คุณสมบัติกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ [5]

- ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_m) คือค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับการะทางไฟฟ้า
- ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_m) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับการะทางไฟฟ้า
- ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) คือค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร
- ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) คือค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีการะทางไฟฟ้า
- ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) คือค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่มีการะทางไฟฟ้า
- ค่าฟิลล์แฟกเตอร์ (F.F) คือ ค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$F.F = \frac{P_m}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (2.1)$$

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีควรมีค่าฟิลล์แฟคเตอร์มากกว่า 0.7 ขึ้นไป เพื่อให้จะให้จุดทำงานมีค่าใกล้เคียงกับจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด

- ประสิทธิภาพสูงสุด (η_m) คือ ค่าอัตราส่วนกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานที่ได้รับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหาค่าได้จากสมการ

$$\eta_m = \left(\frac{P_m}{A_m G_T} \right) \times 100' \quad (2.2)$$

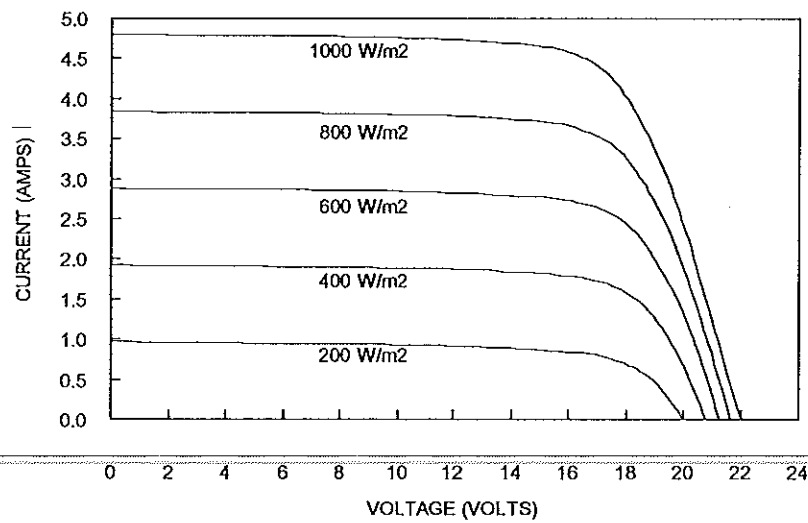
A_m คือ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

G_T คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

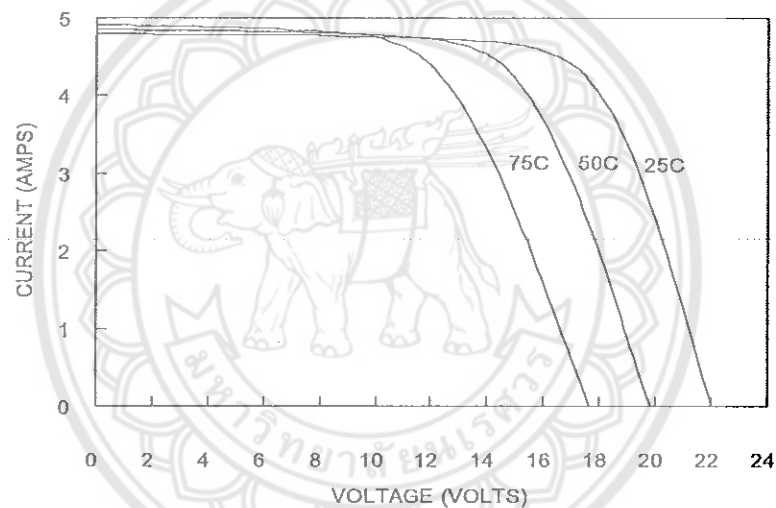
ในกรณีที่รูปกราฟ I-V Curve นี้เปลี่ยนแกนไปอยู่ใน Quadrant ที่สองหรือสี่ (ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าเป็นลบ) จะหมายความว่าเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการที่เซลล์มีอุณหภูมิสูงมาก และใกล้ที่จะเสียหาย ดังนั้นจึงนิยมติดตั้ง Bypass Diode ไว้ที่แผงเซลล์เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันไหลย้อนกลับเข้าเซลล์แสงอาทิตย์

โดยปกติการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรับรองคุณภาพจะกระทำที่เงื่อนไขเฉพาะเรียกว่า Standard Testing Condition (STC) ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าจะต้องภายใต้เงื่อนไข ของค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ $1,000 W/m^2$ ที่ค่า Air mass 1.5 และอุณหภูมิเซลล์ $25^\circ C$

กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และ I-V Curve ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 9 ในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ แต่อุณหภูมิแตกต่างกัน กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเซลล์สูงขึ้น ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงอย่างมาก ดังรูปที่ 10 โดยปกติกำลังไฟฟ้าลดลงประมาณ 0.4–0.6 เปอร์เซ็นต์ต่อองศาเซลเซียส [6]



รูปที่ 9 I-V Curve กรณีเมื่ออุณหภูมิเซลล์คงที่และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

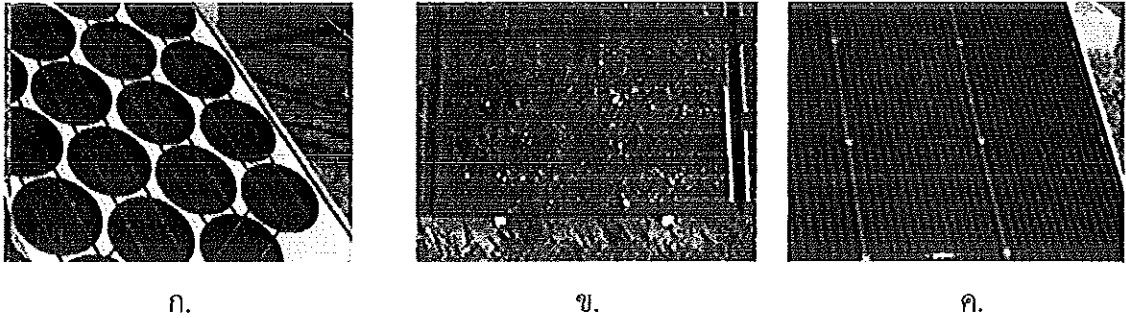


รูปที่ 10 I-V Curve กรณีเมื่อค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่และอุณหภูมิเซลล์เพิ่มขึ้น

2.3 เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์

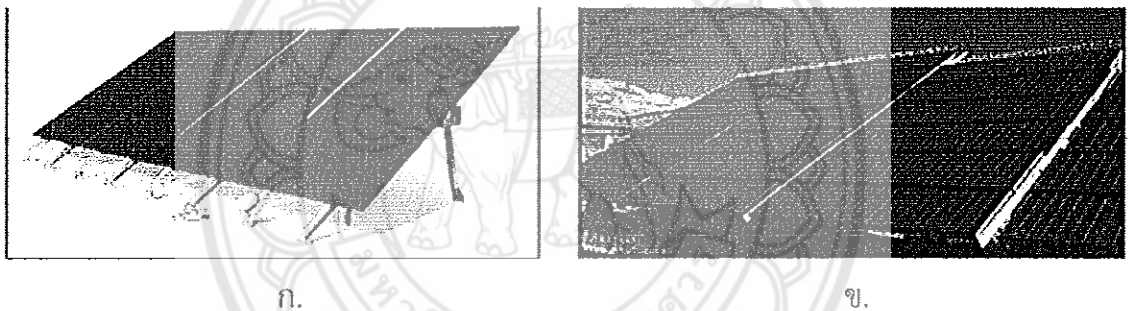
เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจำแนกตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 2 แบบ ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon) กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบที่มีรายละเอียดดังนี้

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (Silicon) คือเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตมาจากธาตุซิลิคอนแบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบผลึกผสม (Poly-Crystalline) และแบบอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell) แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน
ก.แบบผลึกเดี่ยว ข.แบบผลึกผสม ค.แบบอสัณฐาน

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตมาจากสารประกอบแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) คอปเปอร์อินเดียมไดอาร์เซไนด์ (CIS) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง แต่ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งาน ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากสารประกอบ
ก. คอปเปอร์อินเดียมไดอาร์เซไนด์ CIS ข. แคดเมียมเทลลูไรด์ CdTe

2.4 อุปกรณ์ประกอบในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Charge Controller)

เครื่องควบคุมการประจุ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Charge controller บ้างก็ใช้ Charge regulator ชื่อก็บอกอยู่ชัดเจนว่าหน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปด้วยการเบี่ยงเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อมีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้

ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 1-5 วัตต์ หรือจ่ายไฟฟ้าได้ประมาณ 1/60 ของความจุแบตเตอรี่ต่อวันหรือน้อยกว่านั้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมการประจุ

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมีกรรมพิงก์ขึ้นพิเศษๆ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum

Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหาย

เครื่องควบคุมการประจุจะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์ และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

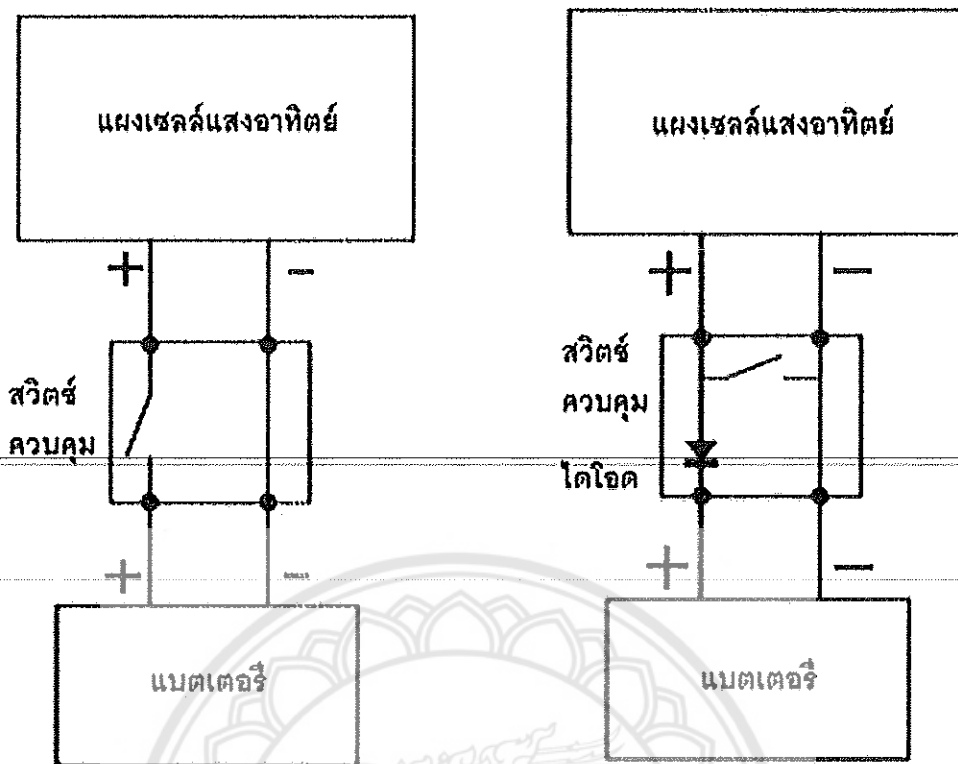
ชนิดของการเชื่อมต่อเครื่องควบคุมการประจุ แบ่งออกเป็นสองชนิดหลักๆ ดังนี้

เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller)

เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม หรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์แม่เหล็กที่เรียกว่า รีเลย์ (Relay) หรือสวิตซ์ซิงทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ก็ได้

เครื่องควบคุมการประจุแบบขนาน (Shunt charge controller)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตซ์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 13 เครื่องควบคุมการประจุสองชนิดหลัก

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิทช์ได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ On-Off ที่จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์เปิดและปิดธรรมดาๆ เท่านั้นและแบบ PWM (Pulse Width Modulation) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมสวิทช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิทช์แบบ On-Off

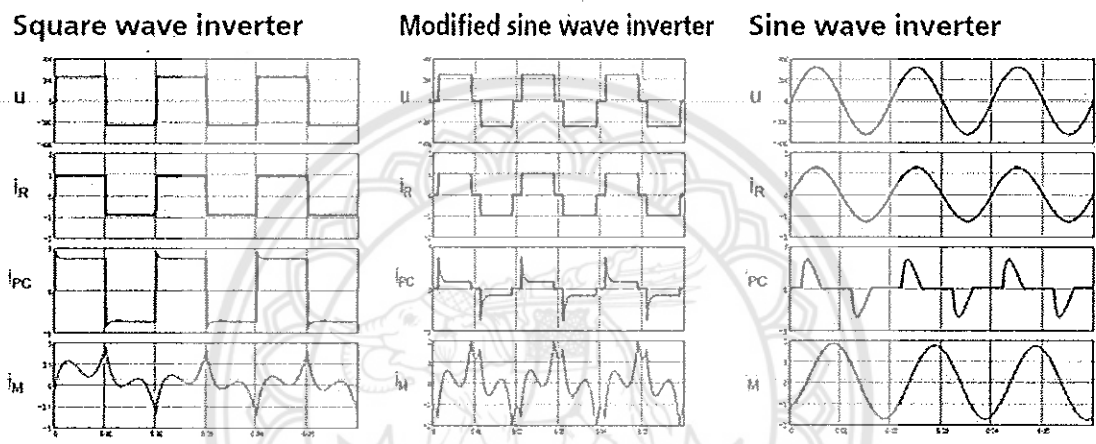
การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกออกแบบขึ้น และกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 24 และ 48 V ส่วนกระแสไฟฟ้าสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบ

ส่วนมากแล้วเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมักจะรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน เท่ากับว่าเครื่อง ควบคุมการประจุมีฟังก์ชันการทำงานของเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมองอยู่ด้วย และเรามีข้อสังเกตที่จะบอกได้ว่าเครื่องควบคุมเป็นแบบใด โดยดูจากการต่อวงจรดังนี้ ถ้ามีการต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องควบคุม แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการประจุมองอยู่ด้วย ถ้ามีการต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมองอยู่ด้วย และเครื่องควบคุมทั้งหมดต้องต่อไปยังแบตเตอรี่

ในขณะที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้ามากเกินไปและยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเกินไป ลองนึกเปรียบเทียบกับระบบกักเก็บน้ำฝน การเก็บน้ำในถังเก็บน้ำจะต้องไม่เต็มเกินไปหรือมีน้ำน้อยเกินไป จึงมีการติดตั้งวาล์วเพื่อปิดน้ำที่เข้าถังเมื่อน้ำเต็มเพื่อไม่ให้น้ำล้นออกมาและมีวาล์วอีกตัวหนึ่งที่ควบคุมการจ่ายน้ำออกจากถังเพื่อไม่ให้น้ำที่เหลืออยู่น้อยเกินไป วาล์วเหล่านี้ก็คือตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำ เทียบได้กับเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุนั่นเอง

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) [7]

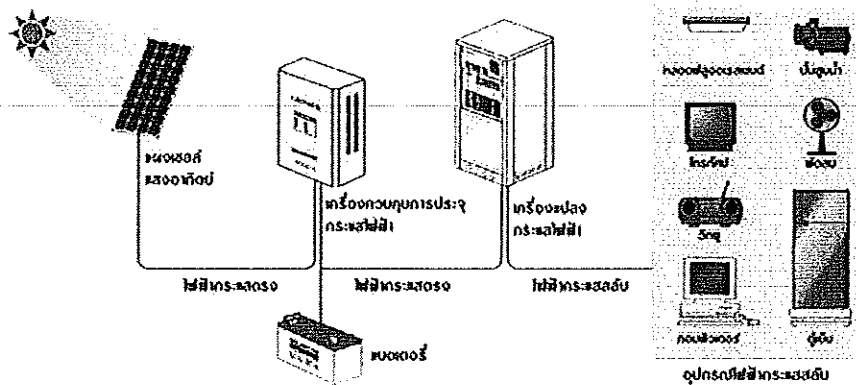
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือว่ามีค่าสำคัญที่สุด และมีความซับซ้อนมากที่สุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านี้มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ได้มาตรฐานเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป ซึ่งการทำงานของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้นจะทำการแปลงพลังงานกระแสตรงที่ได้จากแบตเตอรี่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนรูปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการทำงานของวงจรถูกสวิชชิงทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ด้วยการเปิด-ปิดวงจรถูกกระแสตรงของทรานซิสเตอร์อย่างรวดเร็วร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้า จะทำให้สามารถแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแล้วจ่ายออกมาได้คุณภาพแตกต่างกัน ซึ่งสัญญาณขาออกของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้านั้นมีลักษณะต่างๆ กัน เช่น Square wave, Modified sine wave และ Pure sine wave ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ลักษณะสัญญาณขาออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

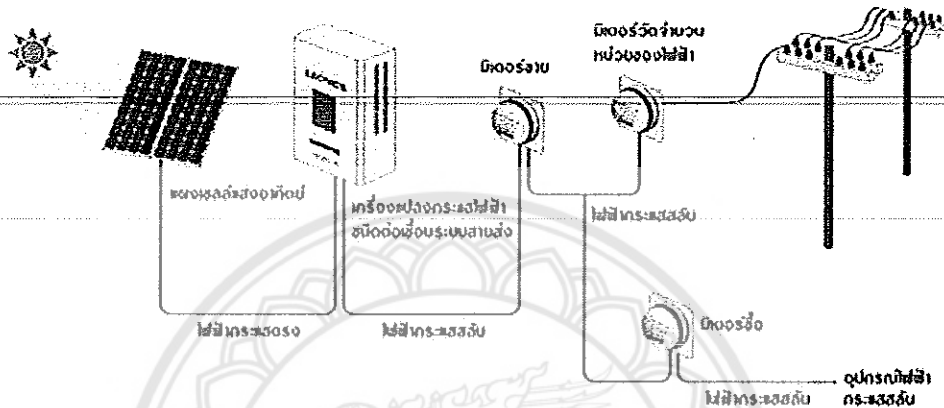
ชนิดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า สามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะการใช้งาน คือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดใช้งานอิสระ (Standalone Inverter)

