การลดต้นทุนด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ธนาภรณ์ จริงโพธิ์
ปฏิกร พรมศรี
อาทิตย์ หมู่สะแก
อินปรัชญา ถาวรสวัสดิ์สกุล

โครงงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ปีการศึกษา 2562

การลดต้นทุนด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ธนาภรณ์ จริงโพธิ์
ปฏิกร พรมศรี
อาทิตย์ หมู่สะแก
อินปรัชญา ถาวรสวัสดิ์สกุล

โครงงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ปีการศึกษา 2562

ชื่อปริญญานิพนธ์	การลดต้นทุนด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์
คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	ธนาภรณ์ จริงโพธิ์
	ปฏิกร พรมศรี
	อาทิตย์ หมู่สะแก
	อินปรัชญา ถาวรสวัสดิ์สกุล
อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต	สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
ปี พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ชาญศักดิ์ ตรีภพ

บทคัดย่อ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการประหยัดต้นทุนในระยะยาว โดยการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะของโครงการ 25 ปี ตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาทางสถิติในประเทศไทยพบว่าการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยอยู่ที่ 178,602 GWh และปัจจุบันพลังงานนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ และมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อแพลิงต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงตามไปด้วยและยังมีผลให้ต้นทุนการประกอบกิจการต่าง ๆ ทั้งโรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากมีการใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าสูงตามไปด้วย ซึ่งบรษัทได้ตระหนักถึงการลดต้นทุนเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อให้ธุรกิจอยู่รอด และได้ลงทุนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย ทั้งนี้การศึกษาถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเอียง 30 องศา และการติดตั้งบนพื้น ให้พอดีกับความต้องการใช้ภายในบริษัท จากการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของบริษัทในหนึ่งวัน เฉลี่ย 5,153 W ในหนึ่งวัน และคำนวณออกมาได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องผลิตได้เท่ากับ 17.13 kW จึงจะเพียงพอต่อการใช้งาน

จากผลการวิเคราะห์จากความต้องการไฟฟ้าของบริษัทสรุปได้ว่า เลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 W จำนวน 18 แผง ซึ่งเป็นแผงที่มีขนาด 1.956 m × 0.992 m × 0.04 m เมื่อวางติดกับพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นดาดฟ้า หรือหลังคา จะกินพื้นที่ 2 ตารางเมตร ต่อ 1 แผง จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 18 แผง ซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดได้ 330 W × 18 = 5,940 W พลังงานไฟฟ้า

ที่สามารถผลิตได้จากระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในหนึ่งวันคือ 18.73 kW ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้า และทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยต้นทุน 272,100 บาท ในการซื้ออุปกรณ์ หลังจากการติดตั้งและเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลดลงเฉลี่ยเดือนละ 5,356.31 บาท/เดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 81.85 เปอร์เซ็นต์ และนำไปคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน ผลที่ได้คือโครงการจะคืนทุนใน 4 ปี 2 เดือน 9 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ท่านอาจารย์ชาญศักดิ์ ตรีภพ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และคณะอาจารย์ในหลักสูตรสาขาการจัดการอุตสาหกรรม ที่ให้คำปรึกษาแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์ตลอดจนช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นายประเสริฐ เปลื้องกลาง ที่กรุณาให้คำแนะนำ สอนทฤษฎีละเทคนิคต่าง ๆ ในการทำงานปริญญานิพนธ์พร้อมทั้งยังได้แนะนำแนวคิดในการทำงานการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นปริญญานิพนธ์ที่สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ นายธิติ วงศ์สุวรรณ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ตลอดจนการตรวจแก้ไข้ข้อผิดพลาดต่าง ๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบริษัท ที่ให้โอกาสให้ได้ศึกษาทำงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และได้สนับสนุนในด้านข้อมูล สถานที่ อีกทั้งยังแนะแนวทางการวิเคราะห์ อันเป็นประโยชน์ในการนำมาทำปริญญานิพนธ์ที่สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้แต่งและเรียบเรียง เอกสารปริญญานิพนธ์ต่าง ๆ ที่ทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้นำมาเป็นข้อมูลอ้างอิงในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ปู่ ย่า ตา ยาย ที่สนับสนุนทางด้านทุนการศึกและอบรมสั่งสอนให้กำลังตลอดมา

ธนาภรณ์ จริงโพธิ์
ปฏิกร พรมศรี
อาทิตย์ หมู่สะแก
อินปรัชญา ถาวรสวัสดิ์สกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 บทนำ	4
2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์	4
2.3 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	10
2.4 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์	12
2.5 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	14
2.6 พลังงานแสงอาทิตย์	15
2.7 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.8 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ	17
2.9 การประเมินโครงการลงทุน	18
2.10 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	**30**
3.1 กระบวนการดำเนินงาน	30
3.2 ออกแบบและวางแผนการติดตั้ง	30
3.3 การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า	32
3.4 กาคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์	33
3.5 การวิเคราะห์ด้านการเงิน	35
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	**38**
4.1 การออกแบบและติดตั้ง	38
4.2 การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	43
4.3 ผลประโยชน์ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	44
4.4 การคำนวณกรณีไม่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับเงินลงทุน	46
4.5 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน	46
บทที่ 5 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ	**47**
5.1 สรุปและอภิปรายผล	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	51
ประวัติย่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน ค่าบริการ 8.19 บาท/เดือน	17
2.2	อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย/เดือน ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน	17
2.3	อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use rate : TOU)	18
3.1	รายการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหนึ่งวันของออฟฟิศบริษัท	33
3.2	การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) ของการติดตั้งเซลล์แสอาทิตย์	36
4.1	รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	43
4.2	ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	43
4.3	ตารางการใช้พลังงานก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	44
4.4	ตารางการใช้พลังงานหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	45
5.1	ค่าไฟก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	48
5.2	ค่าไฟหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	48
5.3	การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) ของการติดตั้งเซลล์แสอาทิตย์	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline	7
2.3 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว	7
2.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly crystalline	8
2.5 ขั้นตอนของการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก	9
2.6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous silicon	10
2.7 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี พ.ศ.2562	11
2.8 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ	12
2.9 ลักษณะการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	13
2.10 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในรอบปี	14
2.11 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.12 แบตเตอรี่	23
2.13 ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด	24
2.14 ตู้ Control	25
2.15 ชุดโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์	26
3.1 แบบจำลองออฟฟิศ Front view	30
3.2 แบบจำลองออฟฟิศ Top view	31
3.3 แสดงจุดติดตั้งแผงควบคุม	32
4.1 แบบจำลองการติดตั้งอุปกรณ์	39
4.2 ติดตั้งโครงเหล็กเพื่อจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	39
4.3 โครงเหล็กจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
4.4 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสายไฟ	40
4.5 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสายไฟ	41
4.6 ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด	41
4.7 ตู้ Control	42
4.8 แบตเตอรี่	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 แผนภูมิการใช้พลังงานก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	44
4.10 แผนภูมิการใช้พลังงานหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	45

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญของมนุษย์ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเพื่อการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือพัฒนาคุณภาพของมนุษย์เรา อีกทั้งยังสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยอยู่ที่ 178,602 GWh เพิ่มขึ้น 3.4% โดยภาคครัวเรือนยังคงเติบโตสูงสุดที่ 10.1% ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรม ลดลงที่ 1.7% และปัจจุบันพลังงานนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ และมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยมากขึ้นทุกที เชื้อแพลิงต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงตามไปด้วยและยังมีผลให้ต้นทุนการประกอบกิจการต่าง ๆ ทั้งโรงงานอุตสาหกรรม อาคารสำนักงานต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากมีการใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าสูงตามไปด้วย จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบเดือนมกราคมเกิดขึ้น เมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2563 เวลา 18.48 น. มีค่าเท่ากับ 27,422.60 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากเดือนที่ผ่านมา 1,127.40 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.29 นับวันจะมีปริมาณน้อยลงและคงต้องหมดไปในอนาคต นอกจากนี้ราคาของเชื้อเพลิงยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้น อีกทั้งกระบวนการผลิตที่ใช้เชื้อเพลิงนั้นล้วนก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาวะแวดล้อม ต่อมามีการใช้พลังงานทดแทน (Renewable Energy) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำขนาดเล็ก พลังงานน้ำขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด จึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานในอนาคตและช่วยลดปัญหาด้านมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้ผลิตพลังงาน

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย แผงเซลล์จะผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่อินเวอร์เตอร์เพื่อทาการเปลี่ยนผลิตงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current : AC)ก่อนที่จะไปเชื่อมต่อเข้ากับ

ระบบไฟของทางการไฟฟ้าเพื่อผลิตใช้เองลดค่าใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนและประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากขึ้น การเลือกใช้พลังงานทางเลือกยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว และพลังงานแสงอาทิตย์นั้นไม่จำเป็นต้องอาศัยการขนส่งเชื้อเพลิงหรือการส่งกำลังไฟฟ้าเพราะสามารถทำการผลิตได้โดยหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก ในการทำความร้อนและความเย็นการใช้แสงแดดโดยตรง กำจัดปัญหาของเรื่องด้านขนส่งเชื้อเพลิง และส่งกาลังไฟฟ้าในระยะทางไกล ๆ ได้ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ ที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษและสำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรและได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีเป็นจำนวนมาก และมีสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างคงตัว ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ๆ ปัญหาความไม่แน่นอนของผลผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีไม่มากนัก เซลล์แสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์นี้สามารถเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งเน้น ออกแบบสร้าง การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และติดตั้งภายในอาคารออฟฟิศบริษัทและที่พักพนักงานเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเดิม และวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าแบบเดิมและแบบปรับปรุงการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการลงทุนและวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดต้นทุนในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในบริษัท

2) ออกแบบสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3) วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาจุดคุ้มทุนและลดต้นทุน เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแบบเดิมกับแบบใหม่

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนในการนำระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในบริษัท

2) งานวิจัยนี้จะแบ่งการวิเคราะห์ทางด้านการเงินออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาแบบเอียง 30 องศา และการติดตั้งบนพื้น ให้พอดีกับความต้องการใช้ภายในบริษัท

3) ใช้บริษัทขนาดมาตรฐานของบริษัททั่วไปเป็นกรณีศึกษา โดยเป็นอาคาร 2 ชั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) แผนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอร์รี่อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมทั้งในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามความต้องการ และด้านการเงิน

2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วยบังแสงอาทิตย์ที่ตกลงมากระทบอาคาร ช่วยลดความร้อนของอาคารลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

3) ช่วยลดต้นทุนการผลิตของบริษัท และคุ้มค่าต่อการลงทุน

4) เพื่อลดการใช้พลังงานและลดต้นทุนค่าใช้จ่ายภายในบริษัท

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ระบบควบคุมการตามรอยจุดกำลังสูงสุดทั่วไป ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เชื่อมต่อกับวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง และมีเอาต์พุตของระบบคือโหลด ในกรณีที่เป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระจึงจำเป็นจะต้องมีแหล่งพลังงานสำรองซึ่งทั่วไปใช้ แบตเตอรี่ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับโหลดในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ในบทนี้จะนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับ หลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ ลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึง รายละเอียดเกี่ยวกับวงจรแปรผันแบบบัคก์ และแบตเตอรี่

2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์ (อังกฤษ: solar cell) หรือ เซลล์สุริยะ หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตวอลเทอิก นั่นก็คือ คุณสมบัติของสารเช่น ค่าความต้านทาน แรงดัน และกระแส จะเปลี่ยนไปเมื่อมีแสงตกกระทบ ปรากฏการณ์ดังกล่าวถูกสาธิตให้ดูครั้งแรกในปี 1839 โดยนักฟิสิกซ์ชาวฝรั่งเศสวัย 19 ปีชื่อ A.E. Becquerel โดยสาธิตว่า เมื่อแสงตกกระทบวัตถุบางอย่าง จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เขาได้ทดลองโดยการใช้โลหะสองขั้วจุ่มลงในสารละลายอิออน แล้วให้แสงตกกระทบได้แค่ขั้วเดียว จะปรากฏกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วทั้งสอง แสดงให้เห็นถึงกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในวัตถุ เมื่อมีแสงกระทบเขายังพบด้วยว่าเมื่อเปลี่ยนสี (ความยาวคลื่น พลังงาน) ของแสง ปริมาณของกระแสไฟฟ้าก็เกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

