การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย

พิชยดา จิรวรรษวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2556

A Study of Using Electricity Cost from Solar System for Household Appliances

Pichayada Jiravusvong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2013

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย
ชื่อผู้เขียน	พิชยดา จิรวรรยวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชา	จัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย ทั้งนี้เพื่อประหยัดพลังงานและเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้อยู่อาศัย โดยการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาทางสถิติในประเทศไทยพบว่า ขนาดครัวเรือนโดยมากคือ 4 คน จึงใช้บ้านขนาดมาตรฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไปนี้เป็นกรณีศึกษา คือ บ้านเดี่ยวโดยมีพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร ทั้งนี้การศึกษาถูกแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มพื้นที่หลังคา กับกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการใช้ภายในบ้าน ซึ่งแต่ละกรณีก็จะมีแนวทางในการเลือกติดตั้งอุปกรณ์แบบต่างๆ ต่างกัน 4 ทางเลือก เช่นการเลือกแผงเซลล์ขนาดต่างกันคือ 130W และ 240W การเลือกเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาดพิกัด 24V/20A, 24V/40A, 24V/60A และ 48V/40A การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ และการเลือกอินเวอเตอร์ ซึ่งแต่ละทางเลือกมีต้นทุนในการติดตั้งต่างกัน และรายได้ของโครงการคือ ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไข อายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 5% และค่าไฟเพิ่มขึ้นปีละ 3% พบว่าทางเลือกที่ 4 ของทั้งกรณี มีค่าติดลบน้อยที่สุด คือ NPV เป็น-553,470 บาท IRR เป็น -1.96 % และ BCR เป็น 0.83 และ NPV เป็น-356,027 บาท IRR เป็น -3.05 % และ BCR เป็น 0.75 ตามลำดับ ผลสรุปที่ได้คือโครงการไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกๆ 5 ปี โดยต้นทุนด้านแบตเตอรี่เป็นร้อยละ 44 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ดังแนวทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โครงการจะน่าลงทุนในแนวทางที่ 3 คือ มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% พบว่าทุกทางเลือก

ของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวก โดยมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย ส่วน BCR ก็มีค่ามากกว่า 1 ของทางเลือกที่ 4 จะเป็น NPV เป็น 816,173 บาท IRR เป็น 13.36 % และ BCR เป็น 4.35 และ NPV เป็น 390,700 บาท IRR เป็น 12.16 % และ BCR เป็น 3.86 ตามลำดับ

Thesis Title	A Study of Using Electricity Cost from Solar System for Household Appliances
Author	Pichayada Jiravusvong
Thesis Advisor	Asst.Prof Dr.Suparatchai Vorarat (Ph.D)
Department	Engineering Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze cost of solar power system for interior household appliances. This is for studying the energy saving and possibility of installation as others alternative for homeowners which the project studied time frame is 25 years onward.

Referring to Thailand statistics found that the maximum family size of Thai family is at four persons, which the study considers to bring the single house using as a case study. This research has studied the saving energy house module with utilized area at 125 square meters. The study is divided into two cases; case of the fully covered roof with solar cell, and the moderate covered roof with solar cell for supplying the household appliance. Of each case has been consisted of four optional installations; the differentiated solar size between 130W and 240W, the electrical controller at 24V/20A, 24V/40A, 24V/60A, and 48V/40A, the differentiated size of battery, and the inverter differentiation which those costs of installation are quite vary. Pertain to the beneficial project is the producing electricity from the solar power system only.

The financial returning after analyzed against the project period throughout 25 years shows that the interest is at 5 percents while the electricity charge is increasing approximately 3 percents per annum. Regarding to the fourth option of these two mentioned cases found at least negative value of NPV at -553,470 baht, IRR value at -1.96 percent, BCR at 0.83, NPV at -356,027 baht, IRR value at -3.05 percent, and BCR at 0.75 respectively. Therefore, the result of this study shows the negative investment to produce the electricity solar power because of high expenditure in part of battery changing cost at 44 percents of the overall expenses which the battery must to be changed in every five year. But if there should be any fluctuation on project cost and benefit referring to the analyzed sensitivities of the research, the most recommended

alternative would be invested in the third option; to get any support on installed equipment cost at 50 percents, and the electricity cost increasing should be increasing at 10 percent per year. For both cases of the fully covered roof with solar cell and the moderate covered roof with solar cell for supplying the household appliance present the NPV and IRR value with the positive more than the interest rate as following; BCR value is higher than one of the fourth option, NPV value is at 816,173 baht, IRR value is at 13.36 percent, BCR value is at 4.35, NPV value is at 390,700 baht, IRR value is at 12.16 percent, and BCR value is at 3.86 by ranking.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จลุล่วงมิได้ หากมิได้รับความกรุณาของ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง ในการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และข้อชี้แนะเกี่ยวกับการวิจัย ตลอดจนแก้ไขตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ ให้วิทยานิพนธ์สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ที่สำคัญยังให้กำลังใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ตลอดมา ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง เพื่อนๆ และพี่ เพื่อน น้องทุกคนที่ทำงานและที่ขาดมิได้คือ เพื่อน และพี่ทุกคนที่เรียนปริญญาโท การจัดการวิศวกรรมมาด้วยกัน สำหรับคำปรึกษา และกำลังใจดีๆ ที่คอยมอบให้ตลอดมา มิเช่นนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้ก็อาจจะสำเร็จมิได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน รวมถึงผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

ประโยชน์อันใดที่จะก่อเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิชยดา จิรวรรษวงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฏ
ประมวลศัพท์และคำย่อ..... ฑ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ที่มาของงานวิจัย..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3
1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
2.1 พลังงานหมุนเวียน..... 5
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์..... 6
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ..... 33
2.4 การประเมินโครงการลงทุน..... 34
2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis)..... 38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 39
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 41
3.1 รายละเอียดของบ้าน และแบบบ้าน..... 41
3.2 การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า..... 43
3.3 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์..... 44
3.4 การวิเคราะห์ด้านการเงิน..... 46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4. ผลการศึกษา.....47
4.1 การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....47
4.2 ผลประโยชน์ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.....62
4.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน.....65
4.4 ผล การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis)..... 68
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....74
5.1 บทสรุปของการศึกษา.....74
5.2 วิเคราะห์ปัญหาของโครงการ.....75
5.3 ข้อเสนอแนะ.....76
บรรณานุกรม.....77
ภาคผนวก.....81
ประวัติผู้เขียน.....121

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ 11
2.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบ CPV 32
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน 33
2.4 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน 34
2.5 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) 34
3.1 รายการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหนึ่งวันของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ 43
4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา 53
4.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 1 53
4.3 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 2 54
4.4 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 3 54
4.5 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 4 55
4.6 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน 60
4.7 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 1 60
4.8 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 2 61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 3 61
4.10 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 4 62
4.11 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเต็มพื้นที่หลังคา 66
4.12 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน 67
4.13 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา 68
4.14 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน 69
4.15 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยไม่ได้รับส่วนเพิ่ม 73
4.16 ผลตอบแทนทางการเงิน กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยได้รับส่วนเพิ่ม 73

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี 2553.....1
1.2 สัดส่วนของประเภทพลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต.....2
1.3 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามแผนกำลังผลิตไฟฟ้า.....2
2.1 แผนผังแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนประเภทต่าง ๆ.....6
2.2 การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ.....9
2.3 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า.....12
2.4 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง.....13
2.5 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง 500 kW จังหวัดแม่ฮ่องสอน.....14
2.6 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา.....14
2.7 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร.....15
2.8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง.....16
2.9 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสลับ.....17
2.10 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม.....18
2.11 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ.....19
2.12 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน.....20
2.13 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....21
2.14 กราฟคุณสมบัติกระแส – แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์.....22
2.15 I-V Curve กรณีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ และอุณหภูมิเซลล์เปลี่ยนแปลง.....24
2.16 I-V Curve กรณีอุณหภูมิเซลล์คงที่ และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง.....24
2.17 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน.....25
2.18 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากสารประกอบ.....26
2.19 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....26
2.20 การรวมแสงของ CPV.....27
2.21 Fresnel lens refractors.....28
2.22 ตัวอย่างการติดตั้ง CPV แบบ Fresnellens refractors.....28
2.23 CPV แบบ Parabolic Refractor.....29
2.24 ตัวอย่าง CPV แบบ Parabolic Refractor.....29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.25 ประสิทธิภาพของ PV ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละปี....30
2.26 สารที่นำมาทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์....30
2.27 เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Multifunction Solar cells....31
3.1 แบบจำลองบ้านเดี่ยว แสดงภาพด้านหน้า ด้านบน และมุมบนข้าง 45 องศา....41
3.2 รูปจำลองหลังคาและรูปหลังคาด้านที่จะติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์....42
4.1 วงจรของทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW....49
4.2 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW....50
4.3 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW....51
4.4 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW....52
4.5 ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW....56
4.6 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW....57
4.7 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW....58
4.8 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.80 kW.... 59
4.9 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา....66
4.10 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน....66
4.11 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน....71
5.1 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน....75

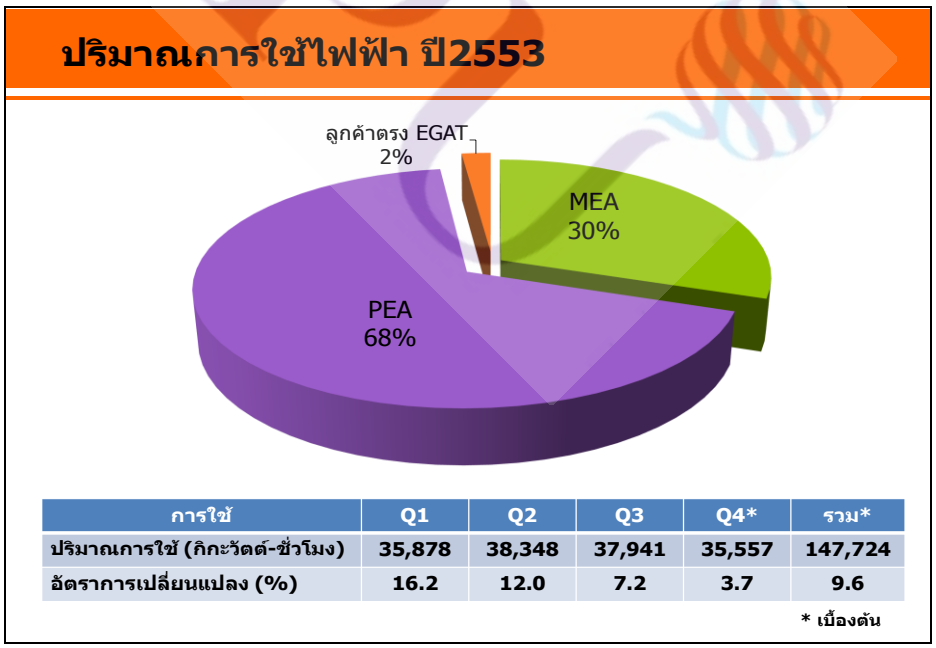
ประมวลศัพท์และคำย่อ

P	กำลังไฟฟ้า	W
I	กระแสไฟฟ้า	A
V	แรงดันไฟฟ้า	V
Pac	กำลังไฟฟ้าด้านกระแสสลับ	kWac
Pdc	กำลังไฟฟ้าติดตั้ง	kWp
Unit	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	kWh
NPV	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	บาท
IRR	อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ	%
PB	ระยะเวลาคืนทุน	ปี
BCR	อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน	-
PEA	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	-
MEA	การไฟฟ้านครหลวง	-
EGAT	การไฟฟ้าฝ่ายผลิต	-

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

พลังงานไฟฟ้า เป็นปัจจัยสำคัญของมนุษย์ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเพื่อดำเนินชีวิตประจำวัน หรือเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์เรา อีกทั้งยังสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนา และประชากรมีแนวโน้มของรายได้ที่สูงขึ้น จึงมีความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าให้มากพอความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1.1 ที่ตารางด้านล่างกราฟวงกลมแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี 2553 ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ Q1, Q2, Q3 และ Q4 เปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมามีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น 16.2 %, 12.0 %, 7.2 % และ 3.7 % ตามลำดับ โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.6 %



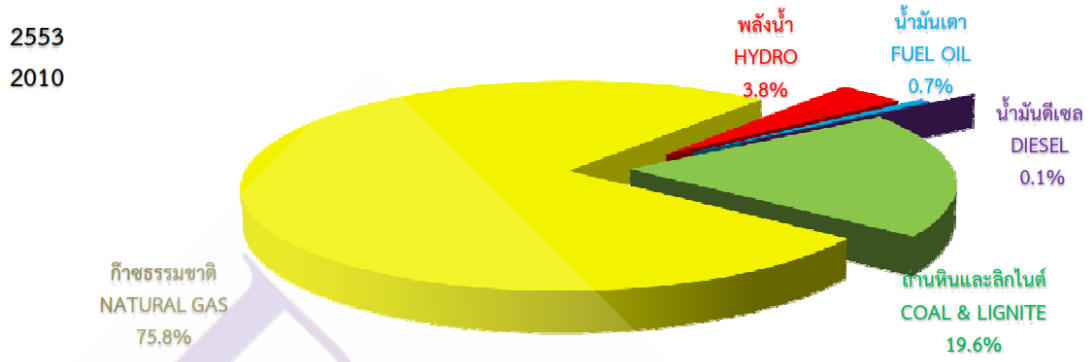
การใช้	Q1	Q2	Q3	Q4*	รวม*
ปริมาณการใช้ (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)	35,878	38,348	37,941	35,557	147,724
อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)	16.2	12.0	7.2	3.7	9.6

* เบื้องต้น

รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี 2553

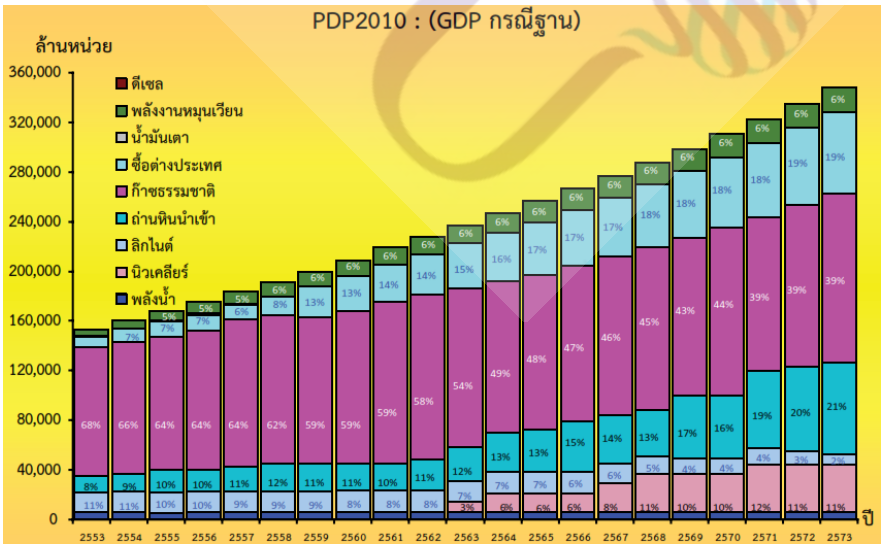
ที่มา: www.eppo.go.th (22 มีนาคม 2555)

ซึ่งในปัจจุบัน การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตนั้น ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก ทั้งถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมัน ดังรูปที่ 1.2 และมีการวางแผนกำลังการผลิตไว้ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.2 สัดส่วนของประเภทพลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

ที่มา: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841%3A2010-09-22-07-02-07&catid=128&lang=th (5 กรกฎาคม 2555)



รูปที่ 1.3 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามแผนกำลังผลิตไฟฟ้า

ที่มา: www.eppo.go.th (22 มีนาคม 2555)

ในรูปที่ 1.2 จะเห็นว่า การผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตใช้ก๊าซธรรมชาติมากที่สุดในการผลิตไฟฟ้าคิดเป็น 43.4 % รองลงมาคือ เชื้อเพลิงน้ำมัน 21.9 % ถ่านหินลิกไนต์ 20.6 % พลังน้ำ 8.2 % ดีเซล 3.2 % และอื่นๆ 2.7 % โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตก็มีการวางแผนการผลิตไฟฟ้า โดยกำหนดว่า แต่ละปีจะต้องใช้สัดส่วนของประเภทเชื้อเพลิงต่างๆ จากกราฟในรูปที่ 1.3 สรุปได้ว่า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตมีแผนที่จะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ให้แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2563 และขยายกำลังการผลิตขึ้นเรื่อยๆ โดยจะลดการนำก๊าซธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเชื้อเพลิงประเภทนี้มีจำกัด และราคาเชื้อเพลิงประเภทนี้มีแนวโน้มปรับเพิ่มสูงขึ้น จากการที่ราคาเชื้อเพลิงต่างๆเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าไฟต้องปรับเพิ่มด้วย และถ้าเลวร้ายที่สุดอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นั่นคือเชื้อเพลิงถูกใช้จนหมดไป จึงถึงเวลาที่ต้องหันมาใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้น

นอกจากนี้แล้ว โลกของเรากำลังเผชิญกับปัญหาใหญ่ นั่นคือสภาวะโลกร้อน ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศของโลก ที่สืบเนื่องมาจากการใช้พลังงานฟอสซิล หนทางหนึ่งที่จะช่วยชะลอสภาวะโลกร้อนได้คือ การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ไม่ว่าจะเป็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และอื่นๆ ล้วนแล้วแต่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ช่วยลด CO_2 ที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาต้นทุนในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนในการนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในประเภทบ้านที่อยู่อาศัยเท่านั้น
2. งานวิจัยนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ทางด้านการเงินออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มพื้นที่หลังคา และกรณีที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการใช้ภายในบ้าน
3. ใช้บ้านขนาดมาตรฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไปเป็นกรณีศึกษา โดยเป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้น 4 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ 1 ห้องครัว 1 ห้องรับแขก และมีพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แผนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอร์รี่ อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม ทั้งในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามความต้องการ และด้านการเงิน

2. เมื่อมีแนวทางในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นไปได้ และคุ้มค่าต่อการลงทุน จะมีการหันมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์ หรืออาจจะเป็นพลังงานทดแทนชนิดอื่น ภายในบ้านอยู่อาศัยกันมากขึ้น

บทที่2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานหมุนเวียน

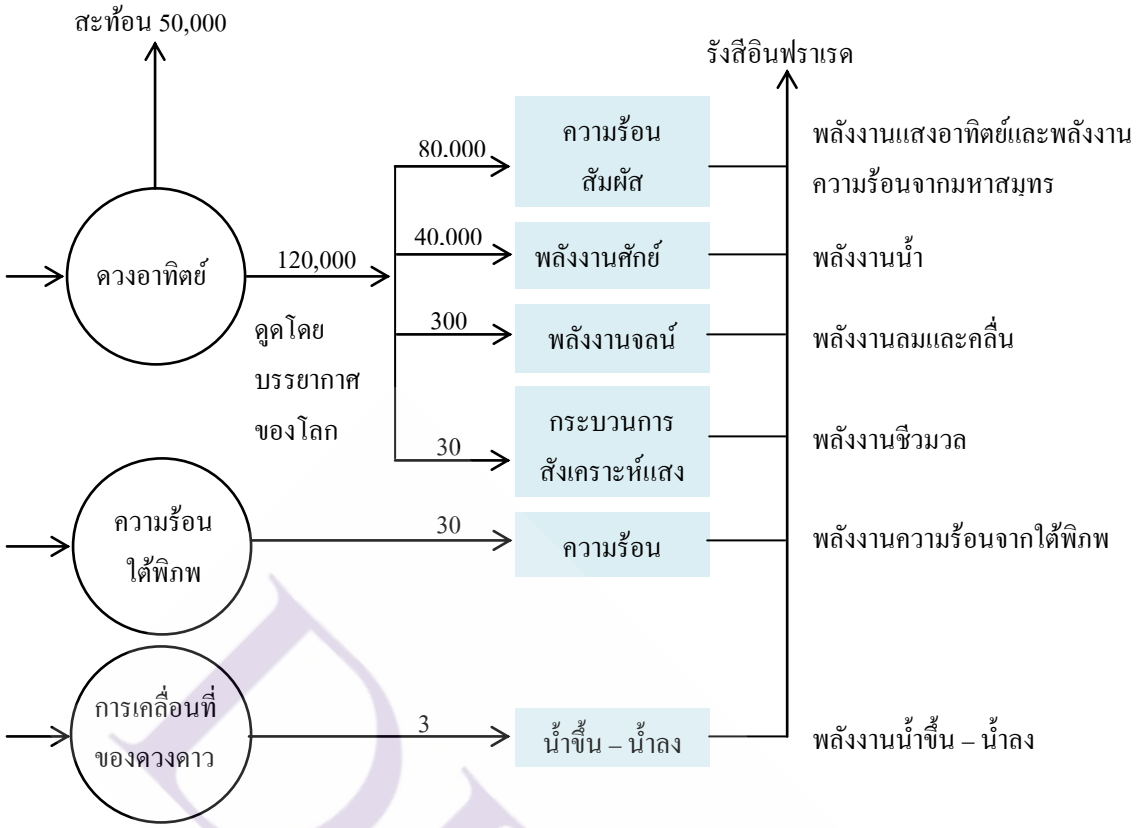
พลังงานหมุนเวียน (renewable energy) (วรนุช แจ้งสว่าง,2553) หมายถึง พลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลส่วนหนึ่ง เนื่องจากอัตราการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยเฉพาะน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน อยู่ในอัตราที่สูงมากและเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี เนื่องจากมีมูลเหตุหลายประการสรุปได้ดังนี้

1) ประชากรบนโลกมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

2) การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศกำลังพัฒนาสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อัตราการบริโภคพลังงานต่อคนมีค่าสูงขึ้น

3) ประชากรมีการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำรงชีวิตหันมาใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ ที่ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น

แหล่งพลังงานหมุนเวียนโดยส่วนใหญ่มีกำเนิดมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งอาจจะเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง เช่น พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทางอ้อม เช่น พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานน้ำ และพลังงานจากชีวมวล สำหลับพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นพลังงานที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ และพลังงานความร้อนใต้พิภพกำเนิดมาจากพลังงานความร้อนที่สะสมใต้ผิวโลก พลังงานรูปแบบต่างๆในโลกนี้ มีแหล่งกำเนิดมาจากแหล่งต่างๆ 5 แหล่ง ได้แก่ ดวงอาทิตย์ ผลจากการเคลื่อนที่และแรงดึงดูดระหว่างดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก พลังงานความร้อนใต้พิภพ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากแหล่งแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งสรุปได้ว่าพลังงานหมุนเวียนมีแหล่งพลังงานต้นกำเนิดมาจาก 3 แหล่งคือ ดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ และการเคลื่อนที่ของดวงดาว แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนประเภทต่างๆ (หน่วยที่ใช้เป็นเทอราวัตต์ (10^{12} W))

ที่มา: Twidell and Weir (1985, p.5)

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมีปริมาณจำกัด และเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยส่วนใหญ่การใช้พลังงานหมุนเวียนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก จะไม่มีการปล่อยก๊าซหรือของเหลวที่มีอันตรายในระหว่างกระบวนการผลิต

2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ (วรนุช แจ้งสว่าง,2553)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานของพลังงานรูปแบบต่างๆ บนโลก เช่น พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น และพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผิวโลกมีค่ามหาศาลจากค่าคงที่สุริยะ (solar constant) ประมาณว่าบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์

เฉลี่ย 1,000 วัตต์ ถ้าประมาณว่าในแต่ละวันพื้นที่ต่างๆ บนโลก ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 4-5 ชั่วโมง ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับมีค่า 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อวัน

พลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับมีค่าประมาณ 1.7 x 10^5 เทอราวัตต์ หรือเทียบเท่ากับการใช้น้ำมัน 2.5 x 10^6 ล้านบาร์เรลต่อวัน (1 ล้านตันน้ำมันดิบ เท่ากับ 12 เทอราวัตต์-ชั่วโมง หรือเท่ากับ 7.3 ล้านบาร์เรล) ซึ่งมีค่ามากกว่า 10,000 เท่าของพลังงานที่มนุษย์บนโลกใช้ (คำนวณเทียบกับพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในโลก ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2551 พลังงานที่บริโภคในโลกเท่ากับ 11,295 ล้านตันน้ำมันดิบ) ดังจะเห็นได้ว่า ถ้ามนุษย์สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนโลกมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ พลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นพลังงานหลักของโลกได้

การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานดังกล่าวโดยเฉพาะ การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง ได้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ เช่น การทำน้ำร้อน การอบแห้ง เป็นต้น ส่วนสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้นก็มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็น เพื่อให้ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

2.2.2 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศของโลก เนื่องจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์มิได้เป็นวงกลม ดังนั้นระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์จึงมีค่าไม่เท่ากันตลอด ความแตกต่างระหว่างระยะใกล้สุดกับไกลสุดประมาณร้อยละ 1.7 โดยระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ 1.495 x 10^{11} เมตร เป็นผลทำให้รังสีอาทิตย์ที่ตกเหนือชั้นบรรยากาศของโลกมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงกำหนดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกเหนือชั้นบรรยากาศของโลกที่ระยะเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constants; G_{sc}) จากการทดลองโดยเทแคคาราและดรัมมอน (Thekaekara, and Drummond, 1971 : 22-30) ได้สรุปว่าค่าคงที่สุริยะมีค่าเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าคงที่สุริยะเป็นค่าที่วัดที่ระยะห่างเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์

ค่าคงที่สุริยะเป็นค่าตัวเลขที่สำคัญ ในการนำมาใช้ประมาณค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับบนโลก จากการคิดผลของตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับบนโลกมีค่าลดลง ทำให้ประมาณได้ว่าที่ระดับน้ำทะเลความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร เนื่องจากพื้นที่ต่างๆ บนโลกได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่เท่ากันทุกบริเวณขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ละติจูด ฤดูกาล และช่วงเวลา จากค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นโลกที่บริเวณต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถจัดแบ่งบริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์บน

โลกเป็น 4 บริเวณ คือบริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุด (most favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 15-35 องศาเหนือ-ใต้ บริเวณนี้จะได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์สูงที่สุด เนื่องจากรังสีที่ตกกระทบบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นรังสีตรง บริเวณนี้จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงถึง 3,000 ชั่วโมงต่อปี บริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ปานกลาง (moderately favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตร และละติจูดที่ 15 องศาเหนือ-ใต้ บริเวณนี้จะมีความชื้นสูงและเมฆมาก รังสีได้รับส่วนใหญ่เป็นรังสีกระจาย บริเวณนี้จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 2,500 ชั่วโมงต่อปี บริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำ (less favorable belt) ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 35-45 องศาเหนือ-ใต้ สภาพภูมิอากาศแต่ละฤดูในบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก และบริเวณที่ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำสุด (least favorable belt) ตั้งอยู่เหนือละติจูดที่ 45 องศาเหนือ-ใต้ไปจนถึงขั้วโลก รังสีอาทิตย์ที่ได้รับในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีกระจาย และมีฤดูหนาวเกือบตลอดปี

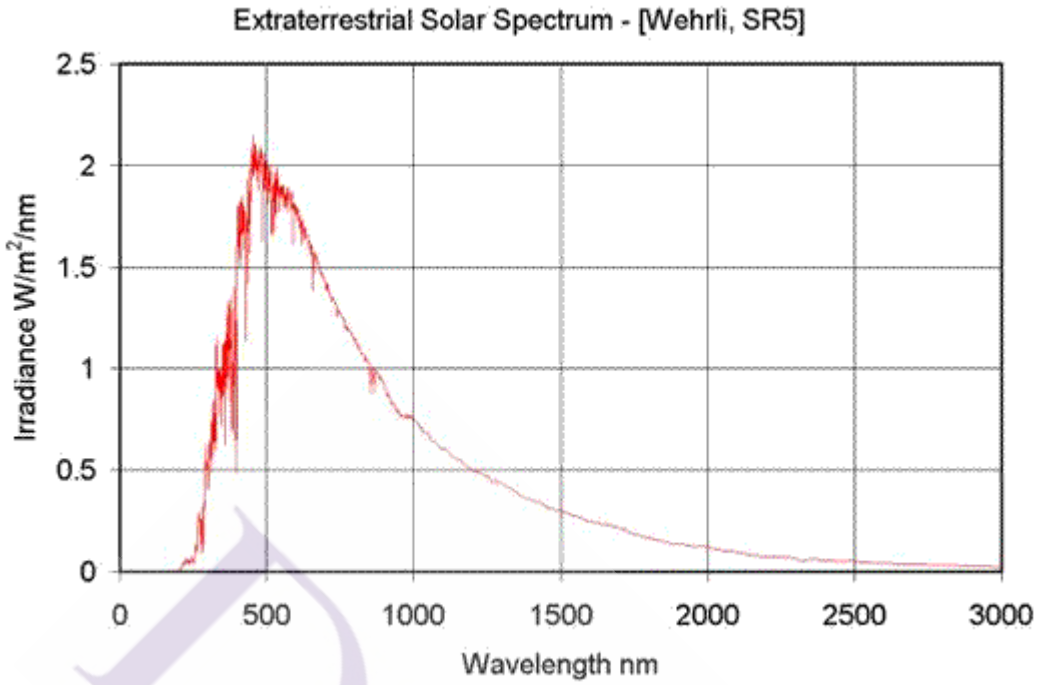
พลังงานที่ปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเรียกว่ารังสีอาทิตย์ (solar radiation) การกระจายรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบเหนือบรรยากาศของโลก (extraterrestrial radiation) มีค่าไม่คงที่เนื่องจากระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่ และค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกบรรยากาศของโลก (G_{on}) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลาแสดงดังสมการที่ 2.1

$$G_{on} = G_{SC}\,[1 + 0.033\,\mathrm{Cos}(360n/365)] \qquad (2.1)$$

เมื่อ G_{on} = ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกบรรยากาศของโลก

G_{SC} = ค่าคงที่สุริยะ

n = จำนวนวันของปี (1 ม.ค. n)



รูปที่ 2.2 การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ

ที่มา: http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html (10 กุมภาพันธ์ 2555)

2.2.3 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกประกอบด้วย 2 ส่วนคือ รังสีตรง และรังสีกระจาย

1) รังสีตรง (direct radiation) เป็นรังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง เป็นรังสีขนานมีทิศทางที่แน่นอน สามารถนำมารวมรังสีเพื่อให้มีความเข้มสูงได้ บางครั้งเรียกรังสีตรงว่ารังสีคลื่นสั้น

2) รังสีกระจาย (diffuse radiation) เป็นรังสีอาทิตย์ที่มีการกระจาย เนื่องจากผ่านตัวกลางอื่นที่แสงอาทิตย์ส่งไปกระทบ เช่น อะตอมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ ฝุ่นละออง และไอน้ำ เป็นต้น รังสีประเภทนี้ไม่อาจนำมารวมแสงเพื่อเพิ่มความเข้มได้ บางครั้งเรียกรังสีกระจายว่ารังสีคลื่นยาว ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า รังสีรวม (global radiation)

2.2.4 เครื่องมือวัดรังสีอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้วัดรังสีอาทิตย์ประกอบด้วยเครื่องมือหลักๆ 3 ประเภท ได้แก่

1) ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่ารังสีรวม ปกติจะใช้วัดบนพื้นราบ แต่อาจประยุกต์วัดรังสีกระจายได้โดยติดแหวนหรือจานบังเงา

2) ไพเฮลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีตรง มีหลักการทำงานคล้ายกับไพราโนมิเตอร์ แตกต่างกันตรงที่ไพเฮลิโอมิเตอร์มีชุดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้ผิวรับแสงตั้งฉากกับลำแสงตลอดเวลา

3) เครื่องวัดความยาวนานแสงแดด (Sunshine recorder) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกช่วงระยะเวลาที่มีแดดในหนึ่งวัน โดยวัดช่วงเวลาที่รังสีตรงมีความเข้มสูงพอที่จะกระตุ้นเครื่องบันทึก โดยช่วงเวลาที่วัดได้สั้นที่สุดคือ 0.1 ชั่วโมง

2.2.5 เวลาสุริยะ (solar time) เป็นเวลาที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ที่เวลาเที่ยงสุริยะ คือเวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมอริเดียนของท้องถิ่น เวลาสุริยะเป็นเวลาซึ่งใช้ในความสัมพันธ์ของมุมต่างๆ ของดวงอาทิตย์ เวลาสุริยะจะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่น การปรับเวลามาตรฐานท้องถิ่น (standard time) ให้เป็นเวลาสุริยะต้องมีการปรับค่าสองส่วน หรืออาจกล่าวได้ว่าสาเหตุสำคัญสองประการที่มีผลให้เวลาสุริยะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่นคือ