ถูกนำไปใช้ในการติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีระบบจำหน่ายหรือใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งอย่างอิสระดังเช่น เสาไฟส่องสว่าง ไฟสัญญาณเตือนของป้ายจราจร ซึ่งการใช้งานเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดใช้งานอิสระจะต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 15 ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดใช้งานอิสระ (Standalone Inverter) [7]

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย (Grid connected Inverter) มีการนำมาใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและติดตั้งในบริเวณที่มีระบบจำหน่ายเพื่อการต่อเชื่อม ด้วยหลักการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกนำเข้าสู่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยติดตามสัญญาณไฟฟ้าในระบบจำหน่ายตลอดเวลา ผลักดันกระแสไฟฟ้าให้ไหลกลับเข้าระบบจำหน่าย ซึ่งช่วยลดค่าไฟฟ้าในระบบรวมได้ ดังนั้นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดนี้จะต้องมีความซับซ้อนและการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า Pure sine wave อย่างมาก ทั้งนี้ระบบไม่ต้องการแบตเตอรี่เพื่อสำรองไฟฟ้า



รูปที่ 16 ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย (Grid connected Inverter) [7]

จำแนกตามลักษณะคลื่นสัญญาณที่ออกจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Square wave

จะทำให้การกลับขั้วแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ๆ 100 - 120 ครั้งต่อวินาที (1 รอบประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าบนและล่าง) ทำให้เกิดความถี่ของสัญญาณสูงมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

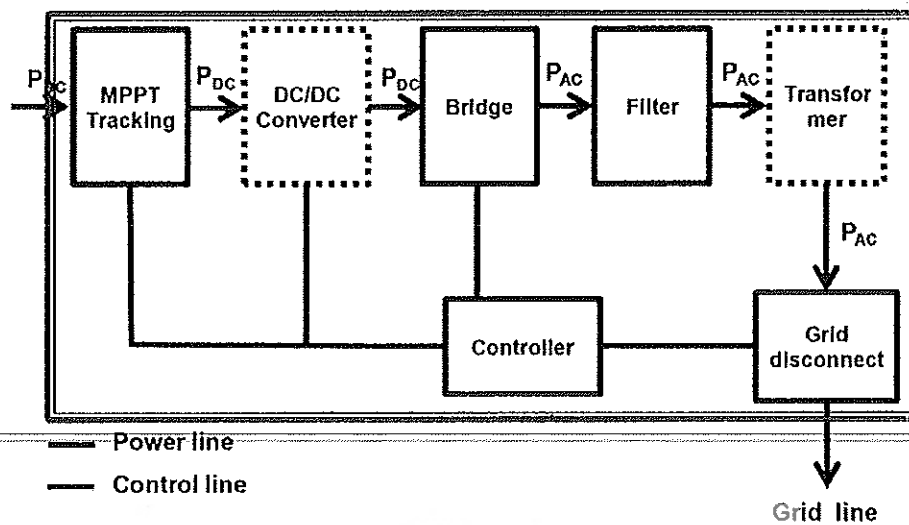
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Modified sine wave

สัญญาณขาออกเป็น 4 ระดับแรงดัน (voltage level) ต่อรอบ การจ่ายสัญญาณขาออกเป็นลักษณะขั้นบันได แม้สัญญาณจะไม่ดีเท่ากับระบบจำหน่าย แต่ราคาถูกกว่า, ประสิทธิภาพสูงและนำไปใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ามาตรฐานส่วนใหญ่ เช่น ทีวี, วิทยุ, คอมพิวเตอร์และเตาไมโครเวฟ ฯลฯ รวมถึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก แต่อาจไม่เหมาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์บางชนิดที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำ เช่น เครื่องมือ/อุปกรณ์ไร้สาย เครื่องถ่ายภาพเอกสาร เครื่องพิมพ์เลเซอร์ ฯลฯ

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าประเภท Sine wave

ให้สัญญาณขาออกเป็นเส้นโค้งเรียบเสมอกัน จึงเรียกเป็น Pure sine wave สัญญาณไฟฟ้าที่ได้ใกล้เคียงกับระบบจำหน่ายมาก เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่คุณภาพดีที่สุด จึงทำงานได้ดีกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับต่างๆ เกือบทุกประเภท รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมอเตอร์ บีมน้ำ AC, เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์และใช้งานกับระบบจ่ายไฟฟ้าภายในบ้านที่ขนาดใหญ่ขึ้น ผลที่ได้จากเครื่องชนิดนี้สูงถึง 256 ระดับแรงดันต่อรอบ

ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 17 ส่วนประกอบหลักของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

- MPPT Tracking ทำหน้าที่ หาจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้การวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แต่ละจุดทำงานและเลือกจุดทำงานที่ดีที่สุด
- DC/DC Converter ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จาก MPPT ขึ้นหรือลงให้ไปอยู่ในระดับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม
- Bridge ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
- Filter ทำหน้าที่กรองไฟฟ้ากระแสสลับจาก Bridge ให้เป็นรูป Pure Sine Wave
- Transformer ทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง นั่นก็หมายความว่าหม้อแปลงไฟฟ้านั้นสามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า คือ เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้า และยังสามารเพิ่มหรือลดกระแสไฟฟ้าได้อีกด้วย แต่ไม่สามารถเพิ่มหรือลดความถี่ของไฟฟ้าได้ ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้าจะใช้ได้กับไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น
- Grid disconnected ทำหน้าที่เชื่อมเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเข้ากับสายส่ง
- Controller ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ MPPT DC/DC Converter Bridge และ Grid disconnect ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำตามคุณสมบัติที่ต้องการ

แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปพลังงานทางเคมี แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุและคายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ

แบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่มีหน้าที่สะสมพลังงานที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจัดเก็บไว้ใช้ในเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ผลิตไฟฟ้าหรือเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืน

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน [8]

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากสำหรับเทคโนโลยีด้านแบตเตอรี่ ทั้งนี้ด้วยความจุพลังงานสูง ค่าแรงดันต่อหน่วยย่อยสูง ต้องการการบำรุงรักษาต่ำและให้จำนวนวัฏจักรใช้งานที่มีค่าสูงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และตะกั่วกรด.

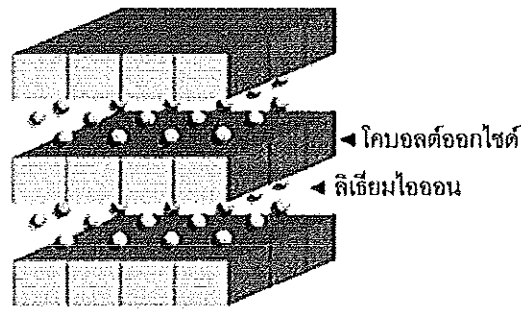
ตารางที่ 1 ลักษณะเฉพาะของแบตเตอรี่รูปแบบต่างๆ

คุณสมบัติ	ตะกั่ว-น้ำกรด	นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์	ลิเธียมไอออน
ความจุพลังงาน (วัตต์ ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)	30-40	75-100	110-175
พลังงานต่อปริมาตร (วัตต์ ชั่วโมงต่อลิตร)	54-95	200-300	250-360
กำลังจำเพาะ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	200-400 (SLI) 600-800 (traction)	200-300 (portable) 1000-1500 (traction)	300-400 (portable) 1500-3000 (traction)
แรงดันต่อหน่วยย่อย (โวลต์)	2.1	1.2	3.2-3.6
ประสิทธิภาพการประจุไฟ	มากกว่า 80%	70%	มากกว่า 95%
การคายประจุด้วยตัวเอง	~ 0.3% / วัน	~ 3% / วัน	~ 0.7% / วัน
อายุวัฏจักรใช้งาน (ที่ระดับการคายประจุ 80 %)	300-800	มากกว่า 1000	มากกว่า 2000
เวลาประจุไฟ	8 ชม.	1 ชม.	2-3 ชม.

ชนิดของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO₂)

ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์มีคุณสมบัติด้านพลังงานจำเพาะที่สูงทำให้แบตเตอรี่ลิเธียมโคบอลต์เป็นทางเลือกยอดนิยม เป็นแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่มีความคุ้นเคยมากที่สุดที่ถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เช่น คอมพิวเตอร์แบบพกพา โทรศัพท์มือถือ และกล้องดิจิทัล ประกอบด้วยขั้วแคโทดคือโคบอลต์ออกไซด์ และขั้วแอโนดคือ แกรไฟท์ คาร์บอน ขั้วแคโทดมีชั้นโครงสร้างและในระหว่างการปล่อยลิเธียมไอออนย้ายจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด การชาร์จไหลย้อนกลับ อุปสรรคของลิเธียมโคบอลต์คืออายุการใช้งานค่อนข้างสั้นและความสามารถโหลดจำกัด (specific power)



รูปที่ 18 โครงสร้างลิเทียมโคบอลต์

ข้อดี : สมรรถนะสูง มีค่าแรงดันต่อหน่วยและความจุพลังงานสูงสุดในบรรดาสูตรทางเคมีของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (3.7 โวลต์ และ 90-170 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม)

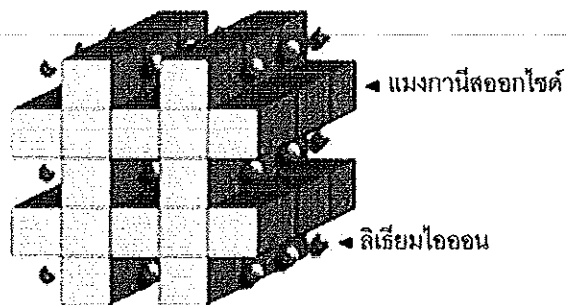
ข้อเสีย : เป็นสูตรที่มีปัญหาด้านความปลอดภัยสูง เนื่องจากสูตรโคบอลต์ออกไซด์ออกไซด์นี้ หากมีการประจุไฟที่แรงดันหรือค่ากระแสที่สูงเกินพิกัด ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีจะเกิดความร้อนสูงขึ้น มีผลลดความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ส่งผลให้กระแสเข้าสู่แบตเตอรี่ที่ค่าสูงขึ้น ทำให้เกิดความร้อนที่สูงมากซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียสภาพของส่วนประกอบทางไฟฟ้าเคมี รวมทั้งการคายแก๊สร้อนที่ความดันสูงออกมา(ปัญหาความร้อนแบบควบคุมไม่อยู่ : Thermal runaway) เกิดปัญหาการติดไฟ

สูตรนี้ไม่ถูกนำมาใช้ในยานยนต์ในปัจจุบัน

ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (LiMn_2O_4)

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีลิเทียมแมงกานีสออกไซด์เป็นขั้วแคโทด ด้วยโครงสร้างที่เป็นเส้นใยสามมิติ จะช่วยเพิ่มกระแสการไหลของไอออนบนขั้วไฟฟ้า ซึ่งส่งผลให้ความต้านทานภายในต่ำ นอกจากนี้เส้นใยมีความสามารถในการทนความร้อนสูงและมีความปลอดภัยสูงขึ้น แต่รอบการใช้งานและอายุการใช้งานจะถูกจำกัด นอกจากนี้ความต้านทานภายในเซลล์ที่ต่ำทำให้สามารถประจุได้อย่างรวดเร็วและคายประจุในระดับกระแสที่สูง แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกนำมาใช้สำหรับเครื่องมือทางไฟฟ้า เครื่องมือทางการแพทย์ ในยานยนต์ไฮบริดและยานยนต์ไฟฟ้า

ในปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดนี้ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในยานยนต์อย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาเพื่อลดปัญหาความร้อนแบบควบคุมไม่อยู่โดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 250 องศาเซลเซียส แต่ข้อด้อยคือ ความจุพลังงานที่ต่ำกว่า LiCoO_2 ราว 20 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 19 โครงสร้างลิเทียมแมงกานีสออกไซด์

ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LiFePO₄)

ลิเทียมไอออนฟอสเฟตมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้าที่ดี มีความต้านทานต่ำ มีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี ทนทานต่อปฏิกิริยากระแสไฟฟ้าที่สูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีความเสถียรสูง ค่าความหนาแน่นพลังงานสูง แต่มีค่าการคายประจุในตัวเองที่สูงและประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ

ข้อดี : ควบคุมการประจุไฟฟ้าได้ง่าย มีความปลอดภัยและอายุการใช้งานสูงให้ปฏิกิริยาจ่ายกระแสสูง (เนื่องจากความเสถียรสูง) และอายุตามวัฏจักรสูง(2,000-3,000 วัฏจักรมากกว่าสูตร manganese oxide ซึ่งมีอายุ 1,000 วัฏจักร)

ข้อเสีย : ค่าแรงดันต่อหน่วยและความจุพลังงานที่ต่ำกว่าสูตรอื่น (3.3 V, 80-130 Wh/kg)

ตารางที่ 2 ชื่ออ้างอิงสำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยใช้รูปแบบสั้นๆ

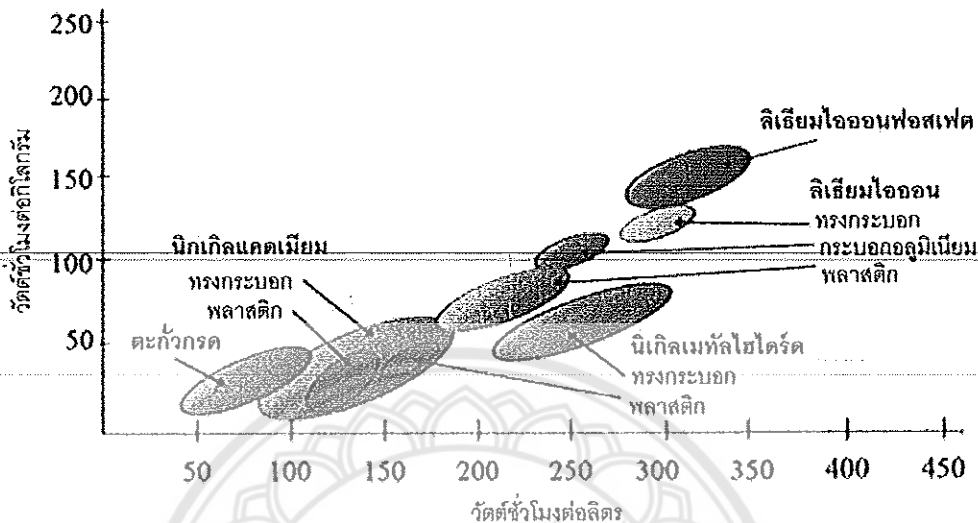
ชื่อทางเคมี	สูตรเคมี	ตัวย่อ	รูปฟอร์มแบบสั้น	หมายเหตุ
ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ ¹ หรือ ลิเทียมโคบอลต์ หรือ ลิเทียมไอออนโคบอลต์	LiCoO ₂ (60% Co)	LCO	Li-cobalt	มีค่าความจุสูง ใช้สำหรับโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพา หรือ กล้องถ่ายรูป
ลิเทียมแมงกานีส ออกไซด์ ¹ หรือ ลิเทียมแมงกานีส หรือ ลิเทียมไอออนแมงกานีส	LiMn ₂ O ₄	LMO	Li-manganese หรือ Spinel	มีความปลอดภัยมากที่สุด ความจุต่ำกว่าลิเทียมโคบอลต์ แต่พลังงานจำเพาะสูงและ อายุการใช้งานสูง
ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ¹	LiFePO ₄	LEP	Li-phosphate	ใช้ใน เครื่องมือไฟฟ้า
ลิเทียมนิเกิลแมงกานีส โคบอลต์ออกไซด์ ¹ หรือ ลิเทียมแมงกานีส โคบอลต์ออกไซด์	LiNiMnCoO ₂ (10-20% Co)	NMC	NMC	รถจักรยานไฟฟ้า ยานยนต์ ไฟฟ้า ทางทหารแพทย์ และ งานอดิเรก เป็นต้น
ลิเทียมนิเกิลโคบอลต์ อลูมิเนียมออกไซด์ ¹	LiNiCoAlO ₂ (9% Co)	NCA	NCA	มีความสำคัญในระบบไฟฟ้า กำลังและเป็นตัวเก็บสะสม
ลิเทียมไททานต ²	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	LTO	Li-titanate	พลังงานสำหรับระบบกริด

¹ วัสดุแคโทด ² วัสดุแอโนด

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี [8]

ลิเทียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดมีศักยภาพในการให้ความจุพลังงานได้สูงมาก มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดและให้ความหนาแน่นพลังงานต่อน้ำหนักสูงสุดเนื่องจากลิเทียมทำปฏิกิริยากับอากาศหรือน้ำได้อย่างรวดเร็ว สามารถติดไฟหรือระเบิดได้ ในอดีตการพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมในระหว่าง การคายประจุนั้น ไอออนลิเทียมที่เกิดขึ้นสามารถละลายตัวได้ดีมาก ส่งผลให้ขั้วไฟฟ้าด้านที่เป็นโลหะลิเทียมละลายตัวได้หมด โครงสร้างขั้วไฟฟ้าจึงเสียรูปและไม่สามารถคืนรูปได้เมื่อทำการประจุไฟฟ้ากลับ และในการรับการประจุไฟฟ้ากลับนี้เองที่มีการก่อตัวของเดนไดรต์ของลิเทียมซึ่งมีโครงสร้างแหลมคมและยังทำให้

เกิดการลัดวงจรได้ ต่อมามีการพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมทำให้การใช้งานเป็นไปได้ดียิ่งขึ้นด้วยการใช้โครงสร้างที่เรียกว่า Intercalation compounds ที่อยู่กับโครงสร้างของแกรไฟต์ ซึ่งสามารถเก็บและคายไอออนของลิเทียมได้โดยคงโครงสร้างและไม่มีผลกับปฏิกิริยาเคมีหลักในการแปรรูปพลังงาน แบตเตอรี่ที่ใช้สารประกอบของลิเทียมนี้เรียกว่า แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน



รูปที่ 20 เปรียบเทียบค่าพลังงาน-ขนาด-น้ำหนักของแบตเตอรี่แต่ละชนิด [8]

จากรูปที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ในด้านพลังงาน ขนาด และน้ำหนักจะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ตระกูลลิเทียมอยู่ในช่วงที่มีค่าความหนาแน่นพลังงาน (ที่น้ำหนักหรือปริมาตรเท่ากัน) สูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลอื่นๆ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีข้อดี-ข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี ค่าความหนาแน่นพลังงานสูงค่าแรงดันต่ำไม่จำเป็นต้องกระตุ้นก่อนใช้หลังจากเก็บเป็นเวลานานไม่มีปัญหาความจำ (Memory Effect) มีอัตราการคายประจุตัวเองต่ำ (Self-Discharge) ไม่ต้องดูแลรักษามาก

ข้อเสีย จำเป็นต้องใช้วงจรป้องกันแรงดันและกระแสให้อยู่ในเขตปลอดภัย มีการเสื่อมอายุตามเวลาแม้ว่าจะไม่มีการใช้งาน อัตราการจ่ายกระแสไม่สูงมากไม่เหมาะกับงานที่ใช้โหลดหนักๆ

เซลล์ลิเทียมไอออนถูกผลิตออกมาหลายชนิด โดยมีสิ่งที่เหมือนกันคือคำว่า “ลิเทียม” แม้ว่าภายนอกจะเหมือนกันแต่ภายในมีข้อแตกต่างกันอย่างมาก เช่น ความแตกต่างทางเคมีของขั้วบวก 2 แบบคือ โคบอลต์และแมงกานีสโดยโคบอลต์นั้นใช้กันมาแต่เดิมแต่มีปัญหาที่ว่าถ้าสารนี้ร้อนถึงระดับหนึ่งจากการใช้งานไม่ถูกวิธีเช่นลัดวงจร ชาร์จไฟเกินมันจะทำปฏิกิริยากับตัวเองเกิดความร้อนสูงที่ควบคุมไม่ได้เสริมกับสารอิเล็กโทรไลต์ซึ่งไวไฟเป็นเหตุให้เซลล์ลิเทียมระเบิด แมงกานีสมีความปลอดภัยกว่ามีราคาถูกกว่าแต่ค่าความหนาแน่นพลังงานน้อยกว่าโคบอลต์มีการสูญเสียความจุที่อุณหภูมิสูงกว่า 40°C และอายุการใช้งานสั้นกว่า

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีความหนาแน่นพลังงานสูงต้องระมัดระวังเสมอเมื่อใช้งานหรือทดสอบ ห้ามลัดวงจร ห้ามชาร์จเกิน ห้ามกระแทก ตก จัดแฉะ ห้ามเจาะ ห้ามต่อผิดขั้ว ห้ามโดนอุณหภูมิสูง การที่แบตเตอรี่ มีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อถูกใช้งานอย่างไม่ถูกต้องอาจมีผลให้ผู้ใช้บาดเจ็บได้ โดยผลของอิเล็กโทรไลต์ที่มีความไวสูง การแตกออกของเซลล์จะทำให้เกิดเปลวไฟพุ่งออกมาด้วย

คุณสมบัติเชิงสมรรถนะของแบตเตอรี่

ความจุ (capacity)

ความจุของแบตเตอรี่ หมายถึง การระบุถึงปริมาณพลังงานทางไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จะจ่ายได้ต่อการประจุไฟฟ้าครั้งหนึ่ง โดยการบอกความจุของแบตเตอรี่จะบอกเป็นหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง ที่อัตราชั่วโมงที่กำหนด การวัดความจุของแบตเตอรี่ใช้วิธีการคายประจุด้วยกระแสคงที่ แล้วจับเวลาเป็นชั่วโมงจนใกล้จะคายประจุหมด ความจุแอมแปร์ชั่วโมง ได้จากการนำค่ากระแสคูณกับเวลาเป็นชั่วโมง ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ความจุ 80 แอมแปร์ชั่วโมง หมายความว่าแบตเตอรี่ลูกนั้นสามารถจ่ายไฟกระแสตรงคงที่ 8 แอมแปร์ได้นาน 10 ชั่วโมง หรือ 4 แอมแปร์ ได้นาน 20 ชั่วโมง เมื่อความจุคูณกับค่าแรงดันระบุของแบตเตอรี่นั้นๆ จะได้ปริมาณพลังงานทางไฟฟ้าในหน่วย วัตต์-ชั่วโมง

ในทางปฏิบัติการวัดความจุของแบตเตอรี่ ยังขึ้นกับขนาดของกระแสที่คายประจุ หรือ ความเร็วในการใช้งานแบตเตอรี่ ถ้ากระแสที่คายประจุเพิ่มขึ้น ความจุแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้จริงจะลดลง ในการกำหนดคุณลักษณะการลดลงของความจุแบตเตอรี่แบบนี้ จะมีการเขียนกำกับความจุของแบตเตอรี่ด้วยอัตราส่วนของความจุต่อเวลา เช่น แบตเตอรี่ขนาดความจุ 30 แอมแปร์ชั่วโมง ที่ C/10 หรือ C10 หมายถึง แบตเตอรี่สามารถคายประจุ 3 แอมแปร์ในเวลา 10 ชั่วโมง (C/10 หรือ C10 หมายถึงขนาดของกระแสที่คายประจุ ในที่นี้คือ $30/10 = 3$ แอมแปร์) ในแบตเตอรี่ลูกเดียวกัน เมื่อเปลี่ยนเป็น C/5 ความจุจะลดลง

Effects of Discharge Rates

ความจุเต็มของแบตเตอรี่จะลดลง เมื่อมีการใช้งานแบตเตอรี่ที่อัตราการคายประจุสูงขึ้น อัตราการคายประจุสูงนี้ มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด จะมีค่าต่ำกว่าการใช้อัตราการคายประจุต่ำกว่า บางครั้งอาจส่งผลถึงการเลือกจุดแรงดันต่ำสุดที่จะตัดภาระทางไฟฟ้าออก ในแรงดันแบตเตอรี่ค่าเดียวกัน

ระดับการประจุ (Stage of Charge: SOC)

ระดับการประจุ คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เหลืออยู่ใช้งานได้ ในขณะที่นั้น ระดับการประจุของแบตเตอรี่ในแต่ละเวลาที่ใช้งาน มีค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุของแบตเตอรี่ในขณะที่นั้น ต่อความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม เช่น แบตเตอรี่มี SOC 100 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็ม แบตเตอรี่มี SOC 50 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่ามีความจุเหลืออยู่ 50 เปอร์เซ็นต์

ความลึกการคายประจุ (Depth of Discharge: DOD)

ความลึกการคายประจุ คือ เปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานหรือคายประจุออกไป เปรียบเทียบกับความจุทั้งหมดซึ่งนิยามว่าเป็นตัวเลข 100 เปอร์เซ็นต์ ลบด้วยระดับการประจุ

อายุวัฏจักรการใช้งาน (Cycle life)

เมื่อประจุแบตเตอรี่จนเต็ม นำไปใช้งานแล้วนำกลับมาประจุใหม่จนเต็มอีกครั้งหนึ่งเรียกว่ารอบการใช้งาน ในการใช้งานมีรอบการใช้งานสองลักษณะคืองานที่มีการคายประจุน้อย (shallow cycle) และงานที่มีการคายประจุมาก (deep cycle) การจะใช้งานแบตเตอรี่แบบไหนนั้นขึ้นกับลักษณะของเซลล์ และส่วนใหญ่ไม่ใช่คายประจุจนหมด ในการใช้งานที่มีการคายประจุมาก มักมีการคายประจุมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ต่อรอบการใช้งานขึ้นไปนอกจากนั้น จำนวนวัฏจักรใช้งานยังขึ้นกับอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิใช้งานด้วย

Temperature Effects

สำหรับแบตเตอรี่ที่เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีทั่วไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เช่นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ซึ่งเป็นผลให้ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงเป็นสองเท่าเช่นกัน และนอกจากนั้นอุณหภูมิสูงยังมีผลในการเร่งการสึกหรอของเพลทบวก เนื่องมาจากผลของการเกิดก๊าซซิง และการสูญเสียน้ำ ส่วนอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามทำให้ความจุลดลง ในแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด

การคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge Rate)

เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่จนเต็ม และปล่อยให้โดยไม่มีการทำงาน จะมีการคายประจุในตัวเอง อัตราการคายประจุด้วยตัวเองจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความจุทั้งหมดในช่วงเวลา 1 เดือน การคายประจุด้วยตัวเองนี้ขึ้นกับความยากง่ายในการเกิดก๊าซที่เพลทเมื่อมีการประจุเกิน และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะมีการเสื่อมสภาพอย่างต่อเนื่องหลังการผลิต แม้ไม่ได้ใช้งาน ด้วยอัตราเร็วกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น

การควบคุมระดับการประจุ

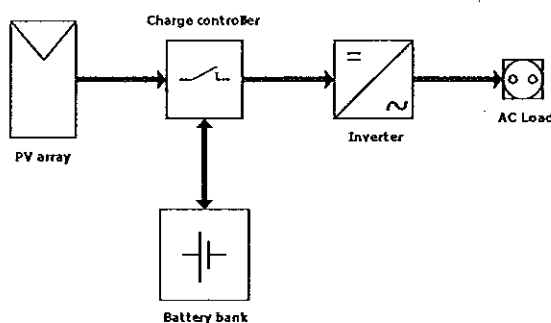
เป็นการวัดระดับการประจุทำได้โดย การวัดแรงดันขณะไม่รับภาระ (Open Circuit Voltage) คือ วัดแรงดันแบตเตอรี่ที่อยู่ในสภาวะสมดุล ไม่มีการประจุ หรือไม่มีการคายประจุ แรงดันนี้ จะขึ้นกับลักษณะการออกแบบแบตเตอรี่ ความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิ

2.5 รูปแบบการใช้ประโยชน์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์อิสระแบบรวมศูนย์ (Centralized PV Power Station; CPVPS)

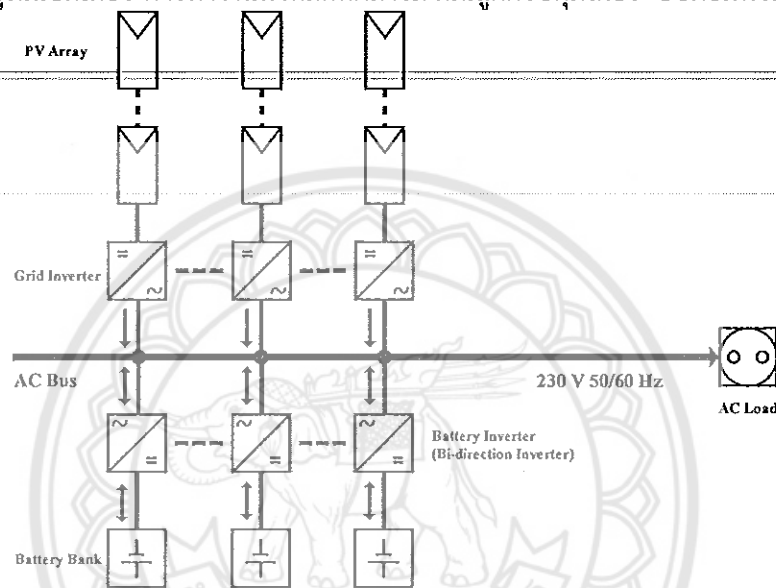
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้เพื่อเป็นระบบจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จะถูกประจุไว้ในแบตเตอรี่ ไฟฟ้าที่ประจุไว้ในแบตเตอรี่ถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้ เมื่อมีความต้องการใช้งาน เทคโนโลยีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาไปอย่างมากในปัจจุบัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ผลิตได้อย่างคุ้มค่ามากขึ้น ระบบ CPVPS แบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยอยู่บนพื้นฐานของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC system) เหมือนกัน คือ เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม (Traditional system) กับระบบแนวคิดใหม่ (Model system) โดยระบบทั้งสองมีลักษณะดังต่อไปนี้ [8]

เทคโนโลยีแบบดั้งเดิม: ระบบจะประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Array) เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) แบตเตอรี่ (Battery Bank) และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 เทคโนโลยีระบบเซลล์แสงอาทิตย์อิสระแบบรวมศูนย์แบบดั้งเดิม

ระบบแนวคิดใหม่: หรืออาจเรียกว่าระบบแบบ Modular Expandable Component ซึ่งระบบประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิด Grid connected inverter เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิด Battery inverter (Bi-directional inverter) และแบตเตอรี่ การทำงานของระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในเวลากลางวันเมื่อพลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงพอ เซลล์แสงอาทิตย์ จะผลิตไฟฟ้าออกมา ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดย Grid connected inverter และส่งเข้าสายส่งไฟฟ้าได้ทันที กรณีที่หากมีไฟฟ้าเหลือใช้จากระบบพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดย Battery inverter และประจุไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อใช้ในเวลากลางคืนหรือในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ในเวลากลางคืนระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ โดยใช้ไฟฟ้าที่ประจุอยู่ในแบตเตอรี่ การทำงานทั้งหมดที่กล่าวมานั้นถูกควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 22

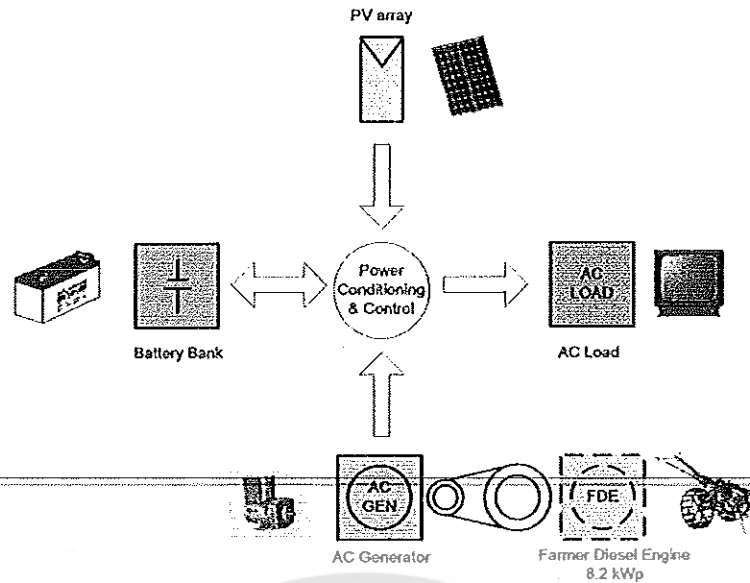


รูปที่ 22 เทคโนโลยีระบบเซลล์แสงอาทิตย์อิสระแบบสมัยใหม่

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสานร่วมกับเครื่องยนตการเกษตร (PV-Agriculture Engine Hybrid System, PVAE)

ระบบนี้เป็นที่พัฒนาจากระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่รัฐบาลติดตั้งให้ประชาชนนั้นเป็นระบบขนาดเล็ก สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ได้อย่างจำกัด ดังนั้นหากครัวเรือนใดที่มีเครื่องยนตการเกษตรอยู่แล้วก็นำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่เดิมได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง ซึ่งจะทำให้ชาวบ้านใช้ไฟฟ้าได้มากขึ้นใกล้เคียงกับการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง

แนวคิดทางด้านการปฏิบัติคือ ในเวลากลางวันชาวบ้านก็นำเครื่องยนตการเกษตรที่มีอยู่ไปใช้งานตามปกติ พอถึงเวลาเย็นก็นำเครื่องยนตมาต่อเชื่อมเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้งอยู่แบบถาวร และในบางวันที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามก ก็สามารถเดินเครื่องเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ ไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่วนหนึ่งจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า ในช่วงเวลานี้สามารถใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้หลากหลายมากขึ้น เพราะไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นเพียงพอ เช่น สามารถใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เตาปิ้ง และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากได้ ส่วนไฟฟ้าส่วนที่เหลือก็จะถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางเป็นตัวควบคุม PVAE มีส่วนประกอบคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องยนตการเกษตร ดังรูป 23 [9,10]



รูปที่ 23 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตร

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV Grid Connected System; PVG)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีส่วนประกอบหลักสามส่วนได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ และอุปกรณ์ความปลอดภัย ดังรูปที่ 24 [10]



แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ความปลอดภัย อินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ความปลอดภัย ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

รูปที่ 24 ลักษณะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า

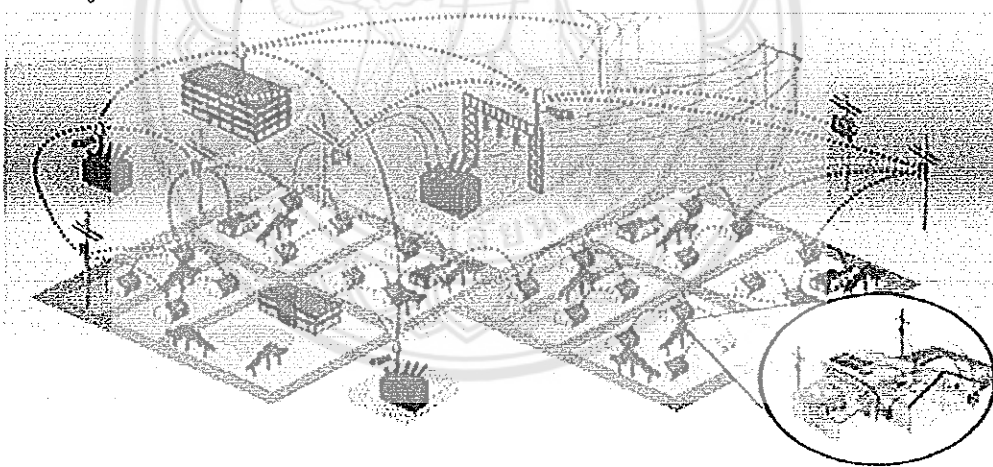
2.6 โครงข่ายอัจฉริยะ (Smart Grid) [11]

โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ หรือ Smart Grid เป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และสื่อสารมาบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาดที่กระจายอยู่ทั่วไป (Distributed Energy Resource : DER) และระบบบริหารการใช้สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งให้บริการกับผู้เชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านมิเตอร์อัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพไฟฟ้าได้มาตรฐานสากล [11]

แนวทางและรูปแบบการแก้ไขในปัจจุบันได้มีการนำระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมาบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาดที่ กระจายอยู่ทั่วไป (Distributed Energy Resource : DER) และระบบบริหารการใช้สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งให้บริการกับผู้เชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านมิเตอร์อัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพไฟฟ้าได้มาตรฐานสากล ปัจจุบันมี

หลายบริษัทที่จัดทำระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะนี้ขึ้นใช้งาน อาทิ บริษัท Grounded Power ได้สร้างอุปกรณ์สื่อสารขึ้นมาชนิดหนึ่ง เรียกว่า “Glance” อุปกรณ์ดังกล่าวที่จะคอยส่งสัญญาณให้กับผู้ใช้ รู้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ โดยเป้าหมายหลักของบริษัทนี้ จะมุ่งเน้นในเรื่องของสิ่งแวดล้อมมากกว่าการลดค่าใช้จ่าย และเน้นในเรื่องของโครงข่ายสังคมออนไลน์ (Social Networking) ในการจัดให้มีการแนะนำหรือแบ่งปันเคล็ดลับการลดพลังงาน โดยมีการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเพื่อนบ้าน และจัดเสนอแนะการวางแผนการใช้ไฟฟ้าให้กับลูกค้า จึงทำให้ผู้คนเริ่มหันมาสนใจกันมากขึ้น มีการออนไลน์กันเพื่อเข้าไปให้คำแนะนำ แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน มีการเปรียบเทียบกับเพื่อนบ้าน หรือมีการตั้งรางวัลให้สำหรับผู้ลดพลังงานได้มากกว่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่า Social network ที่เกิดขึ้นสามารถผลักดันให้ผู้ใช้บริการไม่เพียงแค่มียุทธศาสตร์เพื่อลด พลังงานในส่วนของตัวเองเท่านั้น แต่ยังสามารถทำให้เกิดแรงจูงใจในการการลดพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อ แข่งขันหรือเปรียบเทียบกับผู้อื่นได้ การพัฒนาแนวคิดระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะเกิดจากแรงขับเคลื่อนสำคัญ 3-ประการคือ

- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) โดยรวมของระบบการผลิต ส่งจ่าย และการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถสื่อสารแบบเวลาจริงและเป็นแบบอัตโนมัติ
- สามารถรองรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ต่างๆ เช่น แสงอาทิตย์ ลม ฯลฯ ที่ต่อเข้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (On-Grid) ซึ่งการบริหารจัดการระบบปกติทำได้ยาก มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากแหล่งกำเนิดพลังงานไม่คงที่
- สามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยมีกลไกในการนำระบบกลับในสภาวะผิดปกติทางไฟฟ้า (Fault) กลับสู่สภาวะปกติได้เองโดยอัตโนมัติ (Self-Healing) เนื่องจาใช้ระบบคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงทำการควบคุม



รูปที่ 25 รูปโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ [12]

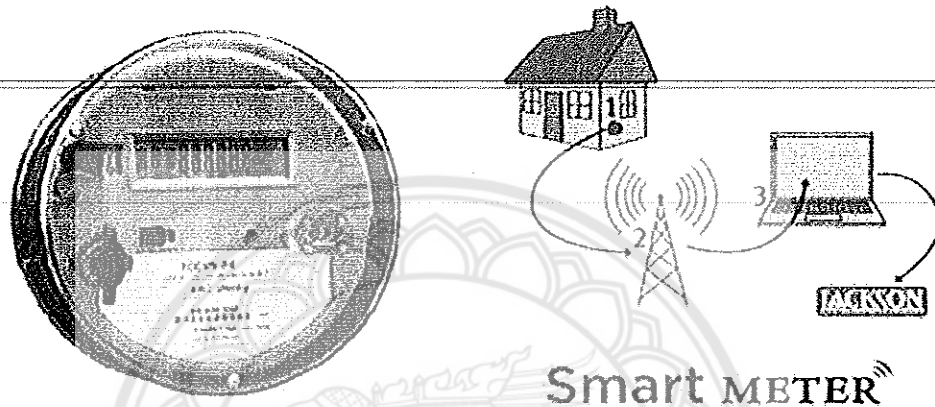
ส่วนประกอบของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะนี้ เกิดจากการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ระบบสารสนเทศ ระบบสื่อสาร เข้าไว้ด้วยกันเป็นโครงข่าย (Network) ซึ่งโครงข่ายดังกล่าวจะสนับสนุนการทำงานซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสำคัญ 3 ด้าน อันได้แก่

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ฝังตัว (Electronics Embedded Systems) ระบบนี้จะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแบบฝังตัว ติดอยู่ตามจุดต่างๆในโครงข่ายไฟฟ้า อาทิ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบดิจิทัล วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้า หรือวัดความผิดปกติ (Fault) ในระบบไฟฟ้า

ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System) ระบบนี้คือการนำเอาคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลสูงหลายๆเครื่อง มาต่อเข้ารวมกันเป็นคอมพิวเตอร์โครงข่าย (Cluster Computer) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวมเอาความสามารถในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์มาใช้ใน งานที่ต้องอาศัยความละเอียดในการคำนวณที่ซับซ้อนและความเร็วในการประมวลผลที่สูงมาก

ระบบสื่อสาร (Communication System) มีลักษณะคล้ายคลึงกับอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีเราเตอร์ (Router) ทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูล ตามภาระงาน ตามคุณภาพของบริการ และตามกำลัง จากระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบฝังตัว กลับไปสู่ระบบควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 26 ส่วนประกอบของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ [12]

ประโยชน์ของระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ มีดังนี้

ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ทำให้ผู้ใช้บริการไฟฟ้ารู้ถึงสถานะการใช้ไฟฟ้าตามเวลาจริง ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจนว่าตนเองใช้ไฟฟ้าไปมากน้อย เพียงใด ในช่วงเวลาใด และจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเท่าใด จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้บริโภคสามารถ ตรวจสอบค่าไฟฟ้าได้ตามเวลาจริงจะสามารถช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ถึงร้อยละ 10-15 และยังมีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนนิสัยไปใช้ไฟฟ้า ไปเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟรวม (Peak Load) น้อยกว่าปกติ ซึ่งจะมีการคิดค่าไฟถูกกว่าช่วงเวลาดังกล่าว นอกจากนี้ผู้ใช้ไฟฟ้ายังสามารถรู้ค่าไฟฟ้าสะสมที่เกิดขึ้นจากตัวมิเตอร์ได้โดยการเข้ามาดูทางอินเทอร์เน็ต

สำหรับผู้ให้บริการไฟฟ้า จะสามารถบริหารจัดการภาระกำลังไฟฟ้า ที่จ่ายให้ไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถทราบค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าตามเวลาจริง ทำให้มีความสูญเสีย น้อย สามารถลดต้นทุนในการสำรองไฟฟ้า และลดปัญหาไฟดับในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก

ผู้ให้บริการไฟฟ้ายังสามารถทำการซื้อ ขายไฟฟ้ากับคู่สัญญา ซึ่งอาจจะเป็นทั้งผู้ใช้ไฟและผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กได้ โดยสามารถทราบค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และถูกต่อเข้ากับโครงข่าย (On-Grid) ได้ตามเวลาจริง

ผู้ให้บริการไฟฟ้าสามารถทราบตำแหน่งที่มีความผิดปกติของทางไฟฟ้า (Fault) ได้ในทันทีที่เกิดเหตุ และสามารถส่งพนักงานออกไปทำการซ่อมได้ในเวลาอันสั้น ในกรณีผู้ใช้ไฟฟ้าค้างชำระค่าไฟฟ้าเกินกำหนด ผู้ให้บริการไฟฟ้ายังสามารถสั่งระงับการจ่ายไฟฟ้าจากระยะไกลได้โดยไม่ต้องเดินทางไปตรวจสอบ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมโครงข่ายไฟฟ้า และลดการสูญเสียรายได้จากการจ่ายไฟฟ้าอีกด้วย

สำหรับผู้ให้บริการไฟฟ้าในอนาคต ยังอาจปรับเปลี่ยนระบบการเรียกเก็บค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า จากเดิมซึ่งต้องให้พนักงานไปเดินจดค่ามิเตอร์ และส่งใบเรียกเก็บค่าไฟฟ้าเป็นรายเดือน ไปใช้ระบบตัดจ่ายจาก

บัญชี หรือใช้ระบบจ่ายล่วงหน้า (Pre-Paid) คล้ายการเติมเงินของโทรศัพท์ก็ได้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในแต่ละวันถูกป้อนกลับเข้าสู่คอมพิวเตอร์หลักของผู้ให้บริการไฟฟ้าตามเวลาจริง สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าหรือตัวแทนจำหน่ายไฟฟ้าก็สามารถใช้ประโยชน์จากระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะนี้เช่นกัน คือ

สามารถลดต้นทุนในการสำรองกำลังไฟฟ้า โดยสามารถชะลอการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ๆ เนื่องจากระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถบริหารจัดการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้ทันต่อสภาวะความต้องการใช้ไฟฟ้า สามารถลดปัญหาไฟฟ้างัด หรือขาดหายบางช่วงเวลา นอกจากนี้ยังสามารถลดปัญหาทางสังคม จากการต่อต้านการก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ๆ ได้อีกด้วย

สามารถผสมผสานแหล่งกำเนิดพลังไฟฟ้าแบบดั้งเดิม เข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ชีวมวล ฯลฯ ได้ เนื่องจากระบบมีความชาญฉลาดในการตัดต่อแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆ เข้ากับระบบส่งกำลังไฟฟ้าเดิม ตามสภาวะการใช้งานจริง

สามารถควบคุมคุณภาพทางไฟฟ้า เช่น ค่าเพาเวอร์ แฟกเตอร์ ฮาร์มอนิกส์ ในระบบส่งจ่าย ให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและยอมรับได้

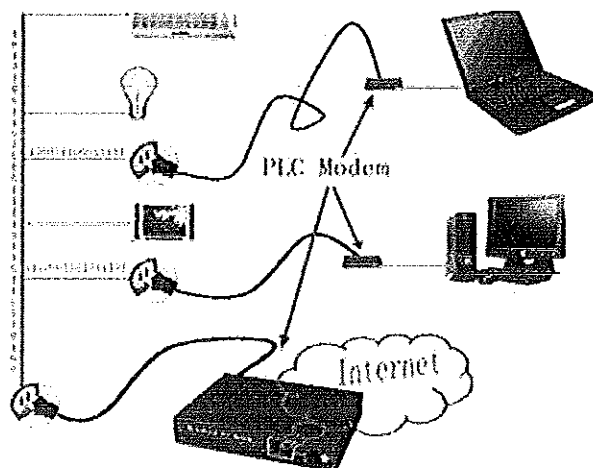
สามารถลดต้นทุนการว่างงาน พนักงานประจำที่ต้องออกไปบันทึกมิเตอร์ เนื่องจากสามารถอ่านค่าการใช้ไฟฟ้าผ่านระบบสื่อสารจากส่วนควบคุมกลาง

สามารถลดต้นทุนจากการส่งพนักงานซ่อมระบบ ไปสำรวจสถานะผิดปกติของทางไฟฟ้า เนื่องจากระบบสามารถรายงานตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติขึ้นในระบบจ่ายไฟได้อย่างแม่นยำ

สามารถวางแผนบริหารจัดการระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่าง รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถจำกัดวงของพื้นที่ได้จึงลดความสูญเสียจากสภาวะความเสี่ยงต่างๆ ที่ไม่คาดหมายได้ เช่น เมื่อเกิดการก่อวินาศกรรม หรือแผ่นดินไหว ระบบจะทำการตัดกระแสไฟฟ้าเฉพาะในบริเวณที่เกิดปัญหาแคบๆ โดยไม่ต้องทำการตัดไฟฟ้าทั้งเขต หรือทั้งชุมชน เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งระบบแบบเดิมทำได้อย่างล่าช้า

ดังนั้น ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) จะเป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่จะมาเปลี่ยนแปลงการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีความทันสมัยมากขึ้น รวมไปถึงการปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าตามผลการวิเคราะห์และประมวลผลของ ซอฟต์แวร์ ทำให้ผู้ใช้บริการเห็นถึงประโยชน์ที่ได้รับและสามารถตระหนักในความสำคัญของการลดพลังงาน และใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันหน่วยงานที่ให้บริการไฟฟ้าทั่วโลก ได้วางแผนที่จะปรับไปใช้มิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Meter) และระบบสื่อสารสัญญาณต่างๆ ติดตามตำแหน่งของผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อส่งข้อมูลต่างๆกลับไปยังผู้ให้บริการไฟฟ้ามิเตอร์ไฟฟารุ่นใหม่นี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการอ่านค่าจากมิเตอร์ ที่แต่เดิมต้องใช้พนักงานไปเดินอ่านค่าการใช้ของแต่ละเดือนทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก ทั้งยังสามารถทราบค่าต่างๆแบบเวลาจริง (Real Time) อีกด้วย นอกจากนี้ระบบสายส่งไฟฟ้าสมัยใหม่ยังมีการทำงานเป็นระบบโทรคมนาคมไปพร้อมกันด้วยคือ มีการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลมาในสายส่งพร้อมกับกำลังไฟฟ้า เรียกระบบนี้ว่า ระบบสื่อสารในสายสาธารณะ (Public Line Communication System : PLC) ทำให้ในอนาคต เราสามารถรับภาพโทรทัศน์ หรือเสียงวิทยุโดยไม่จำเป็นต้องใช้สายอากาศ และสามารถใช้อินเตอร์เน็ตโดยไม่จำเป็นต้องใช้สายโทรศัพท์หรือใช้ระบบไร้สาย อีกต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้สายไฟฟ้าที่มีอยู่แล้วในบ้าน ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านได้ถึง 5 ประเภท พร้อมๆ กัน อาทิ ควบคุมเครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน

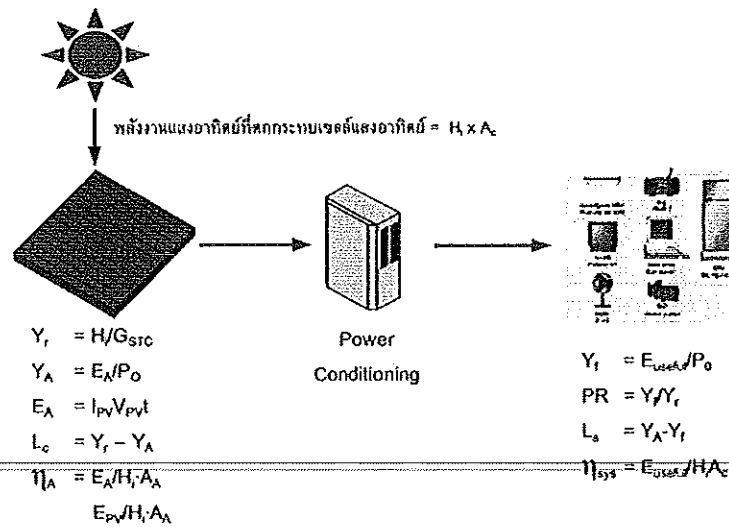


รูปที่ 27 ระบบสื่อสารในสายสาธารณะ [12]

สำหรับประเทศไทยหากจะเลือกเดินหน้าเข้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะหรือ (Smart Grid) ควรจะต้องคำนึงถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ต้องส่งผลให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงาน ต้องสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานของประเทศด้วยการพัฒนาของประเทศไทยควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาพลังงานสะอาดและการสร้างเครือข่ายระบบไฟฟ้าที่มีความน่าเชื่อถือเป็นหลัก เนื่องจากการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าจากเดิมไปสู่ความเป็นโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะนั้น จะต้องใช้งบลงทุนจำนวนมาก และต้องวางแผนพัฒนาบุคลากรในระดับปฏิบัติการและให้ความรู้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ให้ฉลาดคิด ฉลาดใช้ ให้ได้เสียก่อนจึงจะคุ้มค่ากับการลงทุน

2.7 ทฤษฎีการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบ

การประเมินและวิเคราะห์การศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก นี้ จะใช้วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค ที่อ้างอิงจาก International Energy Agency Photovoltaic Power Systems TASK 2 – Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems (IEA PVPS Task 2) [13] ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) และสามารถนำเอาค่าต่างๆเหล่านั้น มาใช้การคำนวณหาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) โดยจะทำการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้



พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_A = \frac{E_A}{P_o} \tag{2.1}$$

Y_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)

E_A คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

P_o คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

จากสมการ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้

$$Y_r = \frac{H_t}{G_{STC}} \tag{2.2}$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)

H_t คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m²)

G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC

= 1 kW/m²

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_f = \frac{E_{PV}}{P_o} \tag{2.3}$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

E_{PV} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

P_o คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Wp)

$$E_{PV} = \frac{E_L}{(1 + E_{BU}/E_A)} \quad (2.4)$$

E_L คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงโดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

E_A คือ พลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

E_{BU} คือ พลังงานที่ผลิตได้จากระบบพลังงานเสริม ในกรณีนี้คือ 0 (kWh)

พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Capture Losses) หาได้จากสมการ

$$L_C = Y_r - Y_A \quad (2.5)$$

L_C คือ พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses) หาได้จากสมการ

$$L_S = Y_A - Y_f \quad (2.6)$$

L_S คือ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

ประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Total Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_{PV} = \frac{E_{PV}}{H_r A_{PV}} \quad (2.7)$$

η_{PV} คือ ประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์

สมรรถนะระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) หาได้จากสมการ

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (2.8)$$

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Efficiency) หาได้จากสมการ

$$\eta_A = \frac{E_A}{H_r A_A} \quad (2.9)$$

η_A คือ ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

A_A คือ พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

สมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) หาได้จากสมการ

$$PR_A = \frac{Y_A}{Y_r} = \frac{\eta_A}{\eta_{STC}} \quad (2.10)$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

F. Katiraei [14] ได้ศึกษาทิศทางการใช้งานในอนาคตจะต้องมีแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าหลายๆ ชนิดใช้งานร่วมกัน โดยผู้วิจัยเลือกแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าจาก 3 แหล่งผลิตคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องยนต์ดีเซล กังหันลม และ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าได้ศึกษาการถึงลักษณะกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งผลิตของแต่ละประเภท รูปแบบของไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน ศึกษาการจัดการไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน นำข้อมูลที่ได้จากแหล่งพลังงานทั้ง 3 แหล่ง ไปจำลองการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย Software Simulation เพื่อเปรียบเทียบกับระบบผลิตจริง หลังจากที่ได้ผลการทดลองแต่ละประเภท ก็จะทำการรวมระบบเข้าด้วยกัน โดยจ่ายแหล่งพลังงานทั้ง 3 พร้อมกัน แล้ววิเคราะห์ผลที่เกิดจากการรวมระบบซึ่งผลการทดลองพบว่าระบบสามารถทำงานร่วมกันได้ แต่จำเป็นจะต้องควบคุมตัวแปรบางตัวที่ส่งผลให้กระแสที่ผลิตได้ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งทำให้ระบบขาดความเสถียรภาพได้ จากการศึกษา งานวิจัยนี้ พบว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเน้นถึงแหล่งของกระแสที่ได้จากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน และศึกษาการรวมระบบจากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยควบคุมปัจจัยอื่นๆ เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น เช่น ควบคุมความเร็วของการหมุนรอบกังหันลม ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้ งานวิจัยชิ้นนี้สามารถบอกได้ถึงปัจจัยที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าไม่มีการควบคุมคุณภาพของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้

F. D. Kanellos [15] ได้ศึกษาการนำพลังงานทดแทนหลายๆ แหล่งมาใช้งานร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากปัจจุบันพลังงานทดแทนมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนในอนาคตอาจจะมีสัดส่วนเป็น 50% ต่อการใช้พลังงานทั้งหมด ในงานวิจัยนี้จะเป็นการจำลองการใช้พลังงานร่วมกันซึ่งประกอบไปด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานไฟฟ้าจากสายส่ง โดยทำการศึกษาถึงลักษณะของกระแสที่ผลิตได้จากแหล่งกำเนิดพลังงานต่างๆ ทำการควบคุมความถี่ และแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า หลังจากนั้นจึงทำการรวมระบบไฟฟ้างดังกล่าวเข้าด้วยกันและนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่งไปจัดเก็บไว้ในแบตเตอรี่และจ่ายให้กับโหลดต่างๆ และได้ทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จากการศึกษา งานวิจัยนี้ พบว่าสามารถนำผลการทดลองในส่วนของคุณลักษณะกระแสที่ผลิตในแต่ละระบบมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาโปรแกรมได้ เนื่องจากแต่ละระบบจะมีลักษณะเฉพาะ ที่ไม่เหมือนกันของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ซึ่งทางผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับ Algorithm ของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่จำลองจากโปรแกรมระบบได้

Toshihisa Funabashi [16] ได้ศึกษาทิศทางการใช้งานของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic System) ในประเทศญี่ปุ่น มีทิศทางการใช้งานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองนำระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จาก 3 แหล่งผลิตที่มีขนาดกำลังผลิตที่แตกต่างกันคือ 710 750 และ 2,400 kW หรือประมาณ 500 ระบบการผลิต และทำการรวมระบบเข้าด้วยกัน ศึกษาถึงผลที่ได้จากการรวมระบบโดยการนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่เคยผลิตได้ นำข้อมูลโหลดจริงที่ได้ในแต่ละวันของการใช้กระแสไฟฟ้ามาเปรียบเทียบกับระบบที่ผลิตได้จากพลังงานดังกล่าว และได้ทำนายถึงอนาคตของการใช้ไฟฟ้าและจำนวนไฟฟ้าที่จะผลิตได้จากระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และนำผลที่ได้ทั้งหมดมาสรุปเป็นการใช้งานโหลดจริง จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ และกระแสไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งมีอัตราส่วนการใช้งานที่ไม่เท่ากัน โดยในตอนกลางคืนกระแสไฟฟ้าจะถูกใช้งานจากสายส่งการไฟฟ้า ส่วนตอนกลางวันจะสามารถใช้งานได้จากระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จากการศึกษา งานวิจัยนี้ พบว่าเป็นการนำข้อมูลที่มีอยู่มาคำนวณและนำมาทำนายผลของอนาคต ซึ่งจะสามารถบอกได้ถึงจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันเพียงพอต่อ

ความต้องการของระบบหรือไม่ ซึ่งจากงานวิจัยนี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับข้อมูลเนื่องจากการเป็น การคำนวณการผลิตและใช้กระแสไฟฟ้า แต่ยังคงขาดระบบจำลองการใช้งานจริง

Robert H. Lasseter [17] ศึกษาเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม ทั้งหมดส่งผลให้เกิด การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยจะเปลี่ยนไปจากการผลิตจากแหล่งใหญ่แหล่งเดียว เป็นการผลิตจากแหล่งเล็กหลายๆ แห่ง กระจายกันเต็มพื้นที่ โดยแหล่งผลิตไฟฟ้าเล็กๆ นี้สามารถผลิตได้ จากพลังงานทดแทนหลากหลายเช่น แก๊สเทอร์บาย ไมโครเทอร์บาย เซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานไฮโดรเจน พลังงานลม พลังงานจากการเผาเศษไม้ หรือ ระบบแก๊สซิฟิเคชัน เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันการผลิตไฟฟ้า พลังงานทดแทนจะเป็นแบบอิสระโดยข้อเสียของการผลิตแบบอิสระนี้ คือเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าที่สูงเกินกำลัง ระบบจะไม่สามารถดึงแหล่งพลังงานภายนอกมาใช้งานได้ จึงเกิดแนวความคิดที่ว่า การผสมผสานการผลิต และใช้พลังงานทดแทนร่วมกัน หรือเรียกระบบนี้ว่า ระบบไมโครกริด (Microgrid System) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ จะเน้นถึงหลักการทำงานใหญ่ๆ ของระบบไมโครกริด ไม่มุ่งเน้นถึงรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ ซึ่งในต้ว งานวิจัยจะกล่าวถึงการควบคุมแหล่งกำเนิดพลังงานทดแทน การจ่ายพลังงานทดแทนในกลุ่มที่สามารถ ให้บริการได้ การคิดคำนวณความคุ้มทุนและการลงทุน ซึ่งระบบจะต้องมีการสูญเสียค่าสัญญาณไฟฟ้า เนื่องจากระบบที่เราผลิตได้จะเกิดจากพลังงานทดแทน และต้องมีการส่งผ่านสายไฟฟ้าไปในระยะที่ห่างไกล จึงมีการคิดคำนวณการคุ้มทุนของระบบนี้เกิดขึ้น การควบคุมคุณภาพไฟฟ้า การจัดการไฟฟ้าและความ นำเชื่อถือ เป็นสิ่งสำคัญมากเนื่องจากถ้าหากไม่มีการควบคุมมาตรฐานของไฟฟ้าที่ผลิตได้ เราจะไม่สามารถ ต่อเชื่อมระบบไฟฟ้าได้เลย จากการศึกษาของงานวิจัยนี้ พบว่างานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยในเชิงเศรษฐศาสตร์ สามารถบอกรายละเอียดของระบบต่อเชื่อมกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้อย่างละเอียด บอกถึงปัจจัย หลายๆ ด้านในการจัดการระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานทดแทน และการรวมระบบผลิตหลายๆ แหล่ง เข้าด้วยกัน บอกถึงสาเหตุต่างๆ ที่ไม่สามารถรวมระบบได้ ส่งผลให้สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นส่วน ควบคุมระบบให้เกิดความเสถียรภาพของระบบมากยิ่งขึ้น

วัฒนพงษ์ รัชชวีเชียร และคณะ [18] ได้ทำการศึกษาการประเมินความเหมาะสมของระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้งานจริง ศักยภาพ และ คุณสมบัติของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบทาง เศรษฐกิจและสังคมจากการนำระบบเข้าไปติดตั้งให้กับประชาชน จากการศึกษาเอกสารและเก็บข้อมูลจาก แหล่งต่างๆ พบว่า ณ สิ้นปี 2542 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่ในประเทศ มีกำลังไฟฟ้าติดตั้งรวมอยู่ ประมาณ 4.4 MW_p ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสูบน้ำ และระบบประจุแบตเตอรี่ ตัวแทนพบว่า มีประสิทธิภาพของระบบเป็น 5.7 และ 1.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ราคาน้ำต่อหน่วยของ ระบบสูบน้ำตัวแทนเท่ากับ 20.47 บาท/ลูกบาศก์เมตร และราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบประจุ แบตเตอรี่ตัวแทนเท่ากับ 43.01 บาท/kWh ผลการศึกษา sensitivity analysis แสดงให้เห็นว่าการ เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนลดจะมีผลต่อราคาต่อหน่วยของน้ำและราคาต่อหน่วยของไฟฟ้ามากกว่าการ เปลี่ยนแปลงราคาแผงเซลล์ ผลการศึกษายังพบว่า ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในการใช้งาน แต่ปัญหาของระบบที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการขาดการบริหารจัดการระบบที่ดีพอ ซึ่งปัญหาดังกล่าวมิได้ เกิดจากตัวระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีความบกพร่องแต่อย่างใด ดังนั้นการที่จะส่งเสริมให้เกิดการใช้งานระบบ เซลล์แสงอาทิตย์อย่างแพร่หลายนั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการจะต้องมีการจัดฝึกอบรมเพื่อสร้าง ความรู้ความเข้าใจให้กับประชาชนในพื้นที่ และจัดให้มีการสร้างองค์กรขึ้นภายในชุมชน เพื่อเข้ามาบริหาร จัดการการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์

Achitpon SaSitharanuwata, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy, and Suchart Yammen [19] ได้ทำการศึกษาและทดสอบระบบสถานีผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด

10 kW_p ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวรหลังจากติดตั้งใช้งานมาเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากการศึกษาพบว่า ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ เท่ากับ 7,852 kWh และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si p-Si และ HIT มีค่าเท่ากับ 6.26% 10.48% และ 13.78%

Achitpon SaSitharanuwata, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy, and Suchart Yammen [20] ได้ทำการศึกษาและทดสอบระบบสถานีผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 kW_p ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวรหลังจากติดตั้งใช้งานมาเป็นระยะเวลา 11 เดือน จากการศึกษาพบว่า ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ เท่ากับ 14,124 kWh และค่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้รายวันเฉลี่ยเท่ากับ 42.8 kWh ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 33.08 kWh ถึง 48.73 kWh ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าอยู่ในช่วง 2.54 ชั่วโมงต่อวัน ถึง 3.62 ชั่วโมงต่อวัน และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si p-Si และ HIT มีค่าเท่ากับ 6.26% 10.48% และ 13.78% และสมรรถนะของระบบ เท่ากับ 0.57 - 0.79

Kritwiput Phaokeaw, Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian and Suchat Yammen [21] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si p-Si และ HIT ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของจังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย ซึ่งทำการในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบ โดยจะมุ่งเน้นทำการศึกษาค่ารังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่ามีผลกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบใดมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของจังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย มีความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า p-Si และ HIT แต่อย่างไรก็ตามแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si จะมีอัตราการลดลงของความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอื่นๆ

Wuthipong Suponthana, Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian and Phumisak Inthanon [22] ได้ทำการศึกษาระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 200,000 ระบบ ตั้งแต่ ปี 2548 - 2550 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในเขตภาคเหนือใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline Silicon Solar Cell; m-Si) ส่วนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดซิลิกอนอสัณฐาน (Amorphous Crystalline Silicon Solar Cell; a-Si) ซึ่งทั้ง 2 ภาคใช้เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่/เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบ MPPT และแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle จากการศึกษาพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า p-Si เท่ากับ 10% - 18% สมรรถนะของระบบ เท่ากับ 0.45 - 0.5

Achitpon SaSitharanuwat, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy and Wuthipong Suponthana [23] ได้ทำการศึกษาระบบสถานีผลิตไฟฟ้ากระแสสลับด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 kW_p ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบอิสระ (stand alone system) และแบบเชื่อมต่อเข้ากับสายส่ง เพื่อศึกษาความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอาคารทดสอบ จากการศึกษาพบว่า พลังงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ a-Si p-Si และ HIT เท่ากับ 102.39, 86.34 และ 80.20 ตามลำดับ และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ HIT p-Si และ a-Si เท่ากับ 13.37 10.17 และ 6.59

Nirmal-Kumar C. Nair และ LixiZhang [24] ได้นำเสนอรูปแบบและแนวทางในการกำหนดนโยบายเพื่อการพัฒนา Smart Grid สำหรับประเทศนิวซีแลนด์ รวมถึงเป็นแนวทางให้แก่นักวิจัย นักพัฒนาระบบ และผู้เกี่ยวข้องในระบบเครือข่ายไฟฟ้า โดยการศึกษารวบรวมและจำแนกมาตรฐานสากลต่างๆ รวมถึงโครงการที่สำคัญเกี่ยวกับระบบ Smart Grid ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ การพัฒนาระบบ Smart Grid

เกิดขึ้นจากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) จนสามารถนำมาทำงานร่วมกันกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าในอนาคต โดยปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบโครงข่ายไฟฟ้าอยู่สองค่าย กรณีนี้นิวยอร์กเรียกว่า Smart Grid และฝั่งอเมริกาเรียกโครงข่ายดังกล่าวว่า GridWise™ ในปี 2007 คณะกรรมาธิการยุโรปได้นำเสนอแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานยุโรป (European Strategic Energy Technology Plan; SET-Plan) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีด้าน low carbon และ energy-efficiency ซึ่งส่วนหนึ่งของ SET-Plan คือการปรับเปลี่ยนรูปแบบของโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในยุโรปจากรูปแบบปัจจุบันไปสู่รูปแบบใหม่ในอนาคต โดยวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมโยงระบบพลังงานที่มีความหลากหลายทั่วยุโรปเข้าไว้ด้วยกัน โดยต้องมีความยืดหยุ่นหรือคล่องตัวสูง (flexible) มีความสามารถเข้าถึงได้ (accessible) มีความน่าเชื่อถือ (reliable) และมีความยั่งยืนของโครงข่ายไฟฟ้า แนวคิดของ SmartGrid technology platform ยังได้รับการสนับสนุนโดยคณะกรรมาธิการยุโรปจนทำให้เกิดกลุ่มการวิจัยและพัฒนา รวมถึงงานพัฒนาสาธิตด้าน SmartGrid หลายโครงการในยุโรป [25]

สำหรับโครงการด้านโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในสหรัฐอเมริกาซึ่งเรียกว่า GridWise™ มีแนวคิดเพื่อปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบไฟฟ้า ให้สามารถเปิดกว้างเพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าที่หลากหลายขึ้น แต่ยังคงสามารถรักษาความมั่นคง ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าไว้ได้ โดยการผสมผสานเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร (IT) ร่วมกับมาตรฐานต่างๆ (standards) ของระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพิ่มประสิทธิภาพของกลไกการตลาดและเพิ่มทางเลือกของผู้ใช้ไฟฟ้า

วิสัยทัศน์ของการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าของทั้งฝั่งยุโรปและอเมริกามีความเหมือนกันในเรื่องของการพยายามพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อให้ได้ระบบไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมตามกลไกตลาดทั้งด้านราคาและความน่าเชื่อถือของโครงข่ายไฟฟ้า ข้อแตกต่างของแนวคิดด้านการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าจากทั้งสองค่ายคือ Smart Grid ของยุโรปให้ความสำคัญกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน แบบกระจายศูนย์ (REDG) ที่มีสัดส่วนสูง (High Penetration) สำหรับ GridWise™ ของสหรัฐอเมริกาให้ความสำคัญกับโรงไฟฟ้ารวมศูนย์ขนาดใหญ่จากถ่านหินสะอาดรวมถึงการเพิ่มสัดส่วนของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายศูนย์ด้วยเช่นกัน

Manuela Sechilariu, Baochao Wang และ Fabrice Locment [26] ได้ทำการออกแบบ และ การใช้งานอาคารผสมผสานแบบ microgrid (Building-Integrated Micro Grid; BIMG) เป็นการผสมผสานระหว่างระบบ BIPV กับระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart grid) ด้วยวิธีการประยุกต์ระบบ BIPV ระบบสะสมพลังงานและระบบ Smart grid มาเชื่อมต่อโยงกัน ซึ่งกระบวนการ power balancing โดยใช้ระบบ Smart grid เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ในการลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบจำหน่าย เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงที่ระบบจำหน่ายมีปัญหา และใช้ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ ซึ่งนำกระบวนการจัดการพลังงานมาใช้ในการการทำงานระบบกระบวนการ โดยพิจารณาจากช่วงเวลาของระบบจำหน่าย ข้อจำกัดของระบบจำหน่าย ระบบสะสมพลังงาน เครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า จากจำลองตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ power balancing เชื่อมโยงกับ ความต้องการพลังงานไฟฟ้า และสถานะที่ระบบจำหน่ายมีปัญหา การประยุกต์ใช้กระบวนการจัดการพลังงานสามารถทำได้ง่ายและสามารถผสมผสานได้ดีเหมาะสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่ายขนาดเล็ก และคณะผู้วิจัยจะมีการขยายผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการทำนายความต้องการพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าต่อไป