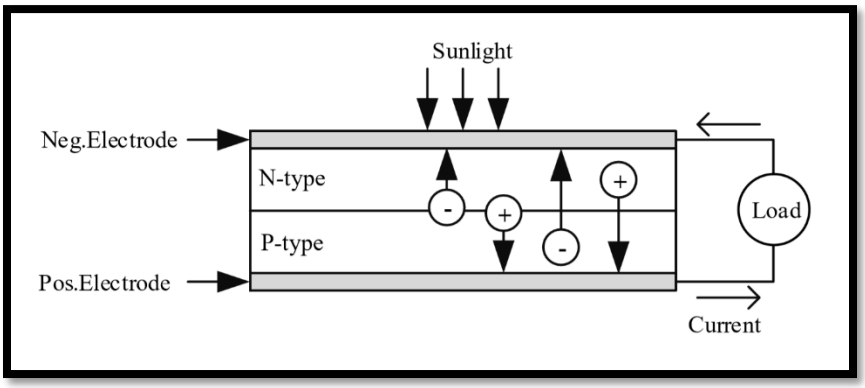
ผู้ที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์เป็นคนแรก ในปี 1883 คือ นักวิจัย Charles Fritts เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกนี้ทำจากซีลีเนียม โดยมีประสิทธิภาพเพียง 1% เท่านั้น แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา

ในเชิงพานิชย์ จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

ในประเทศไทย เริ่มมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี 2526 จนถึงปี 2553 มียอดติดตั้งรวม 100.39 MW แจกจ่ายไฟฟ้า(เฉพาะเชื่อมกับสายส่งของ กฟผ แล้ว) ทั้งปี 2553 รวม 21.6 GWh หรือ 0.0134% ของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 161,350 GWh โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตผลิตไฟฟ้าได้ 2.2 GWh ผู้ผลิตรายย่อย 19.4 GWh ตามพระราชบัญญัติการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปีนับจากปี 2552 กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนไว้ที่ 20.3% ของพลังงานทั้งหมด โดยมีสัดส่วนของพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 6% ดังนั้น ตามแผนงาน ในปี 2565 ประเทศไทยต้องมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตรวม 500 MW ตัวเลขในปี 2554 อยู่ระหว่างดำเนินการติดตั้ง 265 MW และอยู่ระหว่างการพิจารณาจาก กฟผ อีก 336 MW โรงไฟฟ้าที่สร้างที่จังหวัดลพบุรีด้วยเทคโนโลยี amorphous thin film ต้องใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถึง 540,000 ชุด มีกำลังการผลิต 73 MW จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบโฟโตโวลตาอิคส์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ โดยเซลล์แสงอาทิตย์1 เซลล์ จะประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด P สารกึ่งตัวนำชนิด N และชั้นระหว่างสาร กึ่งตัวนำชนิดPและN (P-N Junction) ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) เมื่อมี แสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและประจุบวกขึ้น ซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอน และโฮล โครงสร้างรอยต่อ P , N จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไหลไปที่ขั้วบวก เมื่อนำ โหลดมาต่อก็จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งแสดงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังรูปที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

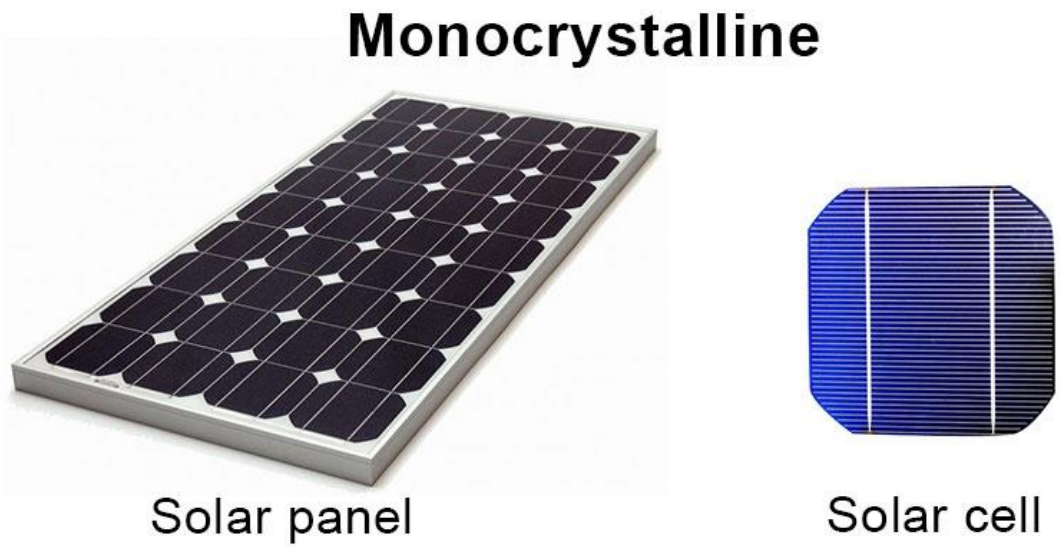
2.2.2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลัก คือ

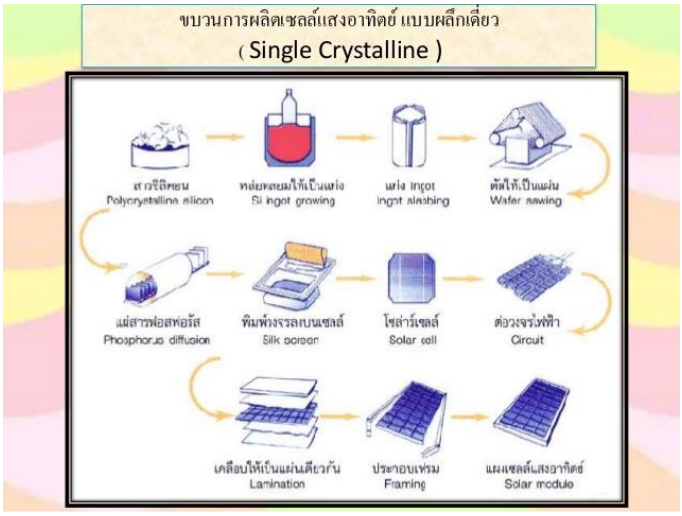
1) Mono crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้สร้างโดยการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 99.999% ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากผลึกตั้งต้น (Seed crystal) ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปก็จะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่น ๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ diffusion ที่อุณหภูมิ

ระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็จะเป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าออกใช้ และขั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด



ภาพที่ 2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono crystalline

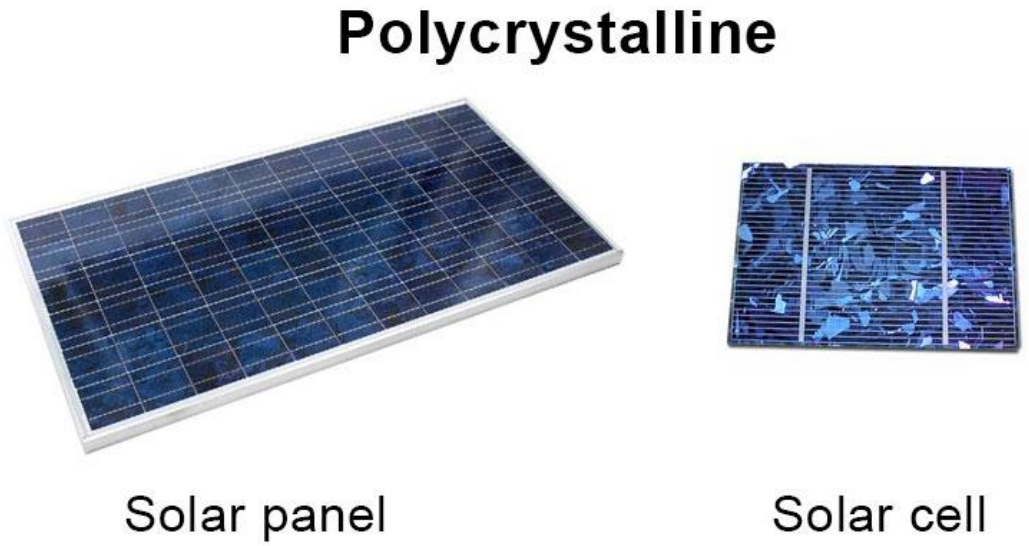


ภาพที่ 2.3 การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

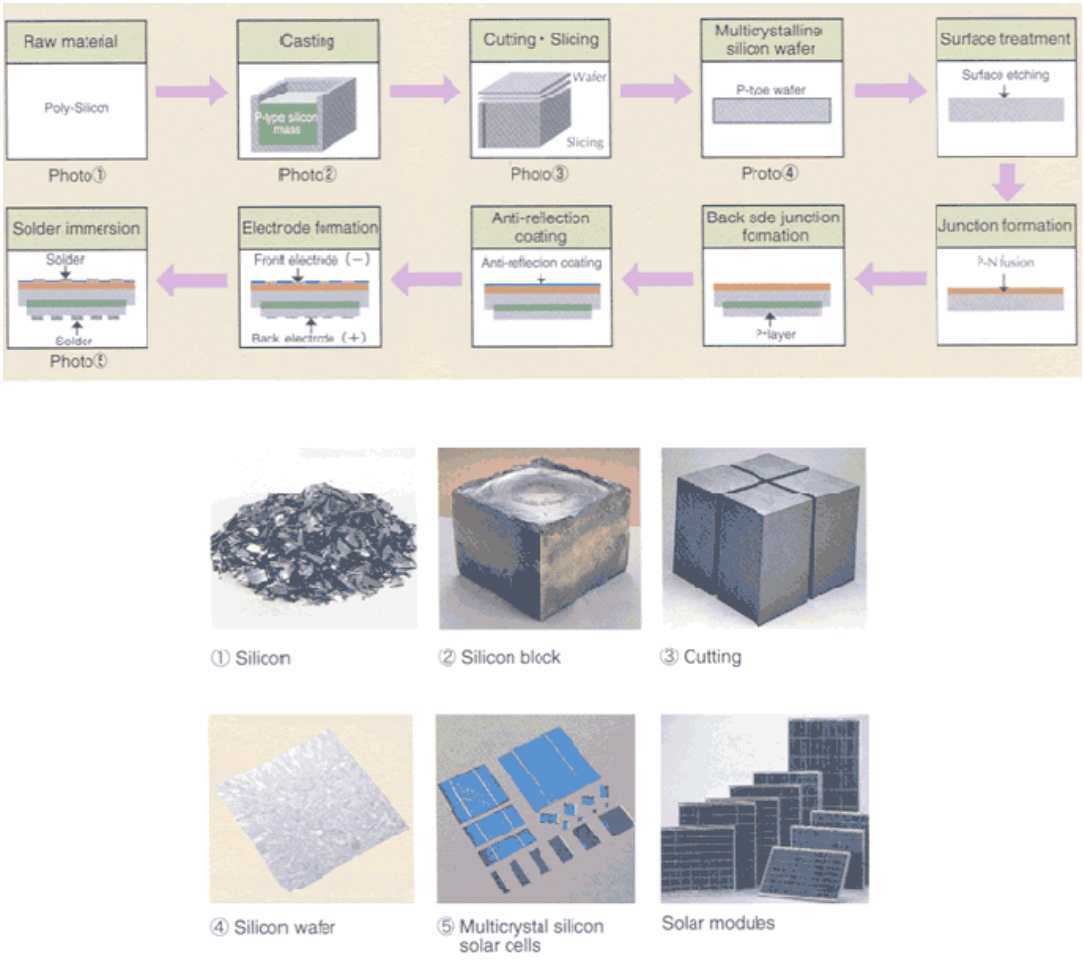
2) Poly crystalline หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก

เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึกได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบหลายผลึกก็คือก้อนซิลิคอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของชิ้นเล็ก ๆ (ขนาดระดับ

ไมโครเมตร-มิลลิเมตร) ของผลึกเดี่ยวของซิลิคอน รูปที่ 2.5 เป็นการแสดงขั้นตอนการผลิตของโพลีซิลิคอน ด้านบนของรูปแสดงการผลิตแบบ cast โดยจะเทซิลิคอนที่หลอมละลายเข้าไปใน crucible แล้วปล่อยให้เย็นลงอย่างช้า ๆ ซึ่งก็จะได้ก้อน ingot ของซิลิคอนหลายผลึกที่มีรูปร่างตาม crucible ที่ใช้ หลังจากนี้การนำไปทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะคล้ายกับกรณีของแบบผลึกเดี่ยว คือนำไปตัดเป็นเวเฟอร์หนาขนาด 300-400 ไมโครเมตร แล้วก็ทำ p-n junction ต่อไป ด้านล่างของรูปเป็นการสร้างแผ่นซิลิคอนหลายผลึกที่จะใช้ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงจากสารหลอมเหลวของซิลิคอน เรียกวิธีนี้ว่า ribbon โดยวิธีนี้จะช่วยลดขั้นตอนที่จะต้องหั่นเป็นแผ่นเวเฟอร์ในกรณีที่ใช้ ingot



ภาพที่ 2.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Poly crystalline



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนของการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก

3) Amorphous silicon หรือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสมีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบางไม่ใช่เวเฟอร์ ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นขั้นตอนการผลิต เราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรองโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเลน (SiH4) ผ่านเข้าไปในท่อสูญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีการกระตุ้น เช่น โดยพลาสมาเพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ที่ได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่นเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากเราใส่ก๊าซที่มีโบรอน เช่น B2H6 เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มีฟอสเฟต เช่น PH3 เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่

เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้เราสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างค่อนข้างง่ายดาย หลังจากได้ pin แล้ว เราก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

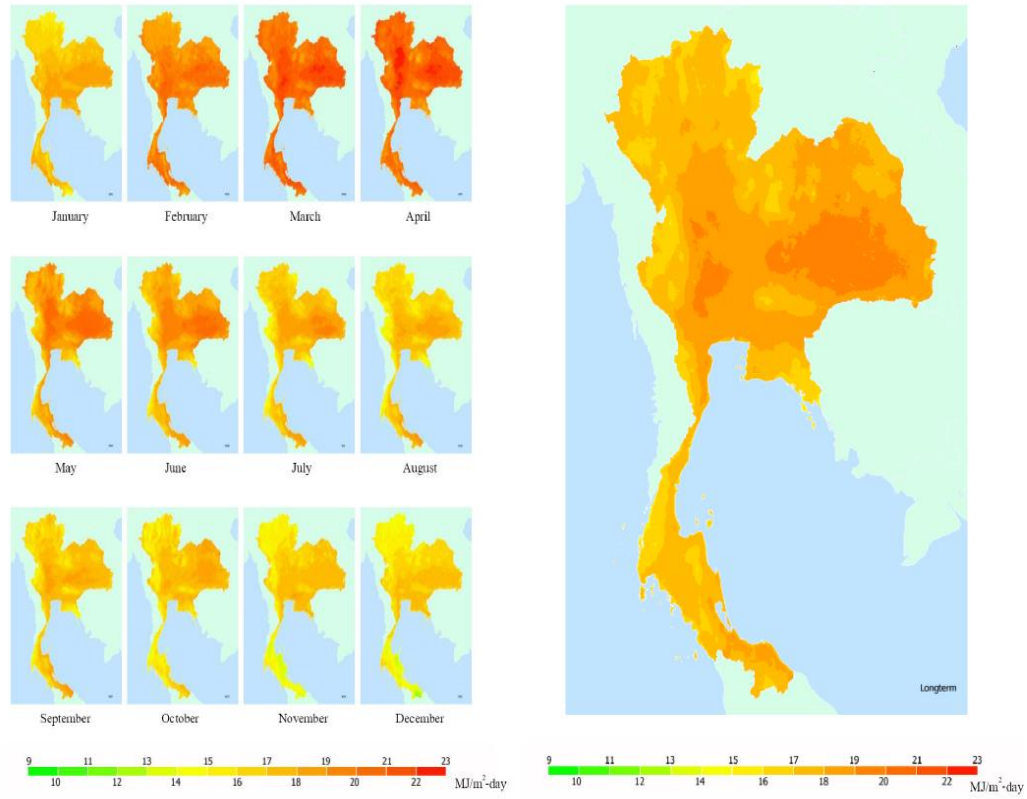
ภาพที่ 2.6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous silicon

2.3 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นกับ ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น หรือที่เรียกว่า “ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์” (global radiation) มีหน่วยทางด้านพลังงานเป็น เมกกะจูลต่อตารางเมตร (MJ/m2) โดยบริเวณที่ได้รับรังสี อาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเป็นไปตามพื้นที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันและ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี กล่าวคือ ในพื้นที่หนึ่ง ๆ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นจาก ช่วงเช้าจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยงวัน และลดต่ำลงจนถึงช่วงเย็น ซึ่งเป็นผลมาจากการ เปลี่ยนแปลงของมวลอากาศ (air mass) ซึ่งรังสีอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านเข้ามายังพื้นผิวโลก และผลจาก มุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ซึ่งเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เช้าจนถึงเย็น สำหรับการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ เป็นผลมาจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยาโดยมีเมฆเป็นตัวแปรที่สำคัญ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศ ไทย, 2559)

ภาพที่ 2.7 แสดงบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (19-20 MJ/m2-day) จะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร และอุบลราชธานี เนื่องจากเป็นบริเวณที่ราบสูงค่อนข้างแห้งแล้งมีการก่อตัวของเมฆน้อยจึงทำให้รังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูง นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ที่รับรังสี ดวงอาทิตย์สูงอยู่ในบางส่วนของภาคกลางในบริเวณจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ทั้งนี้เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ราบลุ่มซึ่งมีการก่อตัวของ เมฆน้อยกว่าบริเวณอื่นสำหรับภาคเหนือ ด้าน

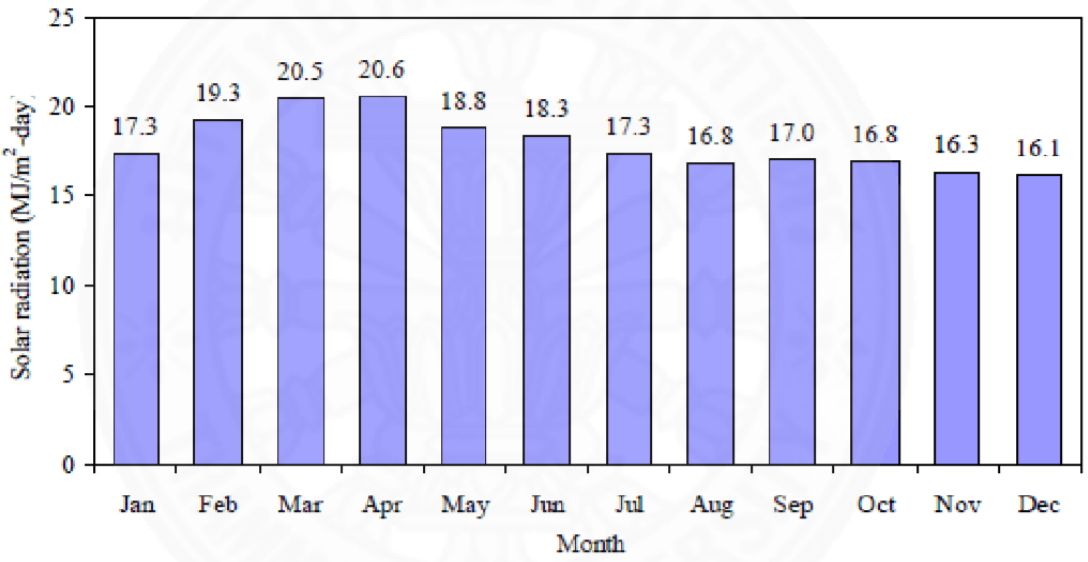
ตะวันตกของภาคกลางและภาคใต้รอยต่อระหว่าง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นภูเขาและป่าไม้ซึ่งมีการก่อตัวของเมฆและฝนมากกว่าบริเวณพื้นราบรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีค่าต่ำ กรณีของภาคใต้จะมีทั้งบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงและต่ำ กระจายกันอยู่ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่อย่างไรก็ตามเมื่อเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทุกพื้นที่ตลอดทั้งปี พบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m2day ซึ่งถือว่ามีค่าค่อนข้างสูง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559)



ภาพที่ 2.7 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี พ.ศ.2562

จากข้อมูลด้านศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยที่ได้กล่าวมาแล้ว ข้างต้น สรุปได้ว่าประเทศไทยนั้นมีศักยภาพทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในช่วง เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม (ภาพที่ 2.3) จึงได้มีการพัฒนาเพื่อนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเสนอให้การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกทดแทนทางหนึ่งโดยเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 แต่พลังงานทางเลือกยังไม่เป็นที่

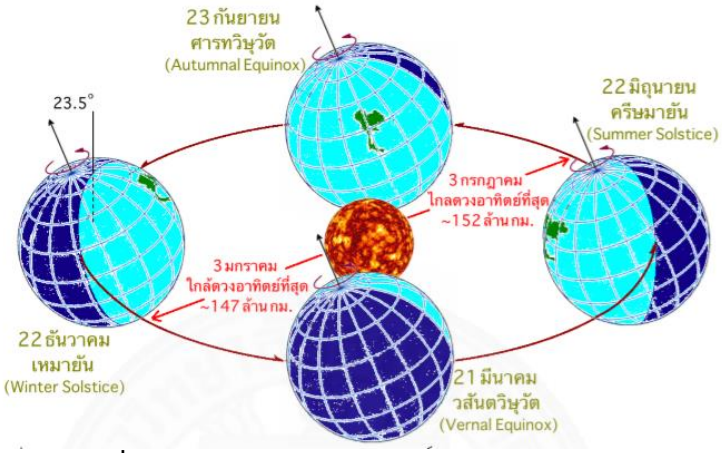
ยอมรับอย่างแพร่หลายมากนักในตอนนั้น (เนื่องจากราคาน้ำมันมีราคาถูก) แต่ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา พลังงานทดแทนได้รับความสำคัญอีกครั้งหนึ่งซึ่งพลังงาน แสงอาทิตย์ก็เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาเป็นพลังงานทดแทน



ภาพที่ 2.8 ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือนโดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

2.4 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

สุริยวิถี (Ecliptic) หมายถึง เส้นทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เกิดจากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี โดยที่แกนของโลกเอียง 23.5 องศา จากแนวตั้งฉากกับระนาบวงโคจร ในฤดูร้อนโลกหันขั้วเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์ทำให้ซีกโลกเหนือ กลายเป็นฤดูร้อน และซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูหนาว หกเดือนต่อมาโลกโคจรไปอยู่อีกด้านหนึ่งของวงโคจร โลกหันขั้วใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ (แกนของโลกเอียง 23.5 องศา คงที่ตลอดปี) ทำให้ซีกโลกใต้กลายเป็นฤดูร้อนและซีกโลกเหนือกลายเป็นฤดูหนาว ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

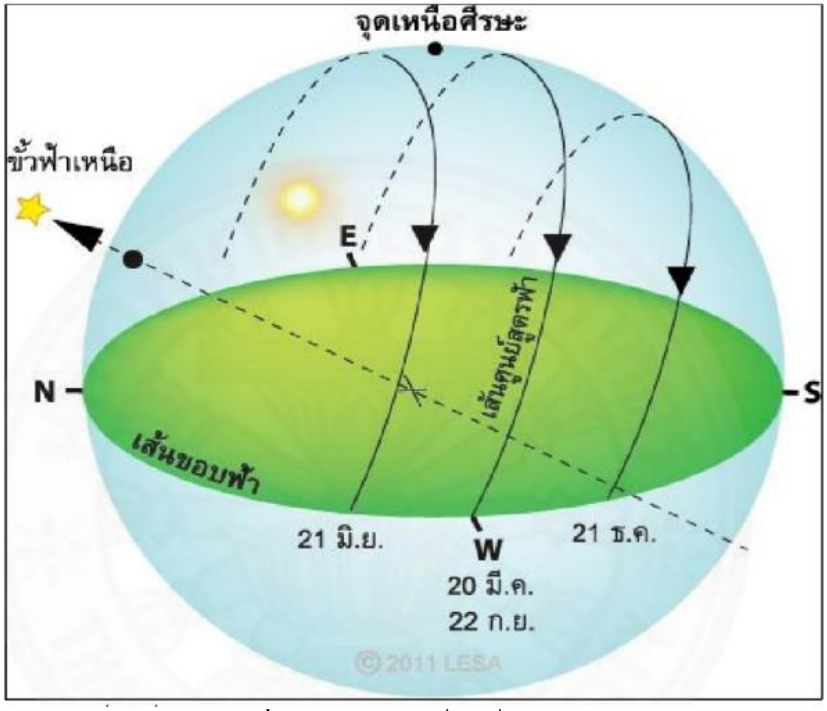
วสันตวิษุวัต (Vernal Equinox) ประมาณวันที่ 20 - 21 มีนาคม ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออก และตกทางทิศตะวันตกพอดี ทำให้กลางวันและกลางคืนยาวนาน เท่ากัน พอย่างเข้าฤดูหนาว ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปอยู่ในซีกฟ้าเหนือมากขึ้นในแต่ละวัน

ครีษมายัน (Summer Solstice) ประมาณวันที่ 20 - 21 มิถุนายน ดวงอาทิตย์อยู่ค่อนไปทางทิศเหนือมากที่สุด ทำให้ซีกโลกเหนือกลางวันยาวนานกว่ากลางคืน ดวงอาทิตย์ขึ้นเร็วและตกช้า หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปทางเส้นศูนย์สูตรฟ้า

ศารทวิษุวัต (Autumnal Equinox) ประมาณวันที่ 22 - 23 กันยายน ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกและตกทางทิศตะวันตกพอดีอีกครั้ง กลางวันและกลางคืนยาวนาน เท่ากัน พอย่างเข้าฤดูหนาว ดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปอยู่ในซีกฟ้าใต้มากขึ้นในแต่ละวัน

เหมายัน (Winter Solstice) ประมาณวันที่ 20 - 21 ธันวาคม ดวงอาทิตย์อยู่ค่อนไปทางทิศใต้มากที่สุด ทำให้ซีกโลกเหนือกลางคืนยาวนานกว่ากลางวัน ดวงอาทิตย์ ขึ้นช้าและตกเร็ว หลังจากนั้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่กลับมายังเส้นศูนย์สูตรฟ้าอีกครั้ง