1) ความแตกต่างของเส้นแวง (longitude) หรือเมอริเดียนที่ใช้กำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่น และเมอริเดียนของผู้สังเกตดวงอาทิตย์ใช้เวลา 4 นาทีในการเปลี่ยนตำแหน่ง 1 องศาลองจิจูด

2) สมการเวลา (equation of time) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่คำนึงถึงการรบกวนของอัตราการหมุนของโลกซึ่งส่งผลต่อเวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเมอริเดียนของผู้สังเกต

ความแตกต่างระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานท้องถิ่นเป็นไปตามสมการ

$$\text{Solar time} = \text{Standard time} + 4(L_{st} - L_{loc}) + E \qquad (2.2)$$

เมื่อ L_{st} คือ เมอริเดียนมาตรฐานที่ใช้กำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่น

L_{loc} คือ ลองจิจูดของตำแหน่งที่ต้องการหาเวลาสุริยะ มีหน่วยเป็นองศาตะวันตก

E คือ สมการเวลา มีหน่วยเป็นนาที

2.2.6 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1) การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง เป็นแหล่งพลังงานปฐมภูมิ (primary source) ถ้าพิจารณาจากผลสุดท้ายที่นำไปใช้ประโยชน์ สามารถจำแนกการประยุกต์ได้เป็น 2 แนวทางคือ การประยุกต์ในทางความร้อน และการประยุกต์ในทางไฟฟ้า กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่นำไปใช้ประโยชน์นั้นเป็นกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 กระบวนการดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ

กระบวนการ	พลังงานในรูปต่างๆ
1.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน (solar thermal conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน
2.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจลน์ (solar thermomechanical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์
3..เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar thermal electric conversion; STEC)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์ -->พลังงานไฟฟ้า
4.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (STEC + electrolysis)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานจลน์ -->พลังงานไฟฟ้า-->พลังงานเคมี
5.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar thermochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานความร้อน --> พลังงานเคมี
6.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า (solar electric conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า
7.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar chemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานเคมี
8.เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (solar electrochemical conversion)	พลังงานแสงอาทิตย์ --> พลังงานไฟฟ้า --> พลังงานเคมี

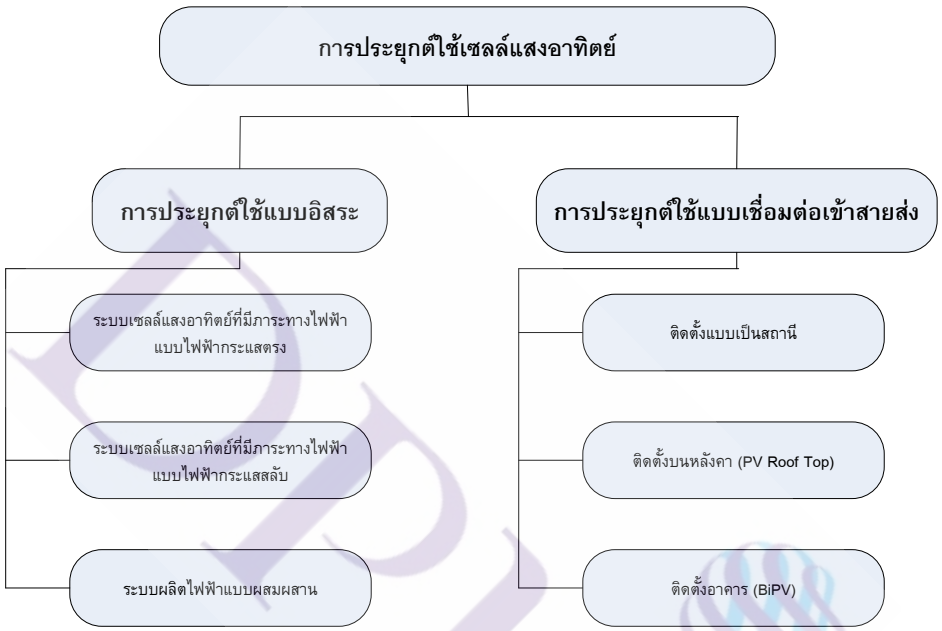
ที่มา: Boyle (1996, p.87)

2) รูปแบบของระบบการประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า

การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า จำแนกได้เป็น 2 วิธีคือ การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงเรียกว่า กระบวนการโฟโตวอลเทอิก (photo-voltaic conversion) โดยแสงตกกระทบผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เพราะการติดตั้งและการดูแลรักษาค่อนข้างสะดวก อีกทั้งอายุการใช้งานค่อนข้างยาวนานคือประมาณ 25 ปี และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนแล้วเปลี่ยนต่อ

เป็นไฟฟ้า โดยผ่านกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์เรียกว่า กระบวนการความร้อน (solar thermodynamic conversion system)

รูปแบบของระบบการประยุกต์นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) และระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (PV grid connected system) ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การจำแนกการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของไฟฟ้า

2.1) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่ง

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจ่ายให้กับระบบสายส่งของการไฟฟ้า ซึ่งการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของการไฟฟ้าต้องมีข้อควรคำนึกหลายอย่าง เช่น ระบบต้องหยุดทำงานเมื่อไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับพนักงานของการไฟฟ้าเข้ามาซ่อมระบบ และพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ระบบผลิตจากระบบจะต้องได้มาตรฐาน เช่น แรงดันไฟฟ้า ความถี่ ความเพี้ยนของรูปคลื่น (harmonic) เป็นต้น

ส่วนประกอบของระบบ

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบต่อเข้าสายส่ง (grid inverter)
- มิเตอร์ซื้อขายไฟ

หลักการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบคือ เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าในเวลากลางวัน ไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน กรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากเกินความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน ไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะส่งเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าโดยผ่านมิเตอร์ขาย ในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของการใช้ภาระทางไฟฟ้าภายในบ้าน หรือในเวลากลางคืนระบบก็จะนำไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าภายในบ้านอย่างเพียงพอโดยผ่านมิเตอร์ซื้อ ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง
ที่มา: http://apem-thermo2.blogspot.com/2009/12/blog-post_8207.html (5 กุมภาพันธ์ 2555)

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งยังสามารถแบ่งการประยุกต์ใช้งานได้ออกเป็น 3 แบบตามลักษณะการติดตั้ง ได้แก่

2.1.1) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่เป็นสถานี (PV station)

เป็นระบบขนาดใหญ่ที่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมาก ซึ่งระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากๆ

รูปที่ 2.5 โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง 500kW จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ที่มา: http://portal.rotfaithai.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=427&start=36 (17 มิถุนายน 2555)

2.1.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งกับหลังคา (PV roof top)

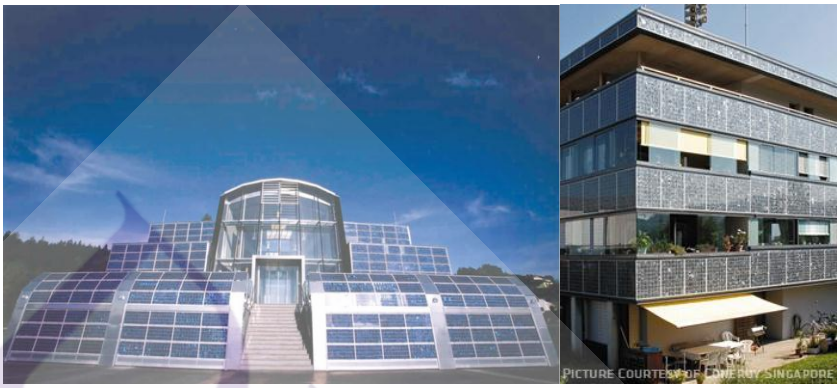
เป็นการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งร่วมกับหลังคาเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้านและช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ส่วนประกอบหลักของระบบก็เหมือนกับระบบ PV grid connected ทั่วไป

รูปที่ 2.6 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา

ที่มา: http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php (5 กุมภาพันธ์ 2555)

2.1.3) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร (building integrated photovoltaic system: BIPV)

เป็นการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งกับตัวอาคารเพื่อผลิตไฟฟ้า สำหรับเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องมีความรู้หลายศาสตร์เข้ามารวมกัน เช่น การออกแบบ ความรู้ทางด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และความรู้ทางด้านพลังงาน

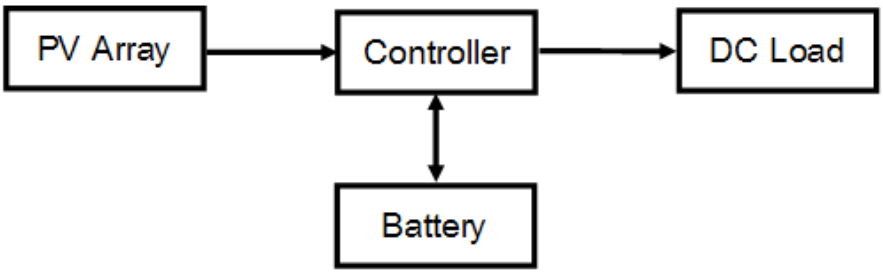


รูปที่ 2.7 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร
ที่มา: http://www.annexpower.com/photo_buildingintegratedpv_th.php (5 กุมภาพันธ์ 2555)

2.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV stand alone system) เป็นระบบที่นำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

2.2.1) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นระบบที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ซึ่งส่วนประกอบของระบบประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ ภาระทางไฟฟ้า



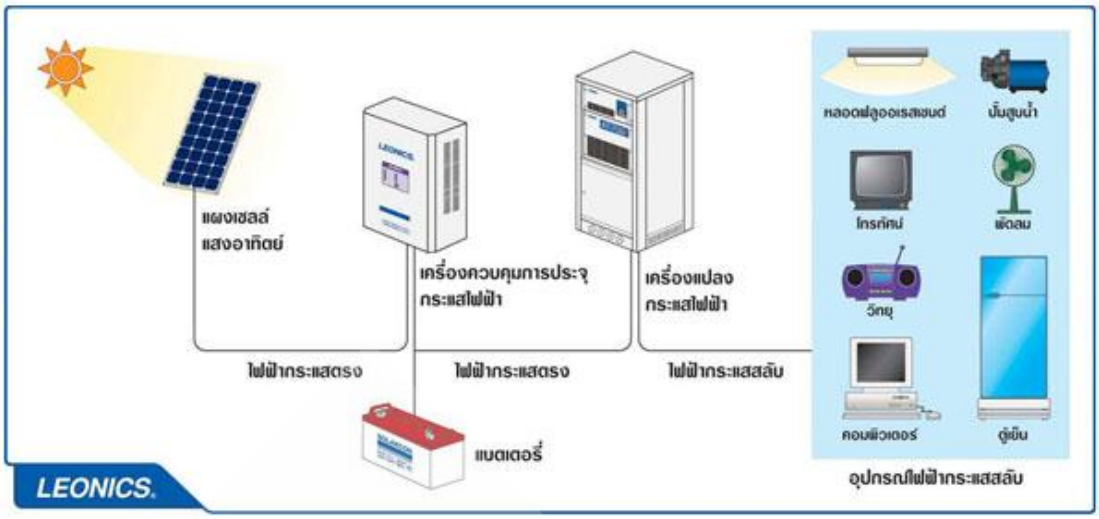
รูปที่ 2.8 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE_solar_power_system.html (5 กุมภาพันธ์ 2555)

หลักการทำงานของระบบ

ในเวลากลางวันพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นไฟฟ้าจะถูกประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เป็นตัวควบคุมการประจุไฟฟ้า ในเวลาที่ต้องการใช้งานภาระทางไฟฟ้าแบตเตอรี่จะจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าโดยผ่านเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2.8

2.2.2) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสลับ

เป็นระบบที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ส่วนประกอบของระบบจะเหมือนกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง คือมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และภาระทางไฟฟ้า และที่เพิ่มเข้ามาคือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ดังรูปที่ 2.9

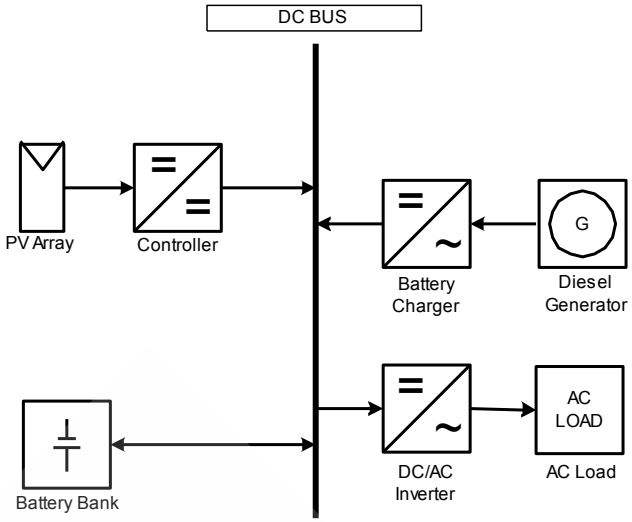


รูปที่ 2.9 ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ
ที่มา: http://baanthaidd.blogspot.com/2012/03/solar-cell.html (5 กุมภาพันธ์ 2555)

2.2.3) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน คือ ระบบไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ามากกว่าสองแหล่งขึ้นไป ในรายงานฉบับนี้จะยกตัวอย่าง การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลล์ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานอาจแบ่งตามลักษณะการทำงานของระบบได้ 3 แบบคือ

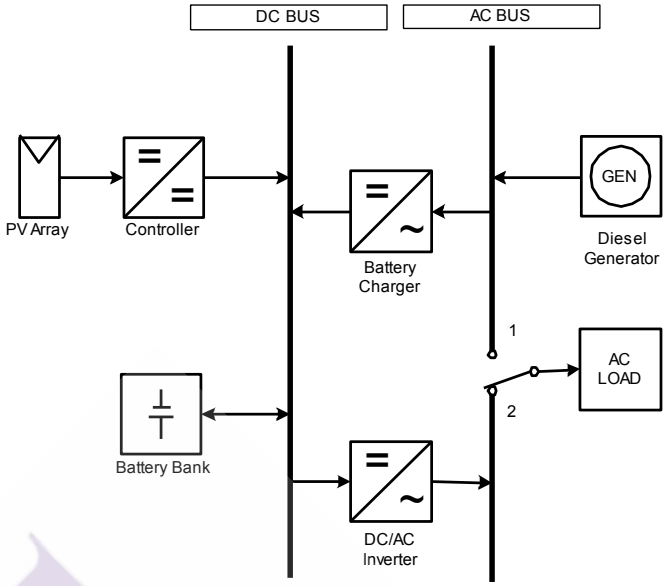
ก) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม (series hybrid system): จากรูปที่ 2.10 การทำงานของระบบอธิบายได้ว่า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (PV array) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล (diesel generator) จะถูกประจุไว้ในแบตเตอรี่ (battery bank) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าในระบบนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง เพราะต่อเข้ากับเครื่องประจะแบตเตอรี่ ระบบลักษณะนี้ขนาดของแบตเตอรี่และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะต้องเหมาะสมกับขนาดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของภาระทางไฟฟ้า ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะต้องมีขนาดเหมาะสม



รูปที่ 2.10 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบอนุกรม

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

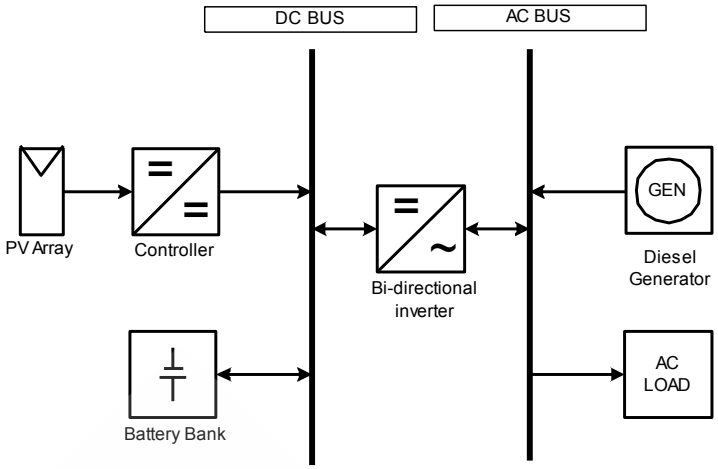
ข) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ (switched hybrid system): ระบบนี้แบตเตอรี่จะถูกประจุโดยทั้งไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง ในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยระบบจะจ่ายไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลจะหยุดทำงาน ซึ่งหากมีไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มากเกินไป ไฟฟ้าที่เหลือใช้นี้ก็จะถูกประจุเข้าแบตเตอรี่ ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบแบบสลับจะสูงกว่าแบบอนุกรม ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

ค) ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน (parallel hybrid system): ลักษณะการทำงานต่างจากระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบสลับ ตรงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรงแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแบตเตอรี่ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (bi-directional inverter) ซึ่งต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกประจุให้กับแบตเตอรี่ไฟฟ้าที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางระบบนี้มีข้อดีกว่าระบบแบบอนุกรมและสลับคือมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าทั้งสองระบบแรกและคุณภาพของกระแสไฟฟ้าของระบบที่ดีกว่าการควบคุมระบบทำได้ง่ายกว่า ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานแบบขนาน

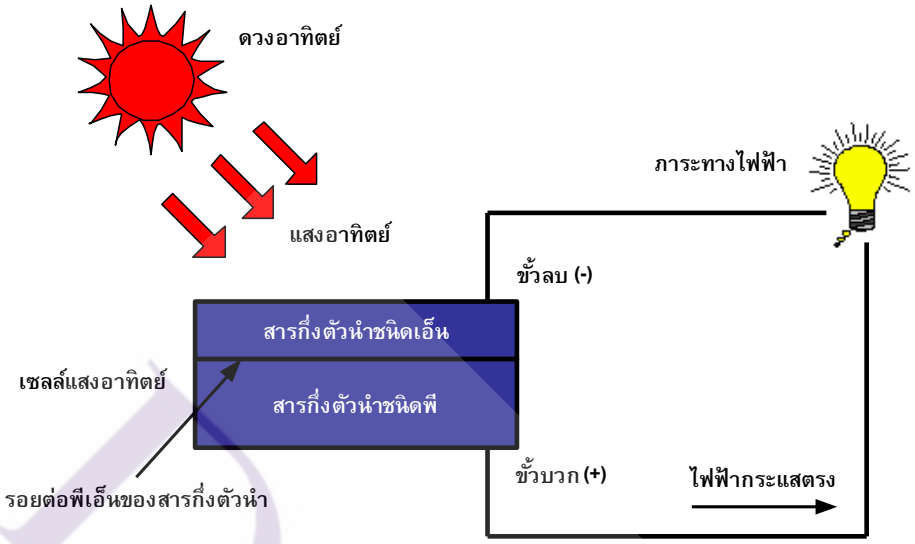
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

2.2.7 เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์คือ สิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำซึ่งวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกคือ ซิลิคอนซึ่งถลุงได้จากควอตไซต์ หรือทราย และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ตลอดจนการทำให้เป็นผลึกเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งแผ่นอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว) หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ด้านละ 5 นิ้ว) และมีความหนาประมาณ 200 – 400 ไมครอน และต้องนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนในเตาอุณหภูมิสูง เพื่อสร้างรอยต่อ P-N ขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นผิวสัมผัสโลหะเต็มหน้า ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะเป็นลายเส้นคล้ายก้างปลา

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดพาหะทางไฟฟ้าขึ้นสองชนิดคือ อิเล็กตรอน (ประจุลบ) และโฮล (ประจุบวก) สนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อพีเอ็น จะแยกอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นให้เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบ และโฮลให้ไปที่ขั้วบวก มีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วทั้งสอง ดังนั้นเมื่อเราต่อขั้วดังกล่าวเข้ากับภาระทางไฟฟ้า (เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง) ก็จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในวงจร ดังรูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและขนาดของเซลล์

แสงอาทิตย์ (พื้นที่หน้าตัด) และยังขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์

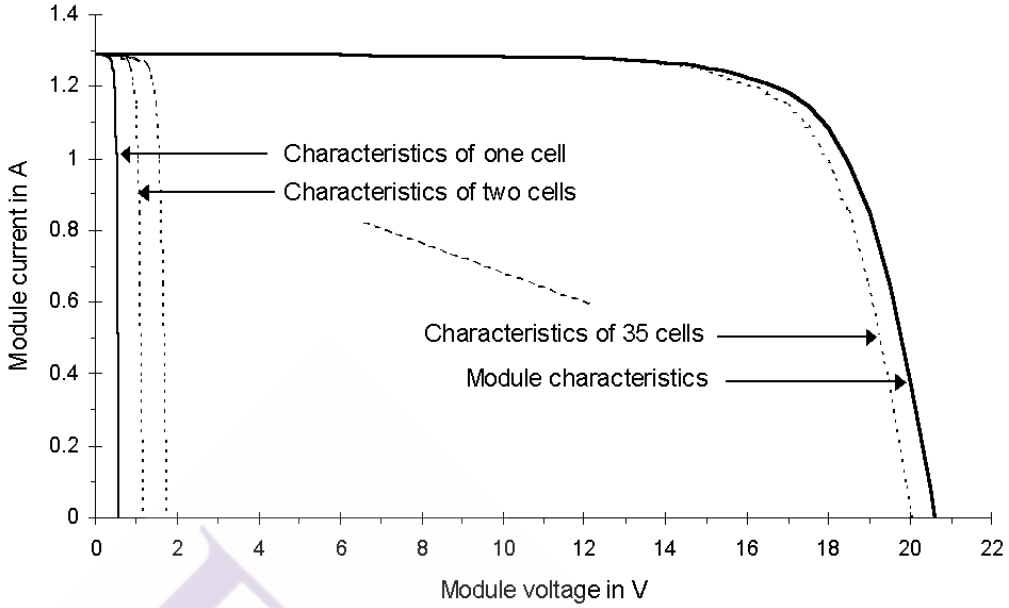


รูปที่ 2.13 ลักษณะทั่วไปและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

1) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถอธิบายได้โดยใช้กราฟแสดงคุณสมบัติกระแส-แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V curve) โดยลักษณะ I-V curve ของเซลล์ (cell) โมดูล (module) หรือ แอร์เรย์ (array) จะมีลักษณะที่เหมือนกันแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กราฟคุณสมบัติกระแส – แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

I-V curve สามารถอธิบายคุณสมบัติต่างๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

1.1) กระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_m) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า

1.2) แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_m) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ต่ออยู่กับภาระทางไฟฟ้า

1.3) กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร

1.4) แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า

1.5) กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่มีภาระทางไฟฟ้า

1.6) ฟิวแฟคเตอร์ (fill factor, F.F) คือค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดสามารถเขียนเป็นสมการที่ 2.3

$$F.F = \frac{P_m}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (2.3)$$

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีควรมีค่าฟิวแฟคเตอร์มากกว่า 0.7

ที่มา: The Photovoltaic Effect – Introduction. Photovoltaics.sandia.gov (2001-02-01). Retrieved on 2010-12-12.

1.7) ประสิทธิภาพสูงสุด (η_m) คือ ค่าอัตราส่วนกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานที่ได้รับของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ 2.4

$$\eta_m = \left[P_m / A_m G_T\right] \times 100\% \quad (2.4)$$

เมื่อ A_m คือ พื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

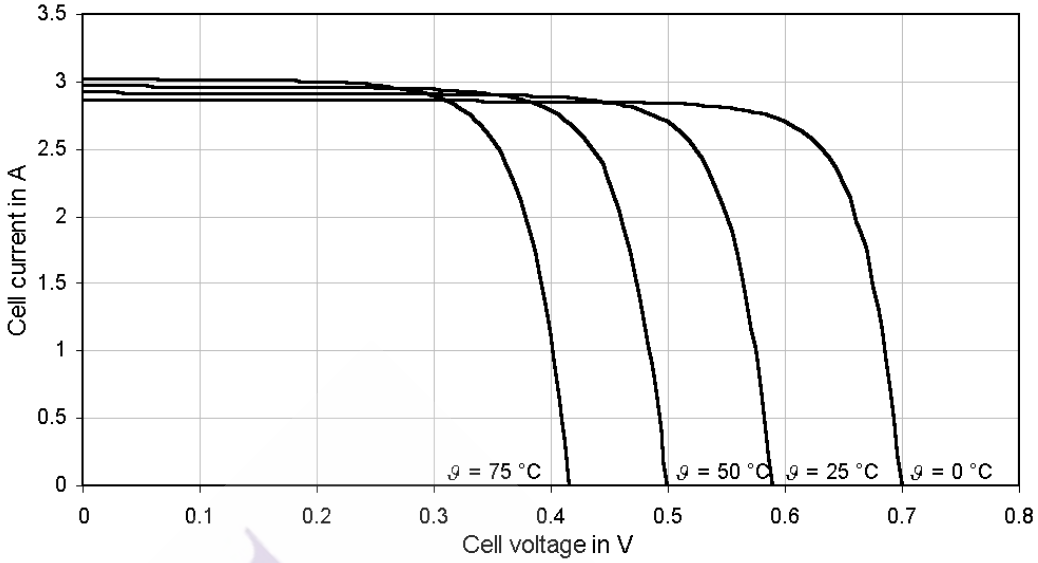
G_T คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2)

ที่มา: Survey of Energy Resources 2007, World Energy Council.

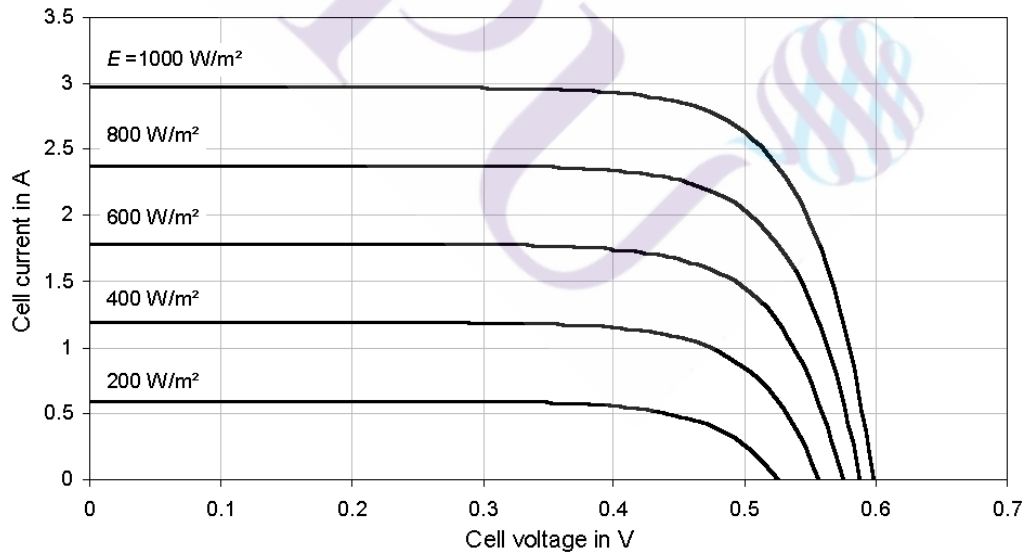
ในกรณีที่รูปกราฟ I-V curve นี้เปลี่ยนแกนไปอยู่ใน quadrant ที่สองหรือสี่ (ค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าเป็นลบ) จะหมายความว่าเกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้า ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการที่เซลล์มีอุณหภูมิสูงมาก และมีเงามาบังตัวเซลล์ ดังนั้นจึงนิยมติดตั้ง bypass diode ไว้ที่แผงเซลล์เพื่อป้องกันการเกิดความต้านทานที่ของตัวเซลล์

โดยปกติการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรับรองคุณภาพจะกระทำที่เงื่อนไขเฉพาะเรียกว่า standard testing condition (STC) ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าจะต้องภายใต้เงื่อนไข ที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ 1,000 W/m^2 มวลอากาศ 1.5 และอุณหภูมิเซลล์ 25 ^{o}C

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แล้วจะมีลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจคือ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ กับที่สภาวะอุณหภูมิแตกต่างกันแสดงดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเซลล์แสงอาทิตย์จะตกลงเมื่ออุณหภูมิเซลล์สูงขึ้น ส่วนค่ากระแสนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่าแรงดันไฟฟ้าจะตกลงอย่างมาก ซึ่งโดยปกติกำลังไฟฟ้าจะตกลงไปประมาณ 0.4 – 0.6 เปอร์เซ็นต์ต่อองศาเซลเซียส



รูปที่ 2.15 I-V Curve กรณีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์คงที่ และอุณหภูมิเซลล์เปลี่ยนแปลง
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)



รูปที่ 2.16 I-V Curve กรณีอุณหภูมิเซลล์คงที่ และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลง
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

2) ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์สามารถจำแนกตามวัสดุที่นำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 2 ประเภทคือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (silicon) กับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบ

2.1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอน (silicon) คือเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตมาจากธาตุซิลิคอนแบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (single crystalline) แบบผลึกผสม (poly-crystalline) และแบบอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (thin film solar cell) แสดงดังรูปที่ 2.17

ก. แบบผลึกเดี่ยว ข. แบบผลึกผสม ค. แบบอสัณฐาน

รูปที่ 2.17 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน
ที่มา: http://naturalenergyth.com/solar_tec.html (17 มิถุนายน 2555)

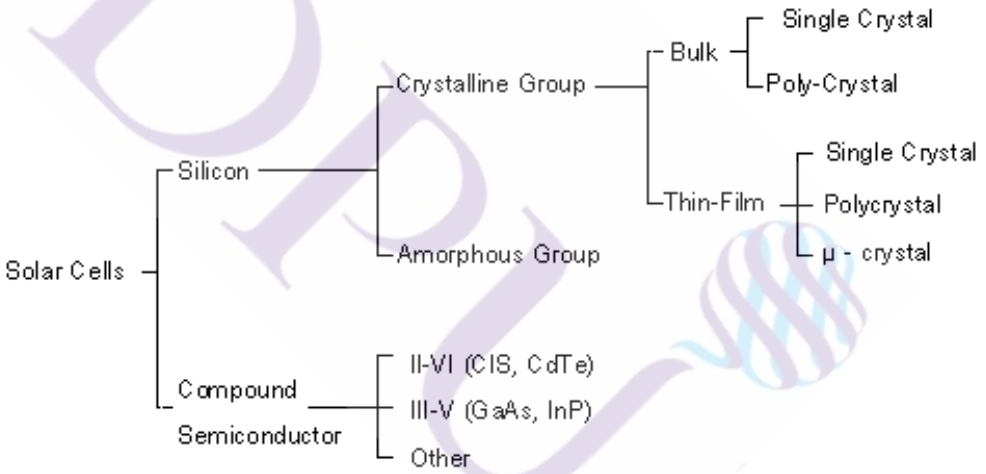
2.2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารประกอบคือ เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตมาจากสารประกอบแกลเลี่ยมอาเซไนด์ (GaAs) แคดเมียมเทลเลอไรด์ (CdTe) คอปเปอร์อินเดียมไดอาเซไนด์ (CIS) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง แต่ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งาน ดังรูปที่ 2.18 และ 2.19

ก. คอปเปอร์อินเดียมไดอาร์เซไนด์ CIS

ข. แคดเมียมเทลเลอไรด์ CdTe

รูปที่ 2.18 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากสารประกอบ

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)



รูปที่ 2.19 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

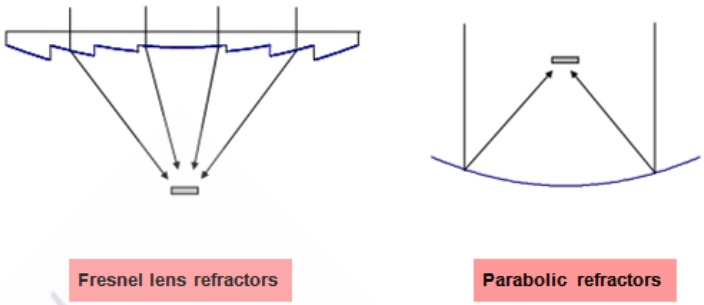
ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

3) ระบบเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ หรือให้ได้ผลิตภาพเพิ่มจากพื้นที่ และสรรพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงมีการนำระบบเพิ่มประสิทธิภาพมาใช้ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ รายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1) ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบรวมแสง (concentrating photovoltaic system)

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบรวมแสงสามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบ ประกอบด้วย fresnel lens refractors และ parabolic refractors ดังแสดงในรูปที่ 2.20