LI Bao-shu และ GE Yu-min [27] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของคุณภาพไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อโหลด โดยทำการปรับปรุงโหลด ให้เป็น smart load แล้วปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าโดยประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยี ดิจิตอลเทคโนโลยีและข้อมูล ในขณะที่เดียวกันจะมุ่งเน้นพฤติกรรมของโหลด เพื่อใช้ในการ

ปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของโหลด จากการศึกษาคณะผู้วิจัยได้ใช้ระบบ smart grid เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงฮามอนิกส์ แรงดัน และสัญญาณรบกวนต่างๆ ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพไฟฟ้าดีขึ้น และทำให้โหลดมีประสิทธิภาพดีขึ้นตามไปด้วย

Pertti Jarventausta Sami Repo, Antti Rautiainen และ Jarmo Partanen [28] ได้นำเสนอ smart grid ในส่วนของระบบจำหน่าย การจัดการของระบบจำหน่าย และมิเตอร์อัจฉริยะ (AMR) โดยใช้การจัดการเน็ตเวิร์ค การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้า การประยุกต์ใช้ power electronics ในระบบจำหน่าย รถไฟฟ้าในส่วนของระบบ smart grid และความถี่ของการควบคุมโหลด ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนามิเตอร์อัจฉริยะ (AMR) ที่ใช้ในการอ่านปริมาณการใช้พลังงาน แนวโน้มปริมาณการใช้พลังงาน ฟังก์ชันพัฒนาขึ้นจากระบบจำหน่ายทั่วไป และประยุกต์ใช้ power electronics ในระบบจำหน่าย มิเตอร์อัจฉริยะ (AMR) เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อให้สามารถทำงานได้สองทาง ระหว่างฐานข้อมูล ระบบจำหน่าย ระบบส่ง ผู้บริการและผู้ผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถใช้ระบบ smart grid เข้ามาช่วยบริหารจัดการและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภค และการผลิตไฟฟ้าของผู้ให้บริการ

Luca Ardito, Giuseppe Procaccianti, Giuseppe Menga and Maurizio Morisio [29] ได้ทำการศึกษาระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบดั้งเดิมได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานในปัจจุบันที่มีการใช้พลังงานทางเลือก ความต้องการใช้ไฟฟ้าและนโยบายการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำมาสนับสนุนแนวคิดใหม่ของระบบโครงข่ายไฟฟ้า(ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ) ในงานนี้มีการวิเคราะห์การใช้งานโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะในทางเทคนิค การจัดการ ความปลอดภัย และการเพิ่มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังให้ภาพรวมของการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะส่วนใหญ่ของสหภาพยุโรป และได้ทำการสำรวจโครงการโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ นำเสนอการจัดการด้านเทคโนโลยี และเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม

Rosario Miceli [30] ได้ทำการศึกษานโยบายการจัดการพลังงานและการวิวัฒนาการของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ จากการจัดอันดับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะต้องมีวิวัฒนาการและการพัฒนาที่เกี่ยวข้องหลายด้าน ประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาและวิจัยมีดังนี้คือ ด้านเทคนิค: เกณฑ์ใหม่สำหรับการวางแผนระบบไฟฟ้า การออกแบบ การควบคุมและการบริหารจัดการ ด้านเทคโนโลยี: วิวัฒนาการของชิ้นส่วนอุปกรณ์และระบบ (ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) ด้านเศรษฐกิจและนโยบายการกำกับดูแล: ตลาดเสรีบทบาทและความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง และด้านสังคมนโยบายด้านพลังงานที่ยั่งยืน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรโดยมีการจัดหาความหลากหลายของพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าและการให้บริการและลดค่าใช้จ่ายสำหรับผู้ใช้

สมพล โคศรี และ บุญยง ปลั่งกลาง [31] ได้นำเสนอระบบควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ทกริดสำหรับระบบไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน โดยระบบที่ใช้เป็นแบบผสมผสานประกอบด้วยเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์แบบเตอร์รี และชุดพลังงานไฟฟ้าสำรองที่สามารถจ่ายพลังงานที่เหลือจากการจ่ายโหลดได้พลังงานที่กักเก็บจะถูกนำมาใช้ในเวลากลางคืนระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านที่อยู่อาศัยตลอดเวลาเมื่อพลังงานแบบเตอร์รีต่ำลงได้ขนาดตามพิกัดที่ปรับตั้งไว้ชุดพลังงานไฟฟ้าสำรองจะถูกต่อเข้ากับระบบโดยอัตโนมัติและจ่ายพลังงานให้กับระบบและประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานที่เหลือจนเต็มจึงตัดการทำงานออกระบบ จากการออกแบบระบบด้วยการคำนวณจากพื้นฐานพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Homer ในเบื้องต้นโดยเลือกพิกัดแสงอาทิตย์ที่ตึกเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย ในการจำลองเหตุการณ์มีการเก็บค่าข้อมูลจริงเพื่อนำมาความคุมเครื่องจำลอง

เซลล์แสงอาทิตย์และมีการควบคุมการชดเชยต่อชุดพลังงานไฟฟ้าสำรอง หลังจากการคำนวณและจำลองเหตุการณ์ระบบเพื่อหาความสมดุลได้เร็วเสร็จ จึงได้ติดตั้งตามการออกแบบระบบประกอบด้วย ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) ใช้สำหรับวัดรังสีแสงอาทิตย์เป็นข้อมูลพื้นฐานเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบตเตอรี่ (Battery Sensor) ขนาดเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1.8 kWp แบตเตอรี่ที่กักขนาด 18 kW Bi-directional Inverter ขนาด 2.2 kW ขนาดของภาระทางไฟฟ้าสูงสุดที่ 1 kW และระบบวัดบันทึกแสดงผลที่ออกแบบเป็นพิเศษแบบ Real-time สามารถที่จะบันทึกค่าต่างๆและประเมินผลและสั่งการทำงานขั้นต้นได้ จากผลการทดสอบจริงและการ Simulation พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่การทำงานของแบตเตอรี่ในการ Simulation พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันแต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่การทำงานของแบตเตอรี่ในการ Simulation สถานะของแบตเตอรี่อยู่ที่ 100% โดยในการทดสอบจริงสถานะของแบตเตอรี่อยู่ที่ 40% จากกราฟพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบจะเห็นว่ามีการใช้พลังงานตลอดทั้งวัน เริ่มจากเวลา 0:00-03:00 น.จะเป็นช่วงที่แบตเตอรี่มีการจ่ายโหลดที่ 600-W เมื่อเวลา 03:30-07:00 น.จะเห็นว่าการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการจ่ายโหลดและชาร์จแบตเตอรี่จึงทำให้กราฟสูงขึ้นเกือบ 2 เท่าของโหลดประมาณ 1900 W และเครื่องกำเนิดจะทำงานอีกครั้งเมื่อเวลา 19:30-23:30 น.เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มิโหลดสูงสุดที่ 1 kW ทำให้แบตเตอรี่จ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอและในเวลากลางวันตั้งแต่ 07:00-18:00 น.จะเป็นช่วงการทำงานของ PV ที่จ่ายโหลดและชาร์จแบตเตอรี่และบางครั้งของปีเมื่อแสงน้อยอาจจะมีการช่วยจ่ายโหลดของแบตเตอรี่จากผลการจำลองระบบผสมผสานจะเห็นว่ามีการโหลดได้อย่างต่อเนื่อง

ประมุข จิตเจนการ และสุรินทร์ คำผอย [32] ได้นำเสนอเครื่องประจุแบตเตอรี่สำหรับพาหะนำพลังงานไฟฟ้ารองรับการใช้งานระบบสำรองพลังงานในโครงข่ายอัจฉริยะ โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ และพาหะนำพลังงานไฟฟ้าจะเป็นกุญแจสำคัญในการเปลี่ยนแปลงระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยอุปกรณ์สำคัญที่จะช่วยในการเปลี่ยนแปลงนี้คือเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับพาหะนำพลังงานไฟฟ้าซึ่งต้องมีความสมบัติในการอัดประจุได้รวดเร็วและความสามารถในการส่งผ่านพลังงานได้ใน 2 ทิศทางโดยวงจรเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ที่นำเสนอจะประกอบไปด้วยโมดูลของสวิตช์ซึ่งมี 6 สวิตช์ และมีการแยกกราวด์ทางไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้า โดยโมดูลนี้จะทำหน้าที่เป็นฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์และซีดี-ดีซีคอนเวอร์เตอร์โดยในการอัดประจุแบตเตอรี่จะใช้เทคนิคการอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ และในการจ่ายกลับเครื่องอัดประจุสามารถดึงพลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายกลับสู่ภาระทางไฟฟ้าแบบอิสระด้วยแรงงานไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ ที่มีความถี่เท่ากับ 50 เฮิร์ตซ์ โดยโปรแกรม PSIM 9.0.3 ได้ถูกมาใช้ในการจำลองการทำงานของเครื่องอัดประจุต้นแบบและได้พัฒนาเครื่องอัดประจุต้นแบบขนาด 1 กิโลวัตต์ เพื่อทำการทดสอบ จากผลการทดสอบเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แสดงให้เห็นว่า ในการอัดประจุแบตเตอรี่เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ต้นแบบสามารถอัดประจุด้วยกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด และในการทำงานแบบจ่ายกลับจะพบว่าค่าความผิดพลาดของแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลลัพธ์ของการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องอัดประจุที่นำเสนอสามารถสนับสนุนการใช้งานร่วมกับพาหะนำพลังงานไฟฟ้าและเทคโนโลยีโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

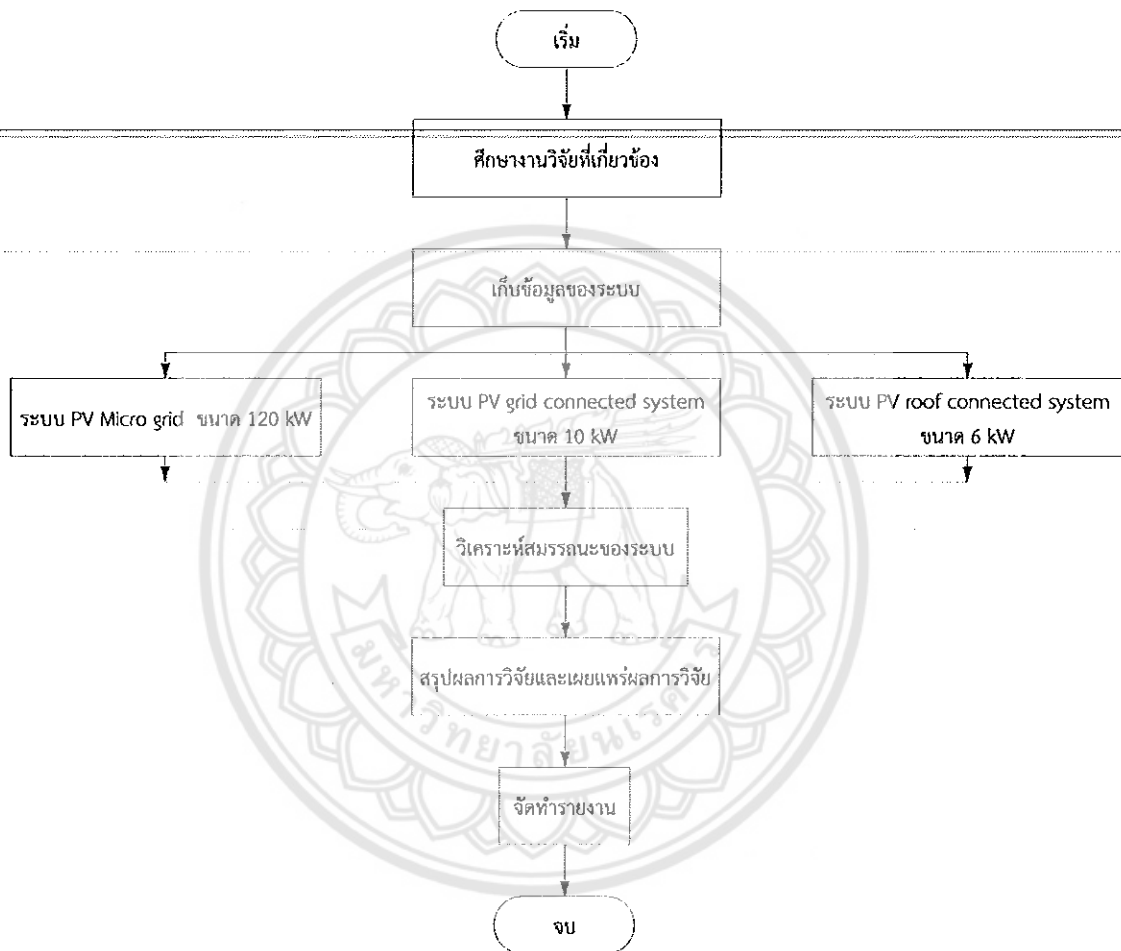
ธนัท แดงมณี สมพร สิริสารานุกูล และประดิษฐ์ เฟื่องฟู [33] นำเสนอการศึกษาผลกระทบด้านคุณภาพไฟฟ้าในรูปแบบของฮาร์มอนิก และไฟกระพริบจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวพลังงานทดแทน เพื่อที่จะปฏิบัติตามข้อกำหนดที่จัดตั้งโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) คุณภาพไฟฟ้าที่จ่ายจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต้องได้รับการตรวจวัดคุณภาพไฟฟ้าก่อนที่จะเชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าโดยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองระบบการผลิตไฟฟ้า เพื่อคำนวณหาคุณภาพไฟฟ้าสูงสุดที่จ่ายมาเข้าสู่ระบบไฟฟ้า คุณภาพไฟฟ้าที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ตามรูปแบบการเชื่อมต่อที่มีเงื่อนไขแตกต่างกันในแต่ละ

กรณีศึกษา ผลการศึกษาด้านฮาร์มอนิกพบว่า ฮาร์มอนิกจากพลังงานแสงอาทิตย์เกินข้อกำหนดในบางอันดับและตำแหน่งติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ส่งผลให้ฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ามีความรุนแรงแตกต่างกัน สาเหตุจากอิมพีแดนซ์และฮาร์มอนิกที่มีอยู่เดิมในระบบไฟฟ้า สำหรับกักกันลมแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง จะมีปัญหาด้านฮาร์มอนิกมากกว่ากักกันลมความเร็วคงที่ สาเหตุจากกักกันลมแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางมีอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์ ผลการศึกษาด้านแรงดันกระเพื่อมพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์เกิดปัญหาแรงดันกระเพื่อมน้อย สาเหตุจากความเข้มแสงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สำหรับกักกันลมจะทำให้ค่าไฟกระพริบระยะสั้นที่จุดต่อร่วมมีค่าสูงสุดและลดลงไปเมื่ออยู่ห่างจากจุดต่อร่วมออกไป



บทที่ 3
ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอขั้นตอนการทดลอง วิธีการดำเนินการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการทำการศึกษาสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การศึกษสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก มีรายละเอียดดังนี้

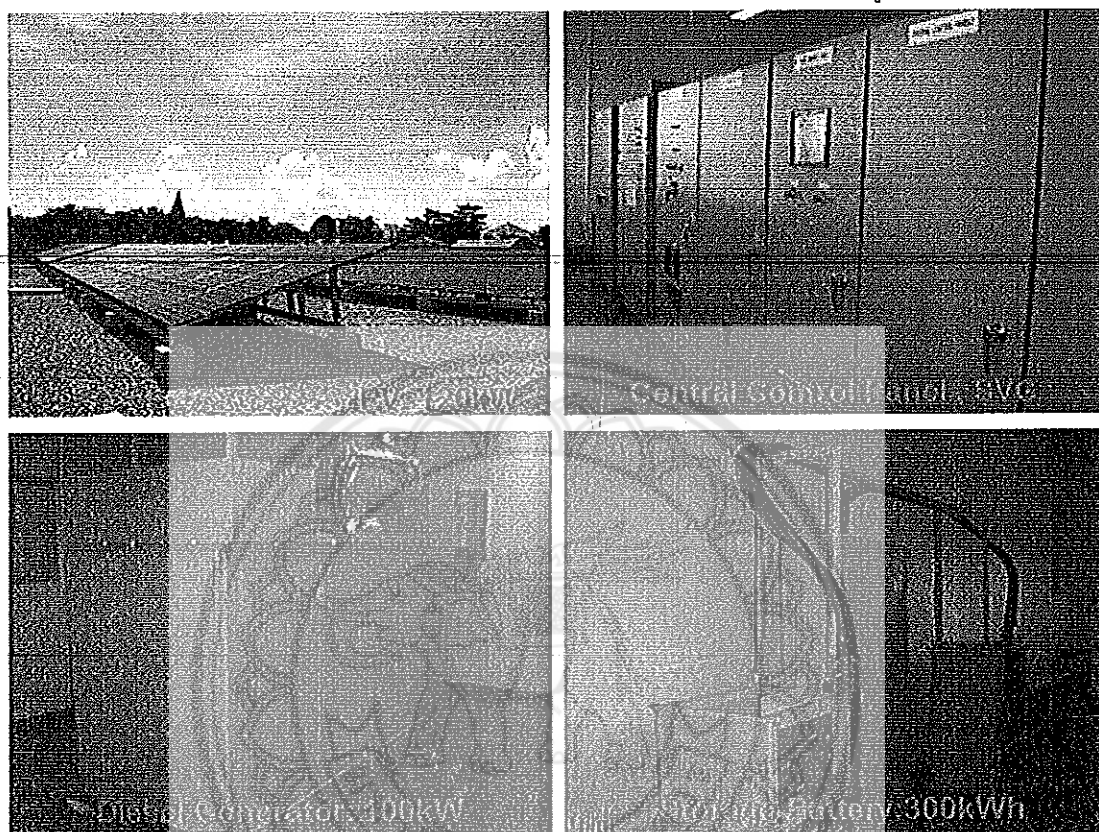
ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart grid) ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน

เป็นระบบสาธิตที่ติดตั้งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยฯ ซึ่งทำการเชื่อมต่อระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 3 ระบบ ประกอบด้วย

ระบบที่ 1 ระบบ PV Micro grid ขนาด 120 kW

- ระบบ PV grid connected system ขนาด 120 kW (Poly crystalline silicon) มีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน

- ระบบ PV Micro Grid เป็นระบบสาธิตภายในสวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน ซึ่งมี ส่วนประกอบหลักประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly crystalline silicon ขนาด 120 kW ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ขนาดแบตเตอรี่ 300 kWh เพื่อให้สามารถสำรองการทำงานของระบบได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ นอกจากนี้ยังมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซลขนาด 100 kW ซึ่งส่วนประกอบของระบบ PV micro grid แสดงดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 ระบบ PV micro grid system

ระบบที่ 2 ระบบ PV grid connected system ขนาด 10 kW

- ระบบ PV grid connected system ขนาด 3.67 kW (Amorphous single layer) มีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน

- ระบบ PV grid connected system ขนาด 3.66 kW (Poly crystalline silicon) แบบมีแบตเตอรี่ แบบมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน

- ระบบ PV-grid connected system ขนาด 2.88 kW-(Hybrid crystalline silicon) แบบมีแบตเตอรี่ แบบมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน

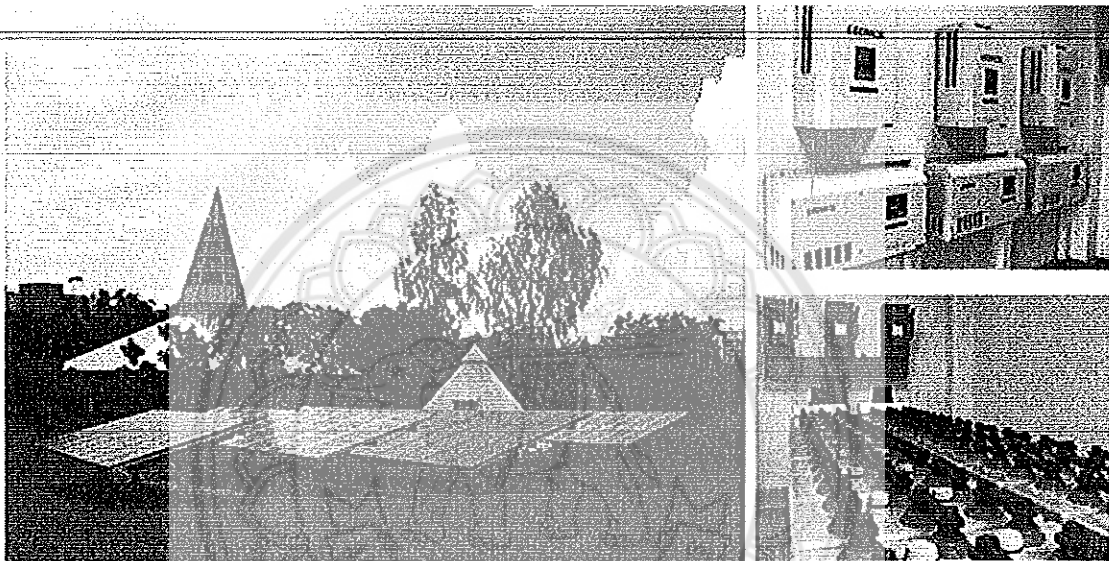
- ระบบ PV grid connected system ขนาด 1.2 kW (Micro crystalline)

- ระบบ PV grid connected system ขนาด 1.4 kW (CIS)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าระบบจำหน่าย (PV grid connected system) ขนาด 10 kW เป็นระบบ PV grid connected system ขนาด 10 kW มีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 5 เทคโนโลยี โดยจะแยกระบบออก 2 แบบมีรายละเอียดดังนี้

แบบที่ 1 ระบบ PV grid connected system แบบมีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกผสม (Poly crystalline silicon; p-Si) ขนาดประมาณ 3.67 kW แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟิซ (Amorphous silicon; a-Si) ขนาดประมาณ 3.66 kW และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผสมผสาน (Hybrid crystalline silicon; HIT) ขนาดประมาณ 2.88 kW มีแบตเตอรี่ความจุขนาด 100 kWh เป็นระบบสะสมพลังงาน

แบบที่ 2 ระบบ PV grid connected system แบบไม่มีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดไมโครซิลิกอน (Amorphous silicon/Micro crystalline silicon (a-Si/ μ C)) ขนาดประมาณ 1.2 kW และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดคอปเปอร์อินเดียมไดอะเซไนด์ ((Copper Indium Diselenide; CIS)) ขนาดประมาณ 1.4 kW ดังแสดงในรูปที่ 30

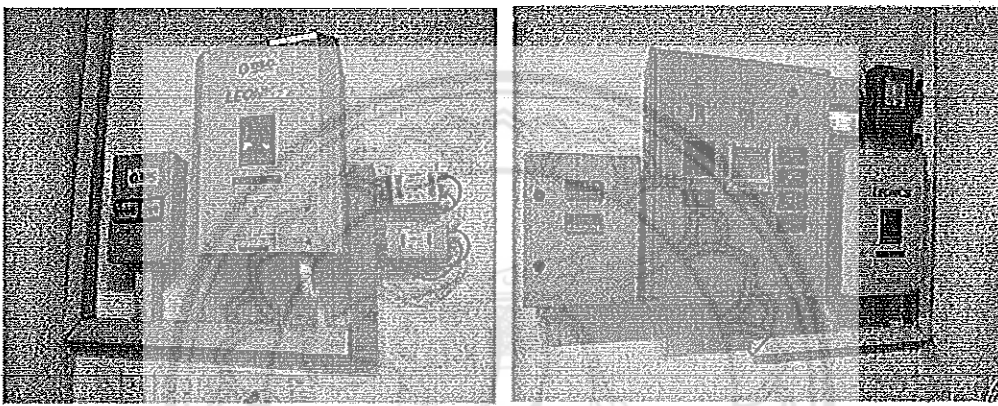
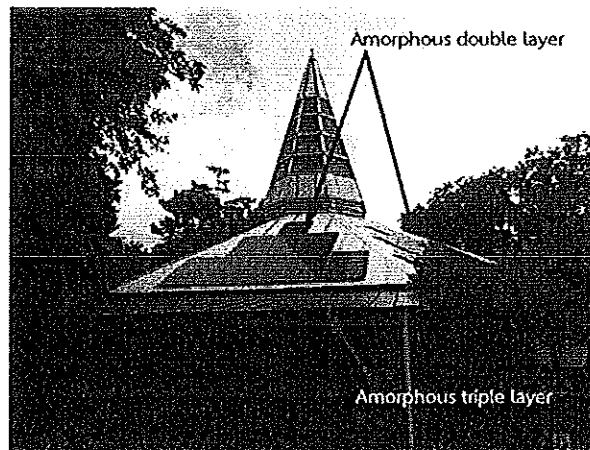


รูปที่ 30 ระบบ PV grid connected system ขนาด 10 kW

ระบบที่ 3 ระบบ PV roof connected system ขนาด 6 kW

- ระบบ PV grid connected system ขนาด 3 kW (Amorphous double layer)
- ระบบ PV grid connected system ขนาด 3 kW (Amorphous triple layer)

ระบบ PV grid connected system แบบไม่มีแบตเตอรี่เป็นระบบสะสมพลังงาน ติดตั้งบนหลังคาของอาคาร ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟิซ (Amorphous silicon; a-Si) แบบอะมอร์ฟิซ 2 ชั้น (Double layer) ขนาดประมาณ 3 kW และแบบอะมอร์ฟิซ 3 ชั้น (Triple layer) ดังรูปที่ 31



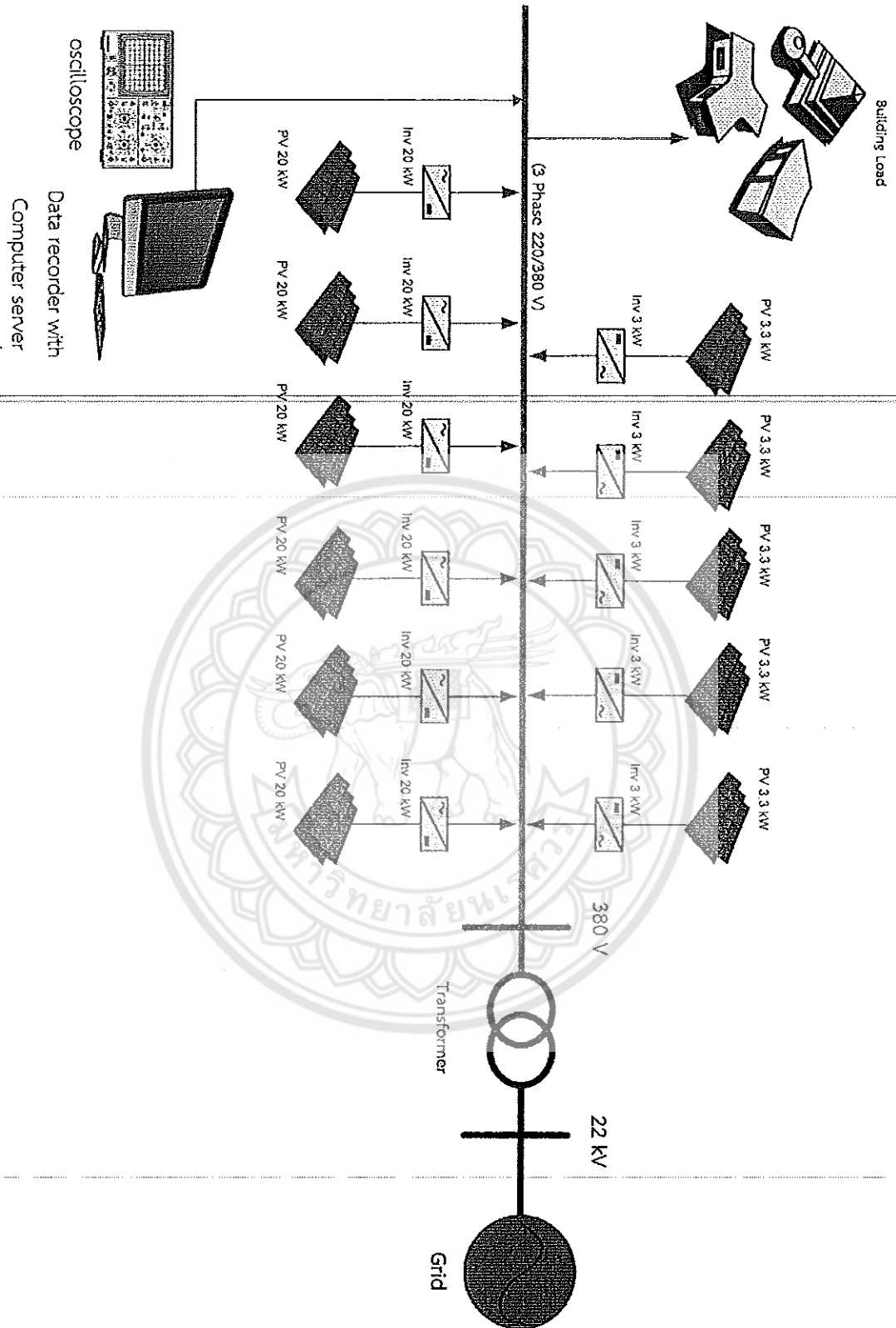
รูปที่ 31 ระบบ PV roof connected system ขนาด 6 kW

การเก็บบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในการทำการวิจัย

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการตรวจวัดและบันทึกค่าด้วยอัตโนมัติ โดยใช้ระบบ มิเตอร์อัจฉริยะ (AMI) ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลโดยใช้ระบบ scada แต่ละการตรวจวัดและวิเคราะห์มี รายละเอียดขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการเก็บบันทึกข้อมูล

1. วัดค่าและบันทึกข้อมูลกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (V) กำลังไฟฟ้า (P) และความถี่ (Hz) ของระบบ smart grid ทุกๆ 1 นาที
2. วัดค่าและบันทึกความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (G) ทุกๆ 1 นาที



รูปที่ 32 ระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติของระบบใช้ในการศึกษาวิจัย

4. หลังจากทำการเก็บข้อมูล นำข้อมูลที่บันทึกทำการวิเคราะห์สมรรถนะทางเทคนิคของระบบ มีขั้นตอนดังนี้

4.1 นำข้อมูลกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (V) และกำลังไฟฟ้า (P) ของระบบ smart grid ทุกๆ 1 นาที ในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์ (DC) มาวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (E_A)

4.2 เมื่อวิเคราะห์ E_A เรียบร้อย จึงนำ E_A มาวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (Y_A) โดยใช้สมการที่ 2.1

4.3 นำข้อมูลค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ มาวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (Y_f) โดยใช้สมการที่ 2.2

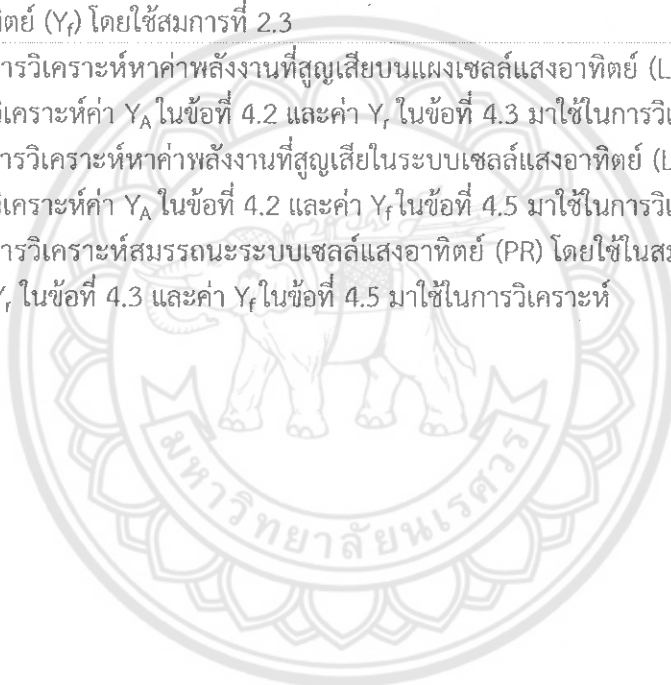
4.4 นำข้อมูลกระแสไฟฟ้า (I) แรงดันไฟฟ้า (V) กำลังไฟฟ้า (P) และความถี่ (Hz) ของระบบ smart grid ทุกๆ 1 นาที ในส่วนของภาระทางไฟฟ้า (AC) มาวิเคราะห์หาค่าพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (E_{PV})

4.5 เมื่อวิเคราะห์ E_{PV} เรียบร้อย จึงนำ E_{PV} มาวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_f) โดยใช้สมการที่ 2.3

4.6 ทำการวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c) โดยใช้ในสมการที่ 2.5 ซึ่งนำผลจากการวิเคราะห์ค่า Y_A ในข้อที่ 4.2 และค่า Y_f ในข้อที่ 4.3 มาใช้ในการวิเคราะห์

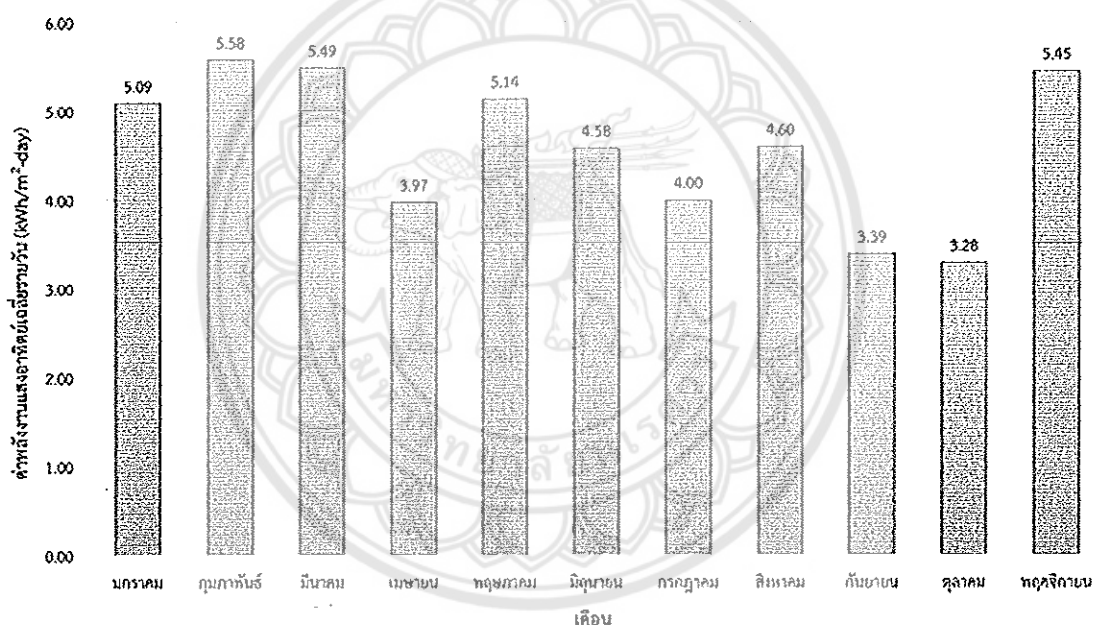
4.7 ทำการวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (L_s) โดยใช้ในสมการที่ 2.6 ซึ่งนำผลจากการวิเคราะห์ค่า Y_A ในข้อที่ 4.2 และค่า Y_f ในข้อที่ 4.5 มาใช้ในการวิเคราะห์