เมื่อมองดูจากประเทศไทย ซึ่งอยู่บนซีกโลกเหนือ เราจะมองเห็นทิศทางการขึ้น การตกของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าเริ่มจากวันที่ 21 มีนาคม ดวงอาทิตย์จะเริ่มขึ้นค่อนไปทาง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตกที่ ตะวันตกเฉียงเหนือ และก็เพิ่มองศาไปทีละนิด จนมากสุดที่วันที่ 21 มิถุนายน จากนั้นก็จะเคลื่อนที่ลงมาถึงวันที่ 21 กันยายน ที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทิศตะวันออก และ ตกทิศตะวันตกพอดี แล้วก็เริ่มเคลื่อนที่ลงใต้ไป จนถึง 21 ธันวาคม แล้วก็ขึ้นเหนือมาใหม่ในลักษณะ เดียวกับภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในรอบปี

2.5 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่

2.5.1 หลักการทำงาน

การทำงานชาร์จและหยุดชาร์จของวงจรนี้จะทำการตรวจวัดระดับแรงดันที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ถ้าแรงดันไม่ถึงค่าประมาณ 11.8 v หรือต่ำกว่า 11.8 v ลงมา วงจรจะเริ่มทำงานชาร์จประจุ แต่ถ้าแรงดันตกคร่อมถึง 12 v วงจรก็จะหยุดชาร์จประจุอัตโนมัติ

เมื่อแบตเตอรี่ได้รับการชาร์จประจุอย่างเต็มที่วงจรก็จะไม่ทำการชาร์จอีกต่อไป เนื่องจากแรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่มีค่าสูงขึ้น นั่นคือเกิดแรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่กับแรงดันอินพุทเท่ากับวงจรตรวจจับแรงดันภายใน I_{C1} จะทำหน้าที่หยุดการทำงานของ Q_1 ไอซีเรกูเลตแบบปรับค่าแรงดันได้ I_{C1}นั้นจะได้รับไอซี ก็จะได้รับการแบ่งแรงดันให้ลดลงมาเหลือ 2.2 v ด้วย R_1 และ R_1 ซึ่งแรงดันอ้างอิงนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันของแบตเตอรี่ที่ถูกปรับค่าแรงดันจาก V_{R1}

ถ้าแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำลง เอาท์พุทขา 10 ของ I_{C1} ก็จะให้ระดับลอจิกเป็น “1” ทำให้ LED ติดสว่างพร้อมกับการทำงานของออปโต้ I_{C2} ทำให้เกิดการขับกระตุ้น SCR ให้ทำงานตามการทำงานออปโต้ I_{C2} ก็จะมีกระแสออกไปชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ซึ่ง Q_1 นี้ยังทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของกระแสที่ชาร์จให้กับแบตเตอรี่ด้วย เมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่สูงขึ้นจะทำให้ SCR (Q_1) ระหว่างขา K กับ A

ไม่มีความแตกต่างกัน คือมีค่าเท่ากับศูนย์โวล์ท ทำให้ Q_1 หยุดนำกระแส คือหยุดชาร์จ และเริ่มชาร์จ Q_1 กระแสอีกครั้งก็ต่อเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่า 11.8v

2.5.2 การปรับแต่งและการใช้งาน

ต่อแบตเตอรี่ที่ต้องชาร์จประจุเข้ากับวงจรพร้อมกับจ่ายแรงดันขนาด 12v เข้าที่อินพุทของวงจรนี้จากนั้นใช้โวล์ทมิเตอร์ต่อวัดแรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่ เพื่อตรวจสอบแรงดัน หากแรงดันต่ำกว่า 11.8v ก็จะไม่เห็น LED ติดสว่าง ต่อจากนั้นให้ปรับ V_{R1} ตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่ง LED สว่าง แสดงว่าวงจรเริ่มชาร์จประจุให้แบตเตอรี่แล้ว เมื่อแรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 12v แล้วทำให้การปรับ V_{R1} ทวนเข็มนาฬิกา จนกระทั่งเห็น LED ดับลง นั้นเป็นการหยุดชาร์จและจะเป็นการทำงานอย่างอัตโนมัติ ระหว่างชาร์จประจุและการหยุดชาร์จประจุวงจรนี้สามารถจ่ายกระแสชาร์จประจุได้ 1A และสูงสุดไม่เกิน 5A

2.6 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด โดยมีลักษณะเป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชันของก๊าซที่เป็นส่วนประกอบอย่างต่อเนื่อง ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.39 ล้านกิโลเมตร มีมวลเท่ากับ 1.99 x 1,030 กิโลกรัม และมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนในปริมาณ 75% ที่เหลือเป็นธาตุฮีเลียมและธาตุหนักอื่น ๆ เช่น เหล็ก พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวหลายชนิด ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดปฏิกิริยาหนึ่งคือการรวมตัวกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม ปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้มวลบางส่วนของไฮโดรเจนสูญหายไป มวลส่วนที่หายไปคือมวลที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานซึ่งจะเกิดขึ้นภายในดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิหลายล้านองศาเซลเซียส พลังงานนี้จะถ่ายเทมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกสู่อวกาศ

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวดวงอาทิตย์พื้นที่ 1 ตารางหลา มีค่าถึงประมาณ 65,000 แรงม้า แต่ที่ผิวโลกบนพื้นที่ 1 ตารางหลาเท่ากันนั้นมีพลังงานแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเพียงประมาณ 1.33 แรงม้า หรือ 1 กิโลวัตต์เท่านั้น ในส่วนของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในเกณฑ์สูง พลังงานโดยเฉลี่ยซึ่งรับได้ทั่วประเทศประมาณ 4 ถึง 4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน แต่ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์บนผิวโลกที่ดูมีค่าเพียงน้อยนิดนี้ เมื่อคิดเป็นปริมาณของพลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงที่มีอยู่ และความจำเป็นของมนุษย์เราในการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ แล้วไม่น้อยเลย เพราะพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงโลกในช่วงเวลา 1 เดือนนั้น หากคิดเป็นปริมาณพลังงานก็เท่ากับถ่านหินถึง 18 x 1,012 ตัน หรือ แปดล้านล้านตันเลยทีเดียว ทั้งนี้ ดวงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งกำเนิด

พลังงานที่สำคัญที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อมให้แก่โลก พลังงานที่ดวงอาทิตย์ให้แก่โลกทางตรงคือแสงสว่าง ซึ่งมีผลทำให้เกิดความร้อน สร้างความอบอุ่นให้แก่โลก พลังงานทางอ้อมคือดวงอาทิตย์ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพืชที่เจริญเติบโต โดยอาศัยการสังเคราะห์แสง ขณะที่มนุษย์ได้อาศัยพลังงานจากต้นไม้ คือการนำมาทำเป็นฟืนและถ่าน นอกจากนั้นเมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมกันเป็นเวลานาน ๆ จะกลายเป็นถ่านหินปิโตรเลียม ซึ่งสามารถนำหลักการย่อยสลายของพืชมาทำเป็นก๊าซชีวภาพได้อีกด้วย (สำนักวิชาการพลังงานภาค 4 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

2.7 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

การกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตการแสไฟฟ้าเพื่อติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้เพียงพอกับความต้องการจะต้องคำนวนจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและจำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในแต่ละวันผลที่รับจะเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวัน ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยปกติกำหนดค่าชดเชยการสูญเสียเชิงของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.8 ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อนของเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 0.85 ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระตรงที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องผ่านเครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า โดยปกติประสิทธิภาพของเครื่องแปรงแรงดันไฟฟ้ามีประสิทธิภาพประมาณ 0.85-0.9 ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังสมการต่อไปนี้

$$P = \frac{P_L \times D}{Q \times A \times B \times C} \qquad (2.1)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง (วัตต์)

P_L คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในวันหนึ่ง (วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)

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

A คือ ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน

C คือ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงแรงดัน

D คือ ค่าความเข้มแสงปกติมีค่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

2.8 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีการคำนวณค่าไฟ

2.8.1 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยรวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.1 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน ค่าบริการ 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 (หน่วย 401 เป็นต้นไป)	3.9361

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 90 หน่วย/เดือน ได้รับสิทธิค่าไฟฟ้าฟรีในเดือนนั้น

ตารางที่ 2.2 อัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วย/เดือน ค่าบริการ 38.22 บาท/เดือน

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

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)

ตารางที่ 2.3 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 ค่าไฟฟ้าประจำเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)
หมายเหตุ: อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป)

2.9 การประเมินโครงการการลงทุน

ในการตัดสินใจว่าจะเลือกลงทุนในโครงการลงทุนใหม่หรือไม่นั้นเราจะเน้นที่กระแสเงินสดของโครงการลงทุน ซึ่งกระแสเงินสดของโครงการลงทุนนั้นจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนนั้น

วิธีการที่นิยมใช้ในการประเมินโครงการลงทุนมี 4 วิธีดังนี้

1) ระยะเวลาคืนทุน
2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
3) อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน
4) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

2.9.1 ระยะเวลาคืนทุน (payback period)

ระยะเวลาคืนทุนคือระยะเวลาที่บริษัทจะได้รับจำนวนเงินกับคืนเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุนเนื่องจากวิธีระยะเวลาคืนทุนนี้จะทำการวัดโครงการการลงทุนจะได้เงินกลับคืนมาเร็วมากน้อยอย่างไรในการตัดสินใจโครงการลงทุนนั้นจะพิจารณาว่าโครงการลงทุนนั้นใช้เวลาน้อยกว่าเท่ากับเวลาคืนทุนตามที่บริษัทต้องการหรือไม่

ข้อดีและข้อเสียของวิธีระยะเวลาคืนทุน

ข้อดี

1) การคำนวณระยะเวลาคืนทุนนั้นจะใช้กระแสเงินสด ไม่ใช่กำไรทางบัญชีซึ่งจะเน้นให้เห็นถึงผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการลงทุนที่เกิดขึ้นในเวลาที่แท้จริง
2) ระยะเวลาคืนทุนนี้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและง่ายต่อการคำนวณ
3) ระยะเวลาคืนทุนใช้เป็นเครื่องมือในการคัดสรรโครงการลงทุนที่น่าสนใจเบื้องต้น

ข้อเสีย

1) วิธี ระยะเวลาคืนทุนไม่ได้คำนึงถึงแนวคิดเกี่ยวกับมูลค่าเงินตามเวลา (time value of money)

2) วิธีระยะเวลาคืนทุนไม่ได้สนใจว่ากระแสเงินสดที่ได้รับหลังจากคืนทุนแล้วจะเป็นอย่างไร

2.9.2 การวิเคราะห์หาค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (present worth analysis)

มูลค่าปัจจุบัน (present worth (PW),present value (PV) or net present value(NPV)) หมายถึงจำนวนเงินรวมณเวลาปัจจุบันของเงินหรือผลตอบแทนที่จะได้รับในอนาคตในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรืออัตราค่าที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ดอกเบี้ยที่จะได้รับในอนาคตจากการลงทุนในหุ้นกู้ หรือ ผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโรงงานหรือเครื่องจักรของบริษัท

มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน (cost) หรือผลตอบแทน (revenue) ของแต่ละทางเลือกในการดำเนินโครงการใด ๆ สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุนได้ ทั้งนี้มูลค่าปัจจุบันขององค์ประกอบในการดำเนินโครงการ อาจเปลี่ยนแปลงจากมูลค่าในอนาคต หรือ มูลค่าสม่ำเสมอปลายปีก็ได้

การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = F \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right) \qquad (2.2)$$

โดยที่ P = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นปัจจุบันหรือที่เวลา t=0

F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคต

A = มูลค่าของเงินรายเดือนหรือรายปีที่มีค่าสม่ำเสมอเท่ากัน

n = จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์หน่วยเป็น ปี เดือน หรือ วัน

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลาหรืออัตราลดค่าหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปี เป็นต่อเดือน หรือเปอร์เซ็นต์ต่อวัน

โดยในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการลงทุนดังนั้นจะพิจารณาดังนี้

1) ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการลงทุนมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์โครงการลงทุนก็จะได้รับเลือกลงทุน(NPC≥0:ยอมรับโครงการลงทุน)

2) ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการลงทุนน้อยกว่า 0 โครงการลงทุนนั้นไม่ควรลงทุน (NPV≤0:ไม่ยอมรับการลงทุน)

ข้อดีและข้อเสียของวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ข้อดี

1) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นการใช้กระแสเงินสดมากกว่ากำไรทางบัญชี ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นเวลาที่แท้จริงของผลตอบแทนที่จะได้รับโครงการลงทุน

2) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับมูลค่าเงินตามเวลามาใช้ประกอบการคำนวณซึ่งทำให้สามารถทำการเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนจากโครงการลงทุนกับเงินลงทุนได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น