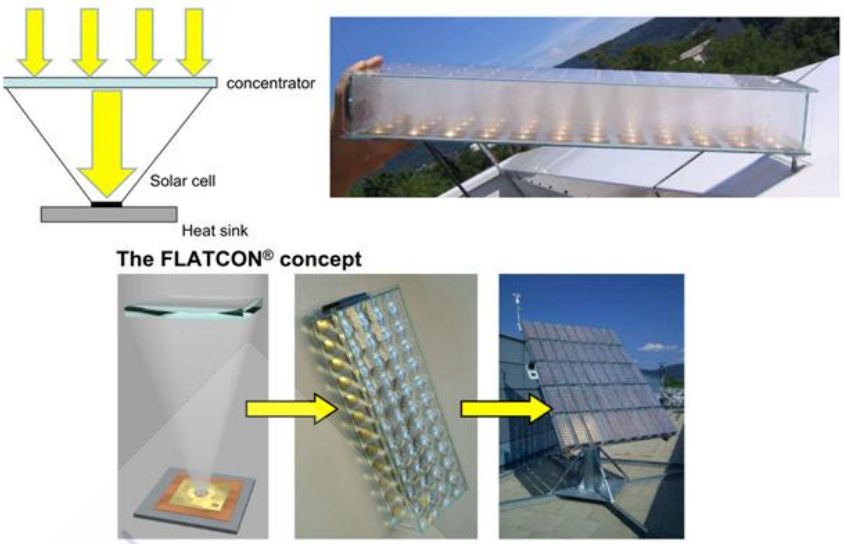


รูปที่ 2.20 การรวมแสงของ CPV

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

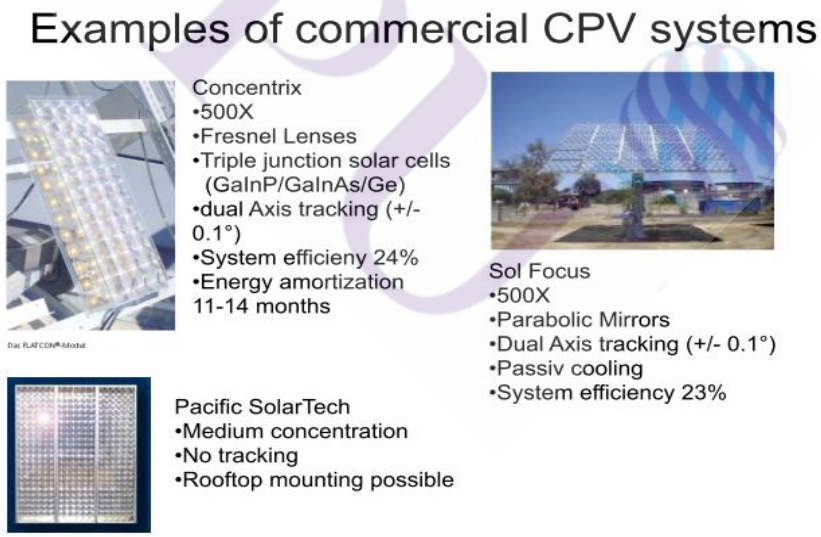
3.1.1) ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบรวมแสง เทคโนโลยี fresnel lens refractors

เป็นการรวมแสงแบบใช้เลนส์รวมแสงให้มีความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ต้องเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถทนความร้อนสูงได้ และต้องติดตั้งบนระบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ลักษณะการทำงานของ fresnel lens refractors แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 fresnel lens refractors

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

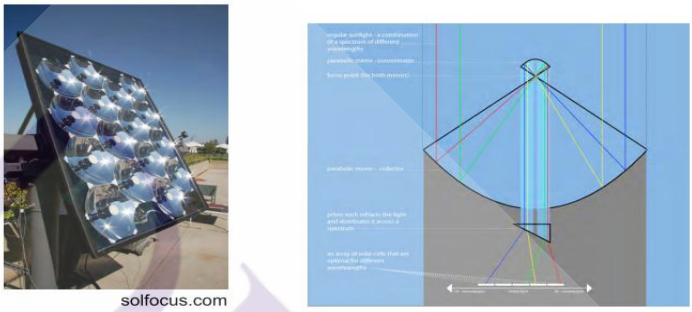


รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการติดตั้ง CPV แบบ fresnel lens refractors

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

3.1.2) ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบรวมแสง เทคโนโลยี parabolic refractor

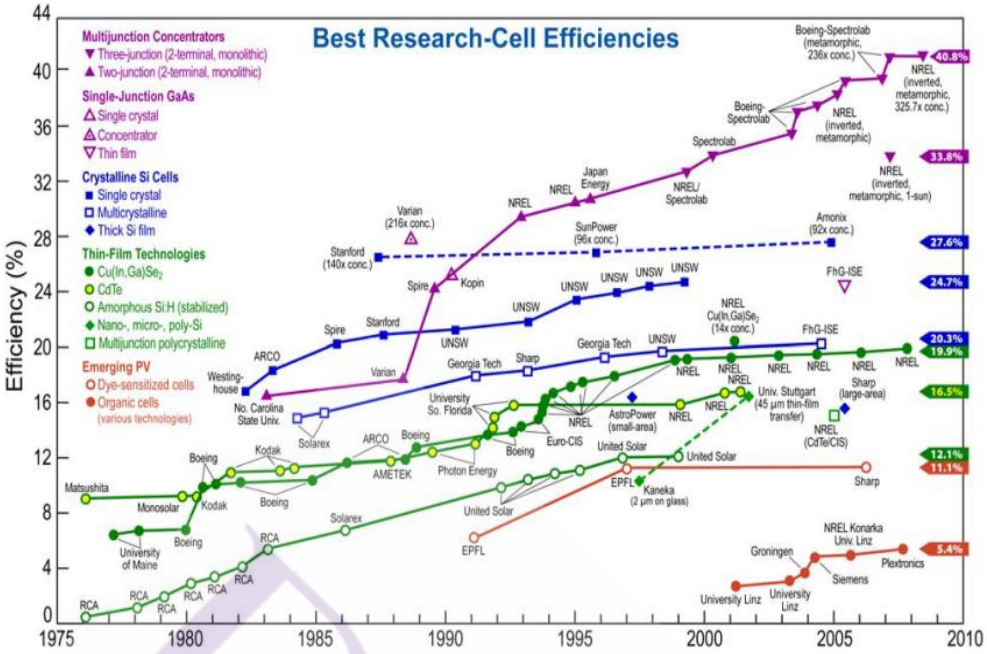
เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้หลักการสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังจุด focus ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงไว้ บริเวณจุด focus ที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์จะมีความเข้มรังสีอาทิตย์ที่สูง ผลที่ตามมาคือ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น แต่ถึงจะมีข้อดีดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้อเสียคือ จะส่งให้ผลเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์ (cooling system) หลักการทำงาน CPV แบบ parabolic refractor แสดงดังรูปที่ 2.23 และตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ parabolic refractor แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.23 CPV แบบ parabolic refractor
ที่มา: www.solfocus.com (17 มิถุนายน 2555)

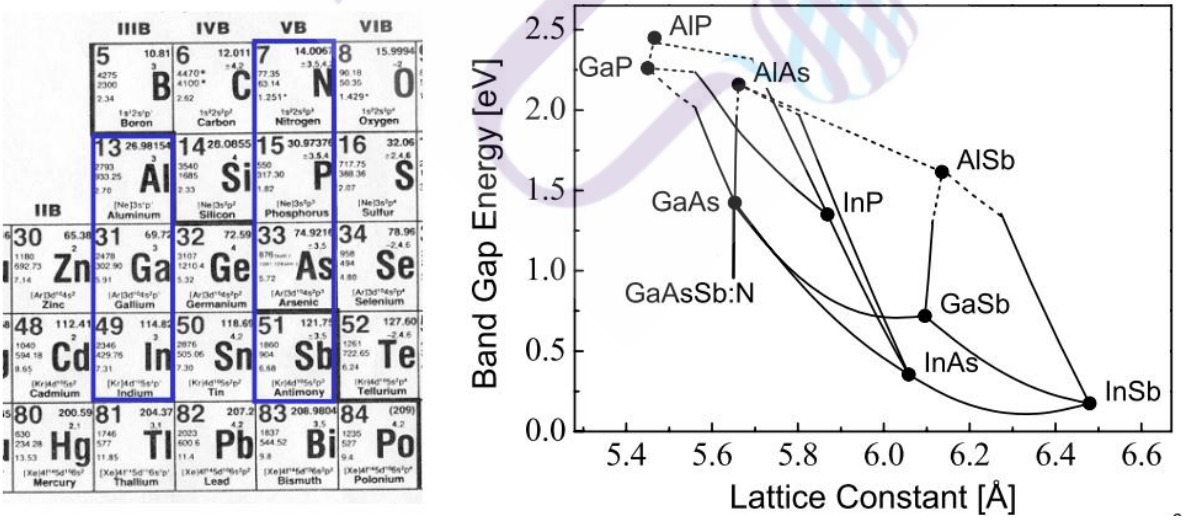
รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง CPV แบบ parabolic refractor
ที่มา: http://www.solfocus.com/en/technology/#4 (17 มิถุนายน 2555)

เซลล์แสงอาทิตย์ของระบบ CPV ต้องเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับระบบ CPV คือ multifunction solar cells มีประสิทธิในห้องทดลอง ถึง 40 % ดังแสดงในรูปที่ 2.25



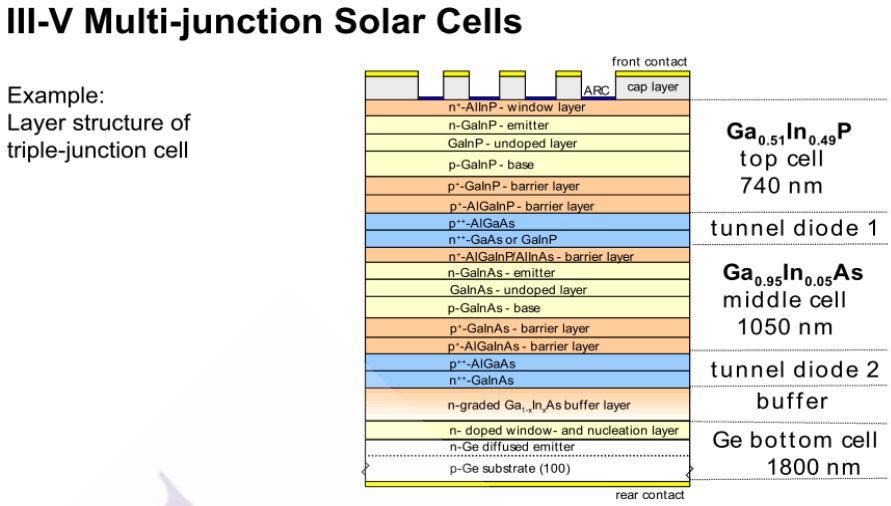
รูปที่ 2.25 ประสิทธิภาพของPVที่พัฒนาขึ้นในแต่ละปี

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/File:PVeff(rev110826).jpg Retrieved on 2011-08-17 (17 มิถุนายน 2555)



รูปที่ 2.26 สารที่นำมาทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)



รูปที่ 2.27 เซลล์แสงอาทิตย์แบบ multifunction solar cells

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

จากรูปที่ 2.26 และ 2.27 จะเห็นว่า ถ้าสารที่นำมาทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์มีรอยต่อของสารหลายชนิดตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะเป็นเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบ multifunction solar cells ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากสามารถรับแสงได้ทุกช่วงคลื่น ตามความสามารถของธาตุชนิดนั้นๆ

3.2) ระบบติดตามดวงอาทิตย์

ทำหน้าที่ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าในแต่ละวันโดยอัตโนมัติ จึงทำให้พื้นผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในมุมที่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ ระบบติดตามดวงอาทิตย์จะช่วยเพิ่มการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้มากยิ่งขึ้น โดยการทำงานติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 25-35 % ต่อปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่ติดตั้งด้วย และจะสูงถึง 55 % ในช่วงฤดูร้อน

สรุปข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบ CPV แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบ CPV

Parameter	Status 2007	Status 2009	Future Goal (2015)
$/W installed cost	$7–$10/W	*	<$2/W
¢/kWh	>30¢/kWh	*	<7¢/kWh
System reliability	5 years	*	20 years
Commercial system efficiency	17%	25% (champion module 29%)	29%–36%
Champion device efficiency	40.7%	41.6%	48%
Commercial device efficiency	35%–37%	Typically 39%	42%
Optical efficiency	75%–85%	*	80%–90%
III-V cell cost, $/cm^2	$10–$15/cm^2	*	$3–$5/cm^2
Systems in the field	<1 MW**	~4 MW**	
Manufacturing capacity	<1 MW/y	~100 MW/y	

ที่มา: การศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (2554)

2.2.8 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

การกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอกับความต้องการจะต้องคำนวณจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในแต่ละวันผลที่ได้จะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งวัน ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยปกติกำหนดค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.8 ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.85 ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องผ่านเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องแปรงแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 0.85-0.9 ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังสมการที่ 2.5

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C} \quad (2.5)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)

P_L คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน (วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

Q คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน (สำหรับประเทศไทยมีค่า 4,000 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

A คือ ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน

C คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน

D คือ ค่าความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

2.3 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ

2.3.1 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยรวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1) อัตราปกติ

ตารางที่ 2.3 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนค่าบริการ 8.19 บาท/เดือน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 15)	1.8632
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	2.5026
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35)	2.7549
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	3.1381
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150)	3.2315
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)
ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 90 หน่วยต่อเดือนได้รับสิทธิค่าไฟฟ้าฟรีในเดือนนั้น

ตารางที่ 2.4 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือนค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 150)	2.7628
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)

ตารางที่ 2.5 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (time of use rate : TOU)

ระดับแรงดัน	Peak	Off Peak	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1) แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	4.5827	2.1495	312.24
2) แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	5.2674	2.1827	38.22

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)
หมายเหตุ. อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป

2.4 การประเมินโครงการลงทุน

ในการตัดสินใจว่าจะเลือกลงทุนในโครงการลงทุนใหม่หรือไม่นั้น เราจะเน้นที่กระแสเงินสดของโครงการลงทุน ซึ่งกระแสเงินสดของโครงการลงทุนนั้นจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนนั้น

วิธีการที่นิยมใช้ในการประเมินโครงการลงทุนมี 4 วิธีดังนี้

1. ระยะเวลาคืนทุน (payback period)
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value หรือ NPV)
3. อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (internal rate of return หรือ IRR)
4. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit-cost ratio หรือ BCR)

2.4.1 ระยะเวลาคืนทุน (payback period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่บริษัทจะได้รับจำนวนเงินกลับคืนเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน เนื่องจากวิธีระยะเวลาคืนทุนนี้จะทำการวัดว่าโครงการลงทุนจะได้เงินกลับคืนมาเร็วมากน้อยอย่างไร ในการตัดสินใจโครงการลงทุนนั้นจะพิจารณาว่าโครงการลงทุนนั้นใช้ระยะเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะเวลาคืนทุนตามที่บริษัทต้องการหรือไม่

ข้อดีและข้อเสียของวิธีระยะเวลาคืนทุน

ข้อดี

1) การคำนวณระยะเวลาคืนทุนนั้นจะใช้กระแสเงินสด (cash flows) ไม่ใช่กำไรทางบัญชี ซึ่งจะเน้นให้เห็นถึงผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการลงทุนที่เกิดขึ้นในเวลาที่แท้จริง

2) ระยะเวลาคืนทุนนี้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและง่ายต่อการคำนวณ

3) ระยะเวลาคืนทุนใช้เป็นเครื่องมือในการคัดสรรโครงการลงทุนที่น่าสนใจเบื้องต้น

ข้อเสีย

1) วิธีระยะเวลาคืนทุนไม่ได้คำนึงถึงแนวคิดเกี่ยวกับมูลค่าเงินตามเวลา (time value of money)

2) วิธีระยะเวลาคืนทุนไม่ได้สนใจว่ากระแสเงินสดที่ได้รับหลังจากคืนทุนแล้วจะเป็นอย่างไร

2.4.2 การวิเคราะห์มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (present worth analysis)

มูลค่าปัจจุบัน (present worth (PW) , present value (PV) or net present value (NPV)) หมายถึง จำนวนเงินรวม ณ เวลาปัจจุบันของเงินหรือผลตอบแทนที่จะได้รับในอนาคตในช่วงระยะเวลาหนึ่งกับอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรืออัตราลดค่าที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ดอกเบี้ยที่จะได้รับในอนาคตจากการลงทุนในหุ้นกู้ หรือ ผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโรงงานหรือเครื่องจักรของบริษัท

มูลค่าปัจจุบัน ของเงินลงทุน (cost) หรือผลตอบแทน (revenue) ของแต่ละทางเลือกในการดำเนินโครงการใดๆ สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุนได้ ทั้งนี้มูลค่าปัจจุบันขององค์ประกอบในการดำเนินโครงการ อาจแปลงมาจากมูลค่าในอนาคต หรือมูลค่าสม่ำเสมอรายปีก็ได้

การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$P = F\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right) \tag{2.6}$$

โดยที่ P = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นปัจจุบัน หรือที่เวลา t = 0

F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคต

A = มูลค่าของเงินรายเดือนหรือรายปี ที่มีค่าสม่ำเสมอเท่ากัน

n = จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์ หน่วยเป็น ปี เดือน หรือวัน

i = อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลา หรืออัตราลดค่า หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต่อปี เปอร์เซ็นต่อเดือน หรือเปอร์เซ็นต่อวัน

โดยในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการลงทุนนั้นจะพิจารณาดังนี้

1. ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการลงทุนมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โครงการลงทุนก็จะได้รับเลือกลงทุน (NPV $\geq$ 0 : ยอมรับโครงการลงทุน)

2. ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการลงทุนน้อยกว่าศูนย์ โครงการลงทุนนั้นไม่ควรลงทุน (NPV <0 : ไม่ยอมรับโครงการลงทุน)

ข้อดีและข้อเสียของวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ข้อดี

1) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นการใช้กระแสเงินสด (cash flows) มากกว่ากำไรทางบัญชี ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นเวลาที่แท้จริงของผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการลงทุน

2) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับมูลค่าเงินตามเวลามาใช้ประกอบการคำนวณ ซึ่งทำให้สามารถทำการเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนจากโครงการลงทุนกับเงินลงทุนได้อย่างมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น

3) เนื่องจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนโดยวิธีมูลค่าปัจจุบันนี้ จะทำการเลือกโครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่านั้น เพราะฉะนั้นจะเป็นผลทำให้มูลค่าของบริษัทสูงขึ้น กล่าวคือ บริษัทสามารถสร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้แก่ผู้ถือหุ้นได้ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของบริษัทนั่นเอง

ข้อเสีย

1) การใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นต้องคำนึงถึงรายละเอียดของการประมาณการกระแสเงินสดของโครงการลงทุน ซึ่งอาจมีความผิดพลาดได้ง่ายในการประมาณการข้อมูล

2.4.3 อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (internal rate of return)

ในการลงทุนขนาดใหญ่และใช้เงินลงทุนจำนวนมาก มีความจำเป็นที่ผู้ลงทุนจะต้องคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจ (minimum attractive rate of return, MARR) ซึ่งส่วนมากค่า MARR จะกำหนดจาก อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราดอกเบี้ยเงินฝาก ในกรณีที่ผู้ลงทุนใช้วิธีกู้ยืมเงินจากแหล่งกู้ อัตราผลตอบแทนของโครงการที่ถูกเลือกจะต้องมีค่าสูงกว่าอัตราเงินกู้ เพื่อที่จะมีเงินจากผลตอบแทนที่เพียงพอสำหรับมาชำระให้แหล่งเงินกู้ และในกรณีที่เป็นการลงทุนโดยใช้เงินส่วนตัวของบริษัทเอง อัตราผลตอบแทนของโครงการที่ถูกเลือก จะต้องมีค่าสูงกว่าอัตราเงินฝาก เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสำหรับการถอนเงินคงคลังออกจากธนาคาร เพื่อนำมาลงทุนในโครงการดังกล่าว สรุปหลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนโดยใช้อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน ได้ดังนี้

1. ถ้าโครงการลงทุนมีอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุนมากกว่าหรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุนนั้นควรได้รับการคัดเลือกลงทุน (IRR ≥อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (k) : ยอมรับโครงการลงทุน)

2. ถ้าโครงการลงทุนมีอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุนน้อยกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุนนั้นไม่ควรลงทุน (IRR <อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (k) : ไม่ยอมรับโครงการลงทุน)

โดยการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน สามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$Investment = \sum_{t=1}^{n} \frac{F}{(1+IRR)^t} \qquad (2.7)$$

โดยที่ F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคต

Investment = เงินลงทุน

n = อายุของโครงการ

IRR = อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน

2.4.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit-cost ratio หรือ BCR)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมตลอดอายุของโครงการ โดยจะเลือกโครงการที่ BCR มีค่ามากกว่าหรือดท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ (BCR มากกว่าหรือเท่ากับ 1)

$$BCR \geq \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \tag{2.8}$$

โดยกำหนดให้ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

r = อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้

t = ระยะเวลาที่ t (0, 1, 2, …, n)

n = อายุของโครงการลงทุน

2.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือการพิจารณาว่าข้อมูล หรือปัจจัยสำคัญๆ บางตัวในโครงการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยน โดยใช้วิธี cost – benefit analysis ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยการวัดความคุ้มค่าของโครงการโดยการเปรียบเทียบกันระหว่างผลประโยชน์ (benefit) และ/หรือผลตอบแทน (return) กับต้นทุน (cost) ของโครงการเป็นหลักเกณฑ์ตัดสินใจแบบปรับค่าของเวลา ซึ่งประกอบด้วย NPV BCR และ IRR นั้น ตัวแปรที่ใช้ในการวัดมูลค่าผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการได้มาโดยกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต และกำหนดให้ตัวแปรเหล่านั้นมีค่าที่แน่นอน ซึ่งในความเป็นจริงการคาดการณ์เกี่ยวกับอนาคตนั้นจะต้องพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น และจะทำให้การวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดได้ ถ้าหากโครงการต้องเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่กำหนดขึ้นล่วงหน้า ดังนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อดูว่าจะเกิดอะไรขึ้น ถ้าเหตุการณ์ต่างๆ ตามที่กำหนดไว้เปลี่ยนแปลงไป

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชะกาแก้ว สุดสีชัง (2550) ทำการทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยทำการคำนวณภาระความร้อนของแต่ละห้อง สภาวะของอากาศภายในบ้าน พลังงานความร้อนถ่ายเทเข้าสู่บ้าน โดยพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร ความร้อนถ่ายเทมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 270-359 kWh/เดือน และช่วงที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านสูงสุด คือ ช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งมีค่าความร้อนเกินค่า 350 kWh/เดือน โดยรวมแล้วจะมีปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่บ้านตลอดปี คือ 3,635 kWh/ปี นอกจากนี้ยังเสนอให้ประยุกต์ใช้ระบบทำน้ำร้อนรังสีอาทิตย์กับบ้านประหยัดพลังงานตามแบบของ พพ. ซึ่งอัตราผลตอบแทนของระบบทำน้ำร้อนรังสีอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติเท่ากับร้อยละ 6.2 และแบบไหลเวียนตามแรงดันเท่ากับร้อยละ 6.79

บริสุทธิ์ สะเดา และคณะ (2552) ได้ทำการสำรวจปัญหาเบื้องต้นของผู้ใช้งานระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ผลคือ เกิดปัญหาจากตัวแบตเตอรี่ร้อยละ 29.8 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และแปลงกระแสไฟฟ้าร้อยละ 27.27 เต้ารับร้อยละ 12.98 สายไฟร้อยละ 10.04 สวิตซ์ร้อยละ 8.08 ระบบแสงสว่างร้อยละ 7.75 และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร้อยละ 4.08

เอกประพันธ์ อักษรพันธ์ (2543) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน โดยทำการทดลองกับบ้านผู้เข้าร่วมโครงการ 10 แห่ง ในการวิเคราะห์ที่กรณีปกติ ผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งผลึกเดี่ยวขนาด 2.25 kW และได้รับเงินสนับสนุนจาก สพช. เมื่อคิดอัตราลดที่ร้อยละ 9, 12 และ 15 ต่อปี สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ -148,412, -177497 และ -196,379 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับ ร้อยละ 2.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าให้ผลประโยชน์ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะมูลค่าปัจจุบันสุทธิให้ค่าเป็นลบ แต่ถ้าวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในแนวทางที่ 3 คือ ต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100 % ก็จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งผลึกเดี่ยวขนาด 2.25 kW แต่ไม่ได้รับเงินสนับสนุนจากสพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับ ร้อยละ -1.49 และแม้ว่าจะวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางการเงิน 3 แนวทางคือ ต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์คงที่ ต้นทุนคงที่ โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100 % และแนวทางที่ 3 คือต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100 % ก็ไม่มีความคุ้มค่าของการลงทุน

ผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งระบบชนิดอะมอร์ฟัส ขนาด 2.88 kW และได้รับเงินสนับสนุนจาก สพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับ ร้อยละ 2.61 ซึ่งน้อยกว่าอัตราคิดลดที่ร้อยละ 9, 12 และ 15 จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จะน่าลงทุนก็ต่อเมื่อต้นทุนลดลงร้อยละ 30

โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100 % ส่วนผลการวิเคราะห์กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุนจากสพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับ ร้อยละ -1.99 แม้ว่าจะวิเคราะห์ในกรณีที่ดีที่สุด คือ ต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้นร้อยละ 100 ก็ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และทีมวิจัยสร้างบ้านชีวาทิตย์ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้เป็นต้นแบบของการอยู่อาศัยอย่างยั่งยืน และเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นเป็นหลังแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพการใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์อันสูงสุดแล้ว ยังมีการนำเอาปัจจัยอื่นๆที่จำเป็นต่อการอยู่อาศัยมาใช้ด้วย

บ้านชีวาทิตย์เป็นบ้านที่สามารถผลิตน้ำ และไฟฟ้าใช้ได้เองถึง 6,200 วัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ผลิตจาก แผงโซลาเซลล์ขนาด 128 ตารางเมตร ซึ่งวันหนึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 22 หน่วยโดยตัวบ้านทำจากไม้ ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านเย็นกว่า อุณหภูมิภายนอกถึง 5 องศาเซลเซียส จึงประหยัดพลังงานในการใช้ เครื่องปรับอากาศได้ถึง 4 เท่า ต่างจากบ้านธรรมดา ที่อุณหภูมิภายในบ้านจะร้อนกว่าอุณหภูมิภายนอกอยู่ 3 องศา ส่วนหลังคามีแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพิเศษ ที่นอกจากจะให้พลังงานแล้ว ยังสามารถนำน้ำค้างมาใช้เป็นน้ำสะอาดได้ด้วย นอกจากนี้ ยังมีไบโอแก๊ส (bio-gas) ที่เกิดจากการหมักใบไม้ และอุจจาระ โดยทำบ่อเกรอะไว้ 3 บ่อ เพื่อรองรับและกรองของเสีย ทำให้บ่อเกรอะที่ 3 มีน้ำใสและไม่มีกลิ่น สามารถปล่อยไปในชั้นใต้หิน เพื่อเป็นน้ำใต้ดินสำหรับหล่อเลี้ยงต้นไม้ คุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่งของ "บ้านชีวาทิตย์" คือ มีกระจกตัดเสียงได้ ดังนั้น เสียงรถตุ๊กตุ๊ก เสียงรถยนต์ และเสียงรบกวนต่างๆ ซึ่งเป็นเสียงที่อยู่ในช่วงระดับกลาง ไม่สามารถเล็ดลอดเข้าไปในบ้านได้ แต่กระจกนี้จะไม่ตัดเสียงที่อยู่ในระดับสูงและระดับต่ำ ซึ่งเป็นเสียงที่เราชอบฟังกัน เช่น เสียงนกร้อง และเสียงลมพัดใบไม้ ทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถเพลิดเพลินกับเสียงดังกล่าวได้ตามปกติ นับเป็นบ้านที่ใช้เทคนิคในการก่อสร้างค่อนข้างยาก และเป็นนวัตกรรมที่ล้ำยุคไปประมาณ 15 ปี มีต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 3.5 ล้านบาท

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

บ้านที่ยกมาเป็นกรณีศึกษานี้ เป็นบ้านเดี่ยวทั่วไปที่มีขนาดพื้นที่ดิน และพื้นที่ใช้สอยตามมาตรฐานของบ้านที่อยู่อาศัยทั่วไป ซึ่งตามสถิติค่าเฉลี่ยของครอบครัวนั้นมีขนาดประมาณ 4 คน จึงได้บ้านหลังนี้ซึ่งมีขนาดพื้นที่เหมาะสำหรับครอบครัว 4 คนมาเป็นบ้านกรณีศึกษา

3.1 รายละเอียดของบ้าน และแบบบ้าน

จากการสำรวจขนาดมาตรฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไป และการนำแบบแปลนบ้านมาตรฐานนี้มาศึกษา สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

3.1.1 รายละเอียดของบ้าน

ลักษณะพื้นที่ใช้สอย เป็น 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ 1 ห้องครัว 1 ห้องรับแขก โดยแบบจำลองบ้านเป็นดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แบบจำลองบ้านเดี่ยว แสดงภาพด้านหน้า ด้านบน และมุมบนข้าง 45 องศา
ที่มา: http://www.buildideahome.com/?page_id=134 (12 พฤษภาคม 2555)

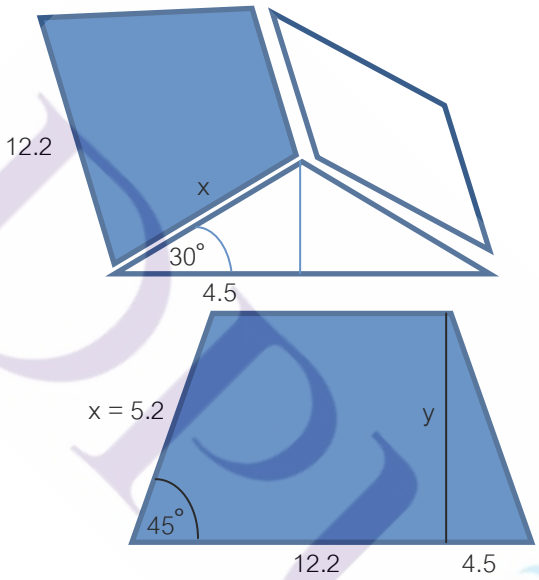
3.1.2 ขนาดพื้นที่ดิน กว้างไม่น้อยกว่า 11.6 เมตร ยาวไม่น้อยกว่า 15.8 เมตร (183 ตารางเมตร)

3.1.3 พื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร

3.1.4 ขนาดพื้นที่บนหลังคา

1) หลังคาเป็นแบบดาดฟ้า จะมีพื้นที่สำหรับใช้ติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 9 x 13.7 = 123 ตารางเมตร

2) หลังคาเป็นแบบมุมเอียง 30 องศา จะมีพื้นที่สำหรับใช้ติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยคำนวณดังนี้



รูปที่ 3.2 รูปจำลองหลังคาและรูปหลังคาด้านที่จะติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 3.2 นำหลังคารูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่แรงเงามาคำนวณหาพื้นที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

หาความยาวด้าน x โดยใช้ตรีโกณมิติดังนี้

$\text{Cos } 30^\circ = \frac{4.5}{x}$

จะได้ $x = 4.5 \text{ Cos } 30^\circ = 5.2$ m

หาค่าความสูง y ของสี่เหลี่ยมคางหมูได้ดังนี้

$y = 5.2 \text{ Sin } 45^\circ = 3.7$ m

ดังนั้นจะหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมคางหมูได้เป็น

พื้นที่หลังคา (สี่เหลี่ยมคางหมู) = 3.7 x 3.2 + 4.5 x 3.7

= 61.79 ตารางเมตร

3.2 การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ภายในหนึ่งวัน คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (วัตต์) x เวลาที่เปิดใช้งาน (ชั่วโมง) / 1,000

หน่วยที่ออกมาจะเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ unit หรือหน่วย

บ้านอยู่อาศัย 2 ชั้นทั่วไป ที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร จะมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆที่สำคัญๆคล้ายคลึงกัน โดยการคำนวณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตร มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหนึ่งวันของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์

รายการเครื่องใช้ไฟฟ้า	**จำนวน**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**	**เวลาที่เปิดใช้ (ชั่วโมง)**	**พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)**
หลอดคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์	5	8	6	0.24
หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดสั้น	2	18	1	0.04
หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดยาว	1	36	10	0.36
หลอดฟลูออเรสเซนต์กลม	8	32	3	0.77
เครื่องปรับอากาศ	1	745	8	5.96
พัดลม	3	60	6	1.08
โทรทัศน์	1	58	3	0.17
ตู้เย็น	1	71	24	1.70
หม้อหุงข้าว	1	450	1	0.45
เตารีด	1	1,000	0.2	0.20
เครื่องซักผ้า	1	129	0.3	0.04
รวม		**3,001**		**11.01**