4.8 ทำการวิเคราะห์สมรรถนะระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PR) โดยใช้ในสมการที่ 2.8 ซึ่งนำผลจากการวิเคราะห์ค่า Y_f ในข้อที่ 4.3 และค่า Y_f ในข้อที่ 4.5 มาใช้ในการวิเคราะห์



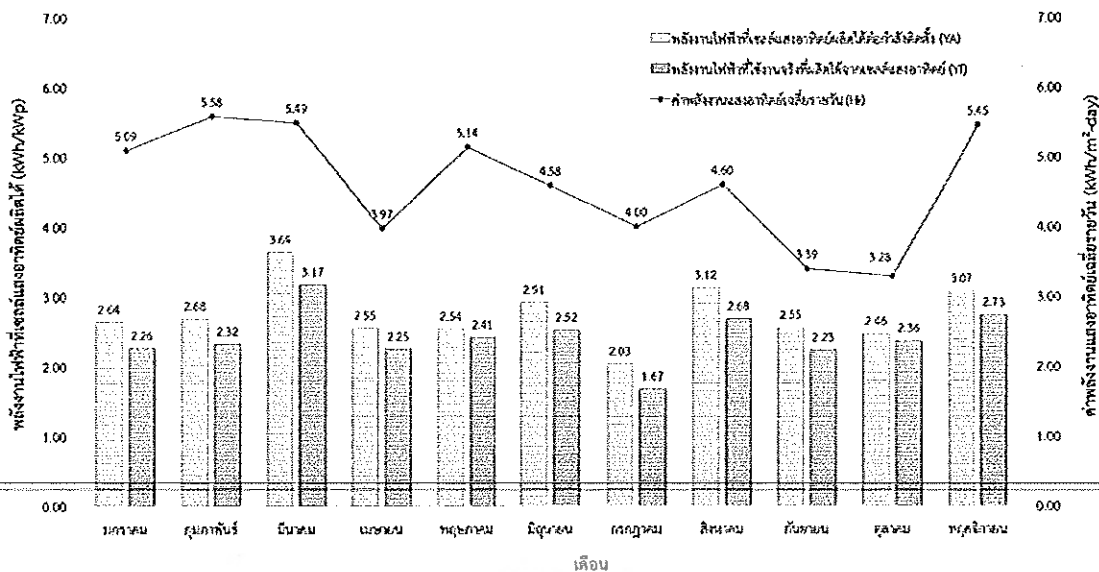
บทที่ 4 ผลการวิจัย

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาศมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักที่ติดตั้งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยฯ ซึ่งทำการเชื่อมต่อระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า สมรรถนะของระบบโดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Hi) ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เท่ากับ 4.60 kWh/m²-day โดยค่าพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุด คือ เดือนกุมภาพันธ์มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 5.58 kWh/m²-day รองลงมา คือเดือนพฤศจิกายนมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 5.45 kWh/m²-day และน้อยที่สุด คือ เดือนตุลาคมมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 3.28 kWh/m²-day ดังรูปที่ 33



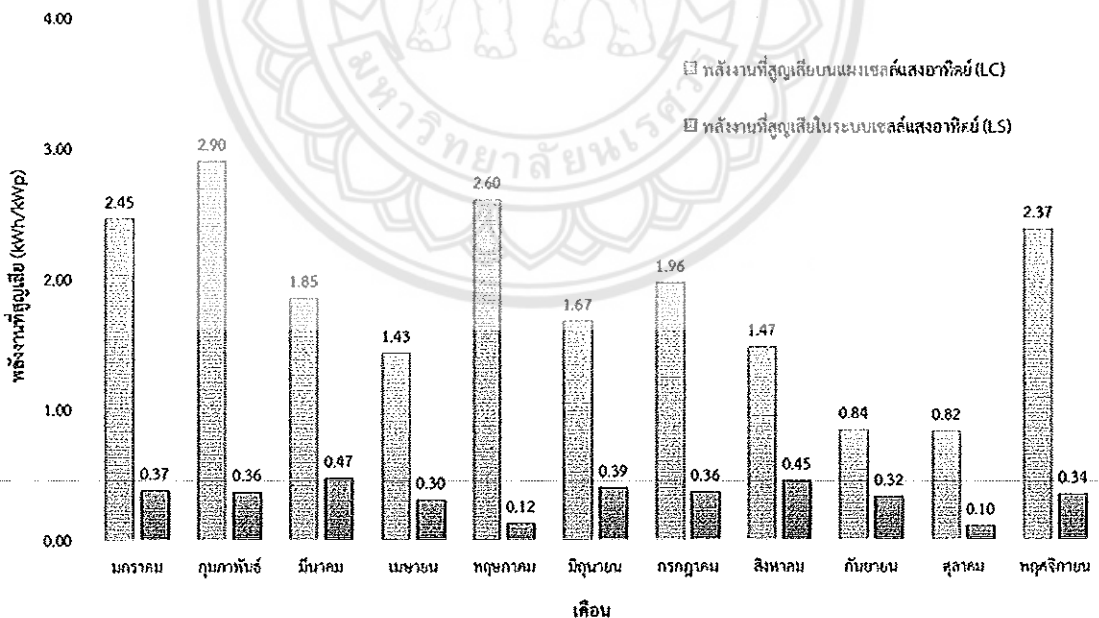
รูปที่ 33 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน

จากรูปที่ 34 เป็นผลจากการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ โดยได้ทำการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของค่าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นว่าในเดือนที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (Y_A) และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_F) สูงที่สุด คือเดือนมีนาคมมีค่า Y_A เท่ากับ 3.64 kWh/kWp-day และ มีค่า Y_F เท่ากับ 3.17 kWh/kWp-day รองลงมาคือ เดือนสิงหาคมมีค่า Y_A เท่ากับ 3.12 kWh/kWp-day และ มีค่า Y_F เท่ากับ 2.68 kWh/kWp-day ต่ำที่สุด คือ เดือนกรกฎาคมมีค่า Y_A เท่ากับ 2.03 kWh/kWp-day และ มีค่า Y_F เท่ากับ 1.67 kWh/kWp-day ซึ่ง Y_A และ Y_F เฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เท่ากับ 2.75 และ 2.42 kWh/kWp-day ตามลำดับ



รูปที่ 34 พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้

จากรูปที่ 34 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จะมีค่าสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากการสูญเสียของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์การสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c) และการสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (L_s) ดังรูปที่ 35

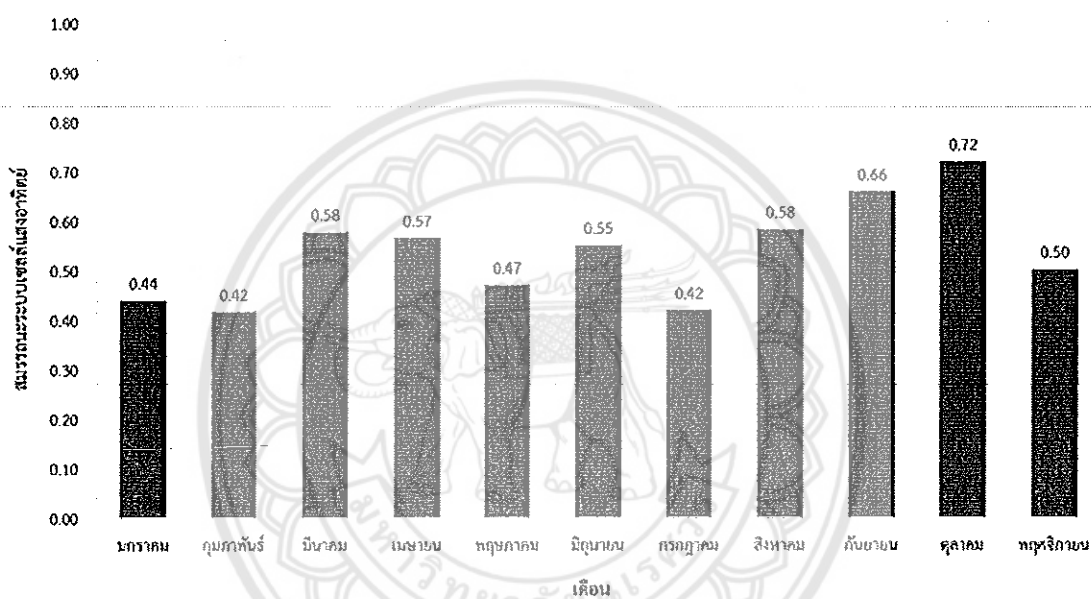


รูปที่ 35 ค่าพลังงานที่สูญเสียในแผงเซลล์แสงอาทิตย์และในระบบ

จากรูปที่ 35 เป็นผลจากการวิเคราะห์การสูญเสียที่เกิดขึ้นพบว่า การสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (L_c) มีค่าสูงกว่าการสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (L_s) โดยค่าการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนกุมภาพันธ์มีค่าเท่ากับ 2.90 kWh/kWp รองลงมา คือ เดือนพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 2.60

kWh/kWp และน้อยที่สุด คือ เดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 0.82 kWh/kWp และค่าการสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนมีนาคมมีค่าเท่ากับ 0.47 kWh/kWp รองลงมา คือ เดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 0.45 kWh/kWp และน้อยที่สุด คือ เดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 0.10 kWh/kWp ซึ่ง Lc และ Ls เฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เท่ากับ 1.85 และ 0.33 kWh/kWp ตามลำดับ

จากรูปที่ 36 เป็นผลจากการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ (PR) พบว่าค่าสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยสมรรถนะเฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 0.72 kWh/kWp รองลงมา คือ เดือนกันยายน มีค่าเท่ากับ 0.66 kWh/kWp และน้อยที่สุด คือ เดือนกุมภาพันธ์และกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 0.42 kWh/kWp ซึ่ง PR เฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เท่ากับ 0.54



รูปที่ 36 สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้นำเสนอผลการศึกษาศมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุป

จากผลการศึกษาศมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลักที่ติดตั้งภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยฯ ซึ่งจากผลวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2559 จนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 พบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Hi) เฉลี่ยเท่ากับ 4.60 kWh/m²-day ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (Y_A) เฉลี่ยเท่ากับ 2.75 kWh/kWp-day ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Y_p) เฉลี่ยเท่ากับ 2.42 kWh/kWp-day ค่าการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Lc) เฉลี่ยเท่ากับ 1.85 kWh/kWp ค่าการสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Ls) เฉลี่ยเท่ากับ 0.33 kWh/kWp และสมรรถนะของระบบ (PR) เฉลี่ยเท่ากับ 0.54

5.2 อภิปรายผล

จากผลการศึกษาศมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จะเห็นได้ว่าปัจจัยบ่งชี้ว่าสมรรถนะของระบบจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับค่าการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Lc) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเดือนกุมภาพันธ์มีการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุด รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากหลายสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยกตัวอย่างเช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระบบชำรุด จึงส่งผลทำให้ระบบผลิตพลังงานได้น้อยลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมรรถนะทางเทคนิคของระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยแวดล้อมเชิงลึกที่ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ

บรรณานุกรม

- [1] REN21. Renewables 2017: Global status report. ISBN 978-3-9818107-6-9.
- [2] กระทรวงพลังงาน. (2559). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2558-2579)
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. ภูมิสารสนเทศสถิติพลังงานทดแทน. แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟในประเทศไทย 2556. สืบค้นเมื่อกรกฎาคม 2557. จาก http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/2556/solar13.png.
- [4] นิพนธ์ เกตุจ้อย. (2547). การบริหารจัดการโครงการบ้านพลังงานแสงอาทิตย์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการบริหารจัดการแบบยั่งยืนสำหรับโครงการบ้านพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- [5] Kassel University.(2003). Photovoltaic Systems Technology SS 2003.Theoretical Description of the Solar Cell. p40.
- [6] นิพนธ์ เกตุจ้อย. (2547). ความปลอดภัยสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์. ในเอกสารการฝึกอบรมเรื่องการติดตั้งและดูแลรักษาระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์. พิษณุโลก. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- [7] บริษัท ลีโอนิกส์ จำกัด. (2014). เส้นทางสู่พลังงานสีเขียว. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ก.ย. 2557. จาก <http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/greenway15.php>
- [8] อังคิร ศรีภคกร. (2554). ยานยนต์ไฟฟ้า: พื้นฐานการทำงานและการออกแบบ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] นิพนธ์ เกตุจ้อย, คงฤทธิ์ แม้นศิริ และ วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร. 2549. การศึกษาสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์การเกษตรสำหรับกลุ่มผู้ใช้ครัวเรือน. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, 27-29 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา.
- [10] นิพนธ์ เกตุจ้อยและคณะ. 2548. การพัฒนาและยกระดับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องยนต์การเกษตร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่าง สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [11] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. โครงการไฟฟ้าอัจฉริยะ. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2557. จาก <http://www.ee.eng.chula.ac.th/smartgrids/index.php/smart-grids/80--smart-grids/smart-grid-doc/72>
- [12] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, โครงการไฟฟ้าอัจฉริยะ (smart grid).
- [13] International Energy Agency. (2002). Operational performance, reliability and Promotion of photovoltaic systems. Report IEA-PVPS T2-03:2002.
- [14] F. Katiraei. (2005). Transients of a Micro-Grid System with Multiple Distributed Energy Resources. International Conference on Power Systems Transients (IPST'05) in Montreal, Canada on June 19-23, 2005 Paper No. IPST05-080.
- [15] F. D. Kanellos, A. I. Tsouchnikas, N. D. Hatzigrygiou. (2005). Micro-Grid Simulation during Grid-Connected and Isolated Modes of Operation. The International

- Conference on Power Systems Transients (IPST'05) in Montreal, Canada on June 19-23, 2005 Paper No. IPST05 - 113.
- [16] Toshihisa Funabashi, Ryuichi Yokoyama. Microgrid Field Test Experiences in Japan.
- [17] Robert H. Lasseter. (2007). Microgrids and Distributed Generation. Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineers, Sept. 2007.
- [18] วัฒนพงษ์รัชวีเชียรและนิพนธ์ เกตุจ้อย. (2544). การประเมินความเหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย.วารสารมหาวิทยาลัยรัตนนคร. หน้า 16-28.
- [19] Achitpon SaSitharanuwata, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy, and Suchart Yammen. (2006). Performance evaluation of a 10 kWp PV power system prototype for isolated building in Thailand. Renewable Energy.
- [20] Achitpon SaSitharanuwata, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy, and Suchart Yammen. (2006). Design and Testing of a 10 kWp standalone PV Prototype for Future Community Grid Adapted for Remote Area in Thailand. International Journal of Renewable Energy (IJRE),p 33-43.
- [21] Kritwiput Phaokeaw, Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian and Suchat Yammen. (2007). Performance of a-Si, p-Si and HIT PV Technological Comparison under Tropical Wet Climate Condition. International Journal of Renewable Energy (IJRE),p 23-34.
- [22] Wuthipong Suponthana, Nipon Ketjoy, Wattanapong Rakwichian and Phumisak Inthanon. (2007). Performance Evaluation AC Solar Home System in Thailand: system using multi crystalline silicon PV module versus system using thin film amorphous silicon PV module. International Journal of Renewable Energy (IJRE),p 35-52.
- [23] Achitpon SaSitharanuwat, Wattanapong Rakwichian, Nipon Ketjoy and Wuthipong Suponthana. (2005). 10 kWp Multi Photovoltaic Cell Stand-Alone/Grid Connected System for Office Building. Technical Digest 15th Photovoltaic Science and Engineering Conference; 10-15 October 2005; Shanghai, China. p. 638-639.
- [24] Nirmal-Kumar C. Nair and LixiZhang. (2009). SmartGrid: Future networks for New Zealand power systems incorporating distributed generation. Energy Policy (37). p. 3418-3427.
- [25] European Commission. (2006). European SmartGrids Tehnology Platfrom.
- [26] Manuela Sechilariu, Baochao Wang and Fabrice Locment. (2013). Building-integrated microgrid: Advanced local energy management for forthcoming smart power grid communication. Energy and Buildings 59. p.236-243.
- [27] LI Bao-shu and GE Yu-min. (2012). Improving Power Quality by Smart Load. Energy Procedia 17. p.813-817.
- [28] Pertti Jarventausta, Sami Repo, Antti Rautiainen and Jarmo Partanen. (2010). Smart grid power system control in distributed generation environment. Annual Reviews in Control 34. p.277-286.

- [29] Luca Ardito, Giuseppe Procaccianti, Giuseppe Menga and Maurizio Morisio (2013). Smart Grid Technologies in Europe. *Energies*, Volume 6, p. 251-281.
- [30] Rosario Miceli (2013). Energy Management and Smart Grids. *Energies*, Volume 6, p.2262-2290.
- [31] สมพล โคศรี และบุญยัง ปลั่งกลาง, “ระบบควบคุมและจัดการพลังงานสมาร์ตกริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบแยกเดี่ยวจากพลังงานทดแทน,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553).
- [32] ประเมษฐ์ จิตเจนการ ประภาศ ไพรสุวรรณและสุรินทร์ คำฝอย, “เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับพาหนะพลังงานไฟฟ้ารองรับการใช้งานระบบสำรองพลังงานในโครงข่ายอัจฉริยะ,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555).
- [33] ธนัท แดงมณี สมพร สิริสำราญกุล และประดิษฐ์ เฟื่องฟู, “การศึกษาผลกระทบด้านคุณภาพไฟฟ้าของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554).