3) เนื่องจากการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนโดยวิธีมูลค่าปัจจุบันนี้ จะทำการเลือกโครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิบวกเท่านั้น เพราะฉะนั้นจะเป็นผลทำให้มูลค่าของบริษัทสูงขึ้น กล่าวคือบริษัทสามารถสร้างความมั่นคงสูงสุดให้แก่ผู้ถือหุ้นได้ ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของบริษัทนั่นเอง

ข้อเสีย

1) การใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นต้องคำนึงถึงรายละเอียดของการประมาณการกระแสเงินสดของโครงการลงทุนซึ่งอาจมีความผิดพลาดได้ง่ายในการประมาณการข้อมูล

2.9.3 อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (internal rate of return)

ในการลงทุนขนาดใหญ่และใช้เงินทุนจำนวนมากมีความจำเป็นที่ผู้ลงทุนจะต้องคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจซึ่งส่วนมากค่า MARR จะกำหนดจาก อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ หรืออัตราดอกเบี้ยเงินฝาก ในกรณีที่ผู้ลงทุนใช้วิธีกู้ยืมเงินจากแหล่งกู้อัตราผลตอบแทนของโครงการที่ถูกเลือกจะต้องมีค่าสูงกว่าอัตราเงินกู้เพื่อที่จะมีเงินจากตอบแทนที่เพียงพอสำหรับมาชำระให้แหล่งเงินกู้และในกรณีที่เป็นการลงทุนโดยใช้เงินส่วนตัวของบริษัทเองอัตราผลตอบแทนของโครงการที่ถูกเลือกจะต้องมีค่าสูงกว่าอัตราเงินฝากเพื่อทำให้เกิดความคุ้มค่าสำหรับการถอนเงินคงคลังจากธนาคารเพื่อนำมาลงทุนในโครงการดังกล่าวสรุปหลักเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนโดยใช้อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน ได้ดังนี้

1) ถ้าโครงการลงทุนมีอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุนมากกว่าหรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุนนั้นควรได้รับคัดเลือกลงทุน

2) ถ้าโครงการลงทุนมีอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุนน้อยกว่าผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินทุนโครงการลงทุนนั้นไม่สามารถลงทุนได้

โดยการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุนสามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{Investment} = \sum_{t=1}^{n} \frac{F}{(1+IRR)^t} \qquad (2.3)$$

โดยที่ F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคต

Investment = เงินลงทุน

N = อายุของโครงการ

IRR = อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน

2.9.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit-cost หรือ BCR)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนคืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมตลอดอายุของโครงการโดยจะเลือกโครงการที่มีมูลค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ (BCR มากกว่าเท่ากับ 1)

$$BCR \geq \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \qquad (2.4)$$

โดยกำหนดให้ B = ผมตอบแทนในปีที่ t

C = ต้นทุนของโครงการปีที่ t

r = อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้

t = ระยะเวลาที่ t (0,1,2,...,n)

n = อายุของโครงการลงทุน

2.10 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ก่อนที่จะทำการติดตั้งต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีอุปกรณ์ในการติดตั้งดังนี้

2.10.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์

ภาพที่ 2.11 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ลักษณะผลิตภัณฑ์

1) ประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยมของ pid แผงเซลล์แสงอาทิตย์ dhp72 ของ dah solar แผงควบคุมเป็นโมดูลฟรี pid ภายใต้เงื่อนไขของ 85 C / 85% rh มันสามารถใช้สำหรับการใช้งานทั้งหมด รวมทั้งพลเรือนและเชิงพาณิชย์ระบบพลังงานแสงอาทิตย์

2) การรับรองการป้องกันเกลือหมอก, การป้องกันการกัดกร่อนของแอมโมเนีย, การทดสอบทรายและพายุโดย tuv rheinland และ tuv nord

3) สมรรถนะทางกลที่ยอดเยี่ยมด้วยภาระลม 2400 ต่อชั่วโมงและภาระหิมะ 5400 ตัว

4) ประสิทธิภาพการส่องสว่างที่โดดเด่นโดดเด่นด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพดี (ตอนเช้า, ค่ำ, มีเมฆมากและวันที่ฝนตก)

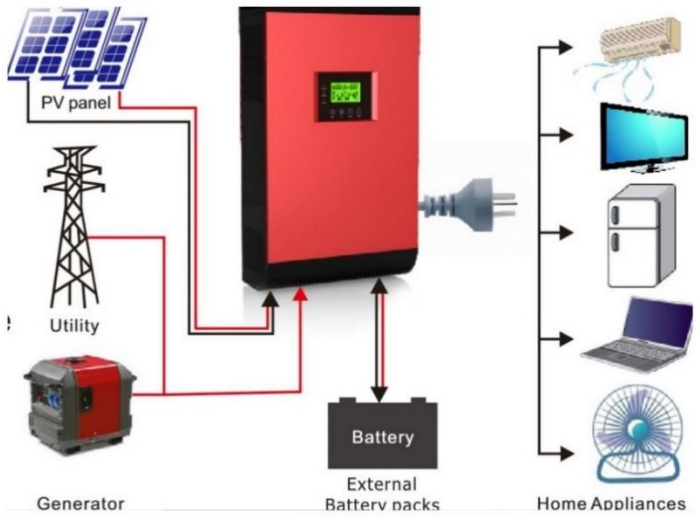
5) กระจกป้องกันแสงสะท้อนไม่เพียงเพิ่มการดูดกลืนแสง แต่ยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานด้วยฟังก์ชั่นทำความสะอาดด้วยตัวเองภายใต้สภาวะที่มีฝนตก

2.10.2 แบตเตอรี่ขนาด 200 แอมป์ 12 โวลต์

ภาพที่ 2.12 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่าก็ได้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge)ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุหรือจ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดี

2.10.3 ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด อินเวอร์เตอร์ 5 กิโลวัตต์



ภาพที่ 2.13 ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด

ไฮบริดอินเวอร์เตอร์ถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งเป็นระบบที่นำเอาระบบออฟกริด และออนกริดมารวมกัน จึงเป็นเหมือนการนำข้อดีของแต่ละตัวมารวมไว้ในไฮบริดอินเวอร์เตอร์ ไฮบริดอินเวอร์เตอร์เป็นการออกแบบที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์พลังงานแสงอาทิตย์ และอินเวอร์เตอร์แปลงไฟ มาอยู่ในตัวเดียวกัน ทำให้สะดวกและประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง แม้เป็นระบบที่เพิ่งเกิดขึ้นมาไม่นาน และยังไม่เป็นที่รู้จัก แต่ถือว่าเป็นระบบที่มีความน่าสนใจ และมีประสิทธิภาพสูงอีกระบบหนึ่งก็ว่าได้

ระบบไฮบริด หมายรวมถึงการนำเอาแหล่งพลังงานอย่างอื่น มาร่วมเป็นแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน ด้วย เช่น พลังงานลม พลังงานชีวมวล และ เครื่องยนต์ปั่นไฟ เป็นต้น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้ระบบไฮบริดอินเวอร์เตอร์เป็นระบบที่นำเอา ระบบออฟกริดและออนกริดมารวมกัน จะมีระบบแบตเตอรี่ มาสำรองพลังงาน ไว้ใช้งานในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และสำหรับกรณีที่เมื่อมีแสงอาทิตย์แล้วผลิตกระแสไฟฟ้าได้หากกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีมากกว่าที่นำมาใช้งาน ระบบก็นำกระแสไฟฟ้านั้นชาร์จเข้าแบตเตอรี่ เพื่อนำมาใช้งานได้ต่อไป พอถึงเวลากลางคืนที่ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้ ระบบก็จะนำเอากระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้ก่อน หากยังไม่เพียงพอระบบก็จะไปดึงไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายมาชดเชยอีก

2.10.4 ตู้คอนโทรพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

ภาพที่ 2.14 ตู้ Control

อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วไฟดูดใน ตู้คอนซูเมอร์ยูนิตเกิดการทริป (Trip) จะมีวิธีตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อหาจุดที่มีไฟฟ้ารั่วได้โดยเริ่มแรกให้ทำการปกติ (off) เบรกเกอร์ย่อยทุกตัวที่ต่อผ่านอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วไฟดูด หลังจากนั้นให้เปิด (on) อุปกรณ์ ป้องกันไฟรั่วไฟดูด และให้ทยอยเปิด (on) เบรกเกอร์ ย่อยทีละตัว เพื่อทดสอบดูว่าเบรกเกอร์ย่อยวงจรใดที่ เมื่อเปิดแล้วทำให้อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วไฟดูดทิปลง จากนั้นเพื่อความปลอดภัยให้ปิดการใช้งานเฉพาะ วงจรที่มีปัญหาดังกล่าวไว้และทำการติดต่อช่างผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจสอบ หาสาเหตุและทำการ แก้ไขให้เรียบร้อยต่อไป

2.10.5 ชุดโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ภาพที่ 2.15 ชุดโครงสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกประพันธ์ อักษรพันธ์ (2543) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน โดยทำการทดลองกับบ้านผู้เข้าร่วมโครงการ 10 แห่ง ในการวิเคราะห์ที่กรณีปกติ ผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งผลึกเดี่ยวขนาด 2.25 kW และได้รับเงินสนับสนุนจาก สพช. เมื่อคิดอัตราลดที่ร้อยละ 9, 12 และ 15 ต่อปี สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ -148,412, -177,497 และ -196,379 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับ ร้อยละ 2.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าให้ผลประโยชน์ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะมูลค่าปัจจุบันสุทธิให้ค่าเป็นลบ แต่ถ้าวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการในแนวทางที่ 3 คือต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100% ก็จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งผลึกเดี่ยวขนาด 2.25 kW แต่ไม่ได้รับเงินสนับสนุนจากสพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ -1.49 และแม้ว่าจะวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางการเงิน 3 แนวทางคือ ต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์คงที่ ต้นทุนคงที่ โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100% และแนวทางที่ 3 คือต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100% ก็ไม่มีความคุ้มค่าของการลงทุน ผลการวิเคราะห์กรณีติดตั้งระบบชนิดอะมอร์ฟัสขนาด 2.88 kW และได้รับเงินสนับสนุนจากสพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 2.61 ซึ่งน้อยกว่าอัตราคิดลดที่ร้อยละ 9, 12 และ 15 จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จะน่าลงทุนก็ต่อเมื่อต้นทุนลดลงร้อยละ 30

โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้น 100% ส่วนผลการวิเคราะห์กรณีไม่ได้รับเงินสนับสนุนจากสพช. มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับร้อยละ -1.99 แม้ว่าจะวิเคราะห์ในกรณีที่ดีที่สุดคือ ต้นทุนลดลงร้อยละ 30 โดยผลประโยชน์เพิ่มขึ้นร้อยละ100 ก็ยังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

นายสิริชัย ปัญญาสมาธิ (2548) วิจัยเรื่องการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโฟโตโวลตาอิคที่ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนแบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Solar Cell) โดยการออกแบบแผงระบายความร้อนแบบท่อขดเซอร์เพนไทน์ และนำไปประกอบติดตั้งที่ด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อดึงความร้อนเปล่าประโยชน์จากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานในรูปของน้ำร้อน การศึกษาได้ขยายผลไปถึงการจำลองระบบการต่อแผงระบายความร้อนเป็นระบบใหญ่ขึ้น ที่มีการต่อในแบบอนุกรมหรือขนานกันโดยใช้แผงระบายความร้อนทั้งหมด 6 แผง ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบท่อขดเซอร์เพนไทน์ต้นแบบให้มีระยะห่างระหว่างท่อเป็น 10 เซนติเมตร มีการระบายความร้อนได้ดีที่สุด และมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 43-50 องศาเซลเซียส จากการจำลองระบบโดยการต่อแผงระบายความร้อนจำนวน 6 แผง ในแบบต่างๆ 4 แบบพบว่า ปัจจัยหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งทางไฟฟ้าและทางระบบน้ำร้อนขึ้นอยู่กับอัตราการไหลเชิงมวลและค่ารังสีดวงอาทิตย์มากขึ้น อัตราการไหลเชิงมวลต่อพื้นที่ที่เหมาะสมคือ 0.0352 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อวินาที การเพิ่มอัตราการไหลเชิงมวลที่มากเกินกว่านี้ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพิ่มขึ้นไม่มากนัก นอกจากนี้ในการต่ออนุกรมกันไม่ควรจะต่อเกินกว่า 3 แผง เพราะระบบโฟโตโวลตาอิคจะได้รับผลกระทบเนื่องจากอุณภูมิของน้ำขาเข้าในแถวอนุกรม เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการระบายความร้อน พบว่า ระบบโฟโตโวลตาอิคแบบผสมระบบผลิตน้ำร้อนจะมีประสิทธิภาพของระบบโฟโตโวลตาอิคสูงกว่าประมาณ 1.20% - 1.45%