จากการคำนวณในตารางที่ 3.1 พอจะประมาณการได้ว่า บ้านกรณีศึกษานี้ต้องการพลังงานไฟฟ้า 11.01 หน่วยในหนึ่งวัน และกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 3,001 W

3.3 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อคำนวณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน แล้ว จะสามารถกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยใช้สูตรในสมการที่ 2.5 การคำนวณในกรณีศึกษานี้แสดงได้ดังต่อไปนี้

$$P = \frac{P_L \; x \; D}{O \; x \; A \; x \; B \; x \; C}$$

เมื่อแทนค่า P_L = 11.1 kW-hr

Q = 4,000 W-hr /m^2

A = 0.8

B = 0.85

และ C = 0.9

ลงในสมการที่ 2.5

$$P = \frac{11.01 \; x \; 1{,}000}{4{,}000 \; x \; 0.8 \; x \; 0.85 \; x \; 0.9}$$

= 4.50 kW

จะได้กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง คือ 4.50 kW

3.3.1 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ลักษณะหลักๆ ของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ติดตั้งบนหลังคา กับติดตั้งบนพื้นดินซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียต่างกันดังนี้

แบบติดตั้งบนหลังคา

ข้อดี บริเวณพื้นที่ติดตั้งนี้อยู่บนบ้าน ชั้นที่ 3 ความสูงประมาณ 15 เมตร ทำให้ไม่มีเงามาบัง สามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่

ข้อเสีย ติดตั้งยาก บำรุงรักษายาก ค่าใช้จ่ายสูงกว่าติดตั้งแผงเซลล์บนพื้นดิน ต้องคำนึงถึงน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย ให้ไม่เกินความสามารถของการรับน้ำหนักของตัวบ้านที่ออกแบบมา

แบบติดตั้งบนพื้นดิน

ข้อดี พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่บนบนพื้นดิน ทำให้ติดตั้งง่าย บำรุงรักษาง่าย ค่าติดตั้งถูก

ข้อเสีย บางเวลาอาจจะถูกเงาของบ้านและต้นไม้บังแสงอาทิตย์ ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ไม่เต็มที่ จึงจะต้องหาพื้นที่ไม่มีเงาบังและต้องเว้นระยะห่างระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อป้องกันเงาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์บังกันเอง จึงต้องใช้พื้นที่มากขึ้น

โดยถ้าเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W ซึ่งเป็นแผงที่มีขนาด 1.476 m x 0.672 m x 0.035 m เมื่อวางติดกับพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นดาดฟ้า หรือหลังคา จะกินพื้นที่ 0.99 ตารางเมตร หรือประมาณ 1 ตารางเมตรต่อ 1 แผงที่มีขนาด 130 W ดังนั้นจะสามารถคำนวณจำนวนแผงและพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ในกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นแบบดาดฟ้า ติดเป็นแนวนอนขนานกับพื้น

ขนาดพื้นที่คือ 9 x 10.7 = 96.3 ตารางเมตร

คือจะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ประมาณ 96 แผง ซึ่งสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 130 W x 96 = 12,480 W ซึ่งสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จากสมการที่ 2.5 ดังนี้

$$P_L = \frac{P \times Q \times A \times B \times C}{D}$$

$$= 12{,}480 \times 4{,}000 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.9 / 1{,}000$$

$$= 30{,}551.04 \text{ W-hr หรือ } 30.55 \text{ kW-hr}$$

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนดาดฟ้าในหนึ่งวันคือ 30.55 หน่วย

2) ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นแบบมุมเอียง 30 องศา จากการคำนวณได้พื้นที่บนหลังคาเท่ากับ 61.79 ตารางเมตร

คือจะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ประมาณ 61 แผง ซึ่งสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 130 W x 61 = 7,930 W ซึ่งสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จากสมการที่ 2.5 ดังนี้

$$P_L = \frac{P \times Q \times A \times B \times C}{D}$$

$$= 7{,}930 \times 4{,}000 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.9 / 1{,}000$$

$$= 19{,}412.64 \text{ W-hr หรือ } 19.41 \text{ kW-hr}$$

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนดาดฟ้าในหนึ่งวันคือ 19.41 หน่วย

3) ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน

เนื่องจากพื้นที่ดินบริเวณบ้านของบ้านแต่ละหลังไม่เท่ากัน บางบ้านมีพื้นที่มาก บางบ้านมีพื้นที่น้อยเป็นตัวแปรที่ค่อนข้างมีความแปรผันสูง จึงไม่นำมาวิเคราะห์ด้วยในการวิจัยนี้

3.4 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงินในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้ คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value หรือ NPV) คือ ผลประโยชน์ทั้งหมดที่จะได้รับในระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการ ที่ได้แปลงค่ามาเป็นมูลค่าในปัจจุบันแล้ว ลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน

2. อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (internal rate of return หรือ IRR) คือ ร้อยละผลตอบแทนจากการทำโครงการตลอดระยะเวลาดำเนินการของโครงการ หรือในทางการคำนวณคือ อัตราดอกเบี้ยในกระบวนการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่เท่ากับศูนย์

3. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit-cost ratio หรือ BCR) คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมตลอดอายุของโครงการ โดยจะเลือกโครงการที่ BCR มีค่ามากกว่าหรือดท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ (BCR มากกว่าหรือเท่ากับ 1)

4. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis) คือ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือการพิจารณาว่าข้อมูล หรือปัจจัยสำคัญๆบางตัวในโครงการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงการเปลี่ยน

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่นำมาใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย จากการประมาณการความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านกรณีศึกษา และการคำนวณพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ นั้น สามารถดำเนินการต่อได้ดังวิธีต่อไปนี้

4.1 การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากการคำนวณในบทที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการลักษณะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการคำนวณมี 2 แบบ แบบแรกคือ ติดตั้งบนหลังคาที่เป็นแบบดาดฟ้า นั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึง 30.55 หน่วยต่อวัน แบบที่สอง ติดตั้งบนหลังคาที่เป็นแบบมุงเอียง 30 องศา สามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึง 19.41 หน่วยต่อวัน ซึ่งทั้งสองแบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าความต้องการใช้พลังงานของบ้านกรณีศึกษานี้ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้า 11.01 หน่วยต่อวัน แต่เนื่องจากบ้านกรณีศึกษานี้ก็มีแบบของหลังคาที่ไม่ใช่ดาดฟ้า จึงตัดทางเลือกในการติดตั้งแบบแรกนี้ออกไป ดังนั้น จะพิจารณาลักษณะการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นแบบมุมเอียง 30 องศา เพียงอย่างเดียว

ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้น มีทางเลือกด้านอุปกรณ์หลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้เช่นกัน ต่างกันตรงที่ราคาของอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ดังนั้นในการคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะแบ่งออกเป็น 2 กรณีหลักๆคือ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน โดยแต่ละกรณีจะสามารถเลือกทางเลือกที่ต่างๆกันได้ 4 ทางเลือก โดยเริ่มต้นที่การเลือกจากพิกัดของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่ต่างๆกันก่อน เนื่องจากเครื่องควบการชาร์จประจุแบตเตอรี่ค่อนข้างที่จะมีพิกัดให้เลือกน้อยกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ จึงใช้เป็นตัวตั้งในการเปลี่ยนอุปกรณ์อื่นๆตาม ดังที่จะแสดงรายละเอียดต่อไป

4.1.1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า บนหลังคามีพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 61.79 ตารางเมตร ซึ่งถ้าเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกัน ก็จะทำให้ได้กำลังการผลิตติดตั้งที่ต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน โดยรายละเอียดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบ มีดังนี้

1) รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ทางเลือกของการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาในระบบที่ต่างกันมีหลายทางเลือกแต่ในการศึกษาจะเลือกมา 4 ทางเลือก คือ

1.1) ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

ใช้เครื่องควบคุมการชาร์จประจุพิกัด 24V, 20A ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48A ได้ 2 แผง คำนวณได้จากค่า Im และ Vm รวมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องไม่เกินค่าพิกัดแรงดันและกระแสของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ ซึ่งในทางเลือกที่ 1 คือ 24V, 20A คำนวณได้ดังนี้

พิกัดแรงดันของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ คือ 24V และค่าพิกัด Vm ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ 17.4V ดังนั้นสามารถนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรมได้ไม่เกิน 24V/17.4V = 1.38 คือ 1 แผง ส่วนพิกัดกระแสของเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ คือ 20A และค่าพิกัด Im ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ 7.48A ดังนั้นสามารถนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบขนานได้ไม่เกิน 20A/7.48A = 2.67 คือ 2 แผง

ต่อมาเป็นการเลือกขนาดแบตเตอรี่สำหรับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสูตรคำนวณต่อไปนี้

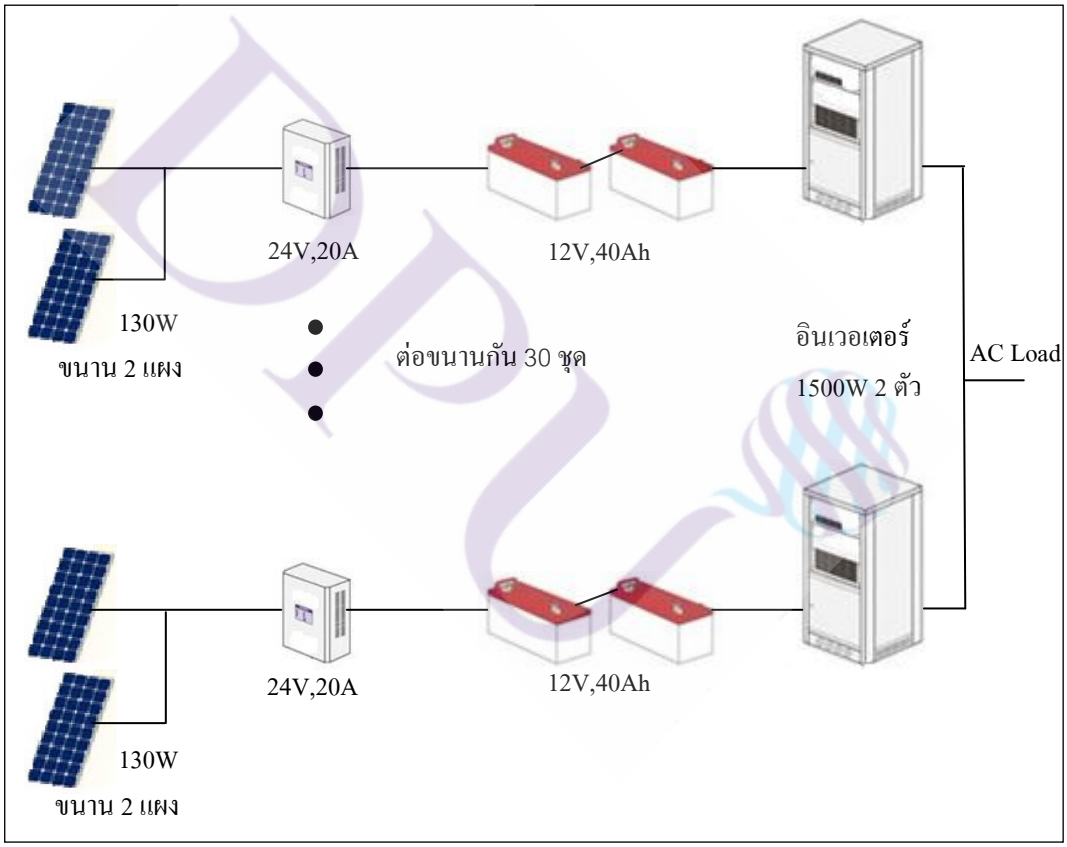
$$\text{ขนาดของแบตเตอรี่} = \frac{\text{ค่าการใช้พลังงานรวม}}{\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ X การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่ X ประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์}}$$

$$= 19{,}090 / (24 \times 0.8 \times 0.9)$$

$$= 1105 \text{ Ah}$$

ดังนั้นจะต้องเลือกแบตเตอรี่ให้มีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1105 Ah ซึ่งแบตเตอรี่มีให้เลือกหลายขนาด ในทางเลือก 4 ทางเลือกที่จะได้กล่าวต่อไป จะทำการเลือกแบตเตอรี่ที่มีขนาดต่างๆกัน สำหรับทางเลือกที่ 1 เลือกเป็นแบตเตอรี่ขนาดพิกัด 12V, 40Ah ดังนั้นเพื่อที่จะให้ได้ระบบ

เก็บประจุพลังงานที่มีขนาด 24V, 1125Ah จะต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดพิกัด 12V, 40Ah 2 ตัวต่ออนุกรมกันและนำมาต่อขนานกัน 30 ชุด โดยควรเลือก แบตเตอรี่ที่เหมาะกับการใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั่นคือแบตเตอรี่ Lead acid ชนิด Deep cycle เพราะมีอายุการใช้งานที่ยาวกว่าคือ 5 ปี ถ้าเป็นแบบธรรมดาจะมีอายุการใช้งานเพียง 1-2 ปี และยิ่งถ้ามีการใช้งานหนัก discharge สูงๆ จะทำให้แผ่นตะกั่วงอได้ง่าย แต่ถ้าเป็นชนิด Deep cycle ซึ่งออกแบบมาให้ทนต่อการ discharge สูงๆ จะมีแผ่นตะกั่วที่หนากว่า และงอได้ยากกว่า และสำหรับอินเวอเตอร์เลือกเป็น 1500W 2 ตัว เพื่อรองรับกับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ 3000W แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.1

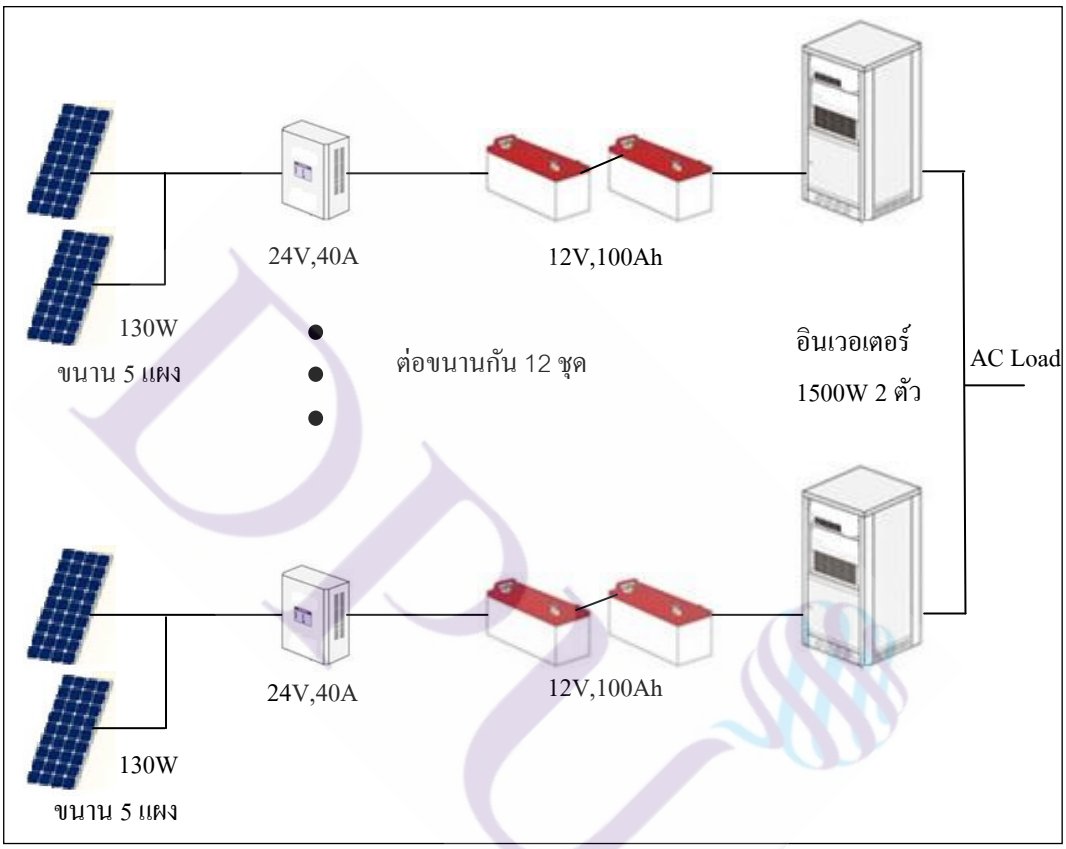


รูปที่ 4.1 วงจรของทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

สำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับทางเลือกที่เหลือ ใช้แนวการออกแบบดังทางเลือกที่ 1 ที่ได้แสดงตัวอย่างการออกแบบไปแล้วข้างต้น

1.2) ทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

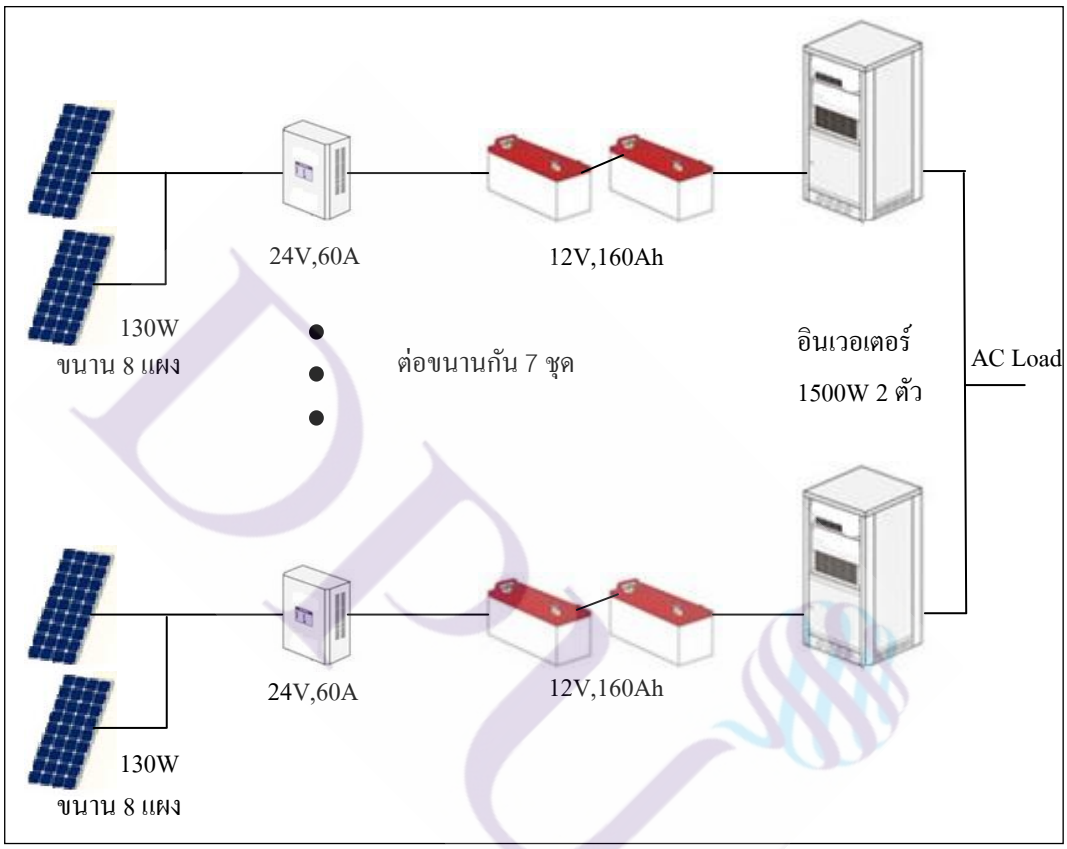
ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48 A จำนวน 60 แผง ต่อขนานกัน 5 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 2 ลูก ทั้งหมด 12 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

1.3) ทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW

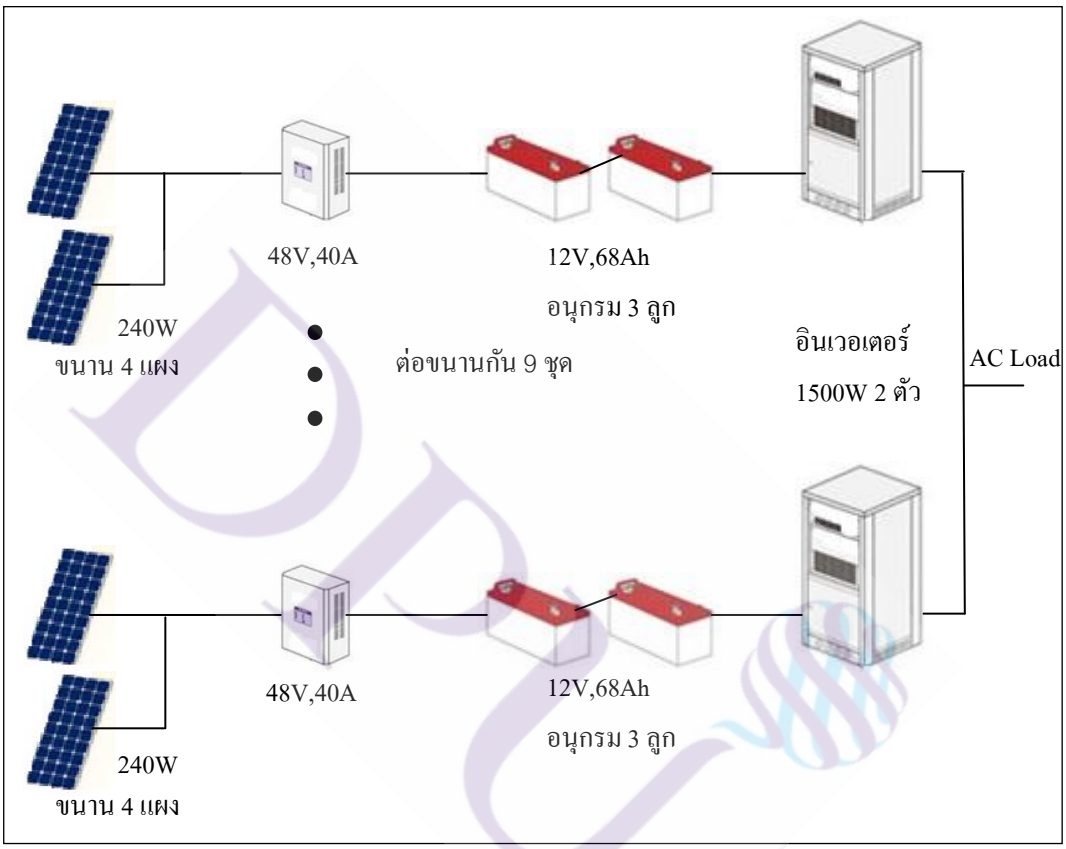
ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48 A จำนวน 56 แผง ต่อขนานกัน 8 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 2 ลูก ทั้งหมด 7 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW

1.4) ทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW

ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 240 W, Vm = 29.65 V, Im = 8.1 A จำนวน 36 แผง ต่อขนานกัน 4 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 3 ลูก ทั้งหมด 9 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW

รายละเอียดของทั้ง 4 ทางเลือกสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ขนาดระบบ (W)		แผงเซลล์แสงอาทิตย์		เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ		แบตเตอรี่		อินเวอเตอร์	
		Spec	จำนวน	Spec	จำนวน	spec	จำนวน	spec	จำนวน
Option1	7800	130W	60	24V,20A	30	12V,40Ah	60	24V/220V	2
Option2	7800	130W	60	24V,40A	12	12V,100Ah	24	24V/220V	2
Option3	7280	130W	56	24V,60A	7	12V,160Ah	14	24V/220V	2
Option4	8640	240W	36	48V,40A	9	12V,68Ah	27	48V/220V	2

2) ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละทางเลือกนั้น แสดงในตารางที่ 4.2 – 4.5

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 1

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	60	720,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	6,060	บาท/ลูก	60	363,600
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	2,500	บาท/ตัว	30	75,000
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	60	30,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	60	30,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**1,264,600**

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 2

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	60	720,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	5,750	บาท/ลูก	24	138,000
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	8,200	บาท/ตัว	12	98,400
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	60	30,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	60	30,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**1,062,400**

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 3

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	56	672,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	43,760	บาท/ลูก	14	612,640
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	12,000	บาท/ตัว	7	84,000
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	56	28,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	56	28,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**1,470,640**

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 4

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 240W	15,600	บาท/แผง	36	561,600
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	4,850	บาท/ลูก	27	130,950
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	8,200	บาท/ตัว	9	73,800
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	36	18,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	36	18,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**848,350**

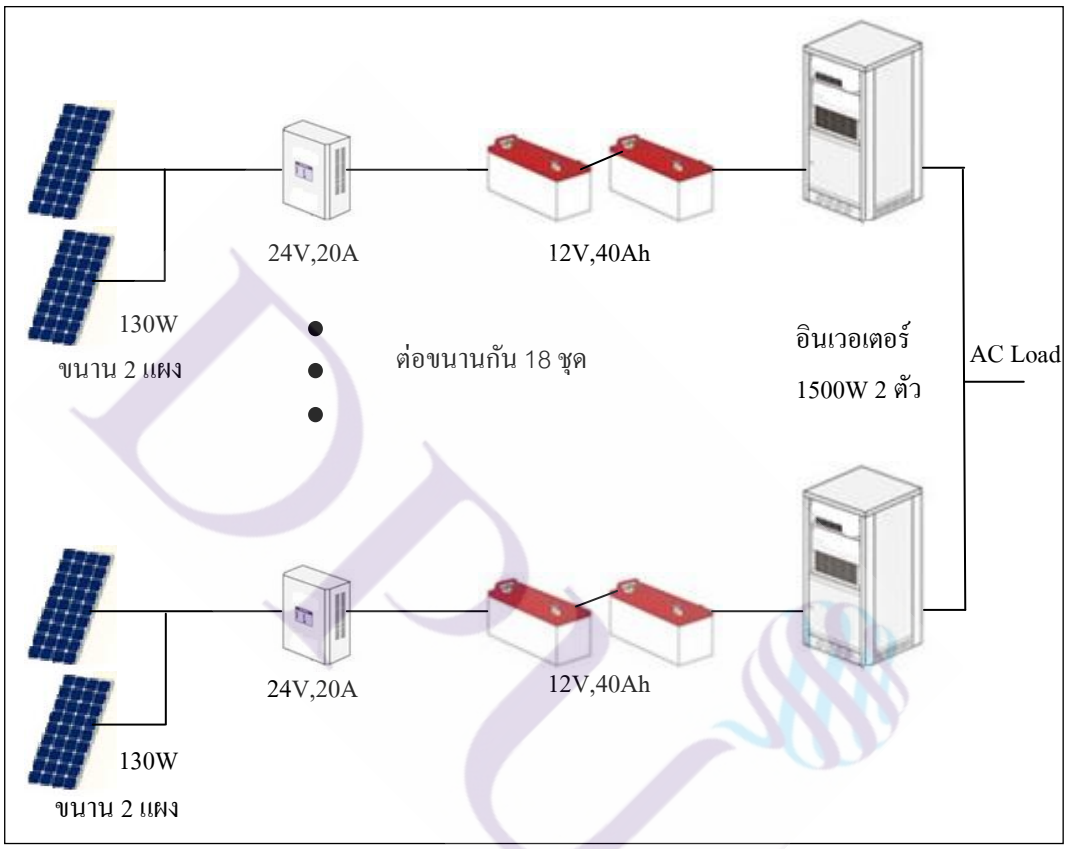
4.1.2 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีความต้องการการใช้พลังงานเท่ากับ 11.01 หน่วยต่อวัน และจากการคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าติดตั้งต้องมีขนาด 4.5 kW ขึ้นไปเพื่อให้พอเพียงกับความต้องการใช้พลังงานในหนึ่งวัน โดยวิธีการออกแบบของระบบนั้นเหมือนกันกับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา ในข้อที่ 4.1.1 ทางเลือกที่ 1 ดังนั้นในกรณีนี้ สามารถสรุปรายละเอียดของอุปกรณ์ และการคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบ ได้ดังนี้

1) รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ทางเลือกของการเลือกอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาในระบบที่ต่างกันมีหลายทางเลือกแต่ในการศึกษาจะเลือกมา 4 ทางเลือก คือ

1.1) ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

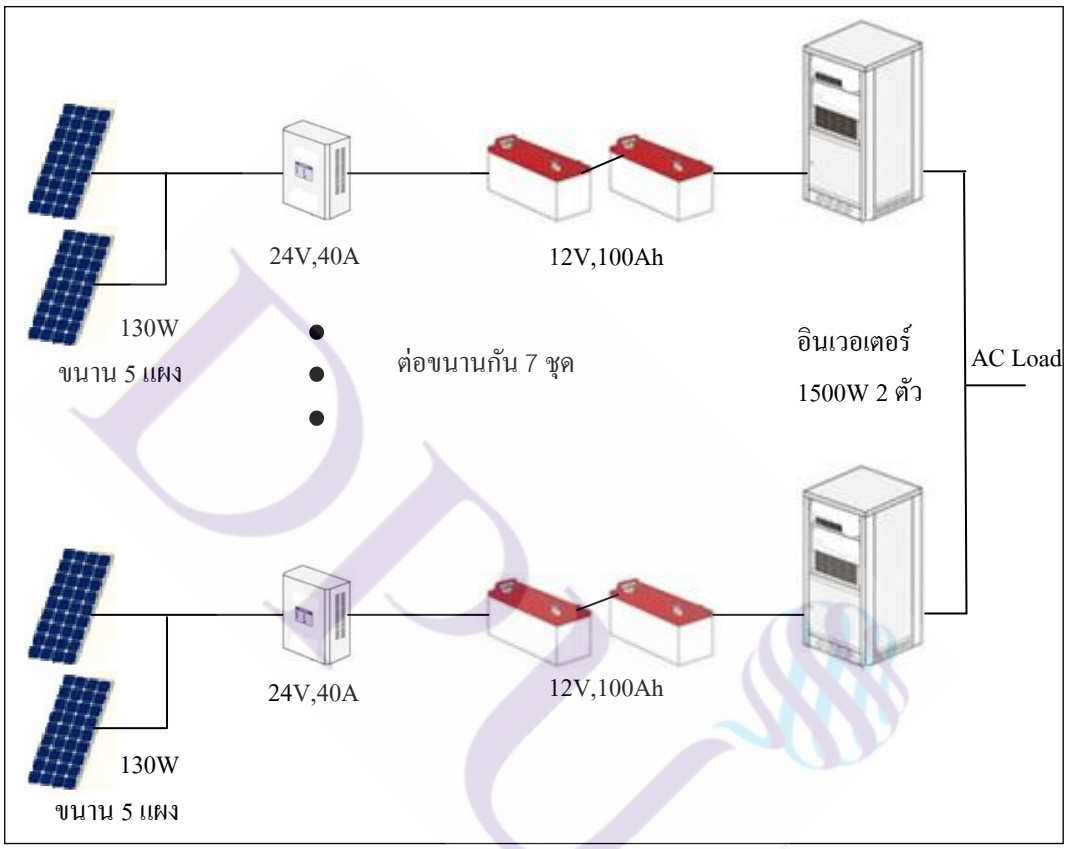
ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48 A จำนวน 36 แผง ต่อขนานกัน 2 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 2 ลูก ทั้งหมด 18 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

1.2) ทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW

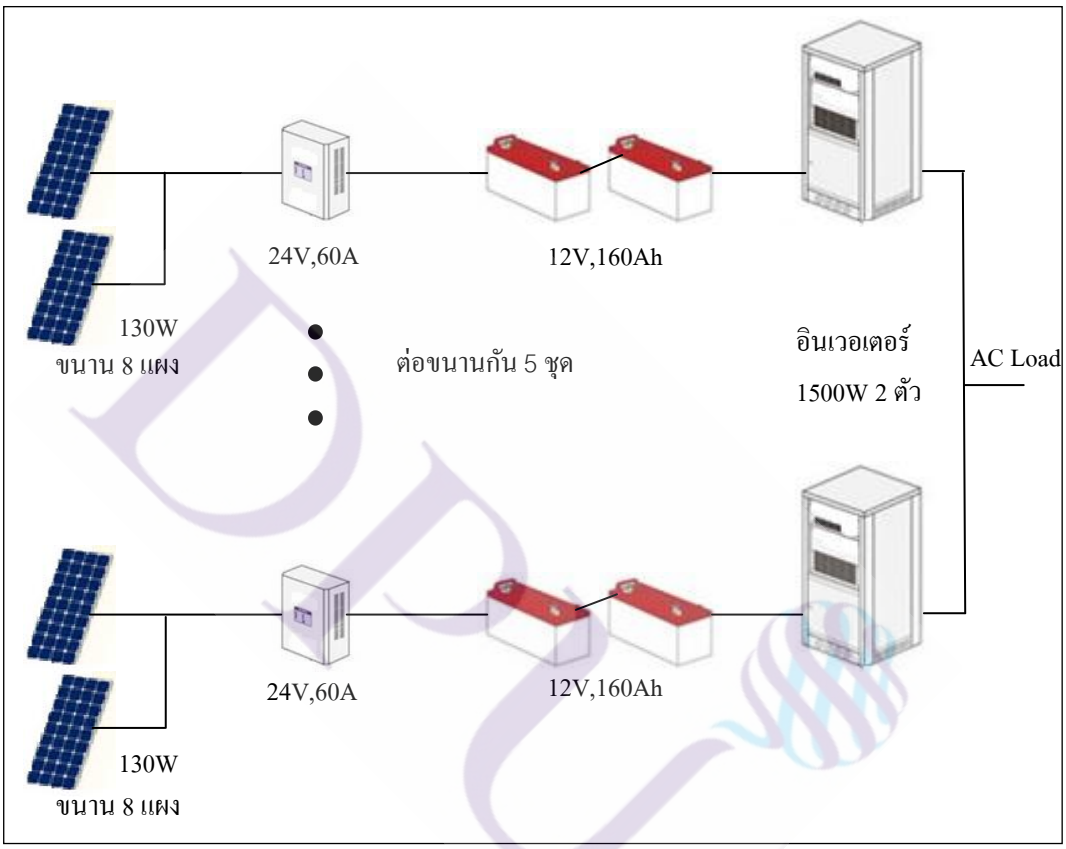
ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48 A จำนวน 35 แผง ต่อขนานกัน 5 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 2 ลูก ทั้งหมด 7 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วงจรของทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW

1.3) ทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

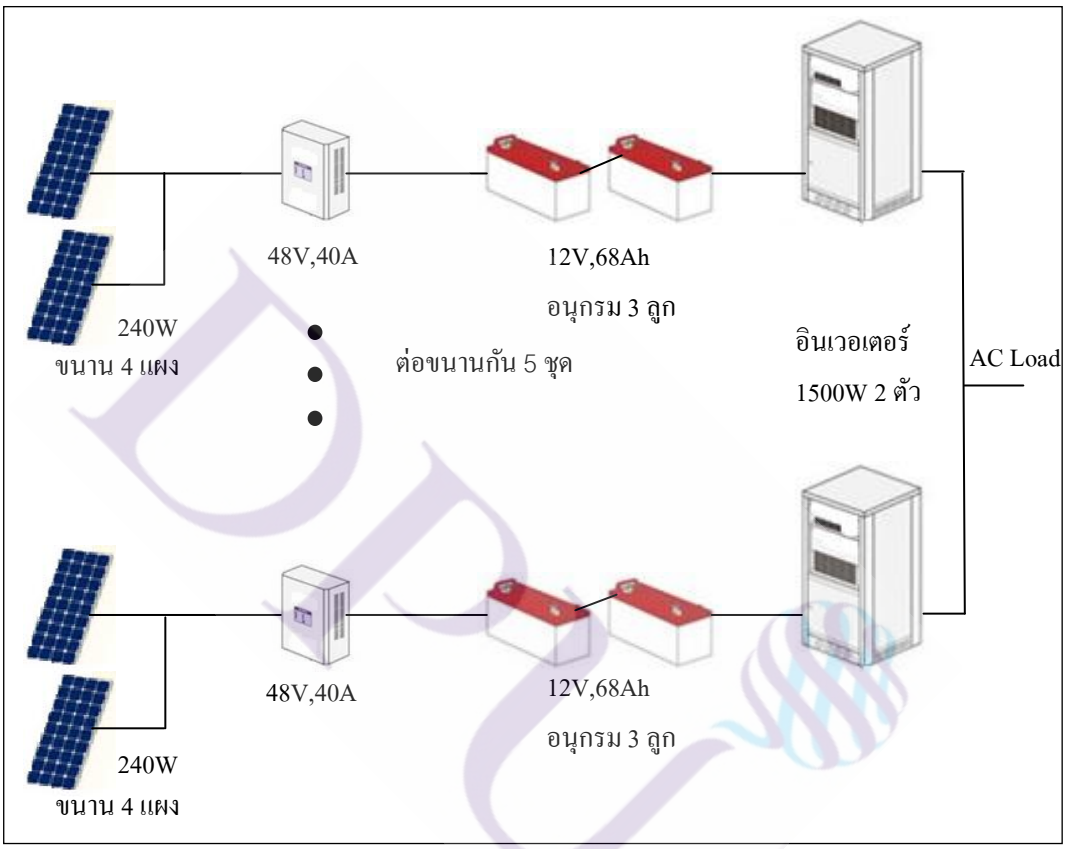
ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 130 W, Vm = 17.4V, Im = 7.48 A จำนวน 36 แผง ต่อขนานกัน 8 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 2 ลูก ทั้งหมด 5 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 วงจรของทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

1.4) ทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.80 kW

ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 240 W, Vm = 29.65 V, Im = 8.1 A จำนวน 20 แผง ต่อขนานกัน 4 แผงต่อเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ 1 ตัว และแบตเตอรี่ อีก 3 ลูก ทั้งหมด 5 ชุด แผนผังวงจรของระบบแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 วงจรของทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.80 kW

รายละเอียดของทั้ง 4 ทางเลือก สรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ขนาดระบบ (W)		แผงเซลล์แสงอาทิตย์		เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ		แบตเตอรี่		อินเวอเตอร์	
		spec	จำนวน	spec	จำนวน	spec	จำนวน	spec	จำนวน
Option1	4680	130W	36	24V,20A	18	12V,40Ah	36	24V/220V	2
Option2	4450	130W	35	24V,40A	7	12V,100Ah	14	24V/220V	2
Option3	4680	130W	36	24V,60A	5	12V,160Ah	10	24V/220V	2
Option4	4800	240W	20	48V,40A	5	12V,68Ah	15	48V/220V	2

2) ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละทางเลือกนั้น แสดงในตารางที่ 4.7 - 4.10

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 1

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	36	432,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	6,060	บาท/ลูก	36	218,160
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	2,500	บาท/ตัว	18	45,000
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	36	18,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	36	18,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**777,160**

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 2

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	35	420,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	5,750	บาท/ลูก	14	80,500
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	8,200	บาท/ตัว	7	57,400
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	35	17,500
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	35	17,500
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**638,900**

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 3

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 130W	12,000	บาท/แผง	36	432,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	43,760	บาท/ลูก	10	437,600
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	12,000	บาท/ตัว	5	60,000
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	36	18,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	36	18,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**1,011,600**

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน ทางเลือกที่ 4

การลงทุน	ราคา (บาท)	หน่วย	จำนวน	รวมเป็น (บาท)
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 240W	15,600	บาท/แผง	20	312,000
อินเวอเตอร์	9,500	บาท/ตัว	2	19,000
แบตเตอรี่	4,850	บาท/ลูก	15	72,750
เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า	8,200	บาท/ตัว	5	41,000
อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา	500	บาท/แผง	20	10,000
อุปกรณ์ทางไฟฟ้า	7,000	บาท	1	7,000
ค่าแรงในการติดตั้งแผง	500	บาท/แผง	20	10,000
ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า	20,000	บาท/งาน	1	20,000
รวม				**491,750**

4.2 ผลประโยชน์ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แทนการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เงินในส่วนที่ประหยัดค่าไฟฟ้าได้นี้คือ ส่วนของรายได้ของโครงการ ซึ่งการคำนวณมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

1) ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาแบบทางเลือกที่ 1 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 7.80 kW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 19.09 หน่วยต่อวัน โดยสามารถคิดเป็นซึ่งนำมาคิดเป็นต่อเดือน จะได้พลังงานไฟฟ้า 572.83 หน่วยต่อเดือน

ถ้าไม่ได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าตามอัตรา ประเภทบ้านที่อยู่อาศัย อัตราปกติ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย ซึ่งถือเป็นรายได้ของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า 150 หน่วยแรก	= 150 x 2.7628
	= 414.42 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า 250 หน่วยต่อไป	= 250 x 3.7362
	= 934.05 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า 400 หน่วยขึ้นไป	= (572.83 - 400) x 3.9361
	= 680.28 บาท
ค่า Ft 0.30 บาทต่อหน่วย	= 0.30 x 572.83
	= 171.85 บาท
รวมค่าไฟฐานและค่า Ft เป็น	= 38.22 + 414.42 + 934.05 + 680.28 + 171.85
	= 2,233.48 บาท
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 2,233.48x 1.07
	= 2,389.83 บาทต่อเดือน
คิดเป็นรายได้ต่อปี	= 2,389.83 x 12
	= 28,677.93 บาทต่อปี

2) ทางเลือกที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาแบบทางเลือกที่ 2 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 7.80 kW ซึ่งเท่ากับกำลังผลิตติดตั้งของทางเลือกที่ 1 ดังนั้น คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ 28,677.93 บาท

3) ทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาแบบทางเลือกที่ 3 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 7.28 kW โดยขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าเหมือนกับการคำนวณในทางเลือกที่ 1 คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ 26,600.78 บาท

4) ทางเลือก 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคาแบบทางเลือกที่ 4 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 8.64 kW โดยขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าเหมือนกับการคำนวณในทางเลือกที่ 1 คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ 32,033.32 บาท

4.2.2 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

1) ทางเลือกที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้านแบบทางเลือกที่ 1 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 4.68 kW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 11.46 หน่วยต่อวัน โดยสามารถคิดเป็นซึ่งนำมาคิดเป็นต่อเดือน จะได้พลังงานไฟฟ้า 343.70 หน่วยต่อเดือน

ถ้าไม่ได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าตามอัตรา ประเภทบ้านที่อยู่อาศัย อัตราปกติ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย ซึ่งถือเป็นรายได้ของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า 150 หน่วยแรก	= 150 x 2.7628
	= 414.42 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า 250 หน่วยต่อไป	= (343.70 - 150) x 3.7362
	= 723.70 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า 400 หน่วยขึ้นไป	= 0 บาท
ค่า Ft 0.30 บาทต่อหน่วย	= 0.30 x 343.70
	= 103.11 บาท
รวมค่าไฟฐานและค่า Ft เป็น	= 38.22 + 414.42 + 723.70 + 103.11
	= 1,274.11 บาท
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	= 1,274.11 x 1.07 บาท
	= 1,363.30 บาทต่อเดือน
คิดเป็นรายได้ต่อปี	= 1,363.30 x 12
	= 16,359.56 บาทต่อปี

2) ทางเลือก 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้านแบบทางเลือกที่ 2 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 4.45 kW โดยขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าเหมือนกับการคำนวณในทางเลือกที่ 1 คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ 15,864.77 บาท

3) ทางเลือกที่ 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้านแบบทางเลือกที่ 3 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 4.68 kW ซึ่งเท่ากับกำลังผลิตติดตั้งของทางเลือกที่ 1 คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ 16,359.56 บาท

4) ทางเลือกที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.80 kW

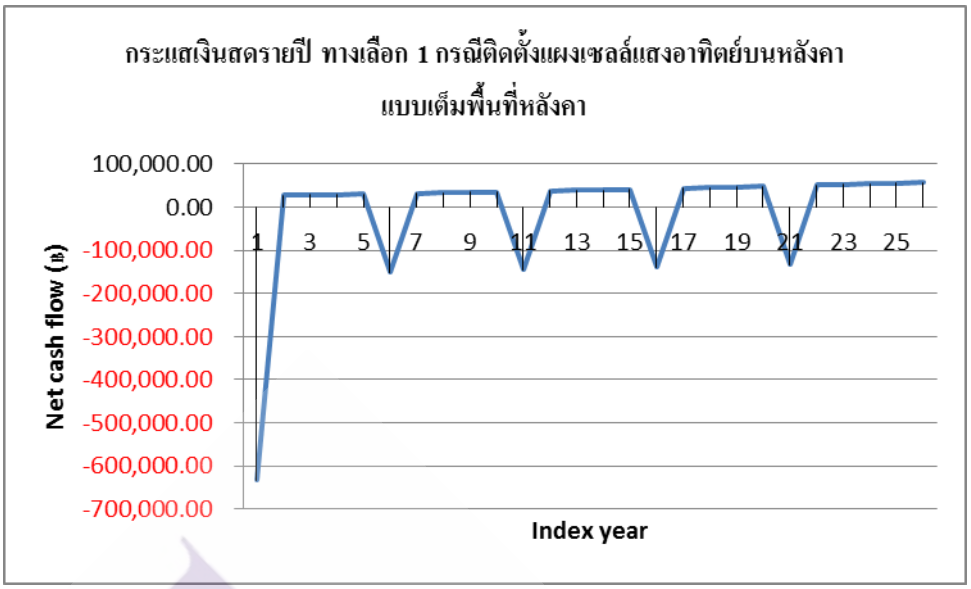
การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้านแบบทางเลือกที่ 3 มีขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งเป็น 4.80 kW โดยขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าเหมือนกับการคำนวณในทางเลือกที่ 1 คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าที่ได้ต่อปี คือ คือ 16,816.28 บาท

4.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินจะคิดอายุโครงการที่ 25 ปี เนื่องจากอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ได้ 25 ปี แล้วจะมีประสิทธิภาพลดลงมาก และให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 3 % โดยมีคิดอัตราดอกเบี้ยที่ 5 %

4.3.1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ทางเลือก 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW มีแผนภาพกระแสเงินสดแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ส่วนทางเลือกที่ 2 3 และ 4 ก็จะมีแผนภาพกระแสเงินสดคล้ายกับในทางเลือกที่ 1 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลตอบแทนทางการเงินกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
ทางเลือกที่ 1	-1,597,003.58	-13.87	0.38
ทางเลือกที่ 2	-847,458.11	-4.50	0.64
ทางเลือกที่ 3	-736,061.69	-3.87	0.67
ทางเลือกที่ 4	-553,470.04	-1.96	0.83

4.3.2 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ทางเลือก 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW มีแผนภาพกระแสเงินสดแสดงได้ดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.10 กระแสเงินสดรายปี ทางเลือก 1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ส่วนทางเลือกที่ 2 3 และ 4 ก็จะมีแผนภาพกระแสเงินสดคล้ายกับในทางเลือกที่ 1 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลตอบแทนทางการเงินกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
ทางเลือกที่ 1	-978,103.71	> -14.8	0.35
ทางเลือกที่ 2	-538,815.89	-5.42	0.58
ทางเลือกที่ 3	-543,345.11	-5.19	0.59
ทางเลือกที่ 4	-356,027.31	-3.05	0.75

4.4 ผล การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (sensitivity analysis)

กำหนดแนวทางในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เพื่อคาดการณ์เกี่ยวกับอนาคตนั้นจะต้องพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น และจะทำให้การวิเคราะห์มีโอกาสผิดพลาดได้ โดยแบ่งเป็น 3 แนวทางดังนี้

แนวทางที่ 1 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50 %
แต่ค่าไฟฟ้าคงที่ที่ 3 %

แนวทางที่ 2 ไม่มีการสนับสนุนในส่วนค่าใช้จ่ายอุปกรณ์
แต่ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ10 %

แนวทางที่ 3 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50 %
และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10 %

4.4.1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการตาม 3 แนวทางที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
แนวทางที่ 1 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% แต่ค่าไฟฟ้าคงที่ที่ 3%			
ทางเลือกที่ 1	-516,142.27	-3.80	0.75
ทางเลือกที่ 2	-160,639.24	2.20	1.24
ทางเลือกที่ 3	-124,762.31	2.64	1.30
ทางเลือกที่ 4	18,373.74	5.36	1.61
แนวทางที่ 2 ไม่มีการสนับสนุนในส่วนค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ แต่ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10%			
ทางเลือกที่ 1	-844,231.86	0.21	1.02
ทางเลือกที่ 2	-133,225.80	4.18	1.71
ทางเลือกที่ 3	-73,561.41	4.51	1.80
ทางเลือกที่ 4	244,329.25	6.65	2.23

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
แนวทางที่ 3 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10%			
ทางเลือกที่ 1	198,090.04	6.67	2.02
ทางเลือกที่ 2	553,593.07	10.16	3.34
ทางเลือกที่ 3	537,737.97	10.46	3.5
ทางเลือกที่ 4	816,173.03	13.36	4.35

4.4.1 กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการตาม 3 แนวทางที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
แนวทางที่ 1 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% แต่ค่าไฟฟ้าคงที่ที่ 3%			
ทางเลือกที่ 1	-978,103.71	> -14.8	0.69
ทางเลือกที่ 2	-128,588.21	1.15	1.12
ทางเลือกที่ 3	-126,131.27	1.33	1.14
ทางเลือกที่ 4	-28,114.10	4.01	1.43
แนวทางที่ 2 ไม่มีการสนับสนุนในส่วนค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ แต่ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10%			
ทางเลือกที่ 1	-570,664.04	-0.44	0.95
ทางเลือกที่ 2	-143,699.11	3.48	1.56
ทางเลือกที่ 3	-135,905.44	3.60	1.59
ทางเลือกที่ 4	62,787.11	5.76	2.02

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

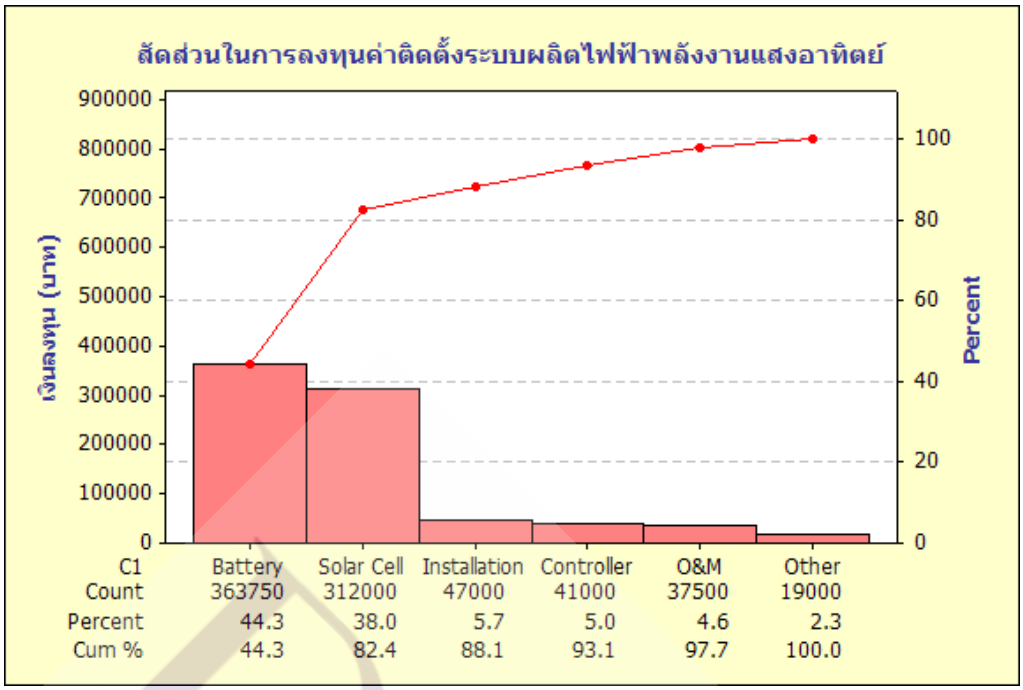
ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
แนวทางที่ 3 มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10%			
ทางเลือกที่ 1	63,929.10	5.90	1.87
ทางเลือกที่ 2	266,528.57	9.27	3.01
ทางเลือกที่ 3	281,308.40	9.39	3.07
ทางเลือกที่ 4	390,700.32	12.16	3.86

4.5 แนวทางการแก้ไขให้โครงการคุ้มค่าในการลงทุน

ในผลการศึกษา จะเห็นว่า การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการยังขาดทุน หรือยังไม่คุ้มค่าในการลงทุน แนวทางที่จะทำให้โครงการเป็นไปได้คือ การลดต้นทุน และการเพิ่มรายได้

4.5.1 ศึกษาหาต้นทุนหลักของโครงการ

ต้นทุนหลักของโครงการเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้โครงการมีผลให้ผลตอบแทนของโครงการเปลี่ยนแปลง ตามหลักการของพาเรโต้ที่กล่าวไว้ว่า ในจำนวนปัญหาทั้งหมดจะมีปัญหาหลักที่สำคัญเพียง 20 % ที่ส่งผลกระทบถึงโครงการถึง 80 % ดังนั้นถ้าต้องการปรับปรุงโครงการนั้น ควรจะแก้ที่ปัญหาหลัก เพราะเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบถึงโครงการมากที่สุด ในการศึกษาแนวทางการแก้ไขโครงการในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้หลักการของพาเรโต้เข้ามาค้นหาต้นทุนหลักของโครงการ ได้ผลดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน

4.5.2 กำหนดแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงโครงการ

เมื่อวิเคราะห์จากแผนผังพาเรโต้ จะเห็นว่ามูลค่าการลงทุนของโครงการที่เป็นค่าใช้จ่ายหลักคือ แบตเตอรี่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แนวทางที่จะสามารถแก้ไขโครงการได้มีดังนี้

1) ลดขนาดความจุของแบตเตอรี่รวมลง เพื่อลดมูลค่าการลงทุนด้านแบตเตอรี่ โดยการจัดการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถใช้ในเวลากลางวันได้ ต่อตรงเข้ากับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยไม่ต้องเก็บประจุลงในแบตเตอรี่

ทำได้โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืนมาทำในช่วงเวลากลางวันแทน โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

1.1) เปลี่ยนการรีดผ้า หรือซักผ้าด้วยเครื่องซักผ้าในเวลาเย็นหรือกลางคืนมาเป็นเวลากลางวัน

1.2) อุปกรณ์ที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน คือ ตู้เย็น แอร์ โทรทัศน์ และพัดลม ให้ใช้ไฟตรงที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เลย โดยผ่านแค่อินเวอเตอร์ ไม่ต้องชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่

1.3) พลังงานส่วนที่เหลือจากการใช้ในช่วงเวลากลางวัน จึงค่อยนำไปชาร์จใส่แบตเตอรี่ไว้ใช้ในเวลากลางคืน

อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในเวลากลางวันมีดังนี้

ตู้เย็น	5 ชม. x 71 W	=	355	Wh
โทรทัศน์	1 ชม. x 125 W	=	125	Wh
เตารีด	0.2 ชม. x 1000 W	=	200	Wh
เครื่องซักผ้า	0.3 ชม. x 129 W	=	38.7	Wh
หม้อหุงข้าว	1 ชม. x 450 W	=	450	Wh
พัดลม	5 ชม. x 60 W	=	300	Wh

รวมค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเวลากลางวัน เป็น 1,468.7 Wh หรือ 1.47 kWh

จากกำลังการผลิตของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ 19.09 kWh/วัน ดังนั้นจะเหลือพลังงานที่ต้องนำไปชาร์จเข้าแบตเตอรี่เท่ากับ 19.09 kWh - 1.47 kWh = 17.62 kWh จะสามารถลดขนาดความจุของแบตเตอรี่ของแต่ละตัวลงได้ เช่นดังทางเลือกที่ 1 ที่เดิมใช้แบตเตอรี่ขนาด 40 Ah 60 ลูก แต่เมื่อแก้ไขโดยในเวลากลางวันนำพลังงานไปใช้เลยนั้นจะทำให้สามารถลดขนาดความจุของแบตเตอรี่ลงมาได้เป็นลูกละ 34 Ah 60 ลูก ซึ่งปกติแล้วราคาของแบตเตอรี่จะถูกลงตามขนาดความจุของแบตเตอรี่

2) สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ซึ่งมีกำลังการผลิตเกินความต้องการใช้ไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยอยู่แล้ว จึงสามารถลดขนาดแบตเตอรี่ลงเพื่อลดมูลค่าการลงทุนด้านแบตเตอรี่ได้โดยการขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้า ซึ่งต้องติดตั้งมิเตอร์ขายไฟเพิ่มซึ่งมีค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์ ติดตั้งและทดสอบประมาณ 20,000 บาท

ขายไฟฟ้าที่ผลิตได้เกินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยให้การไฟฟ้าโดยไม่ได้รับส่วนเพิ่ม และได้รับส่วนเพิ่ม เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการแก้ไขตามแนวทางใหม่นี้แสดงดังตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ผลตอบแทนทางการเงินกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยไม่ได้รับส่วนเพิ่ม

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
ทางเลือกที่ 1	-1,075,006.65	-7.58	0.52
ทางเลือกที่ 2	-639,275.72	-2.21	0.78
ทางเลือกที่ 3	-627,890.62	-2.54	0.75
ทางเลือกที่ 4	-351,208.91	0.51	1.06

ตารางที่ 4.15 ผลตอบแทนทางการเงินกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา แต่จะขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้การไฟฟ้า โดยได้รับส่วนเพิ่ม

ทางเลือก	NPV (บาท)	IRR (%)	B/C
ทางเลือกที่ 1	-928,930.73	-6.53	0.61
ทางเลือกที่ 2	-516,200.76	-1.08	0.90
ทางเลือกที่ 3	-504,815.66	-1.35	0.87
ทางเลือกที่ 4	-167,977.69	2.68	1.27

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่ค่อนข้างใหม่ เพื่อที่จะให้ได้ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการที่ตรงตามสถานการณ์ราคาปัจจุบัน เนื่องจาก มีผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ราคาของอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อยๆ ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะลดลงตาม การวิเคราะห์ด้านการเงินก็จะมีความเป็นไปได้มากขึ้นไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโครงการ

5.1 บทสรุปของการศึกษา

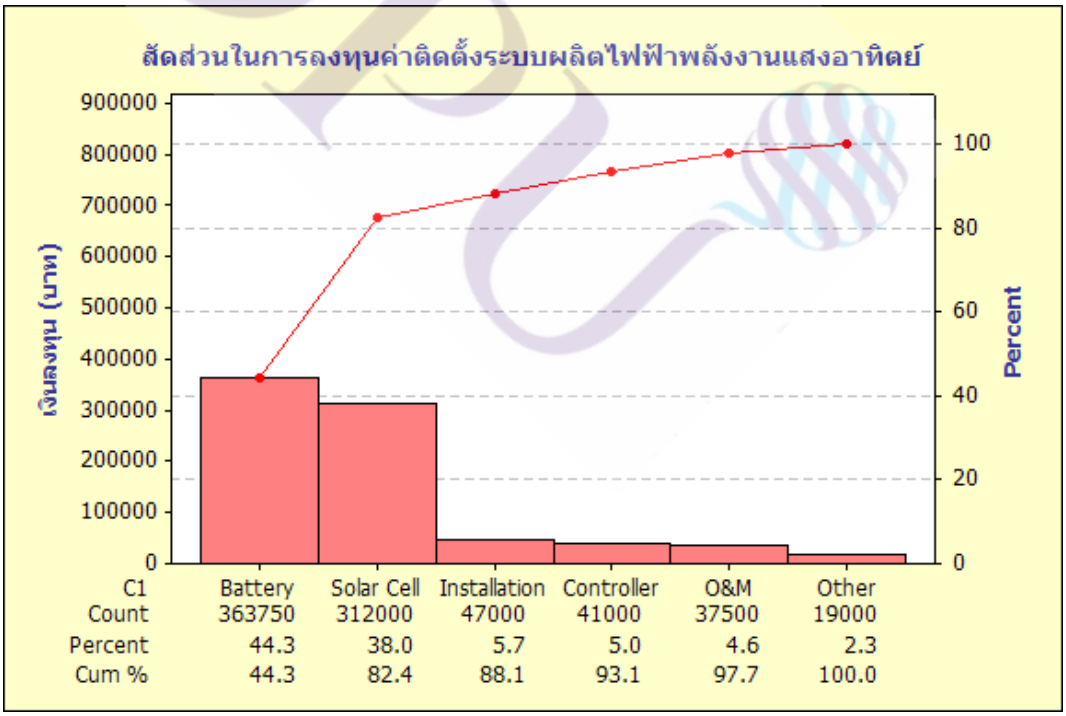
ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไข อายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 5% และค่าไฟเพิ่มขึ้นปีละ 3% จากบทที่ 4 พบว่าทางเลือกที่ 4 ของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าติดลบน้อยที่สุด คือ NPV เป็น-553,470 บาท IRR เป็น -1.96 % และ BCR เป็น 0.83 และ NPV เป็น-356,027 บาท IRR เป็น -3.05 % และ BCR เป็น 0.75 ตามลำดับ ดังนั้นทุกทางเลือกของกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และกรณีติดตั้งพอดีความต้องการใช้ไฟฟ้า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นลบ ส่วน BCR ก็มีค่าน้อยกว่า 1 จึงสรุปได้ว่าโครงการไม่น่าลงทุน แต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ดัง 3 แนวทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแล้ว โครงการจะน่าลงทุน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามแนวทางที่ 3 คือ มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวก โดยมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ย ส่วน BCR ก็มีค่ามากกว่า 1

นอกจากนี้แนวทางการแก้ไขโครงการที่ได้ศึกษาก็ให้ผลที่ทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากขึ้น แต่ก็ยังคงไม่เพียงพอให้โครงการน่าลงทุน เพราะยังคงมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นลบ ส่วน BCR ก็มีค่าน้อยกว่า 1 ยกเว้นกรณีที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา แล้วขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าโดยได้รับส่วนเพิ่ม ในทางเลือกที่ 4 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ -167.977.69 บาท แต่อัตรา

ผลตอบแทนของโครงการ 2.68 % ส่วน BCR ก็มีค่า 1.27 แม้ว่าอัตราผลตอบแทนของโครงการจะเป็นบวกและค่า BCR มากกว่า 1 แต่มูลค่าปัจจุบันสุทธิก็ยังคงเป็นลบ จึงไม่น่าลงทุนเช่นเดียวกัน

5.2 วิเคราะห์ปัญหาของโครงการ

สาเหตุที่ทำให้การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในบ้านที่อยู่อาศัยไม่คุ้มค่าในการลงทุน ถ้ามองเพียงผิวเผินจะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบจะมีมูลค่ามากที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ต้นทุนที่แท้จริงไม่เพียงแต่อยู่ในการลงทุนครั้งแรกเท่านั้น ยังมีอุปกรณ์บางชนิดที่แม้การลงทุนครั้งแรกจะไม่ได้มีมูลค่ามาก แต่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนรายปี เมื่อหมดอายุ หรือต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง ในการศึกษานี้คือ แบตเตอรี่ ซึ่งถ้ามองเฉพาะการลงทุนครั้งแรก จะมีมูลค่าน้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ถ้ามองตลอดโครงการ 25 ปี จะเป็นว่าแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนในการลงทุนสูงที่สุด เนื่องจากแบตเตอรี่แบบ deep cycle มีอายุ 5 ปี ดังนั้นเมื่อครบ 5 ปีต้องลงทุนซื้อแบตเตอรี่ใหม่ เป็นจำนวน 4 ครั้ง แสดงได้ดังแผนผังพาเรโต้ในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนผังพาเรโต้แสดงมูลค่าการลงทุน

จากแผนผังพาเรโต้แสดงให้เห็นปัญหาหลักของโครงการที่แท้จริง นั่นคือแบตเตอรี่ ซึ่งกินสัดส่วนการลงทุนมากที่สุดคือ 44.3 % รองลงมาคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 38.0 %

เมื่อทำการวิเคราะห์จากการศึกษาการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในทางเลือกต่างๆ 4 ทางเลือกนั้น จะเห็นว่าในทางเลือกที่ออกแบบมาแล้ว ได้ขนาดของแบตเตอรี่ที่มีผลิตในประเทศไทย เช่นในทางเลือกที่ 2 และทางเลือกที่ 4 จะมีราคาที่ถูกกว่า ทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 3 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 3 ไม่มีโอกาสที่จะคุ้มทุนเลย เพราะเมื่อดูจากรายได้รวม 5 ปี มีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ทุกๆ 5 ปี นั่นคือพอใกล้จะคุ้มทุน ก็ต้องลงทุนเพิ่มอีก ทำให้ไม่คุ้มทุน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะเป็นระบบที่ใช้แบตเตอรี่ที่ผลิตในประเทศไทย พอครบอายุโครงการก็ยังคงไม่คุ้มค่าในการลงทุน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในกรณีที่ออกแบบระบบมาแล้วได้ขนาดของแบตเตอรี่ที่ไม่มีผลิตในประเทศไทย ควรเปลี่ยนการออกแบบเป็นแบบอื่นให้มีขนาดพิกัดแบตเตอรี่ที่มีผลิตในประเทศไทย

2. ถ้ารัฐบาลช่วยส่งเสริมให้กับประชาชนที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในบ้านที่อยู่อาศัย เหมือนที่ภาคเอกชนได้รับการยกเว้นภาษีอากรขาเข้าของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อมาสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และยังได้รับการงดเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล

3. เปลี่ยนเทคโนโลยีของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทันสมัยมากขึ้นเช่น แทนที่จะใช้เป็นระบบ Fix ซึ่งแผงโซล่าเซลล์จะตั้งอยู่กับที่ ก็ลองใช้ระบบ tracking ซึ่งเป็นระบบที่ทำให้แผงโซล่าเซลล์หันตามดวงอาทิตย์