ชะกาแก้ว สุดสีชัง (2550) ทำการทำนายการใช้พลังงานของบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยทำการคำนวณภาวะความร้อนของแต่ละห้อง ภาวะของอากาศภายในบ้านพลังงานความร้อนถ่ายเทเข้าสู่บ้าน โดยพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร ความร้อนถ่ายเทมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 270-359 kWh/เดือน และช่วงที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านสูงสุด คือช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งมีค่าความร้อนเกินค่า 350 kWh/ปี นอกจากนี้ยังเสนอให้ประยุกต์ใช้ระบบทำน้ำร้อนรังสีอาทิตย์กับบ้านประหยัดพลังงานตามแบบ ซึ่งอัตราผลตอบแทนของระบบทำน้ำร้อนรังสีอาทิตย์แบบไหลเวียนตามธรรมชาติเท่ากับร้อยละ 6.2 และแบบไหลเวียนตามแรงดันเท่ากับร้อยละ 6.79

เบญจมาศ อ่ำอิ่ม และคณะ (2550) จัดทำวิจัยเรื่อง การหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีวัตถุประสงค์คือ หาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งมีการทำงานเหมือนสมองมนุษย์มาช่วยในการวิเคราะห์หาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงโซลาเซลล์

โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม มีการกำหนดค่าดิวตี้ไซเคิลที่เหมาะสมให้กับวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ไว้ ณ ช่วงเวลานั้น ๆ ผลการทดลองพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำการส่งค่าดิวตี้ไซเคิลที่เหมาะสมให้กับวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ได้ตามที่โครงข่ายประสาทเทียมวิเคราะห์ ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดตามต้องการ

ศุภชัย กวินวุฒิกุล (2551) วิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะเมอร์ ฟลิซิลิคอนที่ใช้กระจกเงาสะท้อนแสงเพิ่มความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ให้กับแผงเซลล์พร้อมกับการเคลื่อนที่แผงเซลล์ตามแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันแต่ลักษณะการใช้งานแตกต่างกัน อีก 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่แผงเซลล์ไม่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบแบบที่มีการติดตั้งกระจกเงากับไม่มีการติดตั้งกระจกเงา และรูปแบบที่แผงเซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบแบบที่มีการติดตั้งกระจกเงาและไม่มีการติดตั้งกระจกเงา ผลการวิจัยพบว่า แผงเซลล์ที่ติดตั้งกระจกเงาและเคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 15.33% และมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผงเซลล์ที่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์และไม่ติดตั้งกระจกเงาคิดเป็น 14.12% ส่วนแผงเซลล์ที่ติดตั้งกระจกเงาและไม่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 13.05% และมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผงเซลล์ที่ไม่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์และไม่ติดตั้งกระจกเงาคิดเป็น 11.89%

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

ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาฯ และทีมวิจัยสร้างบ้านชีวาทิตย์ เป็นบ้านที่ได้รับการออกแบบให้เป็นต้นแบบของการอยู่อาศัยอย่างยั่งยืน และเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นเป็นหลังแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพการใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์อันสูงสุดแล้ว ยังมีการนำเอาปัจจัยอื่นๆที่จำเป็นต่อการอยู่อาศัยมาใช้ด้วย บ้านชีวาทิตย์เป็นบ้านที่สามารถผลิตน้ำ และไฟฟ้าใช้ได้เองถึง 6,200 วัตต์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช่ผลิตจากแผงโซลาเซลล์ขนาด 128 ตารางเมตร ซึ่งวันหนึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 22 หน่อย โดยตัวบ้านทำจากไม้ ทำให้อุณหภูมิภายในบ้านเย็นกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 5 องศาเซลเซียส จึงประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศได้ถึง 4 เท่า ต่างจากบ้านธรรมดา ที่อุณหภูมิภายในบ้านจะร้อนกว่าอุณหภูมิภายนอกอยู่ 3 องศาเซลเซียส ส่วนหลังคามีแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพิเศษ ที่นอกจากจะให้พลังงานแล้ว

ยังสามารถนำน้ำค้างมาใช้เป็นน้ำสะอาดได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีไบโอแก๊ส (bio-gas) ที่เกิดจากการหมักใบไม้ และอุจจาระ โดยทำบ่อเกรอะไว้ 3 บ่อ เพื่อรองรับและกรองของเสีย ทำให้บ่อเกรอะที่ 3 มีน้ำใสและไม่มีกลิ่น สามารถปล่อยไปในชั้นใต้หิน เพื่อเป็นน้ำใต้ดินสำหรับหล่อเลี้ยงต้นไม้ คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของ “บ้านชีวาทิตย์” คือ มีกระจกตัดเสียงได้ ดังนั้น เสียงรถตุ๊กตุ๊ก เสียงรถยนต์ และเสียงรบกวนต่าง ๆ ซึ่งเป็นเสียงที่อยู่ในช่วงระดับกลาง ไม่สามารถเล็ดลอดเข้าไปในบ้านได้ แต่กระจกนี้จะไม่ตัดเสียงที่อยู่ในระดับสูงและระดับต่ำ ซึ่งเป็นเสียงที่คนทั่วไปชอบฟังกัน เช่น เสียงนกร้อง และเสียงลมพัดใบไม้ ทำให้ผู้อยู่อาศัยสามารถเพลิดเพลินกับเสียงดังกล่าวได้ตามปกติ นับเป็นบ้านที่ใช้เทคนิคในการก่อสร้างค่อนข้างยากและเป็นนวัตกรรมที่ล้ำยุคไปประมาณ 15 ปี มีต้นทุนในการก่อสร้างประมาณ 3.5 ล้านบาท

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กระบวนการดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัย ศึกษาเปรียบเทียบอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทุกชนิด ออกแบบสร้างและติดตั้ง เพื่อทดลองหาประสิทธิภาพในการใช้งานและคำนวนจุดคุ้มทุนที่จะดำเนินการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุนและการลดพลังงาน วิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดพลังงานแตกต่างต่างกันมากน้อยเพียงใด จากการศึกษาและติดตั้งจะทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดพลังงานได้หรือไม่

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

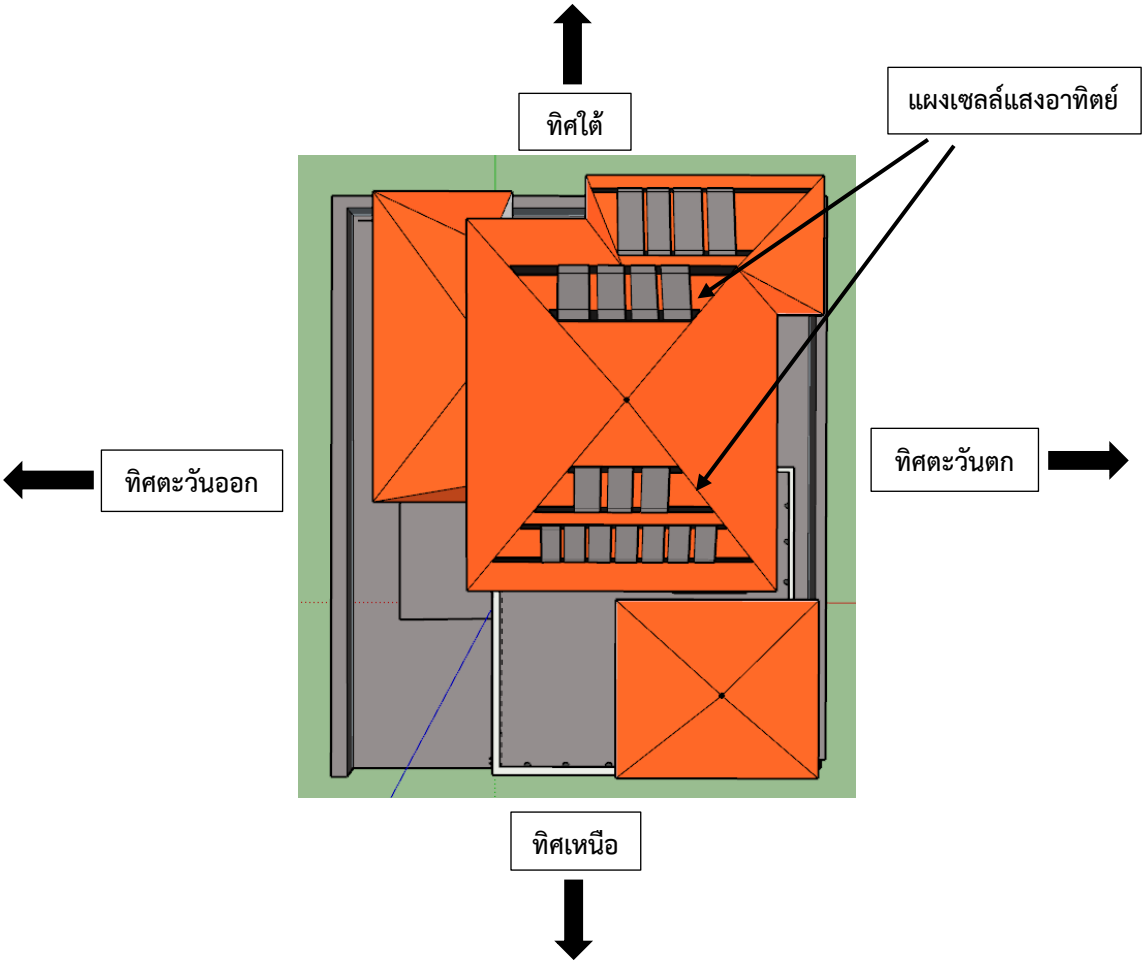
2) เก็บข้อมูลด้านการใช้พลังงานและระยะเวลาในการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดที่ใช้ในสำนักงาน

3) คำนวณขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะต้องใช้

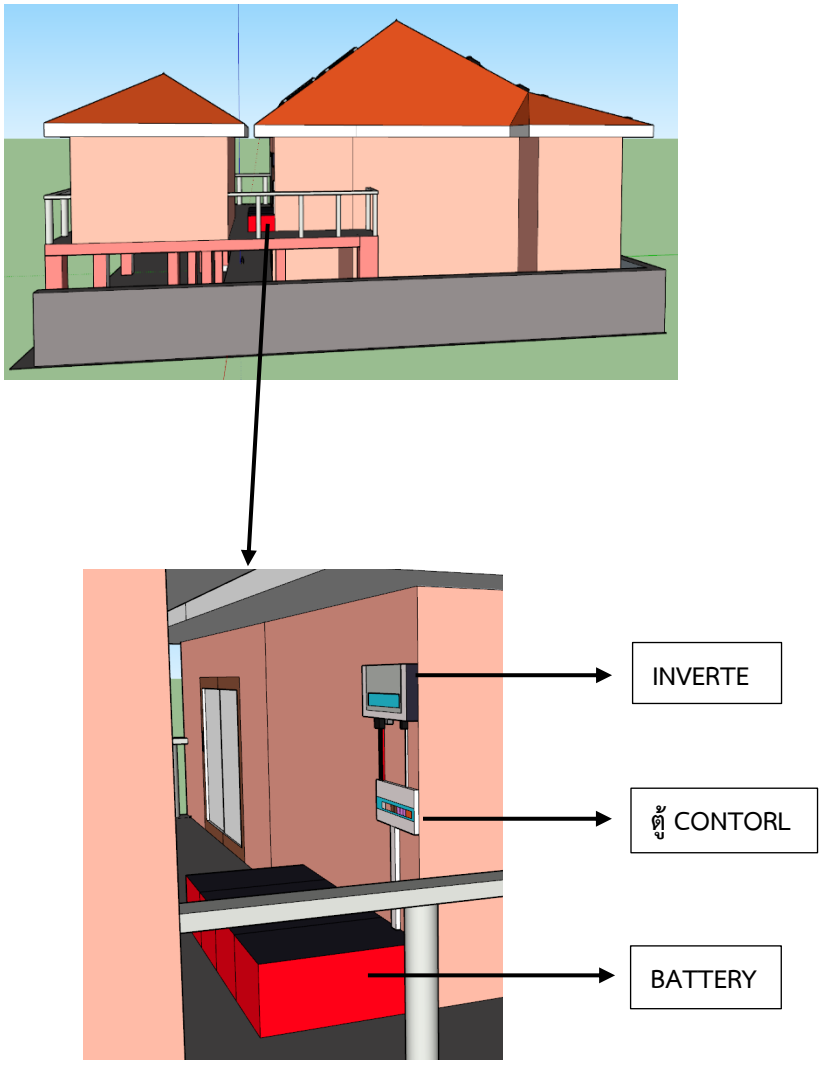
4) ออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนค่าพลังงาน

3.2 ออกแบบและวางแผนการติดตั้ง

ภาพที่ 3.1 แบบจำลองออฟฟิศ Front view



ภาพที่ 3.2 แบบจำลองออฟฟิศ Top view



ภาพที่ 3.3 แสดงจุดติดตั้งแผงควบคุม

3.3 การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของบริษัทในหนึ่งวัน คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

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

หน่วยที่ออกมาจะเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ unit หรือหน่วย

ออฟฟิศมีลักษณะคล้ายกับบ้าน 2 ชั้น มีพื้นที่ขนาด 300 ตารางเมตรมีรายละดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 รายการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหนึ่งวันของออฟฟิศบริษัท