4. เทคโนโลยีของตัวแผงโซล่าเซลล์ที่กำลังอยู่ในการศึกษาพัฒนาอยู่ในขณะนี้ ที่ผลิตจากสารอินทรีย์ คาดว่าจะมีต้นทุนที่ถูกกว่าแผงโซล่าเซลล์ที่ผลิตจากแร่ซิลิกอน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

วรนุช แจ้งสว่าง. (2553). *พลังงานหมุนเวียน (renewable energy).* กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภณ ฟองเพชร. (2547). *การเงินธุรกิจ (Foundations of Finance).* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

วิทยานิพนธ์

บริสุทธิ์ สะเดา และคณะ. (2552). *การดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตพื้นที่ตำบลชมพู อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชะกาแก้ว สุดสีชัง. (2550). *การทำนายการการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. (2543*). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

การกระจายสเปกตรัมของรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศ. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://solardat.uoregon.edu/SolarRadiationBasics.html*

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://apem-thermo2.blogspot.com/2009/12/blog-post_8207.html*

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2555, จาก *http://www.greenpower.9nha.com/solar130w.html*

การพัฒนาประสิทธิภาพของ PV ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละปี. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2555, จาก *http://en.wikipedia.org/wiki/File:PVeff(rev110826).jpg Retrieved on 2011-08-17*

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอน. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2555, จาก *http://naturalenergyth.com/solar_tec.html*

แบบจำลองบ้านเดี่ยว แสดงภาพด้านหน้า ด้านบน และมุมบนข้าง 45 องศา . สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://www.buildideahome.com/?page_id=134*

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี 2553. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2555, จาก *www.eppo.go.th*

แปลนบ้านชั้นล่างและชั้นบน. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th/index.php ?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60*

แปลนบ้านด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้าง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th /index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60*

แปลนบริเวณบ้านและแนวเขตที่ดิน. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th/index .php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60*

แปลนไฟฟ้าชั้นล่างและชั้นบน. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th/index.php? option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60*

แปลนหลังคา. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th/index.php?option=com_ content&view=article&id=53&Itemid=60*

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งบนหลังคา. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php*

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งที่ติดตั้งร่วมกับอาคาร. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://www.annexpower.com/photo_buildingintegratedpv_th.php*

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE_ solar_power_system.html*

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระใช้ภาระทางไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสลับ. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2555, จาก *http://baanthaidd.blogspot.com/2012/03/solar-cell.html*

รายละเอียดสัญลักษณ์แปลนทางไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2555, จาก *http://vvcl.co.th/ index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60*

โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง 500kW จังหวัดแม่ฮ่องสอน. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2555, จาก *http://portal.rotfaithai.com/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=427&start=36*

สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามแผนกำลังผลิตไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2555, จาก *http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841%3A2010-09-22-07-02-07&catid=128&lang=th*

สัดส่วนของประเภทพลังงานที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2555, จาก *http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841%3A2010-09-22-07-02-07&catid=128&lang=th*

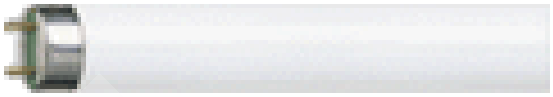
CPV แบบ Parabolic Refractor. สืบค้นเมื่อ 17 มิถุนายน 2555, จาก *www.solfocus.com*

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระบบ

1. การใช้พลังงานและคุณสมบัติอื่นๆของเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์



ที่มา: http://www.lightsclick.com/index.aspx?ProductID=Product-080218141836930

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

หลอด TLD-18W/54/DL
Price : 33.00 Baht
ขนาด 18 วัตต์, แสงสีขาว
หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นมาตรฐานชนิดตรง
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 26 มิลลิเมตร ช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง 10%
เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเดิม (20, 40 วัตต์)
มีให้เลือกทั้งสีเดย์ไลท์และคูลไวท์
มีวงแหวนป้องกันขั้วหลอดดำตลอดอายุการใช้งาน
ใช้ได้ในสถานที่ทั่วไปทั้งในและนอกอาคาร

1.2 หลอดคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์

ที่มา: http://www.lightsclick.com/index.aspx?ProductID=Product-090714132754595

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

รายการสินค้า	ขนาดวัตต์	ขนาด กxย (มม.)	สี	ขั้ว	ความสว่าง (ลูเมน)	อุณหภูมิสี (K)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
ESSENTIAL 3W WW E27	3	44x120	เหลือง	E27	130	2,700	6,000
ESSENTIAL 3W CDL E27	3	44x120	ขาว	E27	120	6,500	6,000
ESSENTIAL 8W WW E27	8	44x142	เหลือง	E27	460	2,700	6,000
ESSENTIAL 8W CDL E27	8	44x142	ขาว	E27	440	6,500	6,000

1.3 เครื่องปรับอากาศ

ที่มา: http://www.daikin.co.th/product/room_air/siesta.htm

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

SPECIFICATION				
Model รุ่น	Indoor unit	AT09JV2S	AT13JV2S	AT18HV2S
	Outdoor unit	AR09JV2S	AR13JV2S	AR18HV2S
Cooling Capacity	BTU/h	8,900	12,700	17,750
EER *	BTU/h/W	11.94	11.84	11.60
ฉลากประหยัดไปเบอร์5				

Indoor unit ชุดแฟนคอยล์ ยูนิต		AT09JV2S	AT13JV2S	AT18HV2S
Dimension (HxWxD)	Mm	283x800x195		290x1,050x238
Machine weight น้ำหนัก	kg.	9		12
Outdoor unit ชุดคอนเดนซิ่ง ยูนิต		AR09JV2S	AR13JV2S	AR18HV2S
Dimension (HxWxD)	Mm	550x765x285		735x825x300
Machine weight	kg.	31	37	48

1.4 พัดลม

ที่มา: http://www.sripiboon.com

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

พัดลม 18 นิ้ว - ใบพัดและโครงสร้างเหล็ก มีความแข็งแรง - ใบพัดขนาด 18 นิ้วให้แรงลม - แรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz 60 W. - ปรับสูง-ต่ำได้ - ปรับความแรงได้ 3 ระดับ – รูปทรงสวยงาม

1.5 โทรทัศน์สี LCD 24”

ที่มา: http://www.lcdtvthailand.com/spec/detail.asp?product=LG_50PA6500&param_id=845

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

BRAND Toshiba	
Type of TV	LCD TV
Model	24HV10T
Size	24"
Year	2011
Price (ราคาเปิดตัว)	**5,390**
PICTURE	
Resolution	1920 x 1080
SOUND	
Surround System	NICAM & German Stereo
Sound Output (Watts)	5W + 5W
CONNECTIVITY	
HDMI	1
HDMI-CEC	N/A
Extral Connection	
Internet Service	No
POWER	
Power Consumption	48 W

Power Supply	220-240V
DIMENSION	
W x H X D - mm. (W/O Stand)	568 x 379 x 87 mm.
W x H x D - mm. (W Stand)	568 x 387 x 125 mm.
Weight - Kg.	4.5 kg (4.3 kg W/O Stand)

1.6 ตู้เย็น

ที่มา: http://www.sripiboon.com

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

รุ่น	**ตู้เย็น 1 ประตู**			
	MR-14D	**MR-17D**	**MR-17DA**	**MR-18DA**
ความจุ (ลิตร)/(คิว)	**140/4.9**	**170/6.0**		**180/6.4**
ขนาด (กxส xล)	555x1016x588	555x1156x588	555x1156x603	555x1206x603
กำลังไฟ (วัตต์)	65	71		71
น้ำหนักสุทธิ	32	35		36
ระบบละลายน้ำแข็ง	ยกถาดเท		ระเหยอัตโนมัติ	
ชั้นวาง	คริสตัลใส			
ประจุลบ	มี			
ฉลากเบอร์ 5	มี			

7) หม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ที่มา: http://www.sripiboon.com

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

กำลังไฟ (วัตต์) 450
จำนวนผู้รับประทาน 2-4
ขนาด (มม.) กxลxส 248x247x255
น้ำหนัก (กก.) 2.5
สี Colour Block (CB), Lovey Flower (LF), Pretty Bird (PB)

1.8 เตารีด

ที่มา: http://www.panasonic.co.th/wps/portal/home/products/homeappliances/laundryhousecleaning/electriciron/drytype/NI317T08

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

ข้อมูลทั่วไป	
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	1,000
น้ำหนัก (กก.)	0.8
แผ่นความร้อน	Non-Stick เคลือบ Greblon
สี	(B) น้ำเงิน , (P) ชมพู

1.9 เครื่องซักผ้า

ที่มา: http://www.panasonic.co.th/wps/portal/home/products/homeappliances/laundryhousecleaning/washingmachine/1tubtype/NAF110H2

รายละเอียดเครื่องใช้ไฟฟ้า

ข้อมูลทั่วไป	
ขนาด : กว้าง x ลึก x สูง (มม.)	620x655x1,025
ปริมาณความจุถังซัก (กก.)	11
จำนวนเสื้อผ้า (ชิ้น) (200 กรัม/ชิ้น)	55
น้ำหนักเครื่อง (กก.)	47
การใช้ไฟฟ้า (วัตต์/ชม.) 220V	129
ความถี่ (เฮิรตซ์)	50
การใช้น้ำซักปกติ (ลิตร)	187
ความเร็วในการปั่น (รอบ/นาที)	640

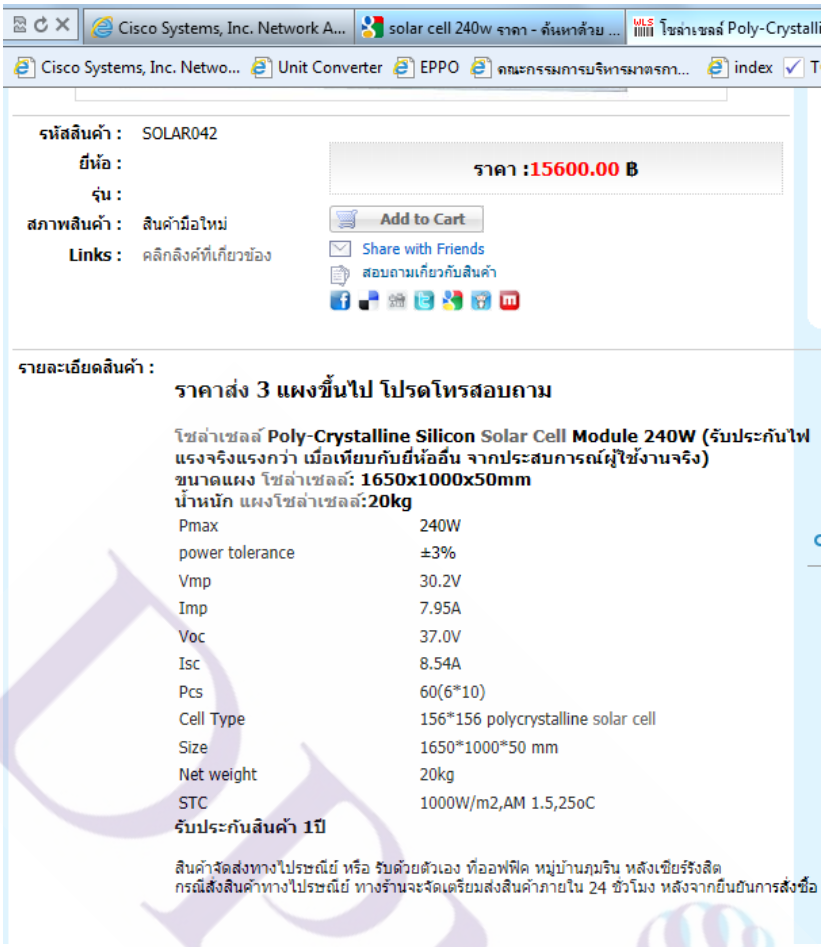
ระบบล็อกป้องกันเด็ก	มี
หน้าจอแสดงผลดิจิตอล	มี
จอแสดงปริมาณต่างๆ	มี
แถบขจัดคราบ	3 ด้าน
ถาดใส่ผงซักฟอก	มี
ฝาปิด	ฝาแก้ว (Aqua Crystal Glass)
ใบพัดยับยั้งแบคทีเรีย	มี
ถังซักสแตนเลส	มี
Ag Air-Filter	มี
ถุงกรองเส้นด้าย	2 ถุง ยับยั้งแบคทีเรีย
เลือกระดับน้ำ (Water Level)	6
ตั้งค่าการใช้งานเอง	มี
แช่ผ้า (Selectable Soak)	1 ชั่วโมง
ระบบปั่นแห้งเร็ว (Air Dry)	15, 30, 90 นาที
ระบบตั้งเวลาซักล่วงหน้า	2-24 ชั่วโมง
เริ่มการทำงานใหม่กึ่งอัตโนมัติ	มี
Autopower Off	มี
จำนวนโปรแกรมซักอัตโนมัติ	7 โปรแกรม : ซักปกติ, แช่ปกติ, ซักรวดเร็ว, ซักถนอมผ้า, ทำความสะอาดถัง, ซักผ้านวม, ล้างน้ำพิเศษ
เทคโนโลยี	Eco Aquabeat : New Shower Rinse, Dancing Water Flow, Foam Wash
รับประกันมอเตอร์	7 ปี
สี	เทาอ่อน

2. คุณลักษณะทางเทคนิคและราคาของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

Model	NS130-C	
Specification		
No.of Cells and connections	36(4x9)	
Application	DC12V system	
Maximum system voltage	DC 1000V	
Dimension of module	1476 x 672 x 35 mm.	
Weight	~12 kgs.	
Electro-optical characteristics		
Peak power	Wp	130W
Open circuit voltage	Voc	21.60V
Optimum power voltage	Vm	17.40V
Short circuit current	Isc	8.09A
Optimum operation current	Im	7.48A
Temperature Coefficients		
Temperature coefficient of Isc	α (Isc)	+0.08%/K
Temperature coefficient of Voc	β (Voc)	+0.35%/K
Temperature coefficient of Pm	γ (Wp)	+0.50%/K
Absolute maximum limits		
Operating temperature	-40 to + 85°C	
Storage temperature	-40 to + 85°C	

ที่มา: www.nsthai.com



ที่มา: http://www.mechashop.com/store/product/view/%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B9%8C_Poly_Crystalline_Silicon_Solar_Cell_Module_240W_%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%9F-21907460-th.html

2.2 อินเวอเตอร์

อินเวอเตอร์แบ่งตามลักษณะของรูปร่างคลื่น ได้คือ Pure sine wave และ Modify sine wave ที่ดีที่สุดคือ Pure sine wave ซึ่งจะสามารถสร้างรูปคลื่นได้เหมือนกับไฟจากระบบของการไฟฟ้า จึงสามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทุกประเภท แต่ถ้าเป็นอินเวอเตอร์แบบ Modify sine wave จะสร้างรูปคลื่นที่เพียงคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ แต่ก็ยังไม่ใช่ จึงไม่สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีมอเตอร์ได้

ที่มา: http://www.thaipowertech.com/index.php?lay=show&ac=cat_show_pro_detail&cid=12922&pid=52413

ตารางรายละเอียดของอินเวอเตอร์แต่ละรุ่น

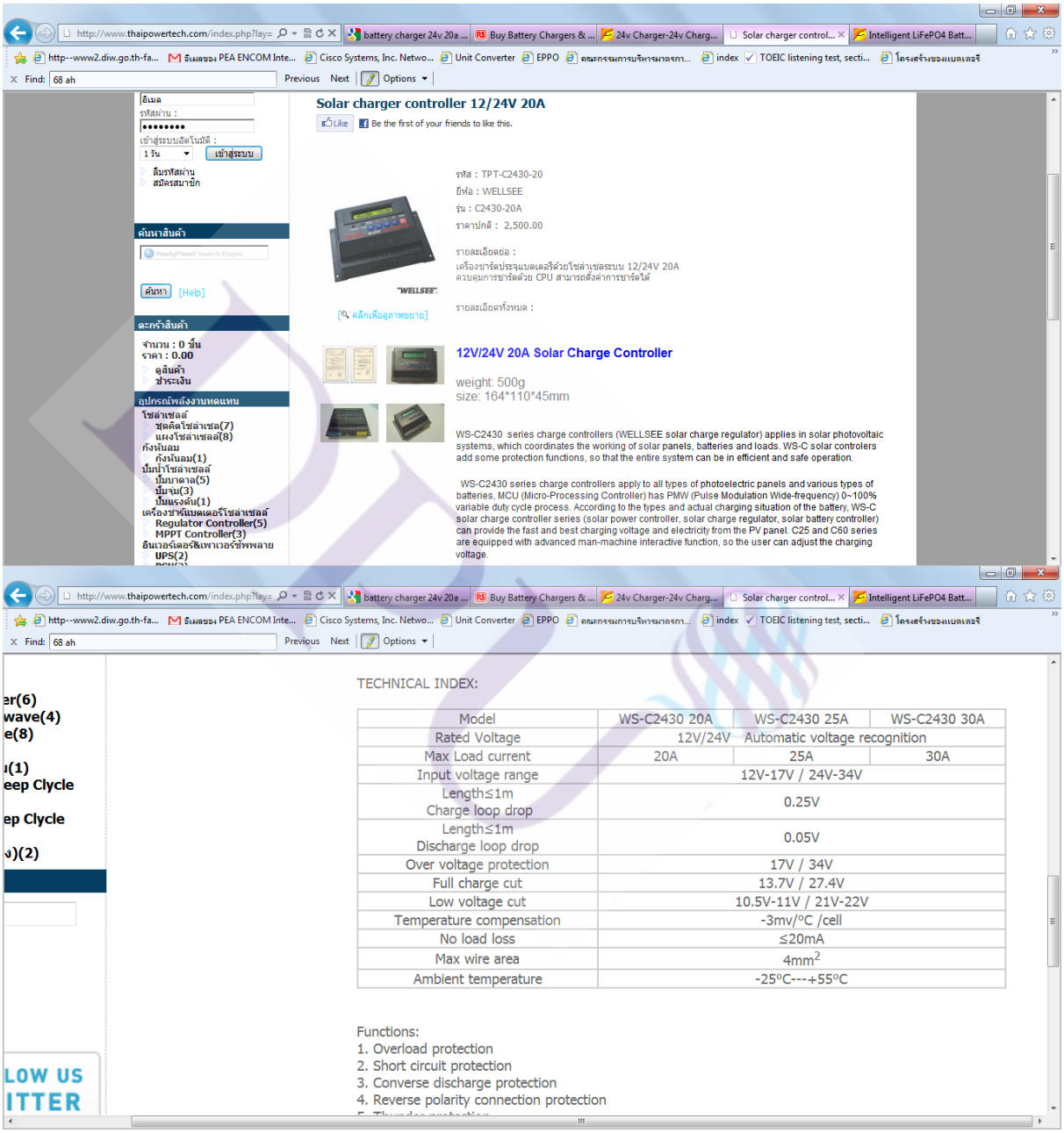
รายละเอียดอินเวอเตอร์แต่ละรุ่น	Input Voltage (Vdc)	Output Voltage (Vac)	Watt Output (continue)	Watt Output (peak)	Price (THB)
500W	12/24	220VAC/50Hz	500W	1000W	4,500/4,500
1000W	12/24/48	220VAC/50Hz	1000W	2000W	6,800/6,800/7,480
1500W	12/24/48	220VAC/50Hz	1500W	3000W	9,500/9,500/10,350
2000W	12/24/48	220VAC/50Hz	2000W	4000W	12,900/12,900/14,400
3000W	12/24/48	220VAC/50Hz	3000W	6000W	22,000/22,000/25,500

หมายเหตุ. 1) อินเวอเตอร์ทุกรุ่นในตารางเป็นแบบ Pure sine wave

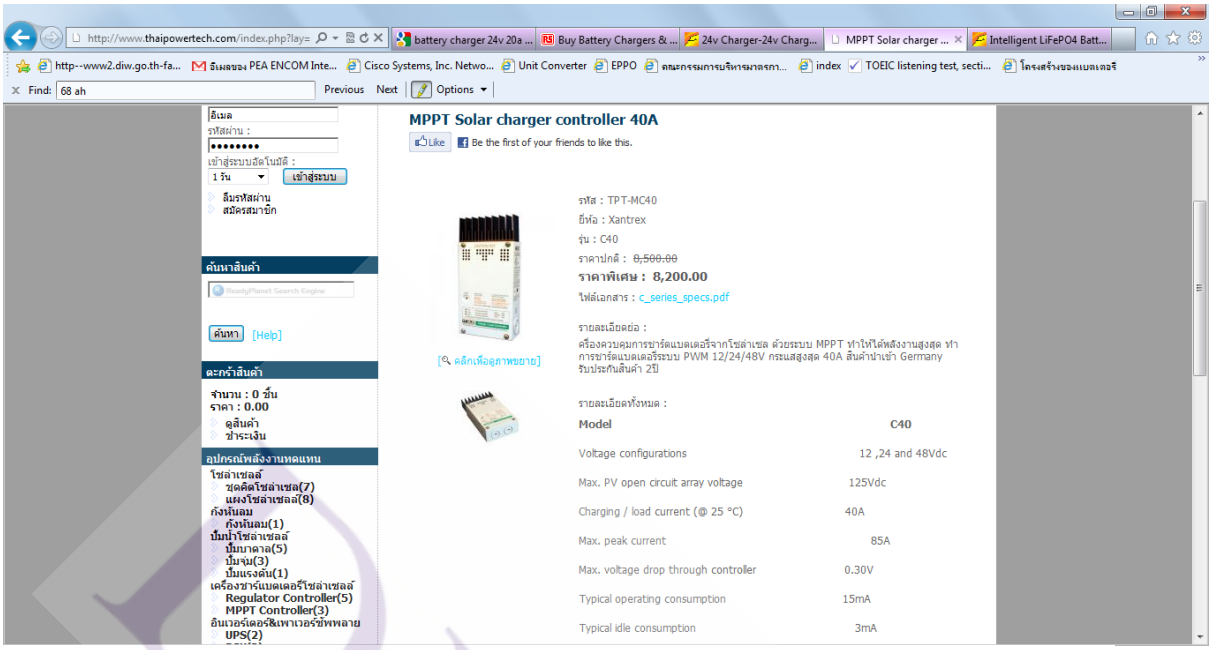
2) ประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์มากกว่า 90%

2.3 เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่

1) Solar charger controller 12/24V 20A



2) Solar charger controller 12/24V 40A



3) Solar charger controller 12/24V 60A

ที่มา: http://www.thaipowertech.com

2.4 แบตเตอรี่

เลือกใช้แบตเตอรี่ที่เป็นแบบ Deep Cycle ดังในรูปที่ 4.7 เพราะบำรุงรักษาง่าย อายุการใช้งานยาวนาน สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ ได้เป็นระยะเวลานานและสามารถชาร์จกลับได้ง่ายด้วยกระแสไฟต่ำๆ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงถึง 80% ของความจุแบตเตอรี่ โดยไม่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมไว เนื่องจากออกแบบมาให้แผ่นตะกั่วภายในมีความหนา ทนทานต่อการคายประจุมากๆ ทั้งนี้ราคาของแบตเตอรี่ก็จะต่างกันออกไปตามขนาดความจุของแบตเตอรี่ ดังตารางที่ 4.3

ที่มา: http://www.esansolar.com/goods.php?id=18

ราคา 5,750 บาท

Model	ชนิดขั้ว	Voltage	Capacity at 20hr (Ah)	Battery Dimension (mm.)			
				L	W	H	TH
EBB100	V	12	100	406	170	213	262

ราคา 6,080 บาท

Model	ชนิดขั้ว	Voltage	Capacity at 20hr (Ah)	Battery Dimension (mm.)			
				L	W	H	TH
EBB125	V	12	125	406	170	213	262

ราคา 4,850 บาท

Model	ชนิดขั้ว	Voltage	Capacity at 20hr (Ah)	Battery Dimension (mm.)			
				L	W	H	TH
EB65	V	12	80	303	170	201	250

การเลือกขนาดแบตเตอรี่

การเลือกแบตเตอรี่ควรเลือก แบตเตอรี่ที่เหมาะกับการใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั่นคือแบตเตอรี่ Lead acid ชนิด Deep cycle เพราะมีอายุการใช้งานที่ยาวกว่า คือ 5 ปี ถ้าเป็นแบบธรรมดาจะมีอายุการใช้งานเพียง 1-2 ปี และยิ่งถ้ามีการใช้งานหนัก discharge สูงๆ จะทำให้แผ่นตะกั่วงอได้ง่าย แต่ถ้าเป็นชนิด Deep cycle ซึ่งออกแบบมาให้ทนต่อการ discharge สูงๆ จะมีแผ่นตะกั่วที่หนากว่า และงอได้ยากกว่า

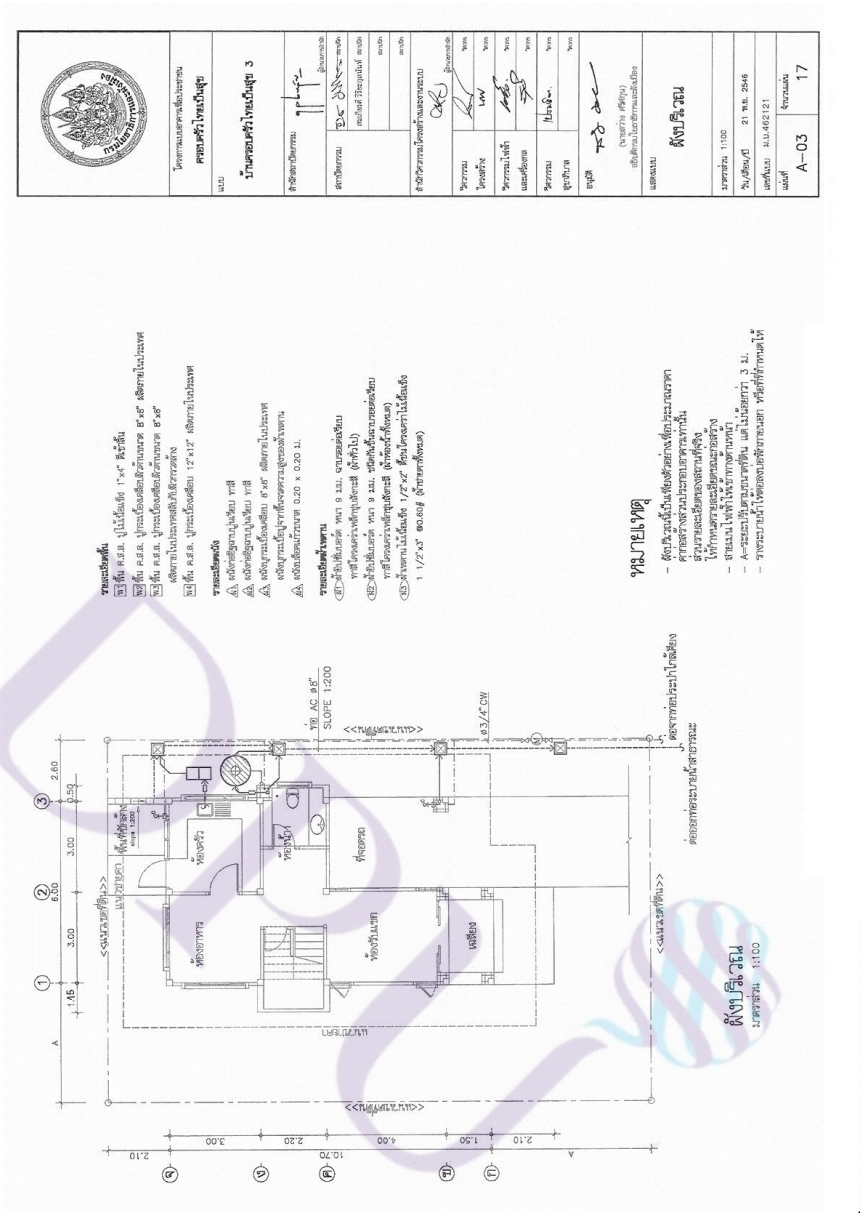
$$\text{ขนาดของแบตเตอรี่} = \frac{\text{ค่าการใช้พลังงานรวม}}{\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ X การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่ X ประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์}}$$

$$= \frac{19412.64}{24 \; x \; 0.8 \; x \; 0.9}$$

$$= 1125 \text{ Ah}$$

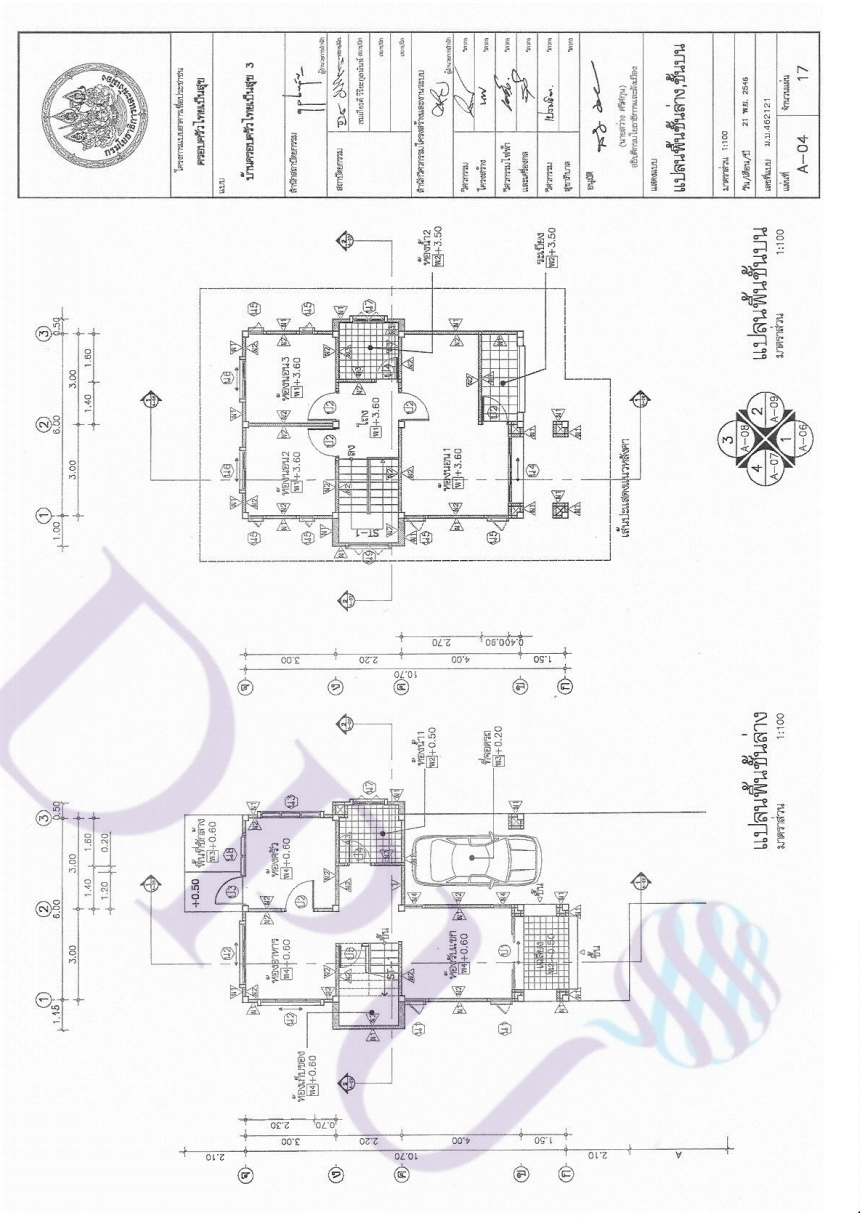
3. แบบแปลนของบ้านเดี่ยวมาตรฐาน

แบบแปลนของบ้านเดี่ยวมาตรฐานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยเป็นแบบแปลนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาพื้นที่ที่สามารถติดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ไม่ว่าจะเป็นบริเวณหลังคา หรือพื้นดิน และในแปลนทางไฟฟ้ายังใช้ในการคำนวณหาความต้องการพลังงานไฟฟ้าด้วย



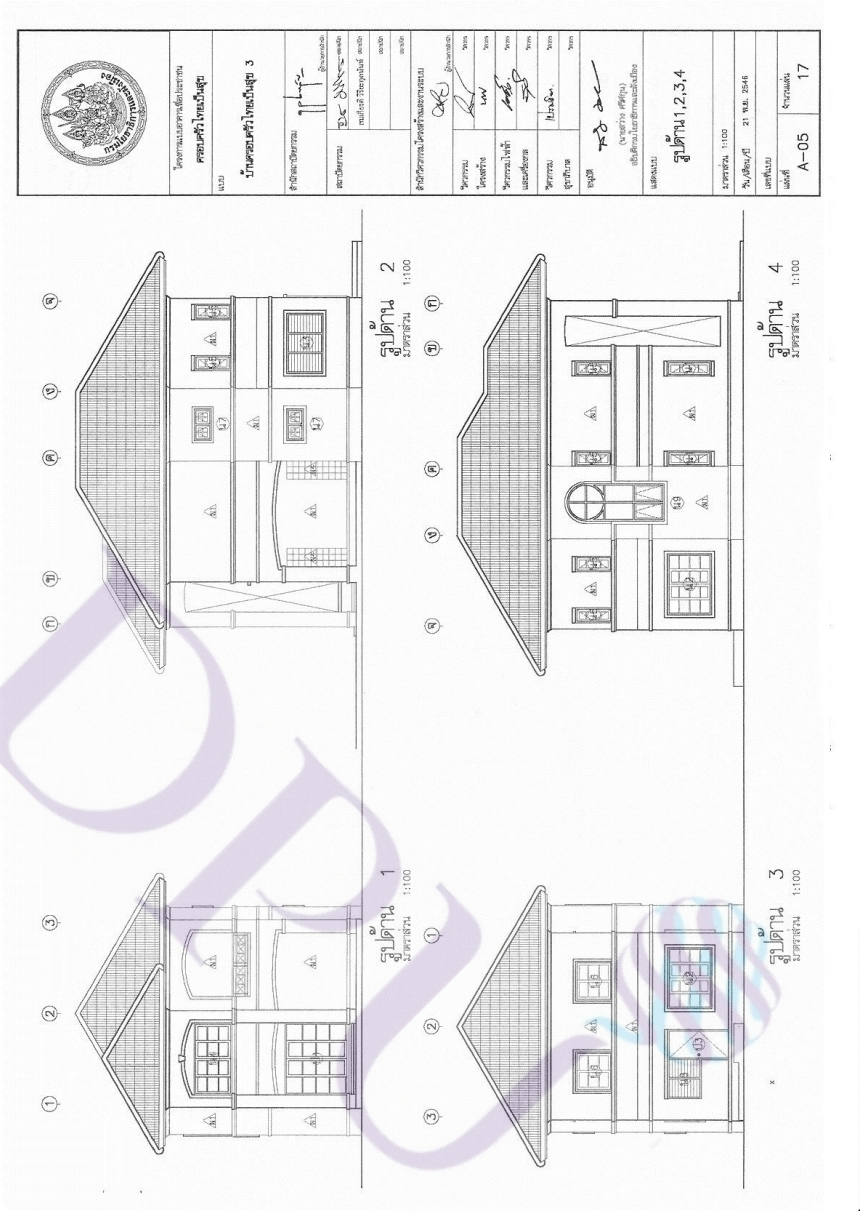
แปลนบริเวณบ้านและแนวเขตที่ดิน

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)



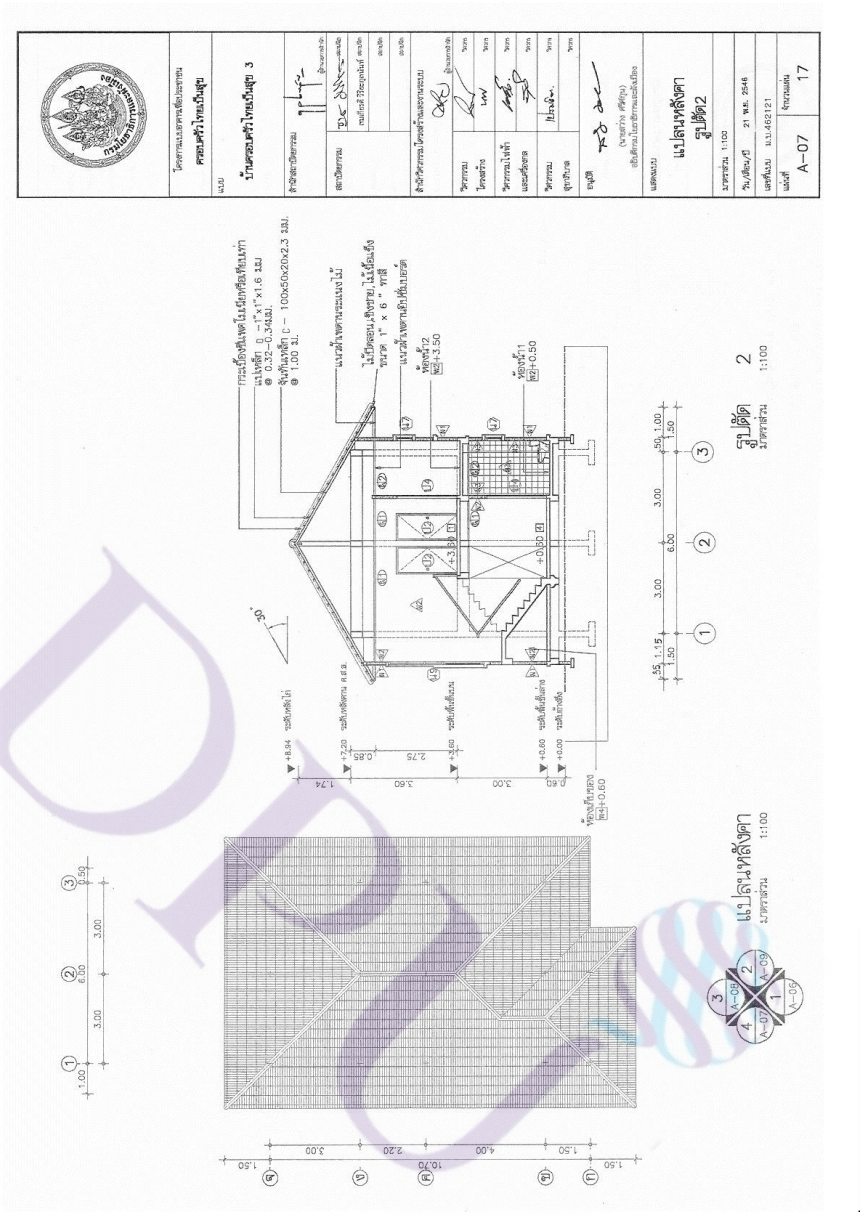
แปลนบ้านชั้นล่างและชั้นบน

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)



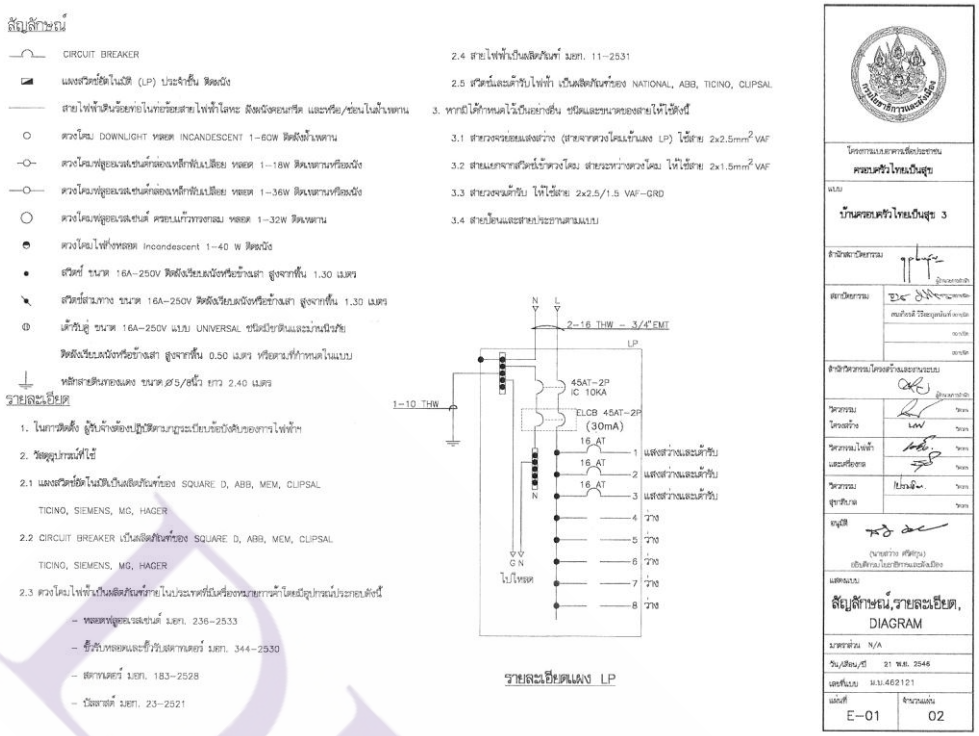
แปลนบ้านด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้าง

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)



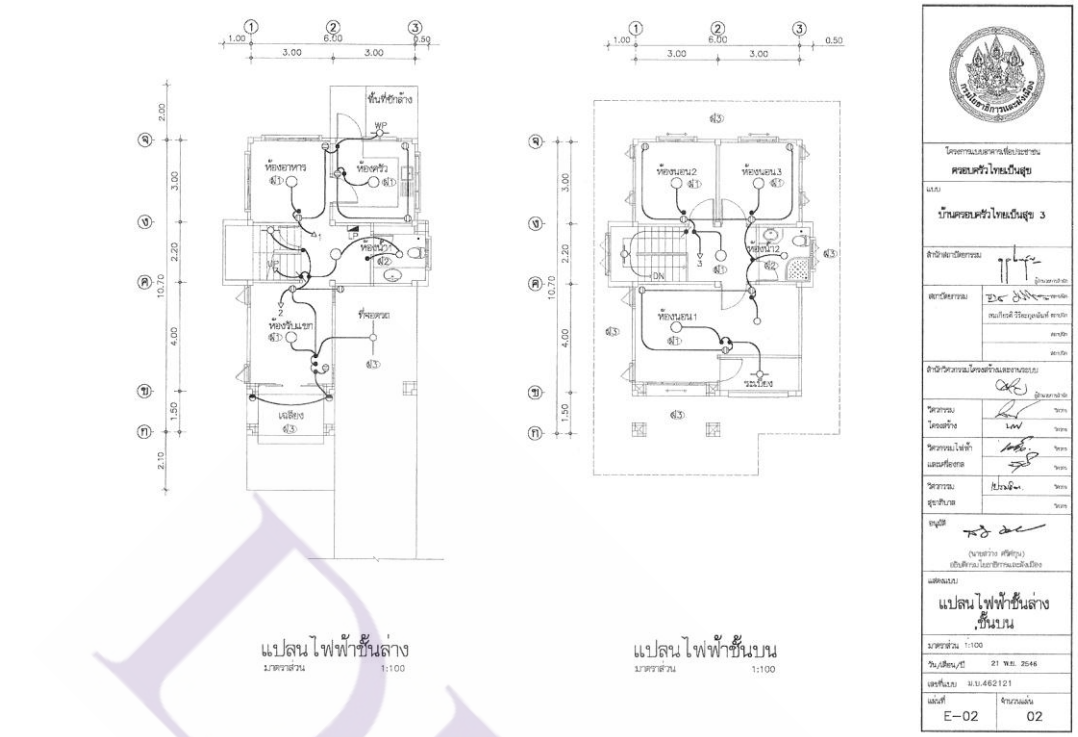
แปลนหลังคา

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)



รายละเอียดสัญลักษณ์แปลนทางไฟฟ้า

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)



แปลนไฟฟ้าชั้นล่างและชั้นบน

ที่มา: http://vvcl.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=60 (12 พฤษภาคม 2555)

ภาคผนวก ข
การคำนวณค่าไฟฟ้า
และผลตอบแทนทางการเงินโดยโปรแกรม Microsoft Excel

1. การคำนวณค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าคิดตามอัตราของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประเภทบ้านที่อยู่อาศัย อัตราปกติ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน เดือนมิถุนายน-สิงหาคม มีค่า Ft เป็น0.30 บาท/ หน่วย

ตารางที่ 4.1 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 150)	2.7628
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
อัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติ		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			8.19
15 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 15)	1.8632	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 – 25)	2.5026	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 – 35)	2.7549	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	3.1381	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 – 150)	3.2315	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	
ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.1.1 ที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 90 หน่วยต่อเดือน ได้รับสิทธิค่าไฟฟ้าฟรีในเดือนนั้น			
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน			38.22
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off Peak	
1.2.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495	312.24
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827	38.22

หมายเหตุ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย ติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อใดที่การใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าเกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2

3. ประเภทที่ 1.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

4. ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือก ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถแจ้งความประสงค์ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 1.1 ตามเดิมได้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์		3.4230	312.24
2.1.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์			46.16
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off Peak	
2.2.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495	312.24
2.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827	46.16

หมายเหตุ 1. ประเภทที่ 2.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 2.2 เป็นอัตราเลือก ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถแจ้งความประสงค์ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 2.1 ตามเดิมได้

3. เดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 แล้วแต่กรณี

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	175.70	2.7441	312.24
3.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	196.26	2.7815	312.24
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	221.50	2.8095	312.24

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
3.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 3.2 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เป็นครั้งแรก ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2543

3. ประเภทที่ 3.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 3.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

4. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปก็ยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Partial	Off Peak		
4.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	2.7441	312.24
4.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	285.05	58.88	0	2.7815	312.24
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	332.71	68.22	0	2.8095	312.24

Peak : เวลา 18.30 – 21.30 น. ของทุกวัน

Partial : เวลา 08.00 – 18.30 น. ของทุกวัน (ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า คิดเฉพาะส่วนที่เกิน Peak)

Off Peak : เวลา 21.30 – 08.00 น. ของทุกวัน

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
4.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
4.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. ประเภทที่ 4.2 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ หรือผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่เคยใช้ TOU แล้ว

2. ประเภทที่ 4.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมประเภทที่ 4.1 เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 4.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

3. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ หรือการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรม และ กิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
5.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

5.2 อัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการติดมิเตอร์ TOU

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	220.56	2.7441	312.24
5.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	256.07	2.7815	312.24
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	276.64	2.8095	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 5.1 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 ทุกราย ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการติดตั้งมิเตอร์ TOU ให้คิดประเภทที่ 5.2 ไปก่อน

3. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปก็ยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
6.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป		3.0493	312.24
6.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์		3.2193	312.24
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์			312.24
10 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 10)	2.4357	
เกิน 10 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	3.5263	

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
6.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
6.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ประเภทที่ 6.2 ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้าหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ยังคงคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ถึงค่าไฟฟ้าประจำเดือน กันยายน 2555 และตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2555 เป็นต้นไป จะจัดเข้าประเภทที่ 2 หรือ 3 หรือ 4 แล้วแต่กรณี

2. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

3. ประเภทที่ 6.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 6.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าไฟฟ้าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรที่หน่วยราชการรับรอง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

7.1 อัตราปกติ		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
			115.16
100 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 100)	1.6033	
เกิน 100 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	2.7549	

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/เดือน)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
7.2.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.6531	2.1495	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.7989	2.1827	228.17

อัตราขั้นต่ำ : ประเภทที่ 7.2 ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือหม้อแปลงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เฉพาะที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำประกอบ ซี.ที.) ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 7.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 7.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

ประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่องานก่อสร้าง งานที่จัดขึ้นเป็นพิเศษชั่วคราว สถานที่ที่ไม่มีทะเบียนบ้านของสำนักงานทะเบียนส่วนท้องถิ่น และการใช้ไฟฟ้าที่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

๐	ค่าพลังงานไฟฟ้า (ทุกระดับแรงดัน)	หน่วยละ	6.4369	บาท

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้อัตราประเภทนี้ หากมีความประสงค์จะขอเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่น หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตรวจพบว่าได้เปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่นแล้ว เช่น เพื่อประกอบธุรกิจ หรืออุตสาหกรรม หรือบ้านอยู่อาศัย ฯลฯ เมื่อได้ยื่นคำร้องขอใช้ไฟฟ้าถาวรต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในท้องถิ่นนั้น พร้อมกับเดินสาย และติดตั้งอุปกรณ์ภายในให้เรียบร้อยถูกต้องตามมาตรฐาน และชำระเงินค่าธรรมเนียมการใช้ไฟฟ้าแบบถาวรให้ครบถ้วน ตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว ค่าไฟฟ้าจะคิดตามอัตราประเภทที่ 1 – 7 แล้วแต่กรณี

ข้อกำหนดช่วงเวลาอัตรา TOU

Peak : เวลา 09.00 น. – 22.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์ และวันพืชมงคล **Off Peak** : เวลา 22.00 น.– 09.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์ และวันพืชมงคล
: เวลา 00.00 น.– 24.00 น. วันเสาร์ – อาทิตย์,วันแรงงานแห่งชาติ,
วันพืชมงคลที่ตรงกับวันเสาร์ – อาทิตย์ และ
วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

ข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า

1. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ซึ่งมีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลค (Lag) เฉพาะเดือนที่มีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ย ใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว โดยส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ (KVAR) ละ 56.07 บาท (เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์)

2. อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

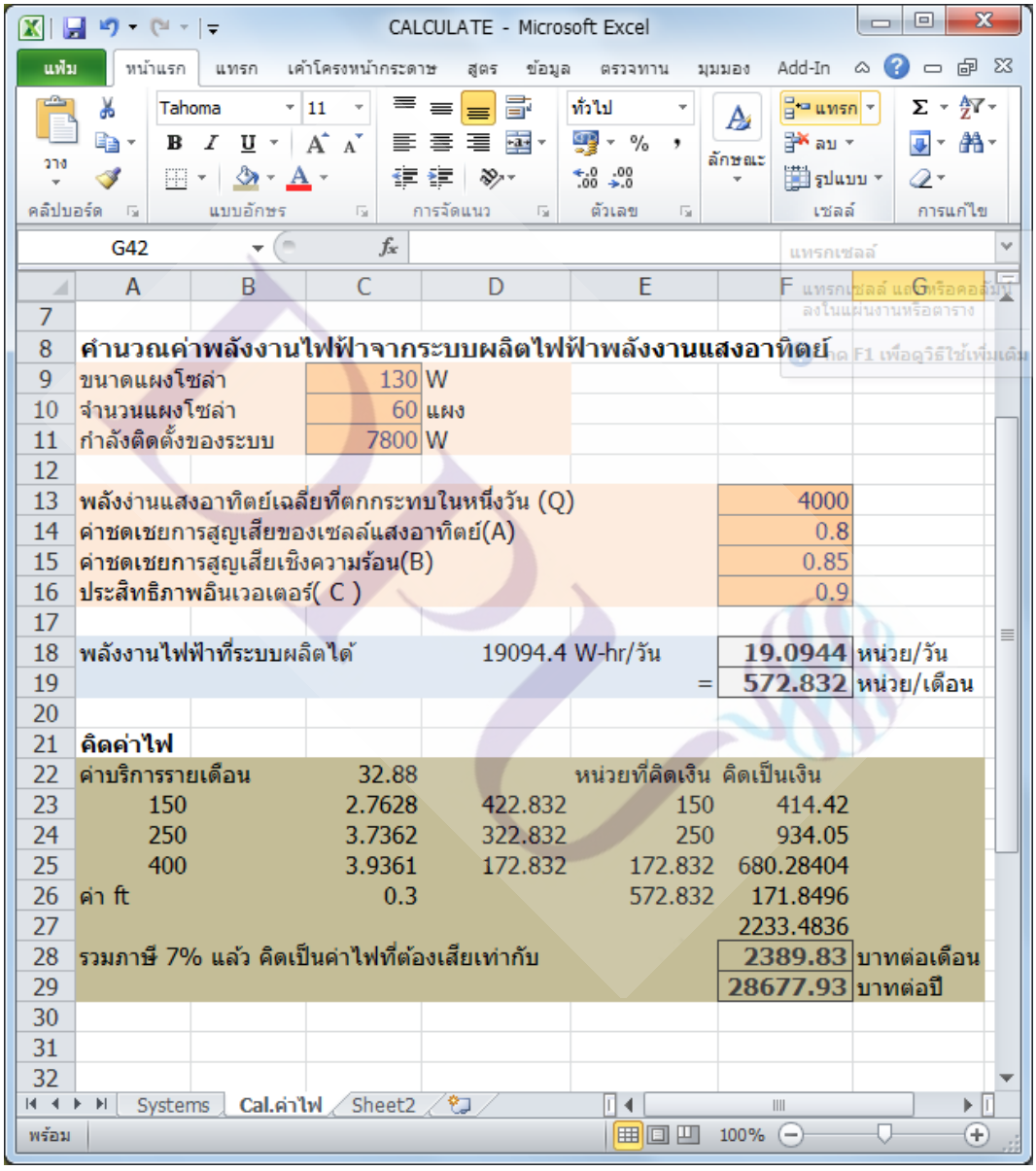
3. ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือน ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าตามอัตราข้างต้น ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) และภาษีมูลค่าเพิ่ม

อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เริ่มใช้ตั้งแต่ **ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554** เป็นต้นไป

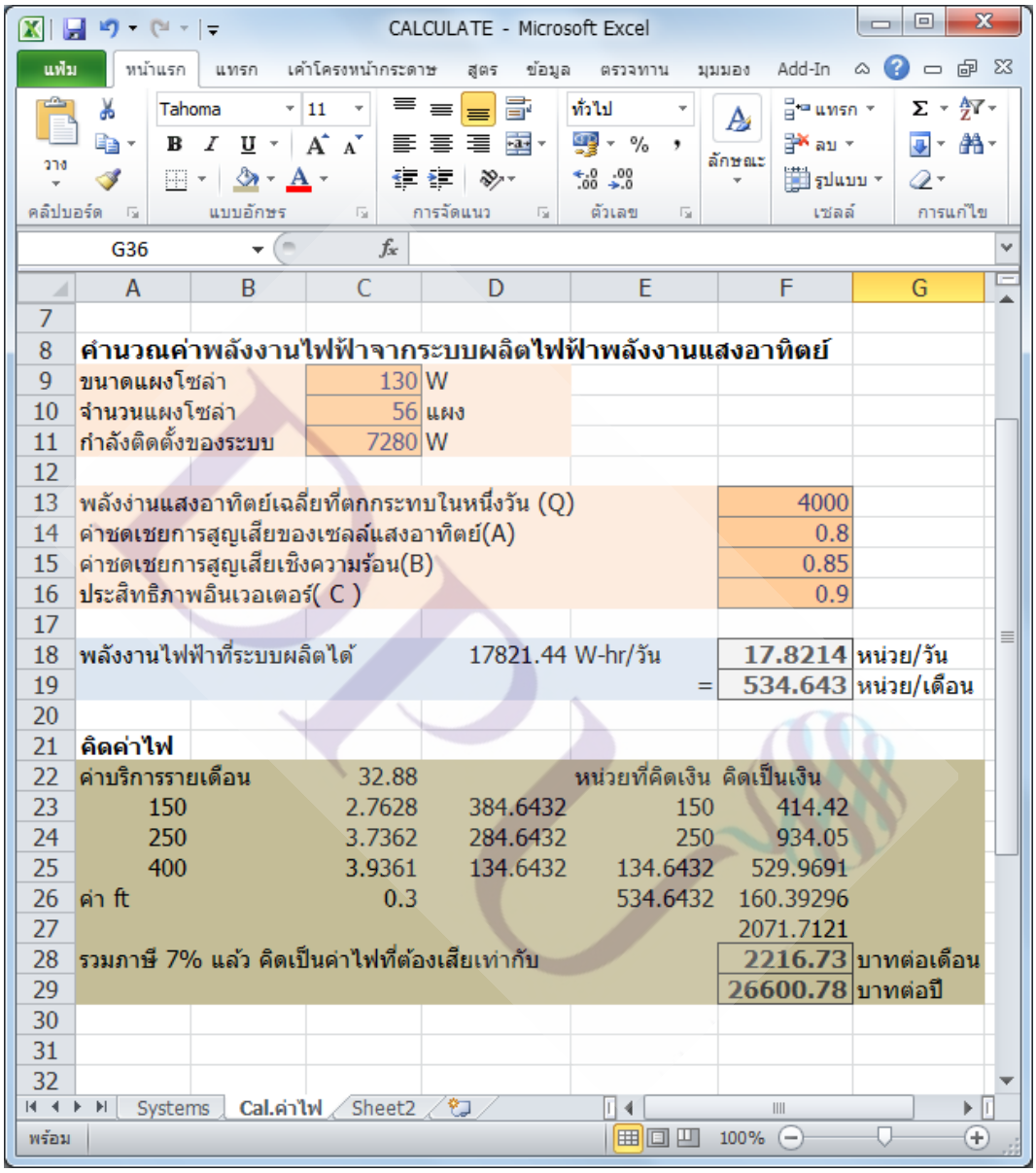
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 200 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2590-9125, 0-2590-9127 โทรสาร 0-2590-9133-34 http://www.pea.co.th
Call Center 1129

1.1 การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในโปรแกรม Microsoft Excel

1) กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือก 1 และทางเลือก 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.80 kW



ทางเลือก 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 7.28 kW



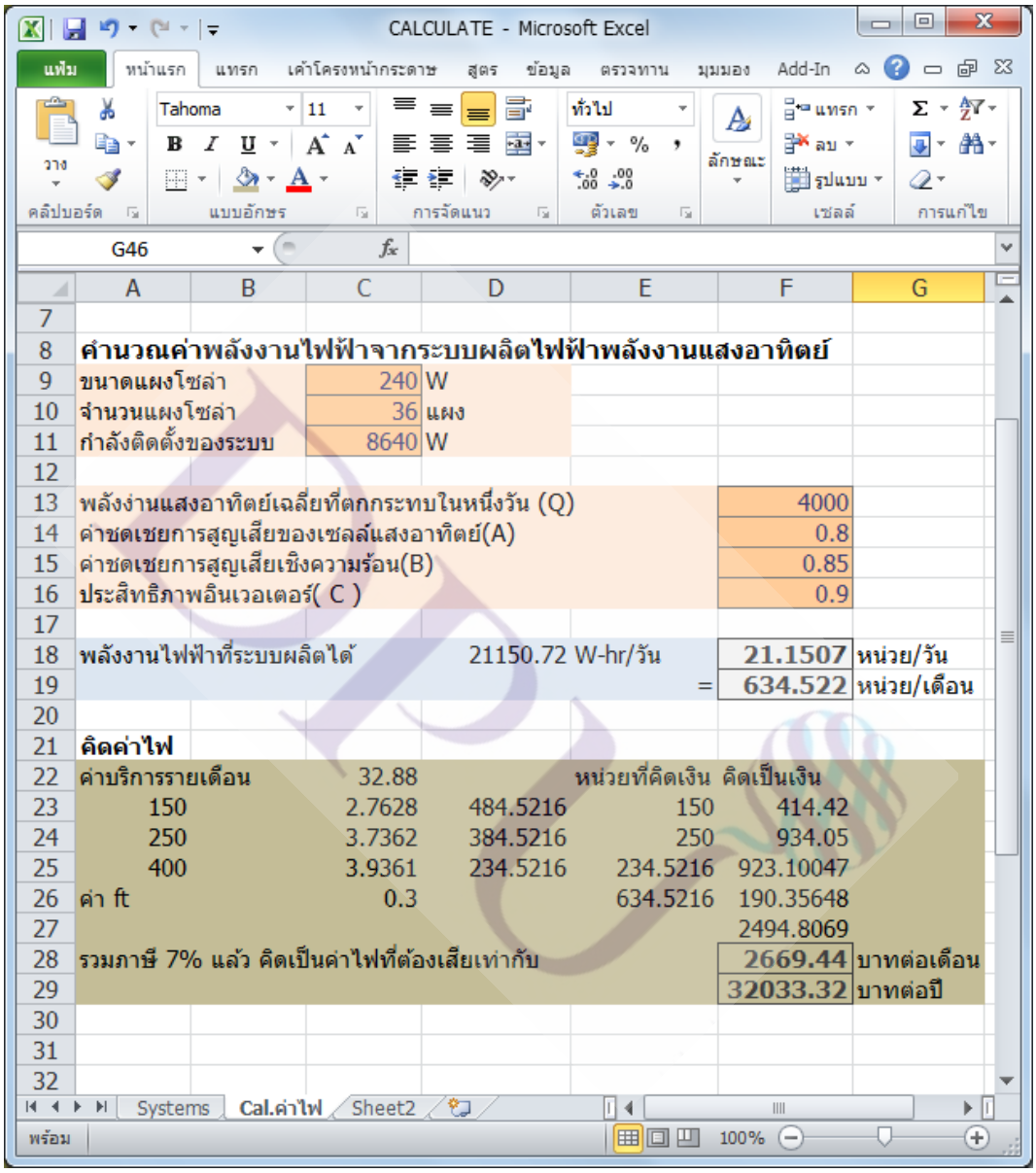
CALCULATE - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G
8	**คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**						
9	ขนาดแผงโซล่า		130	W			
10	จำนวนแผงโซล่า		56	แผง			
11	กำลังติดตั้งของระบบ		7280	W			
13	พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน (Q)					4000	
14	ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์(A)					0.8	
15	ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน(B)					0.85	
16	ประสิทธิภาพอินเวอเตอร์(C)					0.9	
18	พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้			17821.44	W-hr/วัน	17.8214	หน่วย/วัน
19					=	534.643	หน่วย/เดือน
21	**คิดค่าไฟ**						
22	ค่าบริการรายเดือน		32.88		หน่วยที่คิดเงิน	คิดเป็นเงิน	
23	150		2.7628	384.6432	150	414.42	
24	250		3.7362	284.6432	250	934.05	
25	400		3.9361	134.6432	134.6432	529.9691	
26	ค่า ft		0.3		534.6432	160.39296	
27						2071.7121	
28	รวมภาษี 7% แล้ว คิดเป็นค่าไฟที่ต้องเสียเท่ากับ					2216.73	บาทต่อเดือน
29						26600.78	บาทต่อปี

Sheets: Systems | Cal.ค่าไฟ | Sheet2

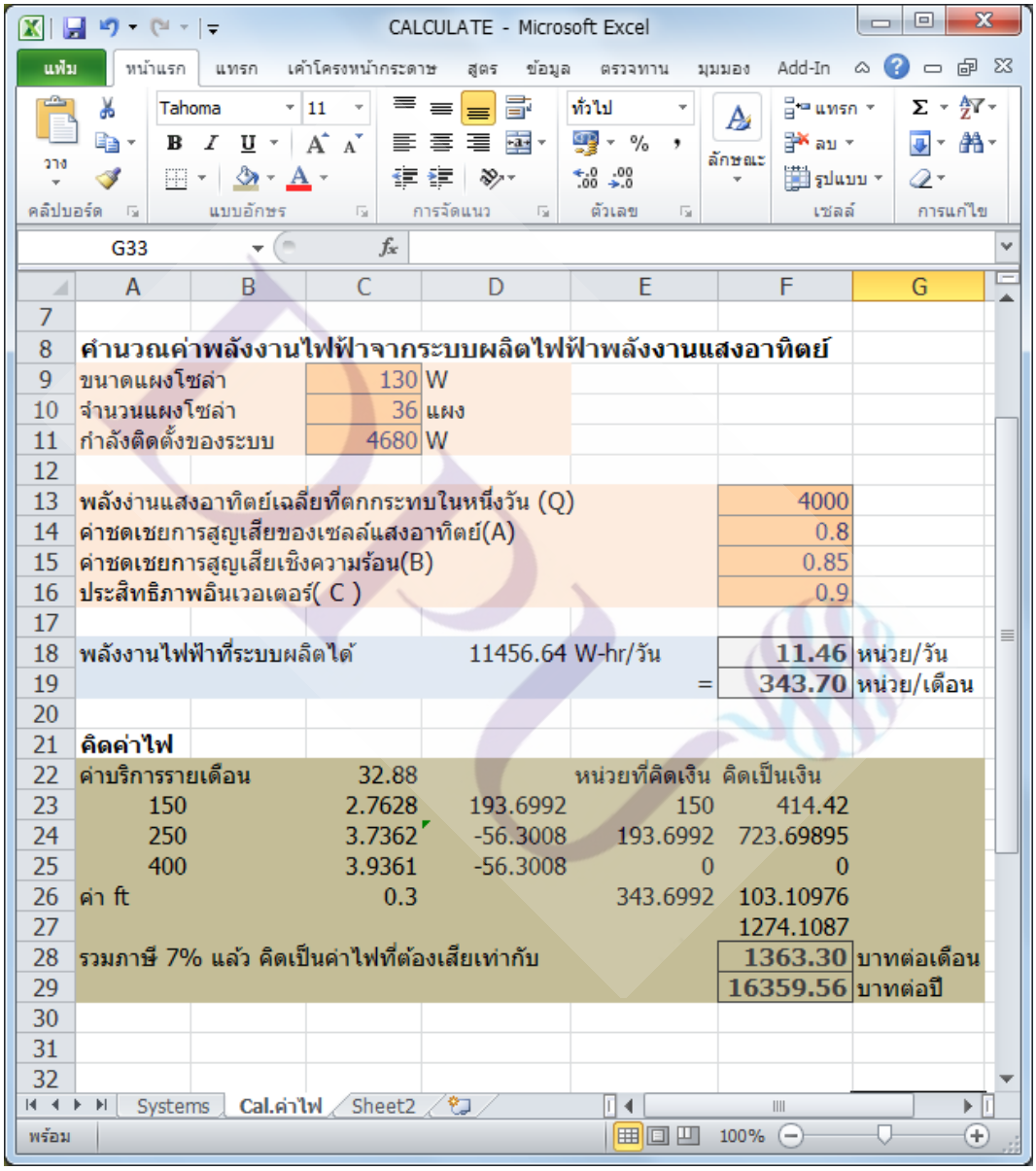
พร้อม 100%

ทางเลือก 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.64 kW



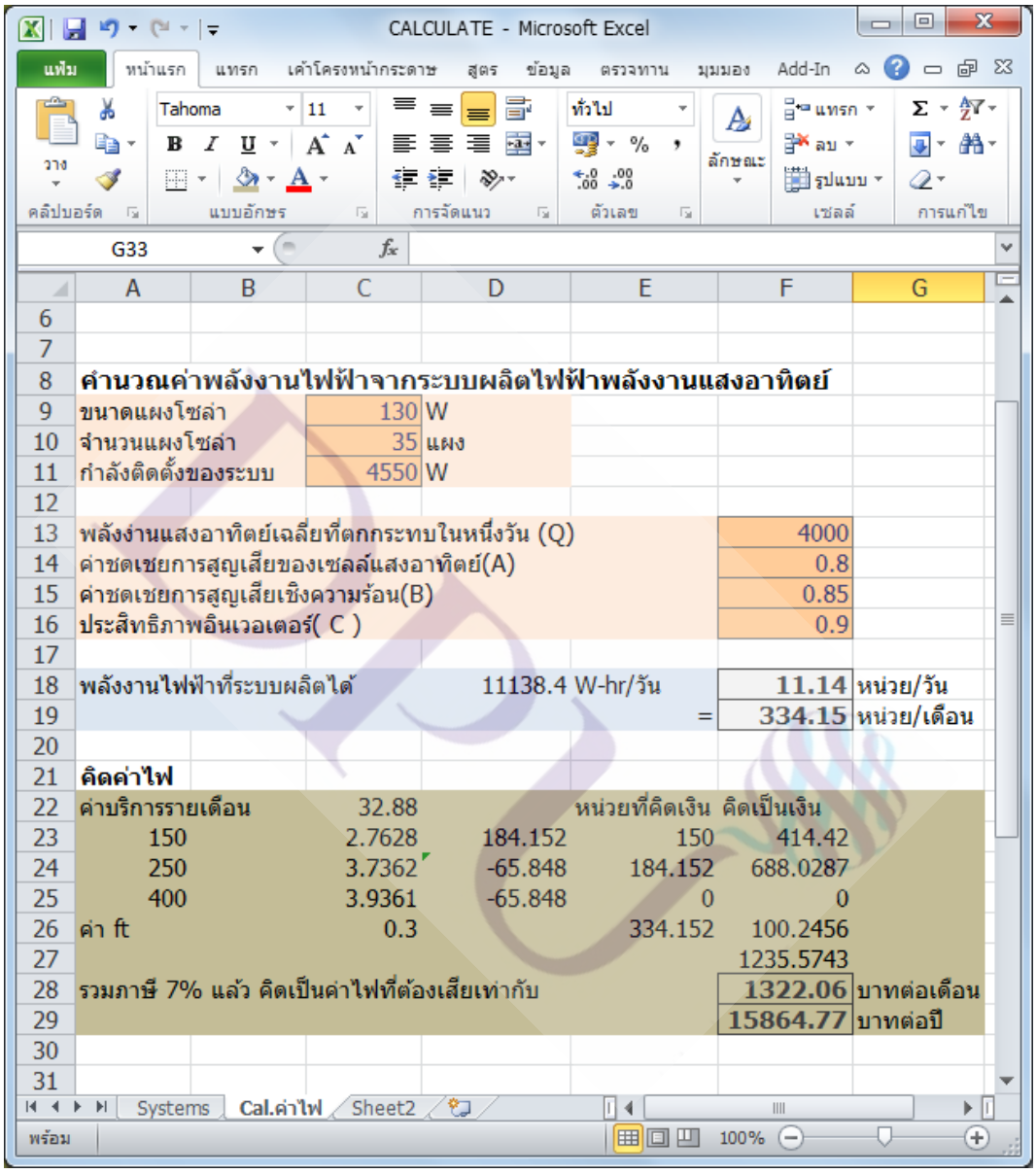
2) กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานภายในบ้าน

ทางเลือก 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW

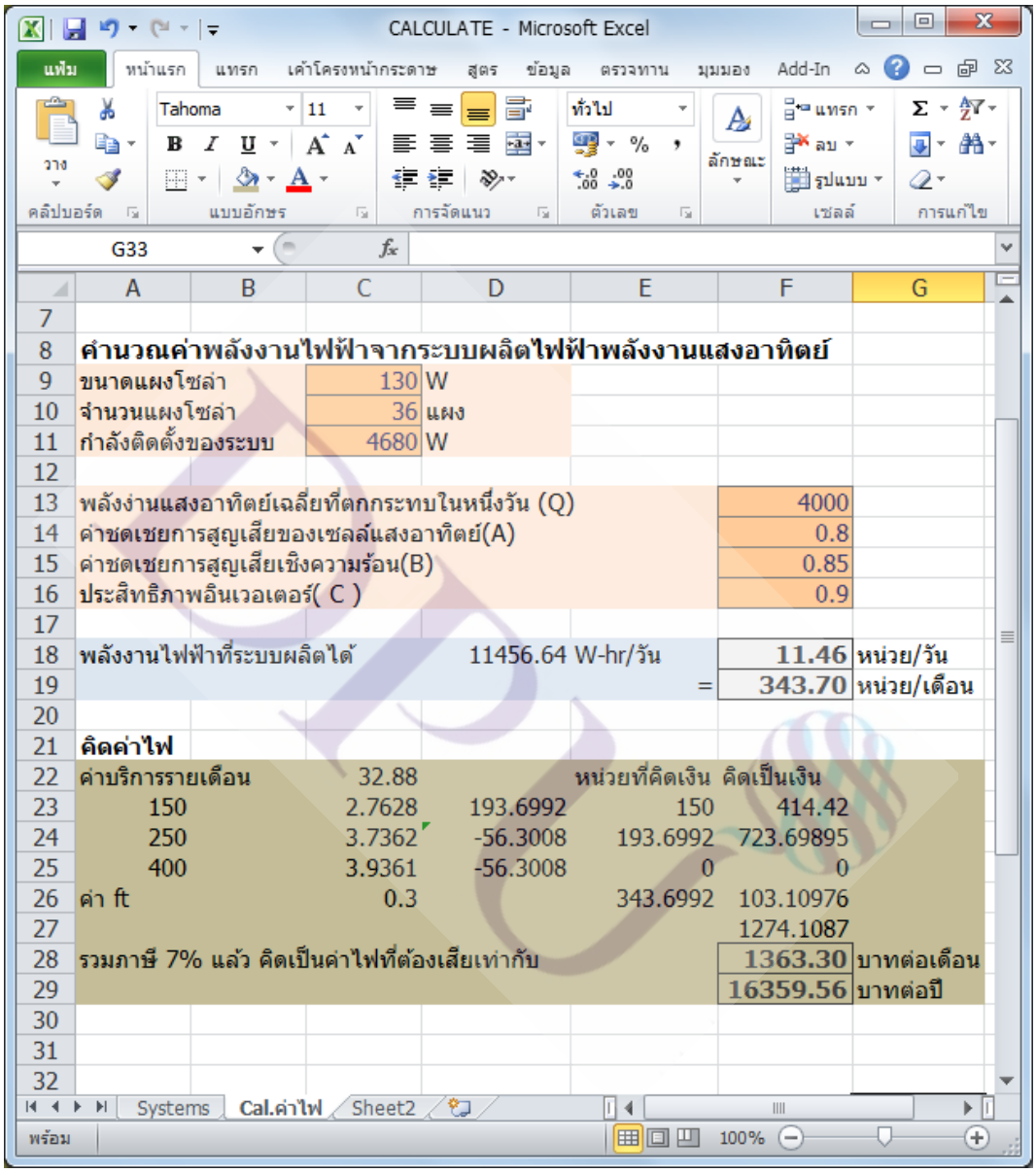


	A	B	C	D	E	F	G
8	**คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**						
9	ขนาดแผงโซล่า		130	W			
10	จำนวนแผงโซล่า		36	แผง			
11	กำลังติดตั้งของระบบ		4680	W			
13	พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตกกระทบในหนึ่งวัน (Q)					4000	
14	ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์(A)					0.8	
15	ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน(B)					0.85	
16	ประสิทธิภาพอินเวอเตอร์(C)					0.9	
18	พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้			11456.64 W-hr/วัน		**11.46**	หน่วย/วัน
19						= **343.70**	หน่วย/เดือน
21	**คิดค่าไฟ**						
22	ค่าบริการรายเดือน		32.88		หน่วยที่คิดเงิน	คิดเป็นเงิน	
23		150	2.7628	193.6992	150	414.42	
24		250	3.7362	-56.3008	193.6992	723.69895	
25		400	3.9361	-56.3008	0	0	
26	ค่า ft		0.3		343.6992	103.10976	
27						1274.1087	
28	รวมภาษี 7% แล้ว คิดเป็นค่าไฟที่ต้องเสียเท่ากับ					**1363.30**	บาทต่อเดือน
29						**16359.56**	บาทต่อปี

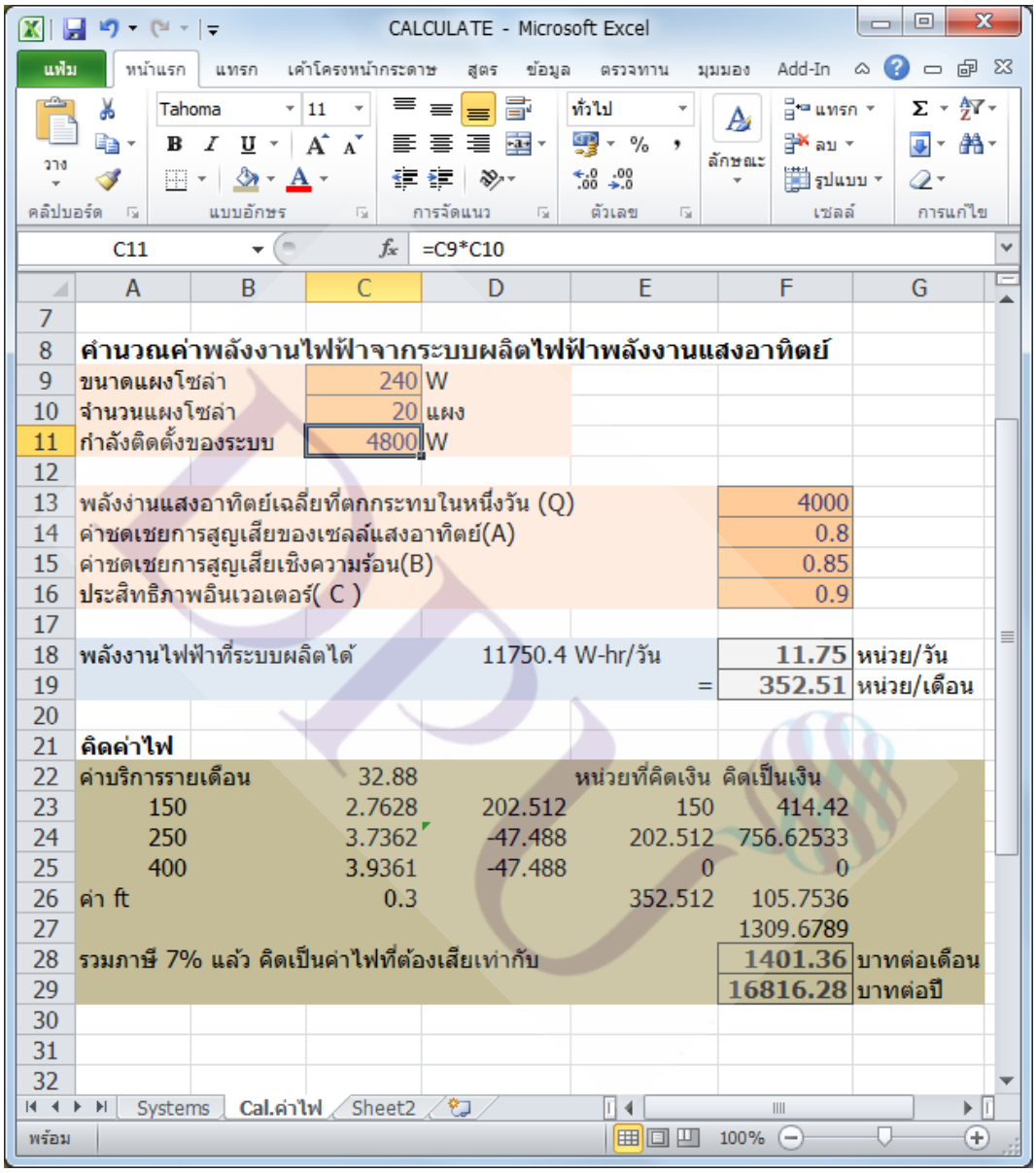
ทางเลือก 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.45 kW



ทางเลือก 3 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4.68 kW



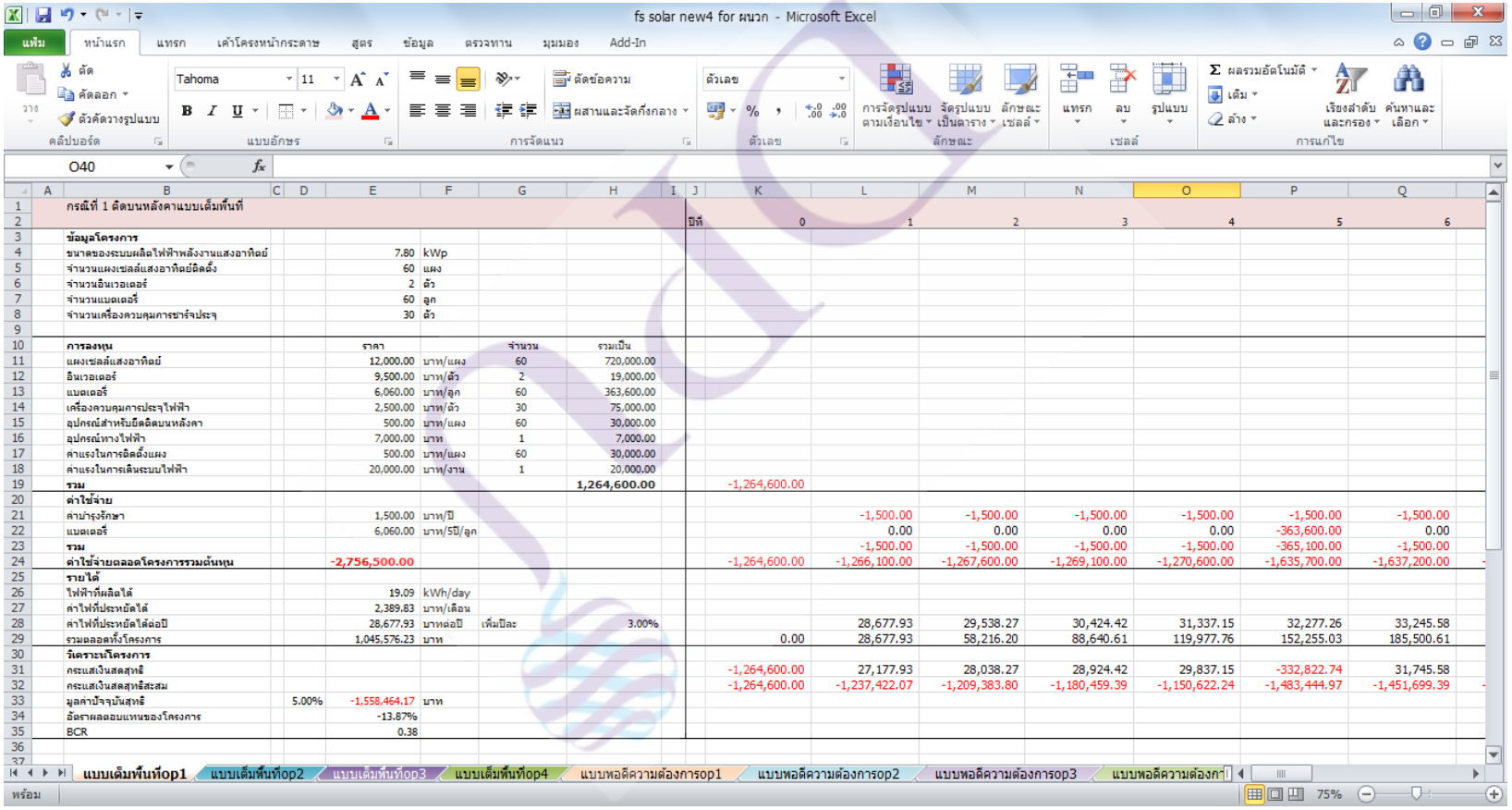
ทางเลือก 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 4800 kW



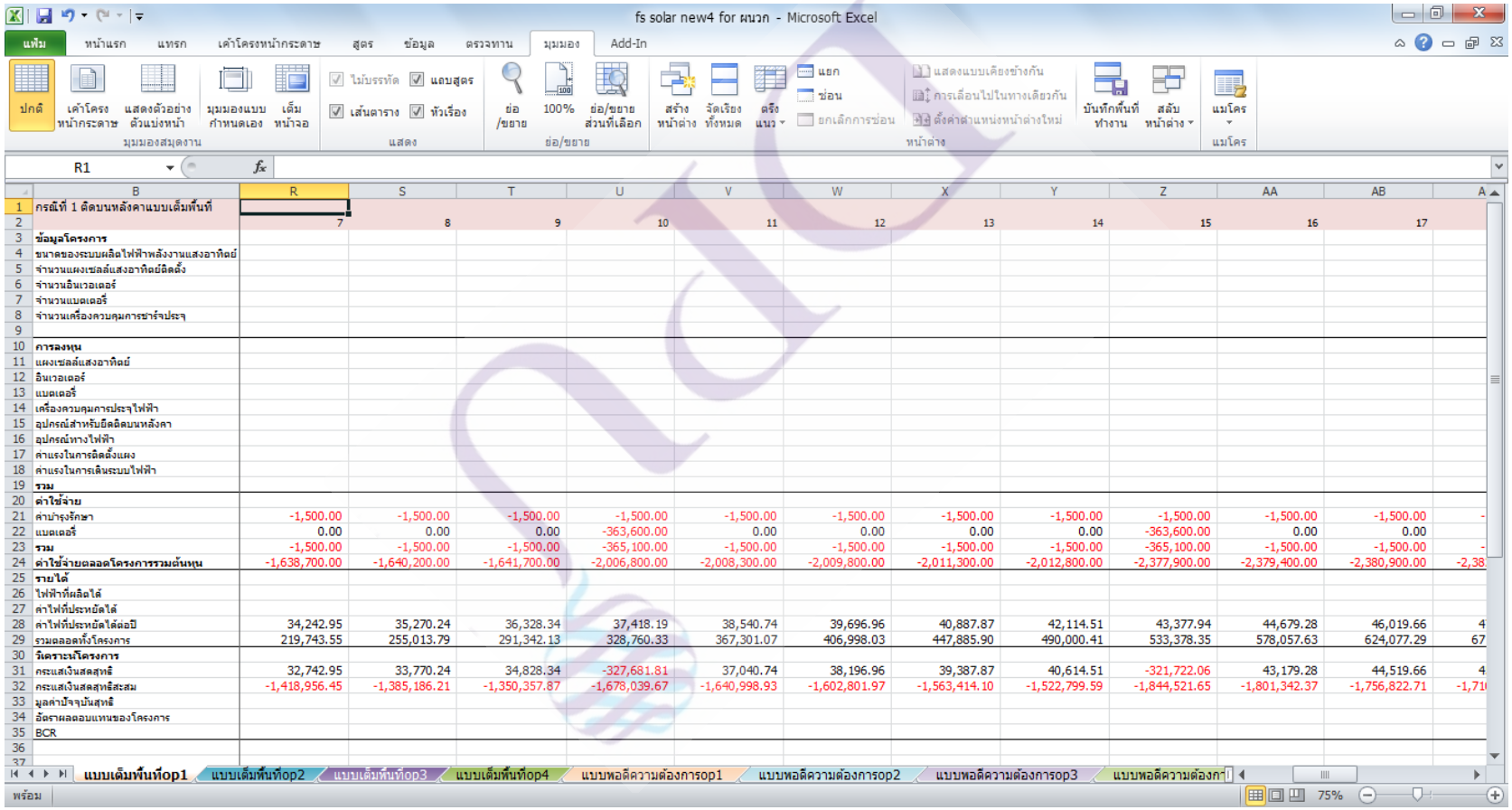
1.2 การคำนวณผลตอบแทนทางการเงินของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในโปรแกรม Microsoft Excel

1) กรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเต็มพื้นที่หลังคา ทางเลือกที่ 1

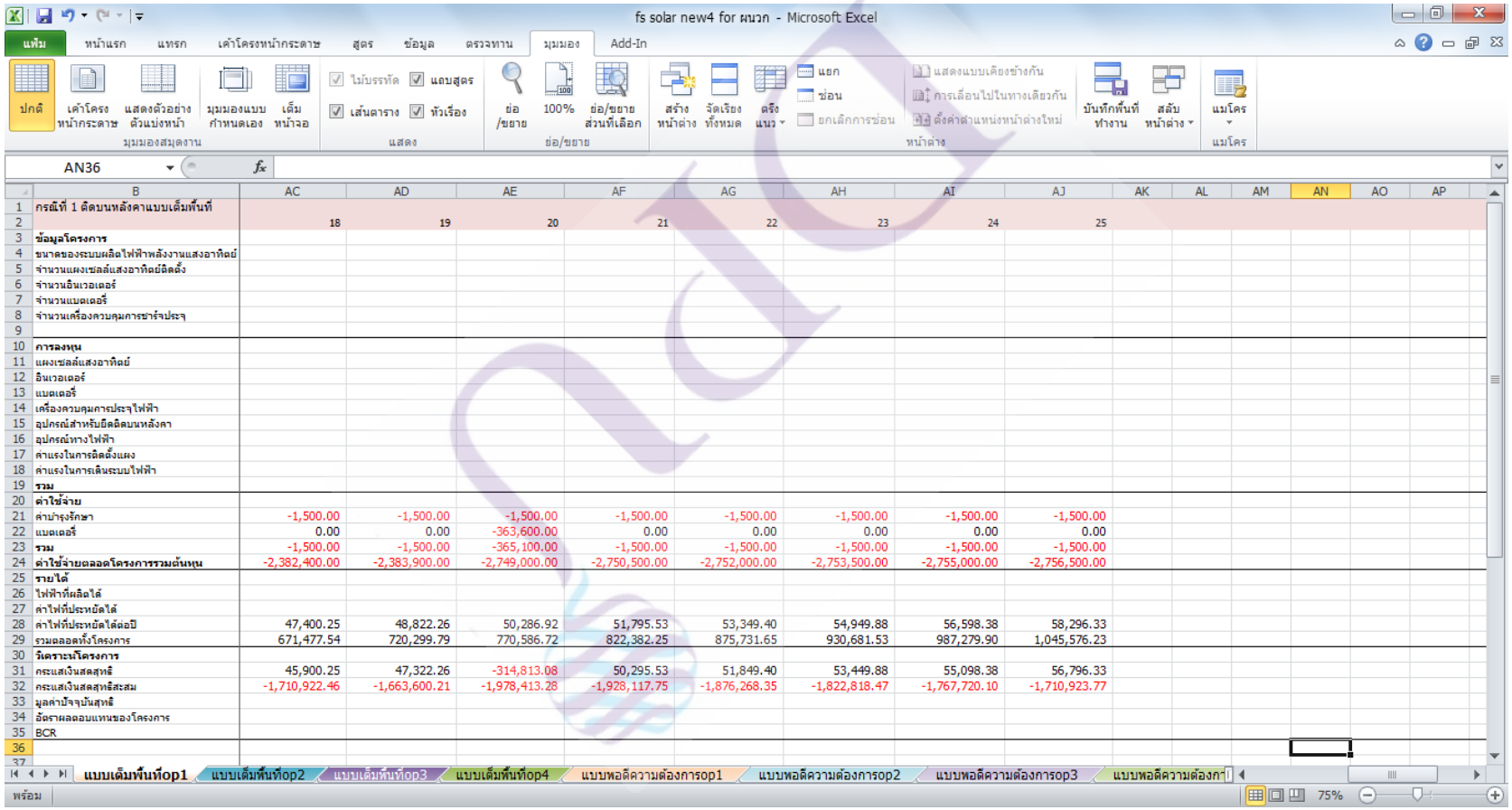
DPU



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		กรณีที่ 1 ติดบนหลังคาแบบเต็มพื้นที่															
2										ปีที่	0	1	2	3	4	5	6
3		**ข้อมูลโครงการ**															
4		ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์			7.80	kWp											
5		จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง			60	แผง											
6		จำนวนอินเวอเตอร์			2	ตัว											
7		จำนวนแบตเตอรี่			60	ลูก											
8		จำนวนเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ			30	ตัว											
9																	
10		**การลงทุน**			ราคา		จำนวน	รวมเป็น									
11		แผงเซลล์แสงอาทิตย์			12,000.00	บาท/แผง	60	720,000.00									
12		อินเวอเตอร์			9,500.00	บาท/ตัว	2	19,000.00									
13		แบตเตอรี่			6,060.00	บาท/ลูก	60	363,600.00									
14		เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า			2,500.00	บาท/ตัว	30	75,000.00									
15		อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา			500.00	บาท/แผง	60	30,000.00									
16		อุปกรณ์ทางไฟฟ้า			7,000.00	บาท	1	7,000.00									
17		ค่าแรงในการติดตั้งแผง			500.00	บาท/แผง	60	30,000.00									
18		ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า			20,000.00	บาท/งาน	1	20,000.00									
19		**รวม**						**1,264,600.00**			-1,264,600.00						
20		**ค่าใช้จ่าย**															
21		ค่าบำรุงรักษา			1,500.00	บาท/ปี						-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00
22		แบตเตอรี่			6,060.00	บาท/5ปี/ลูก						0.00	0.00	0.00	0.00	-363,600.00	0.00
23		**รวม**										-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-365,100.00	-1,500.00
24		**ค่าใช้จ่ายตลอดโครงการรวมต้นทุน**			**-2,756,500.00**						-1,264,600.00	-1,266,100.00	-1,267,600.00	-1,269,100.00	-1,270,600.00	-1,635,700.00	-1,637,200.00
25		**รายได้**															
26		ไฟฟ้าที่ผลิตได้			19.09	kWh/day											
27		ค่าไฟที่ประหยัดได้			2,389.83	บาท/เดือน											
28		ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี			28,677.93	บาทต่อปี	เพิ่มปีละ	3.00%				28,677.93	29,538.27	30,424.42	31,337.15	32,277.26	33,245.58
29		รวมตลอดทั้งโครงการ			1,045,576.23	บาท					0.00	28,677.93	58,216.20	88,640.61	119,977.76	152,255.03	185,500.61
30		**วิเคราะห์โครงการ**															
31		กระแสเงินสดสุทธิ									-1,264,600.00	27,177.93	28,038.27	28,924.42	29,837.15	-332,822.74	31,745.58
32		กระแสเงินสดสุทธิสะสม									-1,264,600.00	-1,237,422.07	-1,209,383.80	-1,180,459.39	-1,150,622.24	-1,483,444.97	-1,451,699.39
33		มูลค่าปัจจุบันสุทธิ		5.00%	-1,558,464.17	บาท											
34		อัตราผลตอบแทนของโครงการ			-13.87%												
35		BCR			0.38												
36																	
37																	



	B	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	A
1	กรณีที่ 1 ติดบนหลังคาแบบเต็มพื้นที่												
2		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
3	**ข้อมูลโครงการ**												
4	ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์												
5	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง												
6	จำนวนอินเวอเตอร์												
7	จำนวนแบตเตอรี่												
8	จำนวนเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ												
9													
10	**การลงทุน**												
11	แผงเซลล์แสงอาทิตย์												
12	อินเวอเตอร์												
13	แบตเตอรี่												
14	เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า												
15	อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา												
16	อุปกรณ์ทางไฟฟ้า												
17	ค่าแรงในการติดตั้งแผง												
18	ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า												
19	**รวม**												
20	**ค่าใช้จ่าย**												
21	ค่าบำรุงรักษา	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-
22	แบตเตอรี่	0.00	0.00	0.00	-363,600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-363,600.00	0.00	0.00	
23	**รวม**	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-365,100.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-365,100.00	-1,500.00	-1,500.00	-
24	**ค่าใช้จ่ายตลอดโครงการรวมต้นทุน**	-1,638,700.00	-1,640,200.00	-1,641,700.00	-2,006,800.00	-2,008,300.00	-2,009,800.00	-2,011,300.00	-2,012,800.00	-2,377,900.00	-2,379,400.00	-2,380,900.00	-2,38
25	**รายได้**												
26	ไฟฟ้าที่ผลิตได้												
27	ค่าไฟที่ประหยัดได้												
28	ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี	34,242.95	35,270.24	36,328.34	37,418.19	38,540.74	39,696.96	40,887.87	42,114.51	43,377.94	44,679.28	46,019.66	4
29	รวมตลอดทั้งโครงการ	219,743.55	255,013.79	291,342.13	328,760.33	367,301.07	406,998.03	447,885.90	490,000.41	533,378.35	578,057.63	624,077.29	67
30	**วิเคราะห์โครงการ**												
31	กระแสเงินสดสุทธิ	32,742.95	33,770.24	34,828.34	-327,681.81	37,040.74	38,196.96	39,387.87	40,614.51	-321,722.06	43,179.28	44,519.66	4
32	กระแสเงินสดสุทธิสะสม	-1,418,956.45	-1,385,186.21	-1,350,357.87	-1,678,039.67	-1,640,998.93	-1,602,801.97	-1,563,414.10	-1,522,799.59	-1,844,521.65	-1,801,342.37	-1,756,822.71	-1,71
33	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ												
34	อัตราผลตอบแทนของโครงการ												
35	BCR												
36													
37													



	B	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1	กรณีที่ 1 ติดบนหลังคาแบบเต็มพื้นที่								
2		18	19	20	21	22	23	24	25
3	**ข้อมูลโครงการ**								
4	ขนาดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์								
5	จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง								
6	จำนวนอินเวอเตอร์								
7	จำนวนแบตเตอรี่								
8	จำนวนเครื่องควบคุมการชาร์จประจุ								
9									
10	**การลงทุน**								
11	แผงเซลล์แสงอาทิตย์								
12	อินเวอเตอร์								
13	แบตเตอรี่								
14	เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า								
15	อุปกรณ์สำหรับยึดติดบนหลังคา								
16	อุปกรณ์ทางไฟฟ้า								
17	ค่าแรงในการติดตั้งแผง								
18	ค่าแรงในการเดินระบบไฟฟ้า								
19	**รวม**								
20	**ค่าใช้จ่าย**								
21	ค่าบำรุงรักษา	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00
22	แบตเตอรี่	0.00	0.00	-363,600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	**รวม**	-1,500.00	-1,500.00	-365,100.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00	-1,500.00
24	**ค่าใช้จ่ายตลอดโครงการรวมต้นทุน**	-2,382,400.00	-2,383,900.00	-2,749,000.00	-2,750,500.00	-2,752,000.00	-2,753,500.00	-2,755,000.00	-2,756,500.00
25	**รายได้**								
26	ไฟฟ้าที่ผลิตได้								
27	ค่าไฟที่ประหยัดได้								
28	ค่าไฟที่ประหยัดได้ต่อปี	47,400.25	48,822.26	50,286.92	51,795.53	53,349.40	54,949.88	56,598.38	58,296.33
29	รวมตลอดทั้งโครงการ	671,477.54	720,299.79	770,586.72	822,382.25	875,731.65	930,681.53	987,279.90	1,045,576.23
30	**วิเคราะห์โครงการ**								
31	กระแสเงินสดสุทธิ	45,900.25	47,322.26	-314,813.08	50,295.53	51,849.40	53,449.88	55,098.38	56,796.33
32	กระแสเงินสดสุทธิสะสม	-1,710,922.46	-1,663,600.21	-1,978,413.28	-1,928,117.75	-1,876,268.35	-1,822,818.47	-1,767,720.10	-1,710,923.77
33	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ								
34	อัตราผลตอบแทนของโครงการ								
35	BCR								
36									

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	พิชยดา จิรวรรษวงศ์
ประวัติการศึกษา	วุฒิการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ปีการศึกษา 2552
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรโครงการ หน่วยธุรกิจลงทุนพลังงานไฟฟ้า 1 ที่บริษัท พีอีเอ เอ็นคอม อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

DPU