รายการเครื่องใช้ไฟฟ้า	**จำนวน**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**	**เวลาที่เปิดใช้ (ชั่วโมง)**	**พลังงานไฟฟ้า (หน่วย-ชั่วโมง)**
หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว	10	46	10	4.6
หลอดไฟฟ้าแบบตะเกียบ	10	13	10	1.3
หลอกฟลูออเรสเซนต์แบบสั้น	4	18	8	0.58
เครื่องปรับอากาศ มิตซูบิชิ 5,000 BTU	1	740	8	5.92
เครื่องปรับอากาศ มิตซูบิชิ 9,000 BTU	1	1,000	8	8.00
เครื่องปรับอากาศ มิตซูบิชิ 9,000 BTU	1	1,040	8	8.32
เครื่องปรับอากาศ มิตซูบิชิ 12,000 BTU	1	1,400	8	11.20
ตู้เย็น	1	55	24	1.32
ปั๊มน้ำ มิตซูบิชิ	1	150	8	1.2
คอมพิวเตอร์	6	151	8	7.25
เครื่องถ่ายเอกสาร	1	540	8	4.32
รวม		**5,153**		**54.01**

จากการคำนวณในตารางที่ 3.1 พอจะประมาณการได้ว่าบริษัทนี้ต้องการพลังงานไฟฟ้า 54.01 หน่วยในหนึ่งวัน และกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 5,153 W

3.4 การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อคำนวณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวันแล้ว จะสามารถกำหนดขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยใช้สูตรดังสมการต่อไปนี้ใช้สมการที่ (2.1)

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

เมื่อแทนค่า P_L = 54.01 kW-hr

Q = 5,153 W- hr /m^2

A = 0.8

B = 0.85

C = 0.9

แทนค่าในสมการ

$$P = \frac{54.01 \times 1{,}000}{5{,}153 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.9}$$

$$= 17.13 \text{ kW}$$

จะได้กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้ง คือ 17.13 kW

3.4.1 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลักษณะหลักๆ ของการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ติดตั้งบนหลังคา กับติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียต่างกันดังนี้

1) แบบติดตั้งบนหลังคา

ข้อดี บริเวณพื้นที่ติดตั้งนี้อยู่บนอาคาร ที่มีความสูงประมาณ 10 เมตร ทำให้ไม่มีเงามาบดบังสามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่

ข้อเสีย ติดตั้งยาก บำรุงรักษายาก ค่าใช้จ่ายสูงกว่าติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน ต้องคำนึงถึงน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วย ให้ไม่เกินความสามารถ ของการรับน้ำหนักของตัวหลังคาที่ออกแบบมา

2) แบบติดตั้งบนพื้นดิน

ข้อดี พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่บน บนพื้นดิน ทำให้ติดตั้งง่ายบำรุงรักษาง่าย ค่าติดตั้งถูก

ข้อเสีย บางเวลาอาจจะถูกเงาของบ้านและต้นไม้บังแสงอาทิตย์ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ไม่เต็มที่จึงจะต้องหาพื้นที่ ที่ไม่มีเงาบังและต้องเว้นระยะห่างระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อป้องกันเงาของแผงแสงอาทิตย์กันเองจึงต้องใช้พื้นที่มากขึ้น

โดยเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 W จำนวน 18 แผง ซึ่งเป็นแผงที่มีขนาด 1.956 m × 0.992 m × 0.04 m เมื่อวางติดกับพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นดาดฟ้า หรือหลังคา จะกินพื้นที่ 2 ตารางเมตรต่อ 1 แผง ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นดาดฟ้า ติดเป็นแนวนอนขนานกับหลังคาเอียง 30

องศา คือจะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 18 แผง ซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดได้ 330 W × 18 = 5,940 W ซึ่งสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จากสมการดังต่อไปนี้

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

$$= 5{,}940 \times 5{,}153 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.9 / 1{,}000$$

$$= 18{,}732.60 \text{ W-hr หรือ } 18.73 \text{ kW-hr}$$

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในหนึ่งวันคือ 18.73 หน่วยต่อหนึ่งวัน

3.5 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงินในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้ คือ

3.5.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value หรือ NPV) คือ ผลประโยชน์ทั้งหมดที่จะได้รับในระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการที่ได้แปลงค่ามาเป็นมูลค่าในปัจจุบันแล้ว ลบด้วยมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน

3.5.2 อัตราผลตอบแทนจากโครงการลงทุน (Internal rate of return หรือ IRR) คือ ร้อยละผลตอบแทนจากการทำโครงการตลอดระยะเวลาดำเนินของโครงการ หรือในทางการคำนวณ คือ อัตราดอกเบี้ยในกระบวนการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่เท่ากับศูนย์

3.5.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio หรือ B / C) คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมตลอดอายุของโครงการ โดยจะเลือกโครงการที่ B / C มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ (B/C มากกว่าหรือเท่ากับ 1) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio :BCR) คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (Benefit) หารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (Cost) เพื่อตัดสินใจว่าแต่ละโครงการหรือธุรกิจนั้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจหรือไม่ โดยคิดอายุของโครงการ คือ 10 ปี และต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุก ๆ 5 ปี

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) ของการติดตั้งเซลล์แสอาทิตย์

ปีที่	กระแสเงินสดจ่าย	กระแสเงินสดรับ	แฟกเตอร์	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบัน
t	C_t (บาท)	B_t (บาท)	ส่วนลด a_t 7.00%	ของ C_t (บาท)	ของ B_t (บาท)
0	272,100.00	0.00	1.00	272,100.00	0.00
1	0.00	64,275.72	0.93	0.00	60,070.77
2	0.00	64,275.72	0.87	0.00	56,140.90
3	0.00	64,275.72	0.82	0.00	52,468.13
4	0.00	64,275.72	0.76	0.00	49,035.64
5	52,800.00	66,975.72	0.71	37,645.67	47,752.76
6	0.00	64,275.72	0.67	0.00	42,829.63
7	0.00	64,275.72	0.62	0.00	40,027.69
8	0.00	64,275.72	0.58	0.00	37,409.05
9	0.00	64,275.72	0.54	0.00	34,961.73
10	52,800.00	69,525.72	0.51	26,840.84	35,343.35
รวม	**377,700.00**	**650,707.20**		**336,586.51**	**456,039.66**

สูตร B/C ratio $= \dfrac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$ (3.1)

แทนค่า $= \dfrac{456,039.66}{336,586.51}$

$= 1.35$

สรุป B/C มากกว่า 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้น

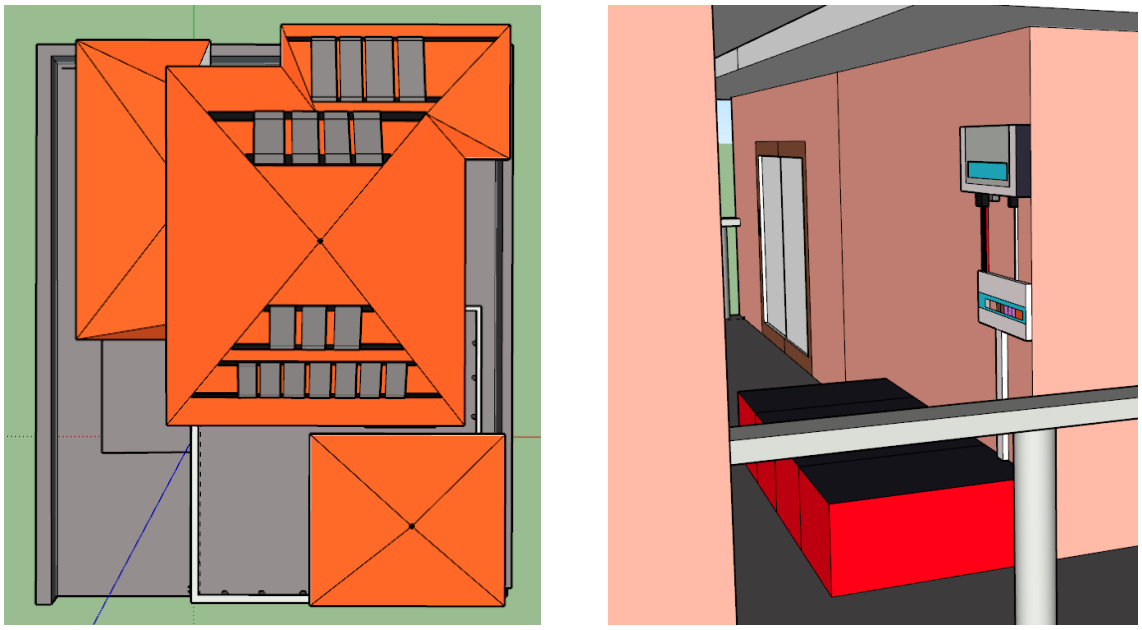
3.5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity analysis) คือ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือการพิจารณาว่าข้อมูลหรือปัจจัยสำคัญๆบางตัวในโครงการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงการ

บทที่4
ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาระบบการติดตั้งอุปกรณ์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ การเก็บข้อมูลด้านการใช้พลังงาน ระยะเวลาในการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดที่ใช้ในสำนักงาน การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า รวมถึงการออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ทางด้านการเงินของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่นำมาใช้ในสำนักงาน จากการประมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบริษัท และการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังวิธีต่อไปนี้

4.1 การออกแบบและติดตั้ง

จากการข้อมูลในบทที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มี 2 แบบ แบบแรก คือ การติดตั้งบนหลังคาแบบเอียง 30 องศา แบบที่สอง คือ การติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งแบบที่สองมีข้อเสียคือ บางเวลาอาจจะถูกเงาของบ้านและต้นไม้บังแสงอาทิตย์ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ไม่เต็มที่จึงจะต้องหาพื้นที่ ที่ไม่มีเงาบังและต้องเว้นระยะห่างระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อป้องกันเงาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กันเองจึงต้องใช้พื้นที่มากขึ้น เนื่องจากพื้นที่มีไม่มากพอที่จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้พลังงานพอกับความต้องการใช้พลังงานของบริษัทจึงตัดทางเลือกที่สองออกไป จะติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่เป็นแบบมุมเอียง 30 องศา เพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 4.1 แบบจำลองการติดตั้งอุปกรณ์

4.1.1 ขั้นตอนการติดตั้ง

1) ติดตั้งโครงเหล็กเพื่อจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.2 ติดตั้งโครงเหล็กเพื่อจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ภาพที่ 4.3 โครงเหล็กจับยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสายไฟ

ภาพที่ 4.4 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสายไฟ

ภาพที่ 4.5 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสายไฟ

3) ติดตั้งตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด อินเวอร์เตอร์ 5 กิโลวัตต์ (On Grid Hybrid)

ภาพที่ 4.6 ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด

4) ติดตั้งตู้ Control พร้อมอุปกรณ์ประกอบ

ภาพที่ 4.7 ตู้ Contorl

5) ต่อสายไฟจากตู้ Contorl เข้ากับแบตเตอร์รี่

ภาพที่ 4.8 แบตเตอรี่

4.2 การคำนวณต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.1 รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์		**เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ**		**แบตเตอรี่**		**อินเวอเตอร์**	
Spec	จำนวน	Spec	จำนวน	Spec	จำนวน	Spec	จำนวน
330W	18	48V,60A	1	12V,200Ah	4	5Kw	1

4.2.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

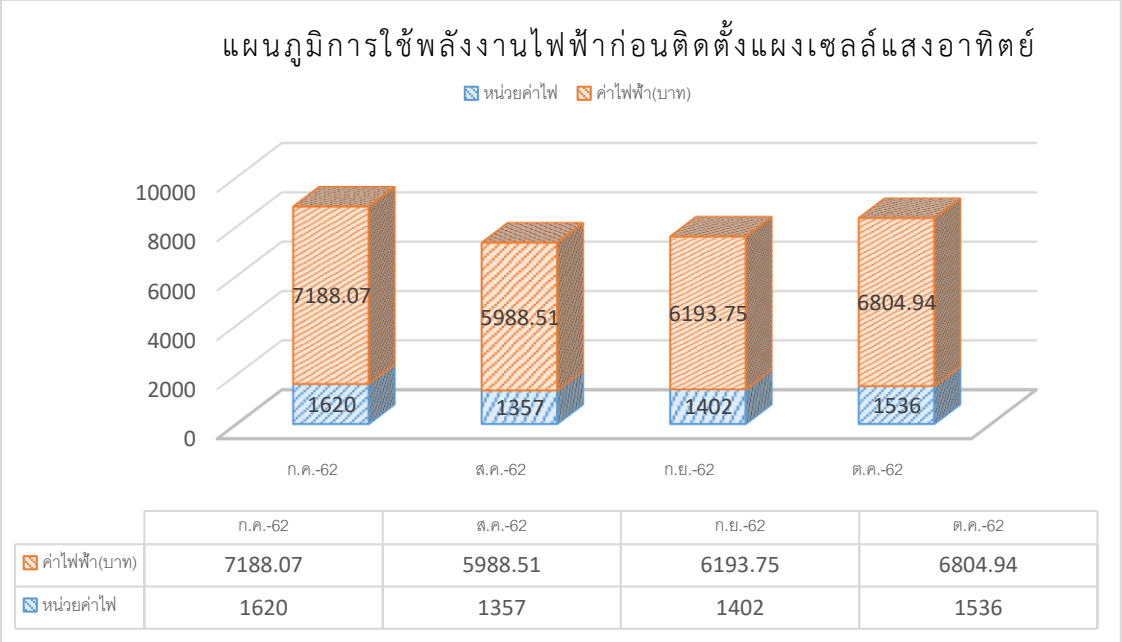
ใบรายการสินค้าและค่าใช้จ่าย				
ลับดับที่ Item	**รายการ Descritiom**	**Q'ty จำนวน**	**Unit หน่วย**	**จำนวนเงิน Amount**
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 330 วัตต์	18แผง	4,100	73,800
2	เจล-แบตเตอรี่ ขนาด 220 แอมป์ 12 โวล	4ลูก	13,200	52,800
3	ตู้แปลงไฟฟ้าระบบไฮบริด อินเวอร์เตอร์ 5 กิโลวัตต์	1ชุด	58,000	58,000
4	ตู้คอนโทรลพร้อมอุปกรณ์ประกอบ	1ชุด	15,500	15,500
5	ชุดโครงสร้างตั้งแผงโซล่าเซลล์และเจล-แบตเตอรี่	1ชุด	7,500	7,500
6	อุปกรณ์ต่าง ๆในระบบไฟฟ้าและอื่น ๆ	1ชุด	18,000	18,000
7	ค่าขนส่ง,ค่าแรงงาน,ค่าอาหาร,ค่าที่พัก	3วัน	18,000	54,000
			ราคารวม	272,100

4.3 ผลประโยชน์ที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือ เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แทนการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าซึ่งมีรายละเอียดค่าไฟก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางการใช้พลังงานก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

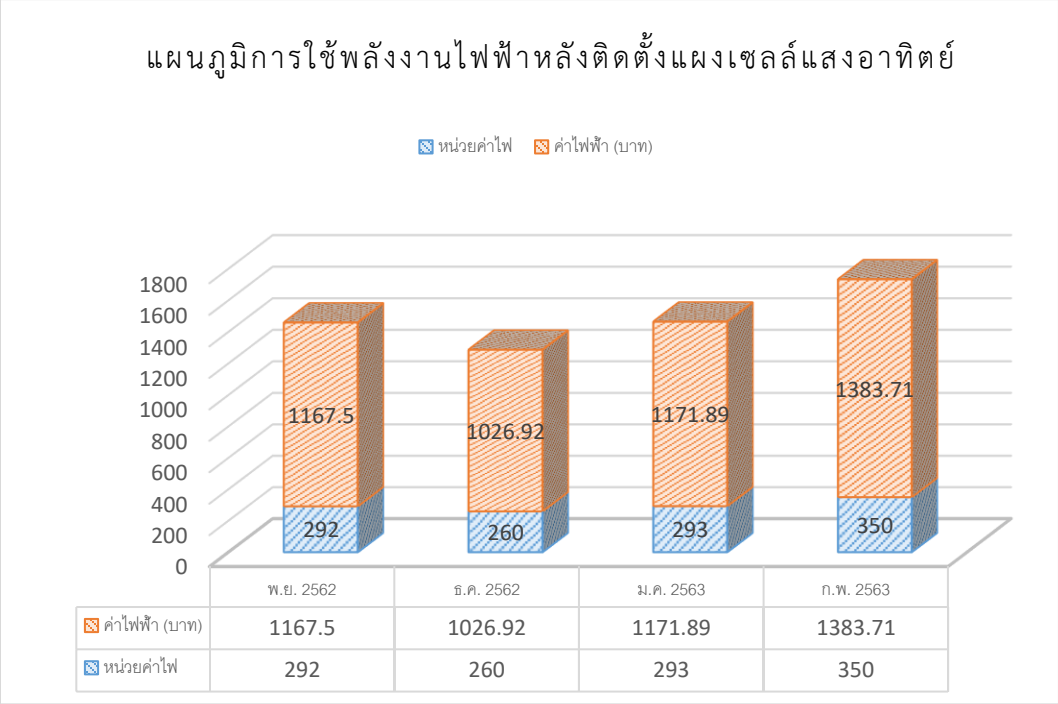
เดือน	หน่วยค่าไฟ	ค่าไฟฟ้า(บาท)
ก.ค. 2562	1,620	7,188.07
ส.ค. 2562	1,357	5,988.51
ก.ย. 2562	1,402	6,193.75
ต.ค. 2562	1,536	6,804.94



ภาพที่ 4.9 แผนภูมิการใช้พลังงานก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.4 ตารางการใช้พลังงานหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เดือน	หน่วยค่าไฟ	ค่าไฟฟ้า (บาท)
พ.ย. 2562	292	1,167.5
ธ.ค. 2562	260	1,026.92
ม.ค. 2563	293	1,171.89
ก.พ. 2563	350	1,383.71



ภาพที่ 4.10 แผนภูมิการใช้พลังงานหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.4 การคำนวณกรณีไม่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับเงินลงทุน

ในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในหนึ่งวันของบริษัท เฉลี่ยเท่ากับ 54.01 หน่วยต่อวัน ในหนึ่งเดือนจะใช้พลังงานเท่ากับ 54.01× 30 = 1,620.30 หน่วยต่อเดือน จะต้องจ่ายค่าพลังงานให้กับการไฟฟ้าเท่ากับ 1,620.30 X 3.9361 = 6,377.66 บาท และบวกกับค่าบริการ เท่ากับ 38.22 บาท เท่ากับ 6,415.88 บาทต่อเดือน

$$\text{สูตร} = \frac{\text{เงินลงทุนในโครงการ}}{\text{ค่าไฟฟ้าหนึ่งเดือน} \times 12}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{272{,}100}{6{,}415.88 \times 12}$$

$$= 3.53 \text{ ปี} \approx 3 \text{ ปี } 5 \text{ เดือน } 9 \text{ วัน}$$

สรุป ในกรณีไม่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เงินลงทุนจำนวน 272,100 บาท จะจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าหมดภายใน 3 ปี 5 เดือน 9 วัน

4.5 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

ในการเก็บข้อมูลระยะเวลา 4 เดือน ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของบริษัทก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเดือนละ 6,543.82 บาท/เดือน หลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,187.51 บาท/เดือน จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลงเฉลี่ย 5,356.31 บาท/เดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 81.85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นนำมาหาจุดคุ้มทุน

$$\text{สูตร จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนสุทธิเริ่มแรก}}{\text{เงินสดรับสุทธิแต่ละปี}}$$

$$\text{แทนค่า จุดคุ้มทุน} = \frac{272{,}100}{5{,}356.31 \times 12}$$

$$= 4.23 \approx 4 \text{ ปี } 2 \text{ เดือน } 9 \text{ วัน}$$

บทที่5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในออฟฟิศออกแบบสร้างและทดลองหาระสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนและลดต้นทุน เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายแบบเดิมกับแบบใหม่ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการรวบรวมข้อมูลในปัจจุบัน เพื่อที่จะให้ได้ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของผลการวิจัยที่ตรงตามสถานการณ์ราคาปัจจุบัน เนื่องจากปัจจุบันมีผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมากจึงทำให้ราคาของอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงเรื่อย ๆ และต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเปลี่ยนแปลงตาม การวิเคราะห์ด้านการเงินจะมีความเป็นไปได้มากขึ้นไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในผลงานวิจัย

5.1 สรุปและอภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานวิจัยในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางกานเงินแบ่งออกเป็น2กรณีคือการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเอียง30องศาและการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาททิตย์บนพื้น ให้พอดีกับความต้องการภายในบริษัท การประมาณค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 54.01 หน่วยในหนึ่งวัน และกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 5153 วัตต์ การคำนวณขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์จะได้กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งคือ 17.13 กิโลวัตต์ จากการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของการติดตั้งทั้ง 2 แบบ ทำให้ตัดสินใจเลือกการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเอียง30 องศาโดยเลือกใช้แผงโซเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ จำนวน 18 แผง ซึ่งเป็นแผงที่มีขนาด 1.956*0.992*0.44เมตร จะกินพื้นที่หลังคา 2 ตารางเมตรต่อ 1 แผง สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 330w*18แผง=5940w พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาในหนึ่งวันคือ 18.73 กิโลวัตต์/วัน ต้นทุนในการติดตั้ง

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 272,100 บาท รายละเอียดค่าไฟก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งแสดงดังตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ค่าไฟก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ก่อนติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	
เดือน	**ค่าไฟฟ้า (บาท)**
กรกฎาคม	7,188.07
สิงหาคม	5,988.51
กันยายน	6,193.75
ตุลาคม	6,804.94

ตารางที่ 5.2 ค่าไฟหลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์	
เดือน	**ค่าไฟฟ้า (บาท)**
พฤศจิกายน	1,167.50
ธันวาคม	1,026.92
มกราคม	1,171.89
กุมภาพันธ์	1,383.71

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 4 เดือน จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลงเฉลี่ย 5,356.31 บาท/เดือน

คิดเป็นร้อยละ 81.85 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.23 ปี หรือ 4 ปี 2 เดือน 9 วัน

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) ของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

ปีที่	กระแสเงินสดจ่าย	กระแสเงินสดรับ	แฟกเตอร์	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบัน
t	C_t (บาท)	B_t (บาท)	ส่วนลด a_t 7.00%	ของ C_t (บาท)	ของ B_t (บาท)
0	272,100.00	0.00	1.00	272,100.00	0.00
1	0.00	64,275.72	0.93	0.00	60,070.77
2	0.00	64,275.72	0.87	0.00	56,140.90
3	0.00	64,275.72	0.82	0.00	52,468.13
4	0.00	64,275.72	0.76	0.00	49,035.64
5	52,800.00	66,975.72	0.71	37,645.67	47,752.76
6	0.00	64,275.72	0.67	0.00	42,829.63
7	0.00	64,275.72	0.62	0.00	40,027.69
8	0.00	64,275.72	0.58	0.00	37,409.05
9	0.00	64,275.72	0.54	0.00	34,961.73
10	52,800.00	69,525.72	0.51	26,840.84	35,343.35
รวม	**377,700.00**	**650,707.20**		**336,586.51**	**456,039.66**

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-cost ratio หรือ B / C) เท่ากับ 1.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) หากมีขอบเขตหรือปัจจัยในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ควรมีการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆในการติดตั้งให้ละเอียด เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการคำนวณ

2) การเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้งต่าง ๆ ควรดูคุณภาพของวัสดุและประสิทธิภาพในการใช้งานว่าคุ้มค่ากับราคาหรือไม่

3) แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 25 ปี หลังจาก 25 ปี จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เสื่อมสภาพการใช้งานอย่างมาก

4) ผลการวิจัยจากการคำนวณอาจเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลลังงาน. (2545). **รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี2561.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dede.go.th. (9 ธันวาคม 2562)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2512). **การดำเนินงานด้านพลังงานไฟฟ้าการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.egat.co.th (9 ธันวาคม 2562)

พิชยดา จิรวรรษวงศ์. (2556). **“การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย.”** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ประวัติย่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นางสาวธนาภร จริงโพธิ์

วัน เดือน ปีเกิด 26 กันยายน พ.ศ. 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 536 ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2559 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) แผนการเรียน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนบุญวัฒนา 2 จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2563 ระดับปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติย่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	นายปฏิกร พรมศรี
วัน เดือน ปีเกิด	6 พฤษภาคม พ.ศ. 2541
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 1445 หมู่ที่ 4 ตำบลพระพุทธ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30230
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) โรงเรียนหนองยางพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2559	ระดับอาชีวศึกษา (ปวช.) แผนการเรียน เขียนแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา จังหวัด นครราชสีมา
พ.ศ. 2563	ระดับปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติย่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นายอาทิตย์ หมู่สะแก

วัน เดือน ปีเกิด 6 สิงหาคม พ.ศ. 2538

ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 27/1 หมู่ที่ 5 ตำบลหัวทะเล อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 36220

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) โรงเรียนเพรชพิทยาสรรค์ จังหวัดชัยภูมิ

พ.ศ. 2559 ระดับอาชีวศึกษา (ปวช.) แผนการเรียนช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีช่างกลพณิชยการนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2563 ระดับปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ประวัติย่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	นายอินปรัชญา ถาวรสวัสดิ์สกุล
วัน เดือน ปีเกิด	3 เมษายน พ.ศ. 2541
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 274 หมู่ที่ 10 ตำบลพันดุง อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30280
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.3) โรงเรียนขามทะเลสอสิทยา จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2559	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โรงเรียนขามทะเลสอวิทยา จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ. 2563	ระดับปริญญาตรีอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา