การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา:
กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

Cost and Beneficial Analyses of Installing Solar Rooftop:
A Case Study of a Steel and Basic Metal Automation Manufacturing Factory

นางสาวสุรัญยา เจนอักขรกุล

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม
พุทธศักราช 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม (สาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย (คณะ)

เรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา: กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

Cost and Beneficial Analyses of Installing Solar Rooftop:
A Case Study of a Steel and Basic Metal Automation Manufacturing Factory

ผู้แต่ง นางสาวสุรัญยา เจนอักขรกุล

Miss Suranya Chenoakkharakun

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา/กรรมการ.....

(อาจารย์ ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 19 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา: กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

โดย : นางสาว สุรัญยา เจนอักขรกุล

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

19 / 7 / 67

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา และเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการ โรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์เล็งเห็นถึงความสำคัญของการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเลือกแผนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง 526.90 kW ใช้การติดตั้งแบบระบบออนกริด (On Grid) ติดตั้งบนหลังคาโรงงานขนาดพื้นที่ 6,132 ตารางเมตร ผลการศึกษาพบว่า โครงการนี้มีต้นทุนด้านการลงทุนทั้งหมด อยู่ที่ 25,415,001.95 บาท อายุโครงการ 25 ปี ตามอายุการใช้งานของชุดโซลาร์เซลล์ มีไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ อยู่ที่ 11,143,973.56 หน่วย (kWh) ผลรวมต้นทุนต่อขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง (Unit Cost) อยู่ที่ 48,234.96 บาทต่อกิโลวัตต์ และมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าซึ่งรวมค่าซ่อมบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ (Cost of Product : CFP) อยู่ที่ 2.28 บาทต่อหน่วย การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 8,995,594.35 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับ 11.68% และระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด (DPB) เท่ากับ 12.47 ปี แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ : ต้นทุนและผลตอบแทน, ชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา, โรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน

Abstract

Title : Cost and Beneficial Analyses of Installing Solar Rooftop:
A Case Study of a Steel and Basic Metal Automation Manufacturing Factory

By : Miss Suranya Chenoakkharakun

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Advisor : .....
(Dr.Weerakarj Dokchan)
19/7/24

The research had the objectives of studying the cost and benefit for solar cell installation on the roof and also analyzing the financial worthiness of the project of a steel and automotive basic metal factory. In this project, the vital key was cost-saving on electrical power usage by installing solar cells of 526.90 kW on grid. The factory roof of 6,132 sq. m. had been used for setting up the solar cell panels. The overall investing cost was 25,415,001.95 baht or 48,234.96 baht per kW. The project life of 25 years was used in financial analysis. Throughout the project period, electricity will be produced for 11,143,973.56 kWh. Cost of product, or CFP, which includes maintenance cost could be 2.28 baht per KWh. The financial analysis of the project indicated that the net present value (NPV) was 8,995,594.35 baht, the internal rate of return (IRR) was 11.68%, and the discount payback period (DPB) was 12.47 years. This project is high worthiness to invest.

Keywords: Cost and benefit, Solar cells on roof, Steel and automotive basic metal factory

Approved by:

.....
Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยการได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบติดตามความก้าวหน้า แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้การวิจัยมีความสมบูรณ์อย่างดียิ่ง และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงศ์พัฒน์ เพ็ชรรุ่งเรือง ที่แนะนำเทคนิคและความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำสารนิพนธ์ทำให้สารนิพนธ์นี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ อันมีผลทำให้สารนิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณท่านคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ที่คอยติดตามคอยดูแลมาโดยตลอด และให้คำแนะนำต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ค้นคว้าสามารถค้นคว้าได้สำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ผู้ประสานงานหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยาม ที่คอยช่วยเหลืองานเอกสารและประสานงานต่าง ๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณบุคลากรของโรงงานที่วิจัย ที่ให้ความสนับสนุนการดำเนินงานคอยให้การช่วยเหลือให้ความรู้ด้านข้อมูลอย่างครบถ้วน ในการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจที่ดี ญาติพี่น้องในครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง คณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ ให้ความเมตตา และเป็นกำลังใจที่สำคัญ ที่ทำให้การศึกษาวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

รวมถึงผู้แต่งหนังสือหรือเอกสารทางวิชาการ ที่ได้ใช้เป็นเอกสารอ้างอิง ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุน ช่วยเหลือจนประสบความสำเร็จ ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุรัญยา เจนอักขรกุล

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	3
1.6 คำนิยามศัพท์	4
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์	7
2.2 ความหมาย ความสำคัญ ของพลังงานแสงอาทิตย์	13
2.3 แนวคิดทางกฎหมายเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	15
2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	20
2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโครงการลงทุน	31
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
3.1 ศึกษาสภาพทั่วไป	36
3.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิค ในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา	40
3.3 ต้นทุนและการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย	54
4.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการ	54

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	66
5.1 สรุปผล	66
5.2 การอภิปรายผล	69
5.3 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	72
ประวัติผู้วิจัย	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2564 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)	8
2.2 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2565 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)	9
2.3 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)	10
2.4 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า	12
2.5 แสดงขนาดสายไฟกระแสตรง	25
2.6 แสดงขนาดสายไฟกระแสสลับ	26
3.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564	38
3.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2564	39
3.3 หน่วยไฟฟ้าช่วง Peak ก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 ของโรงงานที่วิจัย	40
3.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์รายเดือนของตำบลและอำเภอของโรงงานจังหวัดสมุทรปราการ (หน่วย: MJ/m^2-day)	42
3.5 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของอุปกรณ์	43
3.6 อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี	43
3.7 แสดงอายุและประสิทธิภาพการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์	43
3.8 แสดงอายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์	44
3.9 แสดงเวลาการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	44
3.10 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณกำลังผลิตที่ใช้ติดตั้ง	46
3.11 ข้อมูลการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์	47
3.12 แสดงอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย MLR ของธนาคารพานิชย์ไทย	48
4.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2565	55
4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2565	56
4.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตจริง	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4 ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า	58
4.5 ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด	58
4.6 อัตราค่าไฟฟ้า	59
4.7 ผลตอบแทนตลอดโครงการ	60
4.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ	62
4.9 สรุปต้นทุนและผลตอบแทนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ตลอดโครงการ	64
5.1 ต้นทุนการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานที่วิจัย	67
5.2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย	68
5.3 สรุปการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างใบเสร็จค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2 ของโรงงานที่วิจัย เดือนมกราคม 2565	11
2.2 แสดงแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	21
2.3 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.4 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ประเภท	23
2.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆ	27
2.6 ตารางความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาค่า	28
3.1 ผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์	37
3.2 ขนาดพื้นที่หลังคาโรงงานที่วิจัย	41
3.3 แผงโซลาร์เซลล์ แบบ Polycrystalline Silicon Solar cell	49
3.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา	49
3.5 ติดตั้งแผงเซลล์โซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา	50
3.6 พื้นที่ควบคุม ควบคุมระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	51
3.7 ทดสอบการเดินระบบโดยทีมวิศวกร	52
3.8 ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) ของโรงงานวิจัย	53

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในด้านต่าง ๆ เช่น ภาคประชาชน พลังงานไฟฟ้าทำหน้าที่ให้แสงสว่างทั่วทั้งประเทศ ภาคอุตสาหกรรมใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิต เพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักร รวมทั้งใช้แสงสว่างด้วย ภาครัฐใช้พลังงานไฟฟ้าในการวางรากฐานทางด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ ดังนั้นความสำคัญของพลังงานไฟฟ้ามีผล และเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาพื้นฐานต่าง ๆ ของประเทศ ทั้งทางด้านสังคม และเศรษฐกิจ เป็นพลังงานที่ช่วยสนับสนุนให้มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจในทุกภาคส่วนของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ หรือภาคเอกชน จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า สำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของระบบ กฟผ. ในปี 2564 มีค่าเท่ากับ 194,868.69 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของปี 2563 ที่มีค่าเท่ากับ 191,934.55 ล้านกิโลวัตต์- ชั่วโมง เป็นจำนวน 2,934.14 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 1.53 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), 2564, 8 เมษายน)

สำหรับปี 2565 คาดว่า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสุทธิของระบบ กฟผ. จะมีค่าประมาณ 217,552 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง (อ้างอิงค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2561-2580 ฉบับปรับปรุง 1 หรือ PDP2018 Rev.1) (กฟผ., 2564, 8 เมษายน)

1.1 ความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลของกองยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงานพบว่า การใช้ไฟฟ้า ในปี 2564 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 190,468 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.8 โดยการใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ร้อยละ 45 อยู่ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 จากการปรับตัวในทิศทางที่ดีขึ้นของภาคการส่งออกที่มีคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามภาวะเศรษฐกิจโลกที่ฟื้นตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน ยานยนต์อิเล็กทรอนิกส์ (กองยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน, 2565, 1 กันยายน)

ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ถือเป็นเชื้อเพลิงหลักที่นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น เป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่เรียกว่าแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งใช้แล้วหมดไปแหล่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จะมีราคาผันผวนสูงตามราคาน้ำมันโลก ทำให้ต้องแบกรับต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น มีการคาดการณ์ว่าราคาน้ำมันจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ มีการคาดการณ์ในอนาคตอันใกล้นี้จะเกิดภาวะขาดแคลนพลังงาน ปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าน้ำมันเฉลี่ย 0.87 ล้านบาร์เรลต่อวัน เนื่องจากปัญหาวิกฤตการณ์ด้านพลังงานดังกล่าว บทบาทของพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญ (อังสนา พจน์ศิริ, 2559)

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนที่ประเทศต่างๆ นำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือก โดยที่ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนมีแสงอาทิตย์ทั้งปีจึงควรใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานทางเลือกชนิดอื่น ประกอบกับความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นสวนทางกับปริมาณแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่มีอย่างจำกัด และราคาพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ก็มีแนวโน้มสูงขึ้น อีกทั้งพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ยังส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) (United States Environmental Protection Agency, 2016) ซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก ในประเทศไทยพบว่า มีการลงทุนประกอบและติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (ชุติมา อยู่ดี และเสถียรภาพ นาหลวง, 2562) มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจาก มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดต้นทุนการผลิตลง ผู้บริหารระดับสูงเล็งเห็นถึงความสำคัญของต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงมีนโยบายในการจัดการสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ในฐานะโรงงานผู้ผลิต ที่รับผิดชอบในการผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ประเภทอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน ยานยนต์ ซึ่งประกอบกิจการมุ่งเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องด้านคุณภาพ ปกป้องสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ดูแลส่งเสริมระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนตลอดการดำเนินกิจการ โดยเลือกแผนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง 526.90 kW ใช้การติดตั้งแบบระบบออนกริด (On Grid) ติดตั้งบนหลังคาโรงงานขนาดพื้นที่ 6,132 ตารางเมตร

ดังนั้นผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตการศึกษามีดังต่อไปนี้

1.3.1 ศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ในจังหวัดสมุทรปราการ

1.3.2 ศึกษาระยะเวลาอายุโครงการ 25 ปี

1.3.3 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 และหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ปีพ.ศ. 2565

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อประเมินศักยภาพเชิงเทคนิค ในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.4.2 เพื่อทราบถึงต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตไฟฟ้าในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.4.3 เพื่อทราบความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาสภาพทั่วไป

1.5.1.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน

1.5.1.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา

1.5.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิค ในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา

1.5.2.1 การคำนวณดำเนินงานติดตั้งโครงการ

1.5.3 ต้นทุนและการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา

1.5.3.1 ข้อมูลจากบริษัทฯที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์เซลล์ บนหลังคาโรงงานวิจัย

1.5.3.2 ข้อมูลทางด้านผลตอบแทน

1.5.3.3 การดำเนินการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ โรงงานวิจัย

1.5.4 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5.5 เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

1.6 คำนิยามศัพท์

1.6.1 อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ (Automotive Steel and Basic Metal Industries) หมายถึง เป็นอุตสาหกรรมที่มีวัตถุดิบหลักเป็นโลหะแผ่นบาง ผ่านกระบวนการผลิตขึ้นรูปจนเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งแบ่งตามหมวดสินค้าได้ 3 หมวด

16.2 พลังงานทดแทน (Renewable Energy) หมายถึง พลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานจากฟอสซิล อาทิ ถ่านหิน ปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ อีกทั้งยังปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมหาศาล ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกและปัญหาโลกร้อน โดยทั่วไปแล้ว พลังงานทดแทนจะหมายถึงพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติและสามารถใช้ทดแทนพลังงานเดิมได้อย่างไม่จำกัด ตัวอย่างพลังงานทดแทนที่สำคัญและมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ

1.6.3 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) หมายถึง พลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สามารถผลิตได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของแสงแดด ซึ่งให้ทั้งพลังงานแสงและพลังงานความร้อน พลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานหมุนเวียนสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูง ไม่มีวันหมด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย หลัก ๆ คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าและการผลิตพลังงานความร้อน

1.6.4 โซลาร์เซลล์บนหลังคา หรือระบบโซลาร์รูฟ (Solar Roof) หมายถึง ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์หรือการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งบนหลังคาโรงงาน สามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองในโรงงาน โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วจ่ายเป็นไฟกระแสตรง (DC) ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับสายส่ง (Grid tie Inverter) แล้วแปลงไฟกระแสตรง(DC) ให้เป็นไฟกระแสสลับ(AC 220V 50Hz) จะได้กระแสไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ แอร์ ฯลฯ

1.6.5 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนเงินลงทุนของโครงการ

1.6.6 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราคิดลด (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ

1.6.7 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินรับจากโครงการสามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เทคนิคนี้เป็นวิธีที่สามารถบอกความเสี่ยงของโครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาได้ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้น จะมีสภาพคล่องสูงและความเสี่ยงต่ำ

1.6.8 ต้นทุนระบบต่อขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง (Unit Cost) คือสัดส่วนที่ ทำให้ทราบว่าเราได้จ่ายงบไปในการติดตั้งเป็นราคาเท่าต่อหน่วยของกำลังการผลิต

1.6.9 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Product : CFP) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นต้นทุนที่ประกอบด้วย ต้นทุนในการติดตั้งเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ ส่วนผลตอบแทนจะเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ

บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานวิจัย

2.1.2 ข้อมูลการผลิตของโรงงานวิจัย

2.1.3 รูปแบบการใช้ไฟฟ้าของโรงงานที่วิจัย

2.1.4 วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2

2.2 ความหมาย ความสำคัญ ของพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.1 ความหมายของพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.2 ความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์

2.3 แนวคิดทางกฎหมายเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 หลักการทำงานและอุปกรณ์พื้นฐานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารโรงงาน

2.4.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

2.4.3 แนวคิดการคำนวณหากำลังผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร

2.4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการ

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโครงการลงทุน

2.5.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา

2.1 อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานวิจัย

โรงงานที่วิจัยเป็นประเภทอุตสาหกรรม : อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ ประกอบกิจการผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น โครงหัวรถทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอื่น ๆ จากโลหะ ตามความต้องการของลูกค้า

โรงงานที่วิจัยระบุกลุ่มโรงงานควบคุม ดังนี้

☑กลุ่มที่ 1 (ขนาดเล็ก) : โรงงานควบคุมที่ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ารวมกันน้อยกว่าสามพันกิโลวัตต์หรือสามพันห้าร้อยสามสิบกิโลโวลต์แอมแปร์หรือโรงงานควบคุมที่ใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นๆ โดยมีปริมาณพลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าหกสิบล้านเมกะจูล/ปี

2.1.2 ข้อมูลการผลิตของโรงงานวิจัย

2.1.2.1 จากการเก็บข้อมูลการผลิตย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน) ของการผลิตในโรงงานพบว่า ในหมวดที่ 1 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม อยู่ที่ 1,920.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 1,960.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน อยู่ที่ 1,850.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 1,900.00 ตัน ตามลำดับ ในหมวดที่ 2 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ อยู่ที่ 292.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 350.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุด อยู่ในเดือนพฤษภาคม อยู่ที่ 259.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 420.00 ตัน และในหมวดที่ 3 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม อยู่ที่ 61.50 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 78.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน อยู่ที่ 58.78 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 75.00 ตัน โดยแสดงรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 2.1 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2564 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)

วัตถุดิบหลัก : เหล็ก									
หมวดที่ 1				หมวดที่ 2			หมวดที่ 3		
เดือนที่ผลิต	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)
ม.ค	335	1,550.00	1,520.00	316	450.00	218.00	139	65.00	25.26
ก.พ	297	1,885.00	1,780.00	132	350.00	292.00	213	55.00	35.20
มี.ค	456	1,960.00	1,920.00	276	380.00	198.00	380	78.00	61.50
เม.ย	297	1,900.00	1,850.00	150	300.00	195.00	188	52.00	32.80
พ.ค	320	1,350.00	1,320.00	119	420.00	259.00	137	65.00	24.95
มิ.ย	384	1,420.00	1,200.00	586	420.00	250.00	303	72.00	51.85
ก.ค	145	1,000.00	960.00	207	450.00	175.00	134	68.00	23.15
ส.ค	396	1,880.00	1,720.00	346	450.00	225.00	118	60.00	20.98
ก.ย	505	1,790.00	1,700.00	220	430.00	185.00	369	75.00	58.78
ต.ค	457	1,790.00	1,500.00	358	450.00	245.00	73	50.00	9.15
พ.ย	461	1,790.00	1,500.00	323	420.00	215.20	110	55.00	18.48
ธ.ค	586	1,790.00	1,450.00	196	300.00	165.20	180	70.00	30.99
รวม	4,639	20,105.00	18,420.00	3,229	4,820.00	2,622.40	2,344	765.00	393.09

2.1.2.2 จากการเก็บข้อมูลการผลิตย้อนหลังของโรงงานวิจัยหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2565 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน) ของการผลิตในโรงงานพบว่า ในหมวดที่ 1 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ อยู่ที่ 1,670.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 1,880.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม อยู่ที่ 1,650.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 1,800.00 ตัน ตามลำดับ ในหมวดที่ 2 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม อยู่ที่ 395.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 470.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุด อยู่ในเดือนมกราคม อยู่ที่ 355.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 450.00 ตัน และในหมวดที่ 3 มีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน อยู่ที่ 120.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่

250.00 ตัน รองลงมามีปริมาณผลผลิตจริงสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม อยู่ที่ 75.00 ตัน ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 110.20 ตัน โดยแสดงรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 2.2 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2565 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2565 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน)

วัตถุดิบหลัก : เหล็ก									
หมวดที่ 1				หมวดที่ 2			หมวดที่ 3		
เดือนที่ผลิต	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง(กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)	ชั่วโมงการทำงาน	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/เดือน)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/เดือน)
ม.ค	402	1,720.00	1,520.00	305	450.00	355.00	170	90.00	67.50
ก.พ	300	1,880.00	1,670.00	285	320.00	295.00	120	80.00	55.50
มี.ค	412	1,800.00	1,650.00	290	470.00	395.00	350	78.00	58.20
เม.ย	305	1,550.00	1,310.00	350	450.00	250.00	190	120.00	34.86
พ.ค	312	1,650.00	1,320.00	320	350.00	300.00	89	130.00	74.95
มิ.ย	308	1,330.00	1,312.00	280	280.00	262.00	98	75.00	10.20
ก.ค	286	1,320.00	1,300.00	250	250.00	175.00	75	72.00	9.50
ส.ค	298	1,380.00	1,330.00	350	350.00	250.00	210	180.00	62.80
ก.ย	301	1,400.00	1,390.00	280	200.00	182.00	387	250.00	120.20
ต.ค	302	1,350.00	1,292.00	200	180.00	152.00	256	200.00	68.67
พ.ย	298	1,380.00	1,250.00	290	210.00	198.00	110	60.00	18.20
ธ.ค	285	1,300.00	1,230.00	180	200.00	150.00	320	110.20	75.00
รวม	3,809	18,060.00	16,574.00	3,380	3,710.00	2,964.00	2,375	1,445.20	655.58

2.1.3 รูปแบบการใช้ไฟฟ้าของโรงงานที่วิจัย

จากการสำรวจข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานที่ใช้วิจัย พบว่าจัดอยู่ในกิจการประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 4.2.2 อัตราการใช้ไฟฟ้า TOU และหม้อแปลงรวม 1,500 kVA ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงงานที่ทำวิจัยลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000

กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยใช้อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff) โดยมีอัตราค่าไฟฟ้าตามรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 2.3 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

ตารางที่ 2.3 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
4.2.1 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
4.2.2 12-24 กิโลโวลต์	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
4.2.3 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	210.00	0	4.3297	2.6369	312.24
On Peak : เวลา 09.00-22.00 น วันจันทร์ - ศุกร์ **Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น วันจันทร์ - ศุกร์** **: เวลา 00.00-24.00 น วันเสาร์ - อาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ** **วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)**					

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง, (2565). ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่. เข้าถึงได้จาก https://www.mea.or.th/profile/109/114

2.1.4 วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า(Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา นับถึงเดือนปัจจุบัน

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

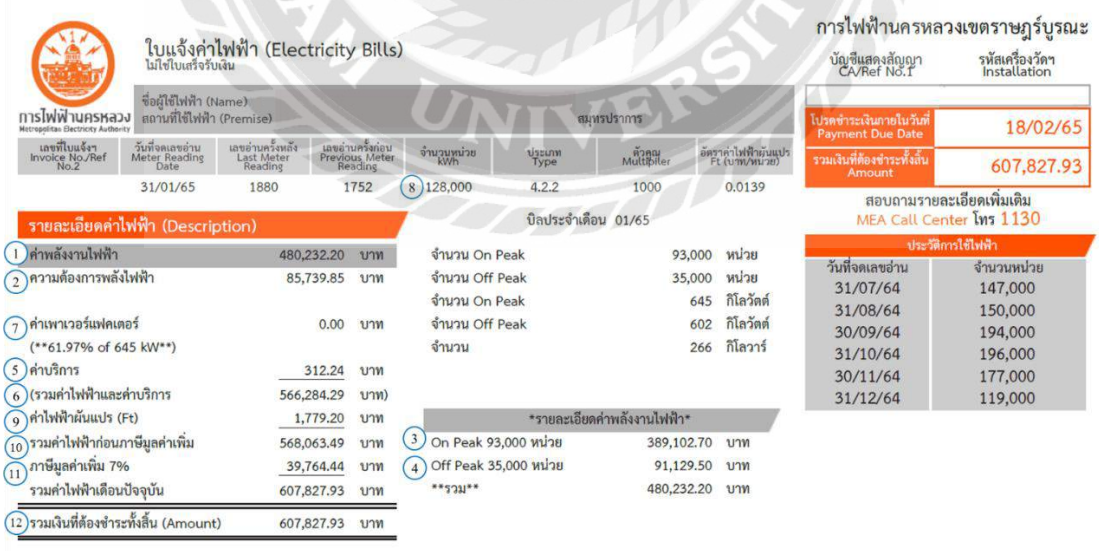
สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้า รีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ ให้ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

ข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า

1. อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เป็นอัตราที่เรียกเก็บรายเดือน ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

2. ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือน ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าฐาน และค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft) ซึ่งจะมีการเรียกเก็บ Ft ทุกเดือน โดยแยกเป็นรายการในใบเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้า ทั้งนี้ Ft ที่เรียกเก็บจะปรับเปลี่ยนทุกๆ 4 เดือน โดยกำหนดให้ Ft เป็นอัตราคงที่ต่อหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า

แสดงตัวอย่างใบเสร็จค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2 ของโรงงานที่วิจัยเดือนมกราคม 2565



ใบแจ้งค่าไฟฟ้า (Electricity Bills)
ไม่ใช่ใบเสร็จรับเงิน

การไฟฟ้านครหลวง
Metropolitan Electricity Authority

การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ

บัญชีแสดงสัญญา CA/Ref No.1	รหัสเครื่องวัดฯ Installation

ชื่อผู้ใช้ไฟฟ้า (Name)
สถานที่ใช้ไฟฟ้า (Premise) สมุทรปราการ

เลขที่ใบแจ้งฯ Invoice No./Ref No.2	วันที่จดเลขอ่าน Meter Reading Date	เลขอ่านครั้งหลัง Last Meter Reading	เลขอ่านครั้งก่อน Previous Meter Reading	จำนวนหน่วย kWh	ประเภท Type	ตัวคูณ Multiplier	อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร Ft (บาท/หน่วย)
	31/01/65	1880	1752	8 128,000	4.2.2	1000	0.0139

โปรดชำระเงินภายในวันที่ Payment Due Date	18/02/65
รวมเงินที่ต้องชำระทั้งสิ้น Amount	607,827.93

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม
MEA Call Center โทร 1130

รายละเอียดค่าไฟฟ้า (Description)

1 ค่าพลังงานไฟฟ้า	480,232.20	บาท
2 ความต้องการพลังไฟฟ้า	85,739.85	บาท
7 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (**61.97% of 645 kW**)	0.00	บาท
5 ค่าบริการ	312.24	บาท
6 (รวมค่าไฟฟ้าและค่าบริการ	566,284.29	บาท)
9 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)	1,779.20	บาท
10 รวมค่าไฟฟ้าก่อนภาษีมูลค่าเพิ่ม	568,063.49	บาท
11 ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	39,764.44	บาท
รวมค่าไฟฟ้าเดือนปัจจุบัน	607,827.93	บาท
12 รวมเงินที่ต้องชำระทั้งสิ้น (Amount)	607,827.93	บาท

บิลประจำเดือน 01/65

จำนวน On Peak	93,000	หน่วย
จำนวน Off Peak	35,000	หน่วย
จำนวน On Peak	645	กิโลวัตต์
จำนวน Off Peak	602	กิโลวัตต์
จำนวน	266	กิโลวาร์

รายละเอียดค่าพลังงานไฟฟ้า

3 On Peak 93,000 หน่วย	389,102.70	บาท
4 Off Peak 35,000 หน่วย	91,129.50	บาท
รวม	480,232.20	บาท

ประวัติการใช้ไฟฟ้า

วันที่จดเลขอ่าน	จำนวนหน่วย
31/07/64	147,000
31/08/64	150,000
30/09/64	194,000
31/10/64	196,000
30/11/64	177,000
31/12/64	119,000

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างใบเสร็จค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2 ของโรงงานที่วิจัย เดือนมกราคม 2565

วิธีการคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าของกิจการ

ตารางที่ 2.4 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า

ลำดับ	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	แสดงการคำนวณ	ผลที่คำนวณได้ (บาท)
1	ค่าพลังงานไฟฟ้า	On Peak 93,000 หน่วย + Off Peak 35,000 หน่วย	389,102.70 + 91,129.50	480,232.20
2	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า	จำนวน On Peak x พิจารณาค่าจากตารางที่ 2-2	645.00 x 132.93	85,739.85
3	ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak	จำนวน On Peak x พิจารณาค่าจากตารางที่ 2-2	93,000.00 x 4.1839	389,102.70
4	ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak	จำนวน Off Peak x พิจารณาค่าจากตารางที่ 2-2	35,000.00 x 2.6037	91,129.50
5	ค่าบริการ	พิจารณาค่าจากตารางที่ 2-2	พิจารณาค่าจากตารางที่ 2-2	312.24
6	รวมค่าไฟฟ้าและบริการ	ความต้องการพลังงานไฟฟ้า + On Peak 113,000 หน่วย + Off Peak 92,000 หน่วย + ค่าบริการ	85,739.85 + 389,102.70 + 91,129.50 + 312.24	566,284.29
7	ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (**61.97% of 645kW**)			0.00
8	จำนวนหน่วย kWh	จำนวน On Peak + จำนวน Off Peak	93,000.00 + 35,000.00	128,000.00
9	ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)	จำนวนหน่วย kWh x อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร Ft	128,000.00 x -0.0139	- 1,779.20

ลำดับ	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	แสดงการคำนวณ	ผลที่คำนวณได้ (บาท)
		(บาท/หน่วย)		
10	รวมค่าไฟฟ้าก่อนภาษีมูลค่าเพิ่ม	รวมค่าไฟฟ้าและบริการ + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)	566,284.29 + (-1,779.20)	568,063.49
11	ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	รวมค่าไฟฟ้าและบริการ + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) + ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์(** 61.97% of 645kW**) x 7%	(566,284.29 + (-1,779.20) + 0.00) x 7%	39,764.44
12	รวมเงินที่ต้องชำระทั้งสิ้น (Amount)	รวมค่าไฟฟ้าและบริการ + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) + ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (**61.97% of 645kW**) + ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	566,284.29 + (-1,779.20) + 0.00 + 39,764.44	607,827.93

2.2 ความหมาย ความสำคัญ ของพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.1 ความหมายของพลังงานแสงอาทิตย์

ตามพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 คำว่า พลังงาน (Energy) หมายความว่า “ความสามารถซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้แรงงานได้” ในพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้นิยามศัพท์ไว้เหมือนกันกล่าวคือ “ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้” เช่น เชื้อเพลิงความร้อนและไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนในพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 ได้ให้หมายความว่า “ไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ”

คำว่า “พลังงานทดแทน”(Alternative Energy) ตามกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หระทรวงพลังงาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ให้ความหมายว่า

“พลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มากเป็น 2 ประเภท คือพลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น เป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม”

ส่วนคำว่า “พลังงานหมุนเวียน”(Renewal Energy) ตามพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.2535 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ”

ดังนั้น จากความหมายดังกล่าวข้างต้น พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นจากแสงและความร้อน เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใช้ได้ไม่มีวันหมดและสามารถถูกสร้างขึ้นใหม่ (renewable) ได้ตลอดเวลา จึงจัดว่าเป็นพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานสะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ แสงอาทิตย์ไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

สำหรับคำว่า “พลังงานแสงอาทิตย์ระดับใหญ่” (Utility scale) ยังไม่มีนิยามศัพท์ที่เป็นเอกภาพ ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานหมุนเวียนทั่วโลกได้ให้ความหมายไว้หลากหลายมีดังต่อไปนี้

คณะกรรมการพลังงานแห่งมลรัฐแคลิฟอร์เนีย (California Energy Commission : CEC) ได้ให้นิยามศัพท์ของพลังงานหมุนเวียนระดับใหญ่ หมายถึง โครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีกำลังการผลิตเท่ากับ 10 เมกะวัตต์หรือใหญ่กว่า

Wiki-Solar Glossary ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ทั่วโลกได้ให้ความหมายว่า พลังงานหนุนเวียนระดับใหญ่นิยมกันส่วนใหญ่อยู่ที่กำลังการผลิตมากกว่า 4-5 และ 10 เมกะวัตต์

ประเทศไทยไม่มีนิยามศัพท์คำดังกล่าวไว้เป็นการเฉพาะ ผู้เขียนจึงได้ให้คำนิยามศัพท์ที่ใช้เฉพาะการวิจัยฉบับนี้ คือ การผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นดินและในแหล่งน้ำไม่ว่าจะมีขนาดตั้งแต่เท่าใดก็ตาม ซึ่งรวมทั้งสามระดับ ได้แก่ ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producer: IPP) หรือผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 90 เมกะ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer: SPP) มีกำลังการผลิต 10 - 90 เมกะวัตต์ และผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) มีกำลังการผลิตน้อยกว่า 10 เมกะวัตต์

2.2.2 ความสำคัญของพลังงานแสงอาทิตย์

ในปัจจุบันประเทศไทยต้องเผชิญกับวิกฤตการณ์ขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (conventional energy) เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ที่นำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากภายในประเทศมีปริมาณความต้องสูงมากขึ้นทุกปี แต่สวนทางกับปริมาณแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่มีอยู่จำกัดและกำลังจะหมดลงในอีกไม่ช้า ประกอบกับราคาพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ดังกล่าวก็มีความผันผวนตามสถานการณ์เศรษฐกิจและการเมืองของโลกและมีแนวโน้มจะสูงขึ้น ข้อมูลของหน่วยงานของสหรัฐอเมริการะบุว่าการนำพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์มาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นร้อยละ 65 ของก๊าซที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่จะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านภูมิประเทศของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรทำให้มีแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี มีความเข้มของรังสีรวมของดวงอาทิตย์ของพื้นที่ทั่วประเทศรายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m2/day หรือ 5.0 kWh/m2/day จัดอยู่ในระดับค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลายๆ ประเทศทั่วโลก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ยังคงเหลืออีกมากดังนั้น ตราบใดที่ประเทศไทยยังมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากอยู่ก็ยิ่งจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อเตรียมรองรับพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่กำลัง พลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจและเหมาะสมกับประเทศไทยที่สามารถลดค่าใช้จ่ายการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี (ชุติมา อยู่ดี, 2560)

2.3 แนวคิดทางกฎหมายเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

แนวคิดทางกฎหมายเกี่ยวกับการส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องเป็น 2 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน และแนวคิดในการผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าหลักและพลังงานหมุนเวียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้การประกอบกิจการพลังงานตามพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 กำหนดให้ต้องได้รับอนุญาต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อกำกับตามนโยบาย ส่งเสริมให้การประกอบกิจการพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในการประกอบกิจการไฟฟ้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย โรงไฟฟ้า คุณภาพบริการ ตามระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ดังต่อไปนี้

มาตรา 47 วรรคหนึ่ง กำหนดไว้ว่า “การประกอบกิจการพลังงาน ไม่ว่าจะมีค่าตอบแทนหรือไม่ ต้องได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการ

วรรคสาม กำหนดไว้ว่า “การกำหนดประเภท ขนาด และลักษณะของกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

พระราชกฤษฎีกากำหนดประเภท ขนาด และลักษณะของกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอใบรับอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2552 ออกตามพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 กำหนดไว้ว่า (1) กิจการผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตต่ำกว่าหนึ่งพันกิโลโวลต์แอมแปร์ (2) กิจการระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าตาม (1) นำไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไปใช้ในกิจการของตนเอง (3) กิจการจำหน่ายไฟฟ้าที่มีขนาดการจำหน่ายไฟฟ้าต่ำกว่าหนึ่งพันกิโลโวลต์แอมแปร์ โดยผ่านระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตการประกอบกิจการพลังงาน

ดังนั้น การสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กำลังการผลิตมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 กิโลวัตต์ (หรือ 1 เมกะวัตต์) ต้องได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน ถ้าน้อยกว่า 1,000 กิโลวัตต์ (หรือ 1 เมกะวัตต์) เพียงแจ้งมาเพื่อทราบ จากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.)

มาตรา 48 วรรคหนึ่ง กำหนดไว้ว่า “ในกรณีที่การปลูกสร้างอาคาร หรือการตั้งโรงงานเพื่อประกอบกิจการพลังงานต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร กฎหมายว่าด้วยการผังเมืองหรือกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้การอนุญาตตามกฎหมายว่าด้วยการนั้นเป็นอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการตามพระราชบัญญัตินี้ โดยคณะกรรมการต้องขอความเห็นจากหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายต่าง ๆ ดังกล่าวและหน่วยงานดังกล่าวต้องแจ้งความเห็นพร้อมทั้งจำนวนค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บตามกฎหมายนั้น ๆ ให้คณะกรรมการทราบด้วย”

พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คำว่า “โรงงาน” หมายความว่า อาคาร สถานที่หรือยานพาหนะที่ใช้เครื่องจักรมีกำลังรวมตั้งแต่ห้าแรงม้าหรือกำลังเทียบเท่าตั้งแต่ห้าแรงม้าขึ้นไปหรือใช้คนงานตั้งแต่เจ็ดคนขึ้นไปโดยใช้เครื่องจักรหรือไม่ก็ตาม สำหรับทำ ผลิต ประกอบ บรรจุซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุง แปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งใด ๆ ทั้งนี้ ตามประเภทหรือชนิดของโรงงานที่กำหนดในกฎกระทรวง ข้อกำหนดการขออนุญาต คือ กำลังตั้งแต่ 5 แรงม้า (หรือเทียบเท่า 3,730 วัตต์ หรือ 3.73 กิโลวัตต์ขึ้นไป) จัดว่าเป็นโรงงาน โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้มีอำนาจและรับผิดชอบในการอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตพลังงาน

ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม ชุมชน ตามกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ผู้ประกอบกิจการโรงงานแบ่งออกเป็น 3 จำพวก และมีเงื่อนไขการขออนุญาตแตกต่างกันออกไป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้ประกอบกิจการโรงงานจำพวกที่ 1 ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 และประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามกฎกระทรวงดังกล่าว

ผู้ประกอบกิจการโรงงานจำพวกที่ 2 ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 และประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามกฎกระทรวงดังกล่าว และเมื่อจะเริ่มประกอบกิจการโรงงานให้แจ้งต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อน แบบและรายละเอียดที่ต้องแจ้งและแบบใบรับแจ้ง ให้เป็นไปตามที่กำหนดในกฎกระทรวง เมื่อพนักงานเจ้าหน้าที่ได้รับแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ออกใบรับแจ้งเพื่อเป็นหลักฐานการแจ้งให้แก่ผู้แจ้งในวันที่ได้รับแจ้ง และให้ผู้แจ้งประกอบกิจการโรงงานได้ตั้งแต่วันที่ได้รับใบรับแจ้ง เป็นต้น

ผู้ประกอบกิจการโรงงานจำพวกที่ 3 ต้องได้รับใบอนุญาตจากผู้อนุญาตและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 ประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามกฎกระทรวงดังกล่าว และประกาศของรัฐมนตรีที่ออกตามมาตรา 32 ห้ามมิให้ผู้ใดตั้งโรงงานก่อนปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงออกตามมาตรา 8 มาตราจากผู้อนุญาตและต้องได้รับใบอนุญาตการยื่นคำขอรับใบอนุญาตและขั้นตอนการพิจารณาและระยะเวลาในการพิจารณาออกใบอนุญาต ให้เป็นไปตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ในกรณีที่ผู้ขอรับใบอนุญาตร้องขอหนังสือรับรองก่อนออกใบอนุญาต ถ้าการพิจารณาเบื้องต้นเพียงพอที่จะอนุมัติในหลักการได้ ให้ผู้อนุญาตออกหนังสือรับรองให้โดยสงวนส่วนที่พิจารณาไม่แล้วเสร็จได้ตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

2. เพื่อประโยชน์ในการบริหารราชการให้มีประสิทธิภาพและการอำนวยความสะดวกแก่ประชาชน ถ้าการประกอบกิจการโรงงานใดมีกรณีที่เกี่ยวข้องอันจะต้องได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ตามกฎหมายอื่นอยู่ด้วย พนักงานเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจดำเนินการตามพระราชบัญญัตินี้และพนักงานเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจดำเนินการตามกฎหมายในเรื่องนั้น ๆ อาจกำหนดวิธีการในการดำเนินการเพื่อพิจารณาอนุญาตร่วมกันก็ได้ ไม่ว่าจะมีการยื่นคำขอร่วมกัน หรือจะให้มีผลเป็นการยกเว้นแบบเอกสารที่ต้องใช้ รายการและข้อมูลที่ต้องแสดง สถานที่ต้องยื่นคำขอหรือเอกสาร และขั้นตอนในการพิจารณาอนุญาตที่ซ้ำซ้อนหรือคล้ายคลึงกัน หรืออาจก่อให้เกิดอุปสรรคแก่การพิจารณาอนุญาตร่วมกันโดยไม่จำเป็นเสียก็ได้ และในกรณีที่สมควรจะกำหนดหลักเกณฑ์หรือ

วิธีการใดให้ต้องปฏิบัติเพิ่มเติมแทนก็ได้ แต่การอนุญาตจะต้องเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดในกฎหมายว่าด้วยการนั้น

3. กฎกระทรวง ฉบับที่ 23 (พ.ศ. 2557) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงานพ.ศ. 2535 ลำดับที่ 88 กำหนดไว้ว่า ประเภทหรือชนิดของโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ยกเว้นที่ติดตั้งบนหลังคาดาดฟ้า หรือส่วนหนึ่งส่วนใดบนอาคาร ซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือใช้สอยได้โดยมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดรวมกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์ ถือเป็นโรงงานจำพวกที่ 3 (โรงงานทุกขนาด) ดังนั้น การสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ระดับใหญ่ (Utility scale) จึงเป็นโรงงานจำพวกที่ 3 ที่จะต้องได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า (ร.ง.4 ลำดับที่ 88) จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อนจึงจะดำเนินการได้

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 คำว่า “อาคาร” หมายความว่า ตึก บ้านเรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงาน และสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้52 และตามกฎกระทรวงกำหนดสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นเป็นอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 กำหนดให้สิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นนอกจาก (1) ข้อกำหนดการขออนุญาต คือ การก่อสร้างอาคาร (2) (3) และ (4) ที่มีความสูงจากระดับฐานตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป เป็นอาคารตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และขึ้นกับข้อกฎหมายในแต่ละพื้นที่และกฎกระทรวงออกโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อความปลอดภัยในการก่อสร้างอาคาร

พระราชบัญญัติว่าด้วยการผังเมือง พ.ศ. 2518 กำหนดควบคุมพื้นที่ในการก่อสร้างไว้ว่าการใช้บังคับผังเมืองรวมให้กระทำโดยกฎกระทรวงและให้ใช้ได้ไม่เกินห้าปี ถ้ากรมโยธาธิการและผังเมืองหรือเจ้าพนักงานท้องถิ่นเห็นสมควรจะกำหนดให้แก้ไขปรับปรุงผังเมืองรวมเสียใหม่ให้เหมาะสมกับสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปหรือเพื่อประโยชน์แห่งรัฐก็ได้โดยในเขตที่ได้มีกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมแล้ว ห้ามบุคคลใดใช้ประโยชน์ที่ดินผิดไปจากที่ได้กำหนดไว้ในผังเมืองรวม หรือปฏิบัติการใด ๆ ซึ่งขัดข้อกำหนดของผังเมืองรวมนั้น

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535กำหนดคุ้มครองเขตอนุรักษ์และพื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม โดยออกกฎกระทรวงตามมาตรา 43 ให้กำหนดมาตรการคุ้มครองอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้ไว้ในกฎกระทรวงด้วย

(1) กำหนดการใช้ประโยชน์ในที่ดินเพื่อรักษาสภาพธรรมชาติหรือมิให้กระทบกระเทือนต่อระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติหรือคุณค่าของสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม

(2) ห้ามการกระทำหรือกิจกรรมใด ๆ ที่อาจเป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลกระทบในทางเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ของพื้นที่นั้นจากลักษณะตามธรรมชาติหรือเกิดผลกระทบต่อคุณค่าของสิ่งแวดล้อมศิลปกรรม

(3) กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการรัฐวิสาหกิจ หรือเอกชนที่จะทำการก่อสร้างหรือดำเนินการในพื้นที่นั้น ให้มีหน้าที่ต้องเสนอรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

(4) กำหนดวิธีจัดการ โดยเฉพาะสำหรับพื้นที่นั้นรวมทั้งการกำหนดขอบเขตหน้าที่และความรับผิดชอบของส่วนราชการที่เกี่ยวข้องเพื่อประโยชน์ในการร่วมมือและประสานงานให้เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานเพื่อรักษาสภาพธรรมชาติ หรือระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติหรือคุณค่าของสิ่งแวดล้อมศิลปกรรมในพื้นที่นั้น

(5) กำหนดมาตรการคุ้มครองอื่น ๆ ตามที่เห็นสมควรและเหมาะสมแก่สภาพของพื้นที่นั้น

จากที่ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นประเทศไทยได้มีคำสั่งหัวหน้าคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) ฉบับที่ 4/2559 ให้ยกเว้นการใช้บังคับกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมสำหรับประกอบกิจการโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า (ลำดับที่ 88) โดยให้มีผลในทุกพื้นที่ทั่วประเทศ เริ่มตั้งแต่วันที่ 20 มกราคม 2559 หรือที่จะประกาศและมีผลใช้บังคับภายในหนึ่งปีนับจากวันที่มีคำสั่งฉบับนี้ (ระหว่างวันที่ 21 มกราคม 2559 จนถึง 20 มกราคม 2560) เพื่อลดข้อจำกัดทางกฎหมายเรื่องสถานประกอบการหรือพื้นที่ตั้งโรงงานที่เป็นกิจการที่เกี่ยวข้องการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 1 ปี

พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดไว้ว่าพลังงานประเภทใด ขนาดและวิธีการผลิต หรือการใช้อย่างใดให้เป็นพลังงานควบคุมให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกาและพระราชกฤษฎีกากำหนดพลังงานควบคุม พ.ศ. 2536 ออกตามพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีขนาดการผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป เป็นพลังงานควบคุม ดังนั้นการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดมากกว่า 200 กิโลวัตต์ จัดว่าเป็นพลังงานควบคุมต้องได้รับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

นอกจากนี้ ประเทศไทยได้มีการจัดสรรพื้นที่สำหรับการประกอบกิจการแต่ละ ประเภทในนิคมอุตสาหกรรมให้ดำเนินการให้มีพื้นที่สำหรับการประกอบกิจการโรงงานได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่โครงการทั้งหมดและต้องปฏิบัติตามข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยว่าด้วยมาตรฐานระบบสาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวกและบริการในนิคม

อุตสาหกรรม และต้องจัดให้มีเขตพื้นที่ระบบสาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวกพื้นที่สีเขียว และพื้นที่แนวกันชนเชิงนิเวศ (Eco - Belt) ตามแต่ละขนาดนิคมอุตสาหกรรมพื้นที่เกิน 1,000 ไร่ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 เกินกว่า 500 ไร่ แต่ไม่เกิน 1,000 ไร่ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 และไม่เกิน 500 ไร่ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1558

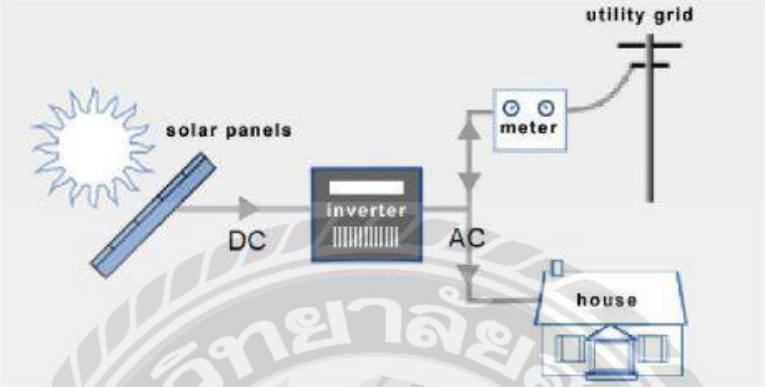
สำหรับหน่วยงานที่ทำหน้าที่กำกับดูแลการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยมีอยู่หลากหลายหน่วยงาน ได้แก่ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ในการพิจารณาเสนอนโยบายและแผนการบริหารและพัฒนาพลังงานรวมทั้งกำกับดูแลประสานงานแลประเมินผลการปฏิบัติงานด้านพลังงานของหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อให้การปฏิบัติงานในด้านนโยบายและการบริหารพลังงานของประเทศมีเอกภาพและประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีอำนาจแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารมาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เป็นไปตามนโยบายและสอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานรวมทั้งพิจารณาถึงผลกระทบต่อภาระค่าไฟฟ้าของประชาชนหรือผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ตลอดจนผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ตลอดจนความพร้อมของระบบไฟฟ้าของประเทศโดยรวม และคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (สกพ.) สังกัดกระทรวงพลังงาน มีอำนาจหน้าที่กำกับดูแลการประกอบกิจการพลังงานเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัตินี้ภายใต้กรอบนโยบายของรัฐกำหนดระเบียบและหลักเกณฑ์ในการจัดหาไฟฟ้า และการออกประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้า รวมทั้งกำกับดูแลขั้นตอนการคัดเลือกให้เกิดความเป็นธรรมแก่ทุกฝ่ายเสนอความเห็นต่อแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า ในการลงทุนในกิจการไฟฟ้า แผนการขยายระบบโครงข่ายพลังงานเพื่อนำเสนอรัฐมนตรี นอกจากนี้ยังแต่งตั้งคณะกรรมการผู้ใช้พลังงานประจำเขตรับและพิจารณาเรื่องร้องเรียน รวมถึงให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้พลังงานพร้อมทั้งเสนอมาตรการแก้ไขและปรับปรุงการให้บริการต่อคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) (ชุติมา อยู่ดี, 2560)

2.4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 หลักการทำงานและอุปกรณ์พื้นฐานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารโรงงาน

ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ บนหลังคาอาคาร หรือ เรียกว่า (Solar PV rooftop)เป็นระบบที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยใช้แผงเซลล์

แสงอาทิตย์ (Solar Panel) เป็นตัวรับแสงแดดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วส่งให้อุปกรณ์แปลกระแสไฟฟ้า (Inverter) แปลกระแสเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อส่งไปใช้งานในอาคารหรือส่งเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 แสดงแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: Energy informative, n.d.

2.4.1.1 ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบดังต่อไปนี้

1) PV Stand-Alone System หรือ Off-Grid System เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อใช้ในพื้นที่ห่างไกลจากสายส่งไฟฟ้าหลักหรือพื้นที่ชนบท โดยมีอุปกรณ์หลักที่สำกัญคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอินเวอร์เตอร์แบบอิสระ สามารถใช้งานได้ในเวลากลางคืนจากพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่

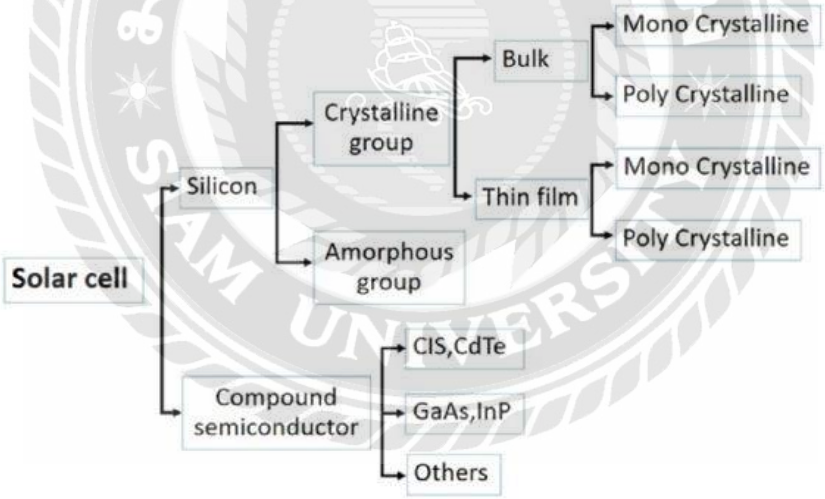
2) PV Grid Connected System หรือ On-Grid System เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ให้ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งเหมาะสมกับพื้นที่ในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง โดยมีอุปกรณ์หลักที่สำคัญคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อินเวอร์เตอร์แบบต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า สามารถใช้ไฟฟ้าได้ในเวลากลางวันที่มีแสง

3) PV Hybrid System เป็นระบบที่ผสมระหว่าง PV Stand-Alone system และPV Grid connected system โดยทำการผลิตไฟฟ้าส่งต่อเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยตรง และแยกบางส่วนเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีอุปกรณ์หลักที่สำคัญคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวควบคุม

การประแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอินเวอร์เตอร์แบบ Hybrid ซึ่งสามารถดึงไฟฟ้ามาใช้ในเวลากลางคืนหรือเมื่อไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟดับ

2.4.1.2 อุปกรณ์พื้นฐานของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) หรือ Photovoltaic มาจากคำว่า Photo ที่แปลว่าแสง และ Vol ที่แปลว่า แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นทำมาจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arscnide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Dieseline) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุ ไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ (Energy informative, n.d.)



รูปที่ 2.3 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : ราชันย์ ชูชาติ, 2562

ปัจจุบันจะแบ่งเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ 1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน และ 2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน โดยแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

1.1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน โดยสามารถแบ่งประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิคอนมีใช้อยู่ 3 ประเภทซึ่งใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่

1) โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline)

2) โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline)

3) อะมอร์ฟัส (Amorphous)

รูปที่ 2.4 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ประเภท

ที่มา: กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

1.2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ ไม่ใช่ซิลิคอน จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพสูง และราคาแพงมาก จึงไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก

2) อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1) อินเวอร์เตอร์แบบ Stand-Alone system นั้นจะไม่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าโดยมีหน้าที่รับไฟฟ้าจากเซลล์แสงแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือสามารถรียกได้ว่าอินเวอร์เตอร์ระบบอิสระ ดังนั้นอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

2.2) อินเวอร์เตอร์แบบ Grid connected system นั้นจะทำงานสัมพันธ์กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า หรือเรียกอีกชื่อว่า Grid-Tied-Inverter โดยอินเวอร์เตอร์จะทำงานได้นั้นต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากการไฟฟ้าป้อนเข้าอินเวอร์เตอร์ก่อน จึงทำให้อินเวอร์เตอร์ Grid-Tied-Inverter ทำงานเพื่อป้อนกันการจ่ายไฟฟ้าย้อนกลับในช่วงเวลาไฟฟ้า

ที่มาจากสายส่งดับโดยอินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ป้อนเข้าระบบเพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรงขณะที่มีแสงแดดและเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถดึงไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้ามาใช้ได้ถ้าไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่พอหรือในเวลากลางคืน

2.3) อินเวอร์เตอร์แบบไฮบริคส์ Hybrid หรือแบบผสม คือการนำเอาระบบแบบ Off-Grid System และ On-Grid System มาผสมกัน โดยอินเวอร์เตอร์แบบไฮบริดส์จะทำหน้าที่รับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งเข้าแบตเตอรี่ และอีกส่วนจะแปลงเป็นกระแสสลับ (AC) ส่งให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยในเวลากลางวันจะผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนที่ผลิตเหลือเก็บไว้ในแบตเตอรี่ หากกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอจะดึงไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หรือไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้ามาใช้

3) แบตเตอรี่ ที่ใช้ประกอบในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะอยู่ในกลุ่ม Deep Cycle Battery แตกต่างจากแบตเตอรี่รถยนต์ทั่วๆไป เนื่องจาก Deep Cycle Battery ออกแบบมาให้สามารถจ่ายไฟสูงและต่อเนื่อง มีความเสถียรในการจ่ายไฟฟ้าและสามารถชาร์จกลับได้ง่ายด้วยกระแสไฟต่ำ ๆ ทำให้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่รถยนต์ โดย Deep Cycle Battery แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลัก คือ

3.1) แบตเตอรี่ชนิดน้ำ Flood type deep cycle battery

3.2) แบตเตอรี่ชนิดแห้ง หรือ Valve Regulated Lead Acid

4) สายไฟและชุดเบรกเกอร์

4.1) ชุดสายไฟกระแสตรง (DC) ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จำเป็นต้องใช้สายไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานโดยเฉพาะ เรียกว่าสาย PV หรือสาย PV1-F Solar Cabe เป็นสายที่ทำมาจากทองแดงเคลือบดีบุก หุ้นฉนวน 2 ชั้น ทดความร้อนได้สูงถึง 80 องศาเซลเซียส ในการออกแบบระบบจะต้องระมัดระวังเช่น หากนำสายไฟฟ้ากระแสสลับมาใช้แทนสายไฟฟ้ากระแสตรงอาจทำให้เกิดความร้อนสูงและเกิดไฟไหม้ได้ โดยการเลือกขนาดสายไฟกระแสตรง (DC) ให้เหมาะสมตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดสายไฟกระแสตรง

การเลือกขนาดของสายไฟกระแสตรง DC หรือ PV	
กระแส	**ขนาดสาย Sq.mm**
30A	1.5
41A	2.5
55A	4.0
70A	6.0
98A	10
132A	16

ที่มา: Solar Cell Thailand96, 2558

4.2) ชุดสายไฟกระแสสลับ (AC) การเลือกสายไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานในอาคารจะพิจารณาจากโหลดการใช้งานหรือกระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านโดยต้องมีการเผื่อค่าความปลอดภัยไว้ทั้งสิ้น 25% โดยชนิดของสายไฟฟ้ามี 3 ประเภทหลัก

4.2.1) สายไฟฟ้า THW เป็นสายไฟฟ้าที่มีสายเพียงเส้นเดียวและฉนวนพีวีซีหุ้น 1 ชั้น สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้มากถึง 750 โวลต์ ในการติดตั้งต้องร้อยเข้ากับท่อร้อยสายไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่งเพื่อป้องกัน

4.2.2) สายไฟฟ้า VAF เป็นสายไฟฟ้าที่มี 2 เส้น หรือ 3 เส้น ในสายเดียวกันหุ้มด้วยฉนวนพีวีซี 2 ชั้นสามารถทนแรงดันไฟฟ้า 300 โวลต์ นิยมใช้ภายในอาคารที่ติดตั้งกับผนังหรือเพดานด้วยเข็มขัดสาย

4.2.3) สายไฟฟ้า VCT เป็นสายอ่อนที่มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้น โดยฉนวนชั้นนอกมีความสามารถทนต่อสภาพอากาศแรงสั่นสะเทือนได้ดี ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์ (ราชันย์ ชูชาติ, 2562, หน้า 7-12)

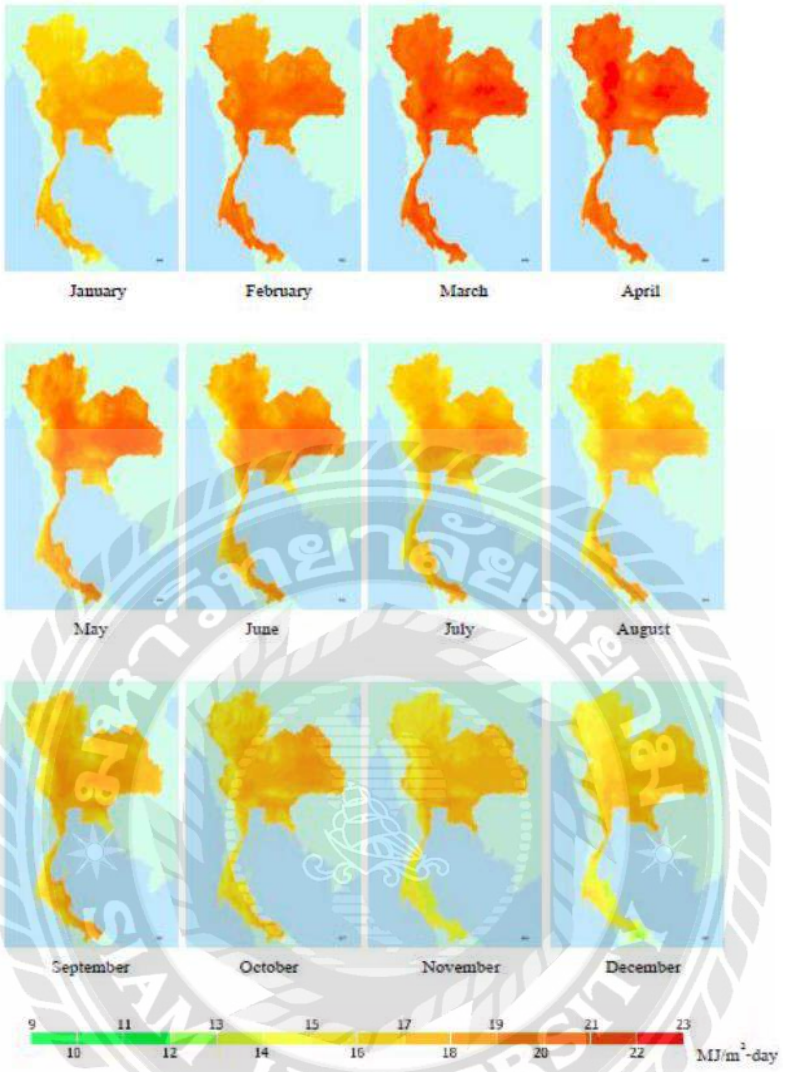
ตารางที่ 2.6 แสดงขนาดสายไฟกระแสสลับ

การเลือกขนาดของสายไฟกระแสตรง AC	
กระแส	**ขนาดสาย Sq.mm**
36A	6
51A	10
67A	16
91A	25
111A	35

ที่มา: บทความโซลาร์เซลล์ , ม.ป.ป.

2.4.2 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

รังสีดวงอาทิตย์นอกจากจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์ตามเวลาในรอบปี แล้ว ยังขึ้นอยู่กับภูมิประเทศด้วย ดังปรากฏตามแผนที่ความเข้มรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือนของเดือนต่าง ๆ จะเห็นว่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ทั่วประเทศมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และตามฤดูกาลในรอบปี โดยในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ ภาคใต้ฝั่งตะวันตกจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกยังคงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทา ให้ท้องฟ้ามีเมฆและฝน รังสีดวงอาทิตย์ที่รับจึงมีค่าต่ำ กว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก สำหรับในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถึงแม้ท้องฟ้าส่วนใหญ่จะแจ่มใส (อังสนา พจน์ศิริ, 2559)



รูปที่ 2.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555

การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย จากข้อมูลความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์สามารถบอกได้ในรูปของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในบริเวณนั้น ๆในรูปของค่าเฉลี่ยระยะยาว ซึ่งสามารถแสดงรายเดือน และรายปี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจน ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ ประเมินศักยภาพในการ วิจัยและประยุกต์ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งใน รูปแบบพลังงานความร้อน และการผลิตไฟฟ้า โดยผู้วิจัยนำตัวอย่างตารางความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาค่า

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	lattitude	Longitude	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
สมุทรปราการ	เมืองสมุทรปราการ	ปากน้ำ	13.59	100.60	18.070	19.610	20.380	21.450	19.500	18.860	18.230	18.000	17.600	17.820	17.560	17.240
		สำโรงเหนือ	13.65	100.62	17.860	19.340	20.160	21.180	19.170	18.570	17.890	17.640	17.250	17.630	17.520	17.130
		บางเมือง	13.60	100.63	18.020	19.520	20.280	21.300	19.340	18.760	18.120	17.930	17.490	17.910	17.670	17.260
		ท้ายบ้าน	13.56	100.60	18.270	19.850	20.660	21.640	19.710	19.150	18.550	18.350	18.000	18.210	17.740	17.380
		บางปูใหม่	13.53	100.67	18.330	19.900	20.680	21.570	19.690	19.240	18.660	18.540	18.250	18.680	18.040	17.590
		แพรกษา	13.57	100.64	18.230	19.690	20.480	21.440	19.530	19.000	18.410	18.270	17.840	18.290	17.820	17.430
		บางโปรง	13.62	100.57	17.980	19.540	20.310	21.400	19.450	18.780	18.120	17.890	17.550	17.610	17.440	17.130
		บางปู	13.51	100.75	18.480	20.050	20.790	21.560	19.640	19.350	18.700	18.610	18.430	18.850	18.250	17.750
		บางด้วน	13.62	100.58	17.980	19.540	20.310	21.400	19.450	18.780	18.120	17.890	17.550	17.610	17.440	17.130
		บางเมืองใหม่	13.62	100.61	17.940	19.450	20.250	21.290	19.290	18.690	18.030	17.800	17.390	17.740	17.560	17.170
		เทพารักษ์	13.62	100.63	17.900	19.390	20.190	21.210	19.210	18.640	17.970	17.780	17.340	17.790	17.630	17.200
		ท้ายบ้านใหม่	13.57	100.62	18.170	19.700	20.460	21.490	19.550	18.960	18.350	18.140	17.710	18.040	17.690	17.310
		แพรกษาใหม่	13.57	100.67	18.210	19.640	20.430	21.370	19.460	18.980	18.390	18.250	17.850	18.320	17.850	17.470
	บางบ่อ	บางบ่อ	13.61	100.86	18.140	19.570	20.200	20.910	18.910	18.640	17.920	17.870	17.650	18.500	18.100	17.530
		บ้านระกาศ	13.59	100.89	18.160	19.570	20.220	20.890	18.890	18.660	17.900	17.880	17.630	18.500	18.110	17.520
		บางพลีน้อย	13.60	100.91	18.140	19.530	20.170	20.850	18.850	18.660	17.850	17.860	17.590	18.480	18.130	17.500
		บางเพรียง	13.55	100.81	18.290	19.750	20.410	21.160	19.210	18.970	18.340	18.250	17.950	18.460	18.080	17.610
		คลองด่าน	13.51	100.83	18.480	20.010	20.660	21.330	19.360	19.140	18.500	18.520	18.270	18.740	18.250	17.770
		คลองสวน	13.66	100.92	18.000	19.380	19.910	20.730	18.810	18.450	17.650	17.560	17.380	18.490	18.050	17.410
		เปร็ง	13.67	100.88	18.070	19.400	20.010	20.930	18.840	18.360	17.580	17.490	17.360	18.550	18.090	17.500
		คลองนิยมยาตรา	13.62	100.94	18.000	19.370	19.960	20.670	18.740	18.550	17.730	17.680	17.430	18.430	18.120	17.430
	บางพลี	บางพลีใหญ่	13.61	100.70	17.980	19.450	20.240	21.130	19.110	18.690	18.030	17.920	17.550	18.160	17.820	17.350
		บางแก้ว	13.64	100.66	17.840	19.280	20.050	20.970	19.000	18.450	17.770	17.600	17.160	17.890	17.720	17.220
		บางปลา	13.56	100.74	18.230	19.680	20.430	21.260	19.280	18.960	18.350	18.190	17.910	18.400	17.950	17.480
		บางโฉลง	13.63	100.76	18.010	19.430	20.180	20.980	19.000	18.540	17.890	17.720	17.490	18.300	17.940	17.380
		ราชาเทวะ	13.68	100.73	17.850	19.170	19.930	20.800	18.840	18.280	17.510	17.390	17.040	18.070	17.770	17.220
		หนองปรือ	13.69	100.76	17.910	19.160	19.900	20.770	18.760	18.140	17.320	17.300	17.010	18.220	17.930	17.350
	พระประแดง	ตลาด	13.66	100.53	17.860	19.450	20.200	21.340	19.330	18.590	17.830	17.580	17.340	17.230	17.230	16.980
		บางพึ่ง	13.66	100.53	17.860	19.450	20.200	21.340	19.330	18.590	17.830	17.580	17.340	17.230	17.230	16.980
		บางจาก	13.62	100.54	19.540	19.890	21.390	21.520	20.950	21.850	20.450	18.450	17.690	17.490	18.340	18.480
		บางครุ	13.63	100.53	18.000	19.620	20.390	21.520	19.550	18.850	18.150	17.920	17.690	17.490	17.340	17.060
		บางหญ้าแพรก	13.65	100.55	17.920	19.490	20.250	21.370	19.400	18.690	17.980	17.730	17.460	17.440	17.340	17.050
		บางหัวเสือ	13.63	100.55	17.920	19.490	20.250	21.370	19.400	18.690	17.980	17.730	17.460	17.440	17.340	17.050
		สำโรงใต้	13.64	100.58	17.910	19.440	20.210	21.310	19.350	18.660	17.960	17.710	17.400	17.500	17.390	17.090
		บางยอ	13.68	100.56	17.750	19.330	20.060	21.170	19.180	18.450	17.660	17.400	17.140	17.160	17.240	16.970
		บางกะเจ้า	13.70	100.56	17.690	19.260	19.970	21.040	19.050	18.350	17.500	17.270	17.030	17.020	17.210	16.950
		บางน้ำผึ้ง	13.68	100.58	17.780	19.300	20.040	21.120	19.130	18.440	17.650	17.360	17.080	17.260	17.330	17.030
		บางกระสอบ	13.67	100.57	17.840	19.360	20.140	21.230	19.240	18.550	17.810	17.530	17.230	17.380	17.350	17.050
		บางกอบัว	13.69	100.58	17.710	19.250	19.970	21.000	19.000	18.340	17.490	17.230	16.980	17.160	17.310	17.020
		ทรงคนอง	13.66	100.55	17.840	19.410	20.170	21.290	19.300	18.570	17.820	17.550	17.290	17.310	17.280	17.010
		สำโรง	13.66	100.58	17.830	19.310	20.120	21.150	19.170	18.530	17.800	17.510	17.170	17.460	17.430	17.080
		สำโรงกลาง	13.65	100.57	17.840	19.360	20.140	21.230	19.240	18.550	17.810	17.530	17.230	17.380	17.350	17.050
	พระสมุทรเจดีย์	นาเกลือ	13.54	100.49	18.420	20.090	20.940	21.960	20.090	19.380	18.710	18.620	18.500	18.360	17.830	17.510
		บ้านคลองสวน	13.57	100.48	18.190	19.910	20.710	21.800	19.870	19.110	18.430	18.270	18.130	17.760	17.390	17.170
		แหลมฟ้าผ่า	13.53	100.54	18.400	20.030	20.880	21.890	20.030	19.360	18.710	18.610	18.430	18.390	17.840	17.510
		ปากคลองบางปลากด	13.60	100.57	18.060	19.630	20.420	21.490	19.560	18.920	18.270	18.050	17.690	17.750	17.500	17.210
		ในคลองบางปลากด	13.59	100.55	18.160	19.770	20.600	21.640	19.730	19.100	18.460	18.260	17.970	17.880	17.550	17.250
	กิ่งอำเภอบางเสาธง	บางเสาธง	13.62	100.82	18.100	19.510	20.170	20.960	18.960	18.540	17.870	17.770	17.560	18.460	18.080	17.510
		ศีรษะจรเข้น้อย	13.69	100.80	18.050	19.370	20.070	20.910	18.850	18.250	17.550	17.470	17.190	18.400	18.040	17.430
		ศีรษะจรเข้ใหญ่	13.64	100.80	18.100	19.470	20.150	20.950	18.960	18.430	17.810	17.670	17.440	18.420	18.060	17.460
สมุทรสงคราม	เมืองสมุทรสงคราม	แม่กลอง	13.40	99.99	18.190	20.360	20.940	22.380	19.980	18.590	17.880	17.810	18.040	17.400	17.370	17.240
		บางขันแตก	13.39	99.96	18.180	20.340	20.930	22.370	19.860	18.460	17.720	17.690	17.980	17.250	17.270	17.200
		อัมพวา	13.45	100.04	18.230	20.380	21.010	22.380	20.140	18.840	18.100	18.040	18.170	17.650	17.540	17.310
		บ้านปรก	13.42	99.98	18.150	20.310	20.890	22.360	19.910	18.590	17.830	17.760	17.940	17.240	17.280	17.190
		บางแก้ว	13.41	100.04	18.290	20.410	21.090	22.400	20.240	18.890	18.230	18.140	18.410	17.980	17.710	17.430
		ท้ายหาด	13.40	99.97	18.170	20.330	20.920	22.380	19.900	18.510	17.780	17.730	17.940	17.230	17.280	17.190
		แหลมใหญ่	13.36	99.98	18.280	20.400	21.000	22.390	20.080	18.660	18.000	17.900	18.250	17.730	17.600	17.340
		คลองเข็น	13.44	99.99	18.130	20.260	20.860	22.330	19.870	18.580	17.790	17.730	17.850	17.090	17.220	17.150
		คลองโคน	13.33	99.95	18.200	20.320	20.970	22.360	19.890	18.510	17.790	17.760	18.170	17.720	17.540	17.340
		นางตะเคียน	13.48	100.02	18.120	20.280	20.870	22.310	19.940	18.700	17.900	17.820	17.850	17.090	17.310	17.160
		บางขะเนร็ง	13.37	100.01	18.320	20.430	21.060	22.410	20.150	18.760	18.110	18.010	18.370	17.910	17.720	17.430
	บางคนที	กระดังงา	13.47	99.95	18.100	20.220	20.810	22.240	19.660	18.450	17.560	17.570	17.670	16.670	17.020	17.040
		บางสะแก	13.45	99.92	18.020	20.220	20.800	22.110	19.460	18.270	17.440	17.500	17.650	16.630	16.930	16.970
		บางยี่รงค์	13.48	99.91	18.010	20.190	20.730	22.050	19.460	18.290	17.370	17.430	17.610	16.430	16.890	16.900

รูปที่ 2.6 ตารางความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาค่า

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), (2560). ข้อมูลความเข้มรังสี ดวงอาทิตย์ของ ประเทศไทย จำนวน 38 สถานี. เข้าถึงได้จาก https://pei.dede.go.th/dataset/sed01.

2.4.3 แนวคิดการคำนวณหากำลังผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร

แหล่งข้อมูลสูตรคำนวณสืบค้นมาจากงานวิจัยของ พิมลมาศ วรรณคนาพล, อเนก สุวรรณชัยสกุล, ปาริณี ศรีสุวรรณ์, และเฉลิมวัตน์ ต้นตสวัสดิ์ (2553) ซึ่งสอดคล่องกับข้อมูลสูตรการคำนวณในเว็บไซต์ของฟิสิกส์ราชมงคล (2561) และราชันย์ ชูชาติ (2562) โดยรายละเอียดการคำนวณและสูตรเป็นดังต่อไปนี้

สูตรการคำนวณกำลังการผลิตติดตั้งของระบบ

ขั้นที่ 1 สำรวจความต้องการพลังงานไฟฟ้าโครงการในช่วงเวลากลางวัน ดูได้จากหน่วยของไฟฟ้าในช่วง peak ของโรงงานในบิลค่าไฟฟ้า เช่น จากบิลค่าไฟฟ้าของโรงงานวิจัย ค่าเฉลี่ยต่อเดือนของพลังงานช่วย Peak(kwh) มีการใช้ไฟฟ้าทั้งเฉลี่ยเท่ากับ จำนวน 227,083.33 หน่วย (kwh)

ขั้นที่ 2 คำนวณหากำลังผลิตติดตั้งที่ต้องการจากสูตรในสมการ

$$P_{cell} = \frac{P_1}{Q \times A \times B \times \frac{C}{D}} \qquad \text{สมการที่} \qquad (1)$$

สูตรคำนวณหากำลังผลิตติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

Pcell คือ กำลังผลิตติดตั้ง kW

P_1 คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) ในช่วงเวลากลางวัน

Q คือ พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (Wh/m^2)

A คือ ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ %

B คือ ค่าความสูญเสียเชิงความร้อนรวม %

C คือ ค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า %

D คือ ความเข้มแสงปกติ = 1,000 Wh/m^2

2.4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการ

โครงสร้างต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในการนำผลการคำนวณต้นทุนไปใช้งานได้นั้น จำเป็นต้องมีการปรับค่าเป็นสัดส่วนต้นทุนต่อกำลังการผลิตติดตั้งเพื่อที่จะสามารถนำผลของโครงการที่วิจัยไปเปรียบเทียบกับโครงการอื่นๆ ได้ อีกทั้งได้ทราบถึงต้นทุน

ในการติดตั้งต่อส่วนของทุนต่างๆ เพื่อทราบภาพรวมของการลงทุนในโครงการ โดยแบ่งสัดส่วนต้นทุนของระบบเป็น 2 ส่วน คือ

2.4.4.1 ต้นทุนระบบต่อขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง (Unit Cost per Wat) คือสัดส่วนที่ทำให้ทราบว่าเราได้จ่ายงบไปในการติดตั้งเป็นราคาเท่าต่อหน่วยของกำลังการผลิต ซึ่งเราสามารถมองภาพรวมได้ง่ายขึ้นและสามารถนำไปเปรียบเทียบได้สะดวกมากขึ้น เมื่อต้องการพิจารณาโครงการอื่นๆ

$$\text{UnitCost} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \text{ICost}}{\text{InsCap}} \qquad \text{สมการที่} \qquad (2)$$

เมื่อกำหนดตัวแปร

ICost	คือ	ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่คิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบัน (บาท)
InsCap	คือ	กำลังผลิตติดตั้ง (W)
Unit Cost	คือ	ต้นทุนระบบต่อกำลังผลิตติดตั้งเมื่อกำหนดตัวแปร
ICost	คือ	ต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่คิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบัน (บาท)
InsCap	คือ	กำลังผลิตติดตั้ง (W)
Unit Cost	คือ	ต้นทุนระบบต่อกำลังผลิตติดตั้ง

2.4.4.2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Product) ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นต้นทุนที่ประกอบด้วย ต้นทุนในการติดตั้งเริ่มต้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ ส่วนผลตอบแทนจะเป็นปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ โดยในการคิดอัตราส่วนนั้นจะมีการปรับค่ามูลค่าของเงินตามเวลาด้วยของทั้งต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ (ราชันย์ ชูชาติ, 2562)

$$CFP = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}} \qquad \text{สมการที่} \quad (3)$$

เมื่อกำหนดตัวแปร

CFP คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบผลิต ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

It คือ เงินลงทุนในระบบผลิตไฟฟ้าในปีที่ t

Mt คือ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

Et คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีในปีที่ t /KWh/ปี)

n คือ อายุโครงการทั้งหมด

r คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

เมื่อกำหนดให้ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ 25 ปี

2.5 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโครงการลงทุน

2.5.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Potential) เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา จากดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าการจัดทำโครงการนั้นคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ (ราชันย์ ชูชาติ, 2562) โดยทั่วไปเทคนิคที่นิยมใช้มี 3 วิธีดังนี้

2.5.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV คือผลต่างของผลประโยชน์รวมและรายจ่ายรวมคิดลดให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่า การลงทุนนั้นคุ้มค่าต่อการลงทุน แต่ถ้ามีค่าเป็นแสดงว่าการลงทุนนั้นไม่คุ้มต่อการลงทุน โดยสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad \text{สมการที่ (4)}$$

เมื่อกำหนดตัวแปร

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t คือ มูลค่ารายได้ในการผลิตไฟฟ้าในปีที่ t

C_t คือ ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าในปีที่ t

T คือ อายุของโครงการปีที่ 0, 1, 2, …, n

n คือ อายุโครงการทั้งหมด

r คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

หลักในการวิเคราะห์คือ เมื่อคำนวณผลของ NPV แล้วถ้าค่าที่ได้เป็นบวก แสดงว่าโครงการนี้คุ้มค่าต่อการลง และในทางตรงข้ามถ้า NPV เป็นลบแสดงว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยการพิจารณาอัตราคิดลด เนื่องจากโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์อาทิตย์นี้เป็นโครงการที่คาดการในอนาคตหรือ Ex-ante จะต้องคิดอัตราคิดแบบ Real discount rate โดยจะดูจากแหล่งเงินทุนว่าได้รับมาจากที่ใดเช่น ถ้ามาจากการกู้ยืมก็จะนำเอาดอกเบี้ยเงินกู้มาใช้ในการคำนวณ

2.5.1.2 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal Rate of Return; IRR) คือ อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่ทำให้ผลของ NPV เป็นศูนย์หรืออาจจะอธิบายว่าคือผลตอบแทนของโครงการเพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \qquad \text{สมการที่ (5)}$$

เมื่อกำหนดให้ r = อัตราคิดลดที่ทำให้ NPV มีค่าเป็นศูนย์

อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน หรือ IRR มีการวิเคราะห์ ดังนี้

IRR > อัตราดอกเบี้ยที่นำมาลงทุน แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

IRR < อัตราดอกเบี้ยที่นำมาลงทุน แสดงว่าโครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

IRR = อัตราดอกเบี้ยที่นำมาลงทุน แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

2.5.1.3 ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (Discount Payback Period; DPB)

มีลักษณะแนวคิดแบบเดียวกับข้อที่หนึ่ง แต่ได้เพิ่มเติมการคิดลดมูลค่าของเงินตามเวลาเข้าไปด้วย โดยคิดมูลค่าของเงินตามเวลาเพื่อให้ผลของระยะคืนทุนสะท้อนมูลค่าในปัจจุบัน ทำให้สามารถตัดสินใจลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

$$\text{DPB} = \text{จำนวนงวดก่อนปีคืนทุน} + \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันเงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดรับสุทธิในปีคืนทุน}} \text{สมการที่ (6)}$$

2.5.2 เกณฑ์ในการประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโครงการลงทุน

เกณฑ์ในการประเมินวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการจำนวน 3 วิธี คือ

2.5.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เนื่องจากในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการนั้นเครื่องมือหลักที่ใช้ในการประเมินจากการศึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพราะ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV ทำให้ทราบถึงผลตอบแทบของโครงการจากการคิดลดกระแสเงินสดสุทธิ ทำให้สามารถประเมินเงินที่จะได้รับกลับจากการลงทุนโดยมองในมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการตัดสินใจ โดยมีเกณฑ์ว่า ถ้า NPV > 0: สามารถลงทุนได้เนื่องผลตอบแทนจากการลงทุนมีมากกว่าเงินที่ลงทุนไป ถ้า NPV = 0: คุ้มทุนพอดีดังนั้นควรพิจารณาจากเครื่องมืออื่น และ NPV < 0: ควรหลีกเลี่ยงเพราะผลตอบแทนจากการลงทุนมีน้อยกว่าเงินลงทุน โดยเครื่องมือ NPV นี้จะมีข้อด้อยในการพิจารณาผลตอบแทนหลังจากอายุ โครงการ ซึ่งในโครงการบางรูปแบบจะมีผลตอบแทนระยะยาวสูง ระยะเริ่มต้นต่ำ

2.5.2.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ IRR เนื่องจากในการพิจารณา NPV เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถบอกได้ว่าในกรลงทุนนั้นสามารถทำกำไรให้แก่ผู้ลงทุนหรือเจ้าของโครงการมากน้อยเพียงใด ดังนั้นนักลงทุนจึงนิยมใช้ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ IRR โดยพิจารณาอัตราความสามารถของเงินทุนที่ทำให้ผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่ายเมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน คืออัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV = 0 ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนทำโดยนำ IRR ไปเปรียบเทียบกับอัตราค่าเสียโอกาสของเงินทุน(r) อาจจะเป็นอัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากธนาคารพาณิชย์ อัตราผลตอบแทนจากโครงการอื่นที่จะลงทุน หรืออัตราดอกเบี้ยพันธบัตรรัฐบาล โดยที่ถ้า IRR > r คุ้มค่าแก่การลงทุนและยอมรับข้อเสนอโครงการ IRR < r ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนและไม่ยอมรับข้อเสนอโครงการ IRR = r เสมอตัว

2.5.2.3 ระยะคืนทุน DPB เมื่อการพิจารณา PB นั้นใช้ผลตอบแทนสุทธิที่เกิดขึ้นในปีต่างๆ ตลอดอายุโครงการทำให้ นั้นยังไม่สามารถสะท้อนค่าของเงินตามเวลา เพราะใช้เพียงกระแสเงินสดสะสมในการคำนวณ ดังนั้นการใช้ DPB จะทำให้เกิดความสมบูรณ์ในการพิจารณาระยะคิดลดที่มีการคิดลดกระแสเงินสดทำให้นักลงทุนสามารถพิจารณาการลงทุนได้ชัดเจนขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์บนหลังคา

อังสนา พจน์ศิริ (2559) การศึกษาวิจัยครั้งนี้พิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาระหว่างระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโดดเดี่ยว (Off grid system)โดยศึกษาความคุ้มค่าทางด้านการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ในโกดังเก็บสินค้ากรณีศึกษาซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะคืนทุน(Payback period) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปีตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินด้วยอัตราดอกเบี้ย 6.75% พบว่าโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system)มีค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 1,694,317.16 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 13%ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 7.23 ปี ส่วนกรณีระบบโดดเดี่ยว (Off grid system) พบว่าค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 324,704.04 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น -8% ระยะคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 8.05 ปี จึงสรุปได้ว่ากรณีระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนถ้าเทียบกับระบบโดดเดี่ยว (Off grid system)

ราชันย์ ชูชาติ (2562) ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 4 ขนาด คือ 0-10 kW , 11-50 kW, 51-100 kW , > 100 kW พบว่าโรงงานที่ใช้ศึกษาทั้ง 9 โรงงานอยู่ในขนาดที่ 11-50 kW, 51-100 kW , > 100 kW โดยส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการพบว่าต้นทุนรวมระบบต่อขนาดกำลังผลิตที่ขนาด > 100 kW เท่ากับ 40,978 บาทต่อกิโลวัตต์ ที่51-100 kW เท่ากับ 47,514 บาทต่อกิโลวัตต์ และที่11-50 kW เท่ากับ 54,557 บาทต่อกิโลวัตต์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลต้นทุนรวมของระบบต่อขนาดกำลังผลิตจะมีความประหยัดต่อขนาดเมื่อกำลังผลิตติดตั้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในส่วนของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยพบว่า > 100 kW เท่ากับ 2.32 บาทต่อหน่วย ที่51-100 kW เท่ากับ 2.69 บาทต่อหน่วย และที่11-50 kW เท่ากับ 3.08 บาทต่อหน่วย โดยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยทั้ง 3 ขนาด มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ค่าไฟฟ้าในช่วง Peak ที่ 4.297 บาทต่อหน่วย แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการพบว่าทั้ง 3 ขนาดกำลังผลิตติดตั้งที่11-50 kW, 51-100 kW , > 100 kW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV ที่เป็นบวก, อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน BCR ที่มีค่ามากกว่า 1 , อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ IRR มากกว่าเกณฑ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้,ระยะคืนทุนแบบง่าย PB มีอายุน้อยกว่าโครงการ และ ระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB มีอายุน้อยกว่าอายุโครงการแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

สุริยนต์ ชมดี (2558) การศึกษานี้ตั้งสมมุติฐานให้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3% ต่อปี ตลอดอายุโครงการ 25 ปีระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 3,000 วัตต์, 5,000 วัตต์ และ 10,000 วัตต์ ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 12.11 ปี, 10.25 ปี และ 9.51 ปี อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เท่ากับ 7.6%, 9.5% และ 10.5% มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ เท่ากับ 12,411.91 บาท, 83,830.12 บาท และ 225,962.55 บาท อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน เท่ากับ1.054 , 1.246 และ 1.343 ตามลำดับ โดยในการศึกษามีการกำหนด 4 เกณฑ์ตัวชี้วัดทางการเงิน ดังนี้ ระยะเวลาคืนทุน < 10 ปี, อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ > 7% , มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ > 0 บาท และอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน > 1 ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ จะไม่เหมาะสมในการลงทุนทุกจังหวัดแต่ระบบขนาด 5,000 วัตต์ขึ้นไปจะมีแนวโน้มที่จะผ่านเกณฑ์ความเหมาะสมในการลงทุนติดตั้ง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยรายละเอียดในวิธีการวิจัยแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไป
  3.1.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน
  3.1.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา
3.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิค ในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา
  3.2.1 การคำนวณดำเนินงานติดตั้งโครงการ
3.3 ต้นทุนและการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา
  3.3.1 ข้อมูลจากบริษัทฯที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์เซลล์ บนหลังคาโรงงานวิจัย
  3.3.2 ข้อมูลทางด้านผลตอบแทน
  3.3.3 การดำเนินการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ โรงงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไป

ข้อมูลโรงงาน : อุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์แห่งหนึ่งใน จ.สมุทรปราการ ประกอบกิจการผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น โครงแอร์ ตู้โลหะ รถตุ๊กตุ๊ก และโครงหัวรถทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอื่น ๆ จากโลหะ ตามความต้องการของลูกค้า

รูปที่ 3.1 ผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

3.1.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน

จากข้อมูลการผลิตของโรงงานวิจัย ในปี พ.ศ. 2564 โดยใช้ข้อมูลตารางที่ 2.1 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2564 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน) ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) พบว่า ในหมวดที่ 1 มีปริมาณผลผลิตจริง 18,420.00 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 20,105.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 91.62 ในหมวดที่ 2 มีปริมาณผลผลิตจริง อยู่ที่ 2,622.40 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 4,820.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 54.42 ในหมวดที่ 3 มีปริมาณผลผลิตจริง อยู่ที่ 393.09 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 765.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 51.38 เมื่อคิดผลรวมของปริมาณผลผลิตจริงของหมวดที่ 1-3 มีปริมาณรวม อยู่ที่ 21,435.49 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 25,690.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 83.44 โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/ปี)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/ปี)	ร้อยละปริมาณผลผลิต
1	หมวดที่ 1	20,105.00	18,420.00	91.62
2	หมวดที่ 2	4,820.00	2,622.40	54.41
3	หมวดที่ 3	765.00	393.09	51.38
	รวม	25,690.00	21,435.49	83.44

3.1.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 โดยใช้ข้อมูลบิลค่าไฟฟ้าย้อนหลังของโรงงานที่วิจัย โดยใช้วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2 จากตารางที่ 2.4 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า พบว่า ตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนธันวาคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของ On Peak และ Off Peak อยู่ที่ 2,725,000 หน่วย และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารวมทั้งหมด อยู่ที่ 11,147,815.21 บาท โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 3.3 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2564

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2564

ปี พ.ศ. 2564	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)							
เดือนที่	On Peak	Off Peak	รวม	On Peak	Off Peak	On + Off Peak	Demand	P.F.	ค่าบริการ	FT	รวมทั้งสิ้น (Inc. VAT)
ม.ค	135,000	87,000	222,000	568,309.50	228,766.50	797,076.00	96,374.25	-	312.24	-35,298.00	918,557.00
ก.พ	138,000	103,000	241,000	580,938.60	270,838.50	851,777.10	98,235.27	-	312.24	-38,319.00	975,846.00
มี.ค	139,000	108,000	247,000	585,148.30	283,986.00	869,134.30	95,975.46	-	312.24	-39,273.00	990,979.43
เม.ย	103,000	84,000	187,000	433,599.10	220,878.00	654,477.10	94,912.02	-	312.24	-29,733.00	770,366.15
พ.ค	145,000	111,000	256,000	610,406.50	291,874.50	902,281.00	97,304.76	-	312.24	-40,704.00	1,026,337.58
มิ.ย	141,000	107,000	248,000	593,567.70	281,356.50	874,924.20	95,709.60	-	312.24	-39,432.00	996,720.02
ก.ค	138,000	88,000	226,000	580,938.60	231,396.00	812,334.60	97,836.48	-	312.24	-35,934.00	935,767.77
ส.ค	154,000	103,000	257,000	648,293.80	270,838.50	919,132.30	103,951.26	-	312.24	-40,863.00	1,051,310.10
ก.ย	142,000	108,000	250,000	597,777.40	283,986.00	881,763.40	97,703.55	-	312.24	-39,750.00	1,005,831.23
ต.ค	144,000	102,000	246,000	606,196.80	268,209.00	874,405.80	97,570.62	-	312.24	-39,114.00	998,496.89
พ.ย	133,000	77,000	210,000	556,458.70	200,484.90	756,943.60	93,715.65	-	312.24	-33,390.00	874,812.19
ธ.ค	90,000	45,000	135,000	376,551.00	117,166.50	493,717.50	90,791.19	-	312.24	-21,465.00	602,790.85
รวม	1,602,000	1,123,000	2,725,000	6,738,186.00	2,949,780.90	9,687,966.90	1,160,080.11	-	3,746.88	-433,275.00	11,147,815.21

หมายเหตุ ใช้ข้อมูลการคำนวณจาก ตารางที่ 2.3 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff) 4.2.2 12-24 กิโลโวลต์ ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) เท่ากับ On Peak 4.1839 Off Peak 2.6037

จากตารางที่ 3.3 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2564 บิลค่าไฟฟ้าย้อนหลังของโรงงานวิจัยทั้ง 12 เดือน โดยคำนวณตามหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน(kWh/Month)ในช่วง Peak ของโรงงานที่วิจัย ตั้งแต่เดือน มกราคม - ธันวาคม นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยต่อเดือน ในช่วง Peak (kWh/Month) พบว่าหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนในช่วง Peak (kWh/Month) อยู่ที่ 227,083 หน่วย ไฟฟ้าเดือนที่ต่ำที่สุด (kWh/Month) อยู่ที่ 135,000 และหน่วยไฟฟ้าเดือนที่สูงที่สุด (kWh/Month) อยู่ที่ 257,000 โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 3.4 หน่วยไฟฟ้าช่วง Peak ก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 ของโรงงานที่วิจัย

ตารางที่ 3.3 หน่วยไฟฟ้าช่วง Peak ก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2564 ของโรงงานที่วิจัย

ปี พ.ศ.	หน่วยไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน ในช่วง Peak (kWh/Month)	หน่วยไฟฟ้าเดือนที่ต่ำที่สุด (kWh/Month)	หน่วยไฟฟ้าเดือนที่สูงที่สุด (kWh/Month)
2564	227,083	135,000	257,000

ดังนั้นผู้บริหารระดับสูงเล็งเห็นถึงความสำคัญจำนวนค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการประกอบกิจการและเพื่อรองรับการผลิตในอนาคตที่มากขึ้นการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละปีขึ้นอยู่กับผลผลิตที่ออกจากกระบวนการซึ่งผลผลิตเยอะก็ส่งผลดีกับสถานประกอบการไปด้วย แต่ด้วยภาระค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตลง เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่าย จึงมีนโยบายในการจัดการสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ในฐานะโรงงานผู้ผลิตที่รับผิดชอบในการผลิตงานแปรรูปโลหะแผ่น ซึ่งประกอบกิจการมุ่งเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องด้านคุณภาพ ปกป้องสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมดูแลส่งเสริมระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืนตลอดการดำเนินกิจการ จึงนำมาสู่โครงการติดตั้งชุดโซลาร์บนหลังคาโรงงาน

3.2 ข้อมูลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงเทคนิค ในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา

3.2.1 การคำนวณดำเนินงานติดตั้งโครงการ

1) โรงงานที่วิจัย ลงทุนในโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีพื้นที่หลังคา 6,132 ตารางเมตร การหาขนาดพื้นที่หลังคาแบบง่าย

ขั้นที่ 1 เปิดโปรแกรม Google Map โดยโปรแกรมนี้สามารถหาได้จากเบราว์เซอร์ Google chrome

ขั้นที่ 2 คลิกขวาที่ Measure distance เพื่อทำการเลือกที่จะหาระยะทาง

ขั้นที่ 3 คลิกเลือกวัดระยะทางแล้วก็มีจุดสีขาวขึ้นมา เพื่อเป็นเริ่มในการวัดระยะ

ขั้นที่ 4 ลากจุดต่อจะได้มาเป็นระยะทางโดยลากให้รอบโรงงานที่จะพิจารณาติดตั้งโซลาร์เซลล์ และอ่านค่าในกรอบสี่เหลี่ยมสีขาว ดังรูปที่ 3.2 ขนาดพื้นที่หลังคาโรงงานที่วิจัย

รูปที่ 3.2 ขนาดพื้นที่หลังคาโรงงานที่วิจัย

2) ปริมาณแสงแดดของ จังหวัดสมุทรปราการ

ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทย

ขั้นที่ 1 ดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์ ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ข้อมูลความเข้มรังสี ดวงอาทิตย์ของ ประเทศไทย จำนวน 38 สถานี เข้าถึงได้จากhttps://pei.dede.go.th/dataset/7c15871b-a09e-4046-8d82-026b65d44ed8/resource/41ab6cb8-beb9-4262-ad50-ff643b418997/download/data_solar_intensity_2560.xlsx

ขั้นที่ 2 ใช้ข้อมูลในตารางเฉพาะพื้นที่ตั้งโรงงานที่วิจัย คือ ตำบลและอำเภอที่ตั้งของโรงงาน จังหวัดสมุทรปราการ นำมาคำนวณได้ดังตารางที่ 3.5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์รายเดือนของตำบลและอำเภอที่ตั้งของโรงงาน จังหวัดสมุทรปราการ (หน่วย: MJ/m^2-day)

ตารางที่ 0.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์รายเดือนของตำบลและอำเภอที่ตั้งของโรงงาน จังหวัดสมุทรปราการ (หน่วย: MJ/m^2-day)

ปี พ.ศ / เดือน	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
2560	19.54	19.89	21.39	21.52	20.95	21.85	20.45	18.45	17.69	17.49	18.34	18.48
เฉลี่ยทั้งปี/วัน	19.67 MJ/m2-day											
เฉลี่ยทั้งปี/วัน	5.46 Kwh/m2-day											

วิธีคำนวณ

เฉลี่ยทั้งปี/วัน หน่วยเป็น MJ/m2-day

$$= \frac{19.54 + 19.89 + 21.39 + 21.52 + 20.95 + 21.85 + 20.45 + 18.45 + 17.69 + 17.49 + 18.34 + 18.48}{12}$$

= 19.67 หน่วย (MJ/m2-day)

เฉลี่ยทั้งปี/วัน หน่วยเป็น Kwh/m2-day = 19.67 x 0.2777778

= 5.46 หน่วย Kwh/m2-day

หมายเหตุ โดยที่ 1 MJ เท่ากับ 0.2777778 kWh

3) ประสิทธิภาพของอุปกรณ์

ประสิทธิ์ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ตลอดอายุใช้งาน

A คือ ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าความสูญเสียเชิงความร้อนรวม

C คือ ค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของอุปกรณ์

ชื่อแหล่งอ้างอิง	A(%)	B(%)	C(%)
พิชยดา จิรวรรษวงศ์,2556	0.8	0.85	0.90
อนัน สุวรรณชัยสกุล,2551	0.8	0.85	0.85
พิมลมาศ วรรณคนาพลและคณะ,2555	0.8	0.85	0.85
ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของอุปกรณ์	0.8	0.85	0.87

ที่มา : ราชันย์ ชูชาติ, 2562

4) อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี

ตารางที่ 3.6 อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี

ชื่อแหล่งอ้างอิง	(%)
ข้อมูลจากบริษัท ที่มาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ของโรงงานที่วิจัย	1
สิรินาถ ยิ้มย่องและผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์, 2565	3
พิชยดา จิรวรรษวงศ์, 2556	3
ค่าเฉลี่ยอัตราไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี	2.33

ตารางที่ 3.7 แสดงอายุและประสิทธิภาพการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์

ชื่อแหล่งอ้างอิง	อายุการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์	ประสิทธิภาพที่ลดลงของเซลล์แสงอาทิตย์ (%)
บริษัท โซล่าฮับจำกัด,.2561	25	ปีแรก -2.5 ปีต่อๆไป -0.7
อนัน สุวรรณชัยสกุล, 2551	25	1.0
บริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด , 2555	มากกว่า 20	0.8
จุฬารัตน์ จำปีรัตน์, 2557	25	0.1
ราชันย์ ชูชาติ, 2558	25	0.5
ค่าเฉลี่ยอายุและประสิทธิภาพการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์	25	ปีแรก 0.98% ปีต่อไป 0.62%

ที่มา:ราชันย์ ชูชาติ, 2562

5) อายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์

ตารางที่ 3.8 แสดงอายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์

ชื่อแหล่งอ้างอิง	อายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์	หน่วยที่ใช้
The USAID Clean Asia GIZ Thailand.(2017)	10	ปี
ข้อมูลจากบริษัท ที่มาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ของโรงงานที่วิจัย	15	ปี
ค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์	13	ปี

T คือ เวลาในแต่ละวันเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้

ตารางที่ 3.9 แสดงเวลาการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ชื่อแหล่งอ้างอิง	**เวลาการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์**
อนัน สุวรรณชัยกุล, 2551	5 ชั่วโมงต่อวัน

ที่มา:ราชันย์ ชูชาติ, 2562

6) การคำนวณหากำลังผลิตติดตั้งของระบบที่ควรติดตั้งต่อวัน

1. วิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานของโรงงานในช่วง Peak โดยพิจารณาจากบิลค่าไฟฟ้าย้อนหลังของโรงงานวิจัยก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2564

2. คำนวณหากำลังผลิตติดตั้งของระบบ เพื่อให้สอดคล่องกับความต้องการใช้พลังงานของโรงงานที่วิจัย

3. ในการคำนวณของโครงการจะไม่คำนึกถึงอัตราเงินเฟ้อเนื่องในการลงทุนในโครงการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนั้นจะมีการพัฒนาได้ในอนาคตส่งผลให้เทคโนโลยีมีคุณภาพที่ดีขึ้นและมีราคาถูกลง ผู้วิจัยจึงยึดการประเมินต้นทุนในขณะปัจจุบันเป็นสำคัญ

วิธีการคำนวณ

จากสมการที่ (1)ใช้ในการคำนวณหากำลังผลิตติดตั้งของระบบที่ควรติดตั้งต่อวัน

$$PCell = Pl/(Q \times A \times B \times C/D)$$

Pcell คือ กำลังผลิตติดตั้ง kW

Pl คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kWh) ในช่วงเวลากลางวัน

Q คือ พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวันเท่ากับ 5.18 Kwh/m^2/day

A คือ ค่าความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์เท่ากับ 0.8%

B คือ ค่าความสูญเสียเชิงความร้อนรวมเท่ากับ 0.85%

C คือ ค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า เท่ากับ 0.87%

D คือ ความเข้มแสงปกติ = 1,000 Wh/m^2

ขั้นที่ 1 นำค่าเฉลี่ยต่อเดือนของพลังงานช่วง Peak (kWh) หารด้วย 26 วัน × 5 ชั่วโมง แปลงให้เป็น P1

วิธีการคำนวณ

ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง PI $\frac{227,083.33}{26.67x5}$ = 1,703.13 หน่วย kWh

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 มาแทนในสมการ

$PCell = (Pl)\ (5.46 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.87/1000)$

วิธีการคำนวณ

กำลังติดตั้ง Pcell 1,703.13/(5.46x0.8x0.85x0.87/1,000) = 52,6904.02

แทนสูตรสมการ (1)

= 52,6904.02/1,000

= 526.90 kW

โดยค่าที่ได้แสดงในตารางที่ ตารางที่ 3.10 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณกำลังผลิตที่ใช้ติดตั้ง

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณกำลังผลิตที่ใช้ติดตั้ง

ลำดับ	ความหมาย	ค่าที่ได้	หน่วย
1	ค่าเฉลี่ยต่อเดือนของพลังงานช่วง Peak	227,083.33	kwh
2	ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง PI	1,703.13	kWh
3	กำลังติดตั้ง Pcell	526.90	kW
4	จำนวนแผงที่ติดตั้ง	1,597	แผง
5	พื้นที่รับแสง	3,193	ตารางเมตร

วิธีการคำนวณ

จำนวนแผงที่ติดตั้ง 526.90/330x1,000 = 1,597

พื้นที่รับแสง 1,596.68x2 = 3,193 ตารางเมตร

3.3 ต้นทุนและการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา

3.3.1 ข้อมูลจากบริษัทฯที่ใช้ในการติดตั้งโซลาร์เซลล์ บนหลังคาโรงงานวิจัย

ข้อมูลจากผู้รับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้บริการรับเหมาติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากขนาดระบบและราคาที่ผู้รับเหมาเสนอราคามาให้บริษัทที่ทำวิจัยและข้อมูลจากการผลิตอุปกรณ์เองของบริษัทวิจัยเนื่องจากเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นบาง เป็นข้อมูลที่ได้ตกลงระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้าง และบริษัทผู้รับเหมาติดตั้งโซลาร์เซลล์ จากการทำสัญญากับบริษัทที่ดำเนินการติดตั้ง

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์

ข้อมูล	ต้นทุน	รายละเอียด	แหล่งที่มา
1. ค่าติดตั้งโครงการ อุปกรณ์และค่าแรง ติดตั้งระบบ ผู้รับเหมา 18,377229.95 บาท อุปกรณ์ที่บริษัทจัดหาเอง 1,347,772 บาท	19,725,001.95	Polycrystalline Silicon Solar cell ขนาด 330วัตต์ ต่อแผง สายไฟ, ท่ออื่นๆ โครงเหล็ก, ตู้ไฟฟ้า และขารับแผง เป็นของบริษัทที่วิจัยจัดหาเอง	ข้อมูลจากบริษัทที่มาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ของโรงงานที่วิจัย
2. ค่าอินเวอร์เตอร์	2,470,000	เปลี่ยนในปีที่ 13	ข้อมูลจากบริษัทที่มาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ของโรงงานที่วิจัย
3. ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์	140,000.00	ล้างแผงและตรวจสอบระบบโดยผู้ผลิตติดตั้ง ปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ไม่มีค่าใช้จ่าย	ข้อมูลจากบริษัทที่มาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ ของโรงงานที่วิจัย

3.3.2 ข้อมูลทางด้านผลตอบแทน

1) อัตราดอกเบี้ย

คำนวณจาก อัตราการกู้ยืมเงิน MLR เฉลี่ยต่อปี ของธนาคารพาณิชย์ไทย ข้อมูล ณ วันที่ 7 เม.ย พ.ศ. 2566 เท่ากับ 7.23% ซึ่งใช้คิดกับอายุโครงการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์อายุโครงการ 25 ปี โดยผู้วิจัยจะเลือกใช้ค่าเฉลี่ยในการนำไปคำนวณ อยู่ที่ 7.23 % ดังรายละเอียดตารางที่

ตารางที่ 3.12 แสดงอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย MLR ของธนาคารพานิชย์ไทย

ลำดับ	ธนาคาร	MLR
1	กรุงเทพ	6.65%
2	กรุงไทย	6.35%
3	กสิกรไทย	6.57%
4	ไทยพาณิชย์	6.60%
5	กรุงศรีอยุธยา	6.63%
6	ทหารไทยธนชาต	7.03%
7	ยูโอบี	7.75%
8	ซีไอเอ็มบี ไทย	7.65%
9	สแตนดาร์ดชาร์เตอร์ด (ไทย)	7.53%
10	ทิสโก้	7.40%
11	เกียรตินาคินภัทร	7.48%
12	แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์	7.43%
13	ไอซีบีซี (ไทย)	7.30%
14	ไทยเครดิตเพื่อรายย่อย	8.80%
	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นดอกเบี้ย	7.23%

ที่มา: ไทยรัฐ, (2566).ธนาคารแห่งประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก

https://www.thairath.co.th/money/personal_finance/banking_bond/2678318

3.3.3 การดำเนินการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ โรงงานวิจัย

โดยทำการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานที่วิจัย จำนวน 1,597 แผง และมีขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop อยู่ที่ 526.90 กิโลวัตต์ มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเลือกแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) ทางโรงงานที่วิจัย ได้เลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) ของบริษัทแห่งหนึ่ง ในเขตลาดกระบัง ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม Polycrystalline Silicon Solar cell กำลังไฟฟ้าต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1 แผง อยู่ที่ 330 วัตต์ ดังรูปที่ 3.3 แผงโซลาร์เซลล์ แบบ Polycrystalline Silicon Solar cell

รูปที่ 3.3 แผงโซลาร์เซลล์ แบบ Polycrystalline Silicon Solar cell

2. พิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา การติดตั้งควรออกแบบตามความเห็นของวิศวกรผู้รับเหมาติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์โดยเอียงทำมุมประมาณ 10-18 องศาโดยประมาณ ซึ่งจะได้รับแสงแดดได้ในปริมาณที่มากทำให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย ดังรูปที่ 3. 4 ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

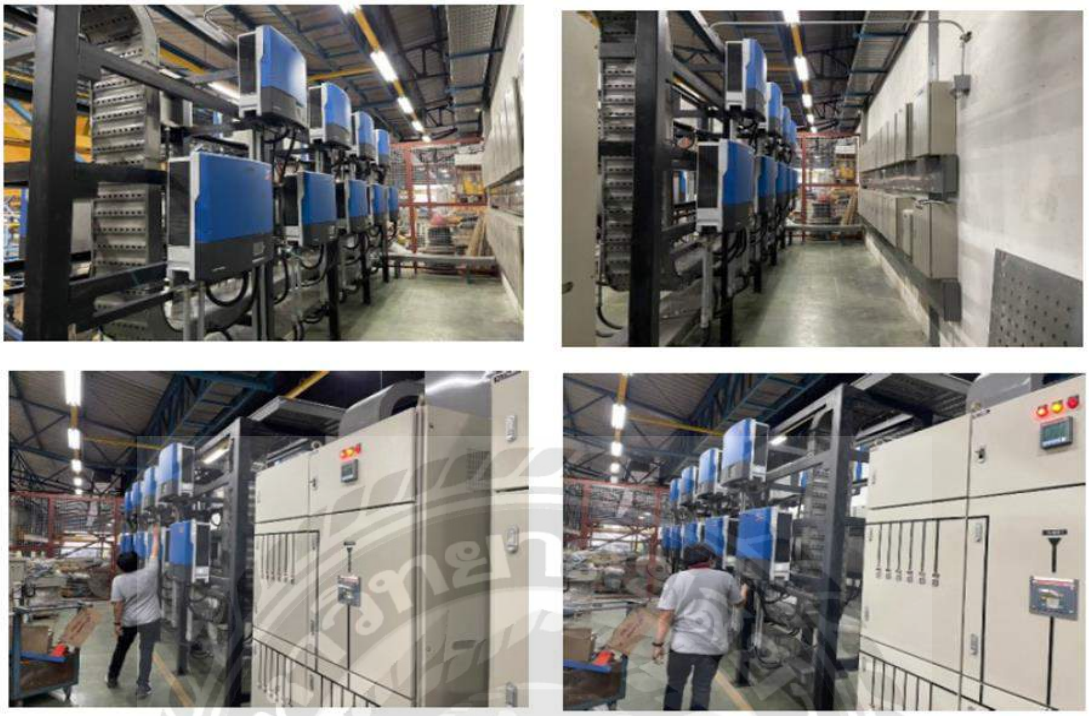
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา

3. ทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคา โดยใช้โครงเหล็กยึดแผงโซลาร์เซลล์ โดยผู้รับเหมาได้ทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) จำนวน 1,597 แผง ติดตั้งบนหลังคาพื้นที่โรงงานที่วิจัย ทางผู้รับเหมาติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ ในครั้งนี้ จะเป็นผู้คำนวณองค์ประกอบระบบทั้งหมด ว่าสามารถรับน้ำหนักของแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย รวมถึงการขนย้ายทำโดยการใช้เครนยกแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Panel) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นไปบนหลังคาโรงงาน ดังรูปที่ 3.5 ติดตั้งแผงเซลล์โซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

รูปที่ 3.5 ติดตั้งแผงเซลล์โซลาร์เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

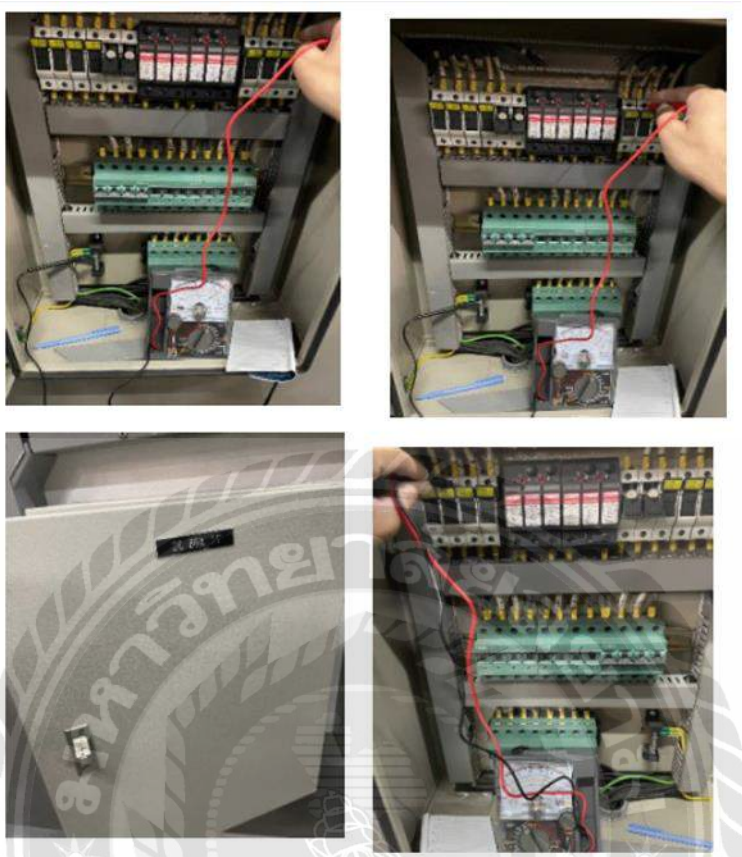
4. ขั้นตอนระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วย เครื่อง Inverter และตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า Main Distribution Board (MDB) โดยมีการติดตั้งมิเตอร์ ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบและควบคุมค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของโรงงานวิจัย

5. ขั้นตอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วย การติดตั้งเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า Inverter จำนวน 19 ตัว และตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า Main Distribution Board (MDB) จำนวน 2 ตัว จัดทำเป็นพื้นที่ควบคุมสาหรับผู้รับผิดชอบเท่านั้น ดังรูปที่ 3.6 พื้นที่ควบคุมควบคุมระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์



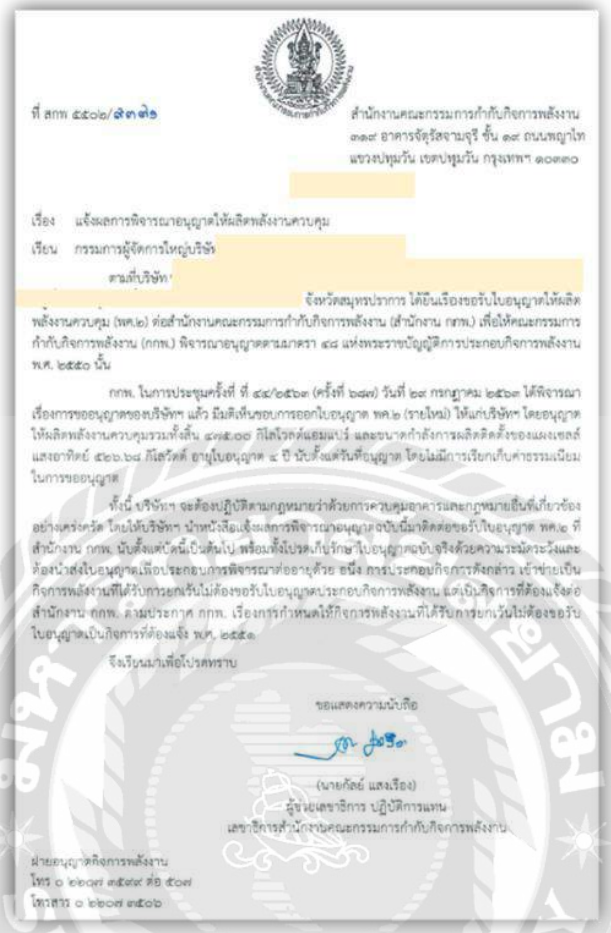
รูปที่ 3.6 พื้นที่ควบคุมควบคุมระบบไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

6. ขั้นตอนการทดสอบระบบ เป็นการทดสอบระบบการรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยทีมวิศวกร ผู้ชำนาญงาน ดังรูปที่ 3.7 ทดสอบการเดินระบบโดยทีมวิศวกร



รูปที่ 3.7 ทดสอบการเดินระบบโดยทีมวิศวกร

7. ขั้นตอนการรับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) ดำเนินตามพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดไว้ว่าพลังงานประเภทใด ขนาดและวิธีการผลิต หรือการใช้อย่างใดให้เป็นพลังงานควบคุมให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกาและพระราชกฤษฎีกากำหนดพลังงานควบคุม พ.ศ. 2536 ออกตามพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีขนาดการผลิตรวมของแต่ละแหล่งผลิตตั้งแต่ 200 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป เป็นพลังงานควบคุม ดังนั้นการสร้างโรงงานผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดมากกว่า 200 กิโลวัตต์ จัดว่าเป็นพลังงานควบคุมต้องได้รับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานดังรูปที่ 3.8 ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) ของโรงงานวิจัย



ที่ สกพ ๕๕๐๒/๕๓๓๖ สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
๓๒๙ อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น ๑๙ ถนนพญาไท
แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม

เรียน กรรมการผู้จัดการใหญ่บริษัท
ตามที่บริษัท
จังหวัดสมุทรปราการ ได้ยื่นเรื่องขอรับใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค.๒) ต่อสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (สำนักงาน กพพ.) เพื่อให้คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) พิจารณาอนุญาตตามมาตรา ๔๘ แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๐ นั้น

กกพ. ในการประชุมครั้งที่ ที่ ๔๔/๒๕๖๓ (ครั้งที่ ๖๗๗) วันที่ ๒๙ กรกฎาคม ๒๕๖๓ ได้พิจารณาเรื่องการขออนุญาตของบริษัทฯ แล้ว มีมติเห็นชอบการออกใบอนุญาต พค.๒ (รายใหม่) ให้แก่บริษัทฯ โดยอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุมรวมทั้งสิ้น ๔๓๕.๐๐ กิโลโวลต์แอมแปร์ และขนาดกำลังการผลิตติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ๕๒๖.๒๔ กิโลวัตต์ อายุใบอนุญาต ๔ ปี นับตั้งแต่วันที่อนุญาต โดยไม่มีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในการขออนุญาต

ทั้งนี้ บริษัทฯ จะต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารและกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด โดยให้บริษัทฯ นำหนังสือแจ้งผลการพิจารณาอนุญาตฉบับนี้มาติดต่อขอรับใบอนุญาต พค.๒ ที่สำนักงาน กพพ. นับตั้งแต่วันนี้เป็นต้นไป พร้อมทั้งโปรดเก็บรักษาใบอนุญาตฉบับจริงด้วยความระมัดระวังและต้องนำส่งใบอนุญาตเพื่อประกอบการพิจารณาต่ออายุด้วย อนึ่ง การประกอบกิจการดังกล่าว เข้าข่ายเป็นกิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบกิจการพลังงาน แต่เป็นสิ่งการที่ต้องแจ้งต่อสำนักงาน กพพ. ตามประกาศ กพพ. เรื่องการกำหนดให้กิจการพลังงานที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขอรับใบอนุญาตเป็นกิจการที่ต้องแจ้ง พ.ศ. ๒๕๕๑

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายกัลย์ แสงเรือง)
ผู้ช่วยเลขาธิการ ปฏิบัติการแทน
เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

ฝ่ายอนุญาตกิจการพลังงาน
โทร ๐ ๒๒๐๗ ๓๕๙๙ ที่ ๕๐๗
โทรสาร ๐ ๒๒๐๗ ๓๕๐๒

รูปที่ 3.8 ใบอนุญาตให้ผลิตพลังงานควบคุม (พค. 2) ของโรงงานวิจัย

เมื่อทำการศึกษาและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานที่วิจัย ต่อไปผู้วิจัยจะนำข้อมูลเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าก่อนติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ 2564 และ หลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ปีพ.ศ 2565 นำมาหาค่าตามสมการที่เหลือโดยการคำนวณแทนค่าต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาด้านต้นทุนและผลตอบแทนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการ

4.1.1 การเก็บข้อมูลหลังการติดตั้งระบบชุดโซลาร์เซลล์

4.1.2 ข้อมูลการเปรียบเทียบ

4.1.3 ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด

4.1.4 อัตราค่าไฟฟ้า

4.1.5 ผลตอบแทนและต้นทุนตลอดโครงการ

4.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการ

4.1.1 การเก็บข้อมูลหลังการติดตั้งระบบชุดโซลาร์เซลล์

จากข้อมูลการผลิตของโรงงานวิจัย ในปี พ.ศ. 2565 โดยใช้ข้อมูลตารางที่ 2.2 รายละเอียดข้อมูลปริมาณผลผลิตและกำลังติดตั้งย้อนหลังของโรงงานวิจัยหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในปี พ.ศ. 2565 จำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/เดือน) ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ในหมวดที่ 1 มีปริมาณผลผลิตจริงอยู่ที่ 16,574.00 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 18,060.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 91.77 ในหมวดที่ 2 มีปริมาณผลผลิตจริง อยู่ที่ 2,964.40 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 3,710.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 79.89 ในหมวดที่ 3 มีปริมาณผลผลิตจริง อยู่ที่ 655.58 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 1,445.20 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 45.36 เมื่อคิดผลรวมของปริมาณผลผลิตจริงของหมวดที่ 1-3 มีปริมาณรวม อยู่ที่ 20,193.58 ตัน/ปี ซึ่งมีกำลังผลิตติดตั้ง(กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) อยู่ที่ 23,215.20.00 ตัน/ปี และมีร้อยละปริมาณผลผลิต อยู่ที่ 86.98 โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2565

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2565

ลำดับที่	ชื่อผลิตภัณฑ์	กำลังผลิตติดตั้ง (กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักร) (ตัน/ปี)	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/ปี)	ร้อยละปริมาณผลผลิต
1	หมวดที่ 1	18,060.00	16,574.00	91.77
2	หมวดที่ 2	3,710.00	2,964.00	79.89
3	หมวดที่ 3	1,445.20	655.58	45.36
	รวม	23,215.20	20,193.58	86.98

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าหลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ในปี พ.ศ. 2565 โดยใช้ข้อมูลบิลค่าไฟฟ้าของโรงงานที่วิจัย โดยใช้วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทที่ 4.2.2 จากตารางที่ 2.4 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า พบว่า ตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนธันวาคม มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของ On Peak และ Off Peak อยู่ที่ 2,100,000 หน่วย และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารวมทั้งหมด อยู่ที่ 10,262,894.25 บาท โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2565

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ 2565	พลังงานไฟฟ้า (หน่วย)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)							
เดือนที่	On Peak	Off Peak	รวม	On Peak	Off Peak	On + Off Peak	Demand	P.F.	ค่าบริการ	FT	รวมทั้งสิ้น (Inc. VAT)
ม.ค	93,000	35,000	128,000	389,102.70	91,129.50	480,232.20	85,739.85	-	312.24	1,779.20	607,827.93
ก.พ	95,000	31,000	126,000	397,470.50	80,714.70	478,185.20	85,606.92	-	312.24	1,751.40	605,465.66
มี.ค	119,000	51,000	170,000	497,884.10	132,788.70	630,672.80	89,196.03	-	312.24	2,363.00	773,122.15
เม.ย	105,000	60,000	165,000	439,309.50	156,222.00	595,531.50	100,495.08	-	312.24	2,293.50	747,536.58
พ.ค	130,000	82,000	212,000	543,907.00	213,503.40	757,410.40	97,437.69	-	312.24	52,512.40	971,209.82
มิ.ย	120,000	67,000	187,000	502,068.00	174,447.90	676,515.90	109,002.60	-	312.24	46,319.90	890,401.18
ก.ค	78,222	89,778	168,000	327,273.03	233,754.98	561,028.01	87,733.80	-	312.24	41,613.60	739,035.79
ส.ค	121,000	84,000	205,000	506,251.90	218,710.80	724,962.70	97,437.69	-	312.24	50,778.50	934,635.51
ก.ย	122,000	68,000	190,000	510,435.80	177,051.60	687,487.40	98,634.06	-	312.24	177,517.00	1,031,427.25
ต.ค	103,550	77,450	181,000	433,242.85	201,656.57	634,899.42	103,153.68	-	312.24	169,108.30	970,996.79
พ.ย	124,000	73,000	197,000	518,803.60	190,070.10	708,873.70	101,558.52	-	312.24	184,057.10	1,064,437.67
ธ.ค	98,095	72,905	171,000	410,419.67	189,822.75	600,242.42	98,501.13	7,345.17	312.24	159,765.30	926,797.90
รวม	1,308,867	791,133	2,100,000	5,476,168.65	2,059,873.00	7,536,041.65	1,154,497.05	7,345.17	3,746.88	889,859.20	10,262,894.25

4.1.2 ข้อมูลการเปรียบเทียบ

4.1.2.1 ข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตจริง

นำข้อมูลจากตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากตารางที่ 4.1 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ข้อมูลปริมาณผลิต ในปี พ.ศ 2564 อยู่ที่ 21,435.49 (ตัน/ปี) และข้อมูลปริมาณผลิต ในปี พ.ศ 2565 อยู่ที่ 20,193.58 (ตัน/ปี) โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ 20,814.53 (ตัน/ปี) ในการคำนวณ โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตจริง

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตจริง

ลำดับ	ปี พ.ศ	ปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/ปี)
1	2564	21,435.49
2	2565	20,193.58
ค่าเฉลี่ย		20,814.53

4.1.2.2 ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า

นำข้อมูลจากตารางที่ 3.3 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2564 เปรียบเทียบกับข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี พ.ศ. 2565 พบว่า ในปี พ.ศ. 2564 คิดหน่วยไฟฟ้ารวมรอบบิล 12 เดือน อยู่ที่ 2,725,000.00 kWh/ปี และมีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้ารวมทั้ง 12 เดือน อยู่ที่ 11,147,815.21 บาท/ปี

ในปี พ.ศ. 2565 คิดหน่วยไฟฟ้ารวมรอบบิล 12 เดือน อยู่ที่ 2,100,000.00 kWh/ปี และมีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้ารวมทั้ง 12 เดือน อยู่ที่ 10,262,894.25 บาท/ปี โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.4 ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ปี พ.ศ.	2564		2565	
เดือนที่	หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ kWh/Month	รวมทั้งสิ้น (Inc. VAT) บาท	หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ kWh/Month	รวมทั้งสิ้น (Inc. VAT) บาท
ม.ค	222,000.00	918,557.00	128,000.00	607,827.93
ก.พ	241,000.00	975,846.00	126,000.00	605,465.66
มี.ค	247,000.00	990,979.43	170,000.00	773,122.15
เม.ย	187,000.00	770,366.15	165,000.00	747,536.58
พ.ค	256,000.00	1,026,337.58	212,000.00	971,209.82
มิ.ย	248,000.00	996,720.02	187,000.00	890,401.18
ก.ค	226,000.00	935,767.77	168,000.00	739,035.79
ส.ค	257,000.00	1,051,310.10	205,000.00	934,635.51
ก.ย	250,000.00	1,005,831.23	190,000.00	1,031,427.25
ต.ค	246,000.00	998,496.89	181,000.00	970,996.79
พ.ย	210,000.00	874,812.19	197,000.00	1,064,437.67
ธ.ค	135,000.00	602,790.85	171,000.00	926,797.90
รวม	2,725,000.00	11,147,815.21	2,100,000.00	10,262,894.25

4.1.3 ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด

ใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตจริง อยู่ที่ 20,814.53 (ตัน/ปี) ในการคำนวณหาปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.5 ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด

ตารางที่ 4.5 ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด

ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตจริง (ตัน/ปี)	หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ kWh/ปี	ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด kWh/ปี
2564	20,814.53	2,646,060.95	481,485.91
2565	20,814.53	2,164,575.04	

4.1.4 อัตราค่าไฟฟ้า

คำนวณจาก บิลอัตราค่าไฟฟ้าของโรงงานที่วิจัยในปี พ.ศ. 2565 หลังติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ โดยเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย อยู่ที่ 4.88 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.6 อัตราค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 4.6 อัตราค่าไฟฟ้า

ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	รวมทั้งสิ้น (Inc. VAT) บาท	ค่าไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
128,000	607,827.93	4.75
126,000	605,465.66	4.81
170,000	773,122.15	4.55
165,000	747,536.58	4.53
212,000	971,209.82	4.58
187,000	890,401.18	4.76
168,000	739,035.79	4.40
205,000	934,635.51	4.56
190,000	1,031,427.25	5.43
181,000	970,996.79	5.36
197,000	1,064,437.67	5.40
171,000	926,797.90	5.42
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย		4.88

4.1.5 ต้นทุนและผลตอบแทนของการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาตลอดโครงการ

4.1.5.1 ผลตอบแทนตลอดโครงการ

โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากบิลค่าไฟโรงงานที่วิจัย ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าก่อนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในรอบปี พ.ศ. 2564 และข้อมูลหลังการติดตั้งโซลาร์เซลล์บนหลังคาในรอบปี พ.ศ. 2565 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์ หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564 และ พ.ศ. 2565 เพื่อหาค่าเฉลี่ยนำมาคำนวณปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด kWh/ปี นำมาคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า โดยเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเริ่มต้นในปีที่ 1 อยู่ที่ 4.88 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ประสิทธิภาพที่ลดลงของเซลล์แสงอาทิตย์ ปีแรก 0.98% ปีต่อ 0.62% และ อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี อยู่ที่ 2.33 % โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.8 ผลตอบแทนตลอดโครงการ

ตารางที่ 4.7 ผลตอบแทนตลอดโครงการ

ปีที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี (kWh/ปี)	481,485.91	476,767.34	473,811.39	470,873.76	467,954.34	465,053.02	462,169.69	459,304.24	456,456.55	453,626.52	450,814.04	448,018.99	445,241.27
ค่าไฟฟ้า+Ft ต่อหน่วย (บาท/kwh)	4.88	4.99	5.11	5.23	5.35	5.48	5.60	5.73	5.87	6.00	6.14	6.29	6.43
รวมค่าไฟที่ประหยัดต่อปี (บาท)	2,349,651.22	2,380,834.99	2,421,203.34	2,462,256.15	2,504,005.03	2,546,461.78	2,589,638.42	2,633,547.14	2,678,200.35	2,723,610.68	2,769,790.97	2,816,754.28	2,864,513.87
เงินสะสม (บาท)	2,349,651.22	4,730,486.21	7,151,689.55	9,613,945.69	12,117,950.72	14,664,412.50	17,254,050.92	19,887,598.06	22,565,798.41	25,289,409.10	28,059,200.07	30,875,954.35	33,740,468.21

ปีที่	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี (kWh/ปี)	442,480.78	439,737.40	437,011.03	434,301.56	431,608.89	428,932.91	426,273.53	423,630.63	421,004.12	418,393.90	415,799.86	413,221.90
ค่าไฟฟ้า+Ft ต่อหน่วย (บาท/kwh)	6.58	6.74	6.89	7.05	7.22	7.39	7.56	7.74	7.92	8.10	8.29	8.48
รวมค่าไฟที่ประหยัดต่อปี (บาท)	2,913,083.25	2,962,476.14	3,012,706.53	3,063,788.59	3,115,736.78	3,168,565.78	3,222,290.53	3,276,926.20	3,332,488.26	3,388,992.39	3,446,454.59	3,504,891.09
เงินสะสม (บาท)	36,653,551.46	39,616,027.60	42,628,734.13	45,692,522.72	48,808,259.51	51,976,825.29	55,199,115.82	58,476,042.02	61,808,530.28	65,197,522.67	68,643,977.26	72,148,868.35

4.1.5.2 ต้นทุนที่ต้องจ่ายตลอดโครงการ

โดยพิจารณาจาก ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW โดยต้นทุนที่ต้องจ่ายในโครงการ คือต้นทุนค่าติดตั้งโครงการ และต้นทุนค่าอินเวอร์เตอร์ ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ นำข้อมูลจากตารางที่ 3.12 ข้อมูลการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ ข้อมูลจากผู้รับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้บริการรับเหมาติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากขนาดระบบและราคาที่ผู้รับเหมาเสนอราคามาให้บริษัทที่ทำวิวิจัยและข้อมูลจากการผลิตอุปกรณ์เองของบริษัทวิจัยเนื่องจากเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นบาง เป็นข้อมูลที่ได้ตกลงระหว่างบริษัทผู้ว่าจ้าง และบริษัทผู้รับเหมาติดตั้งโซลาร์เซลล์ โดยรายละเอียดเป็นไปตาม ตารางที่ 4.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
การลงทุนเริ่มต้น (บาท)	19,725,001.95													
ค่าอินเวอร์เตอร์ (บาท)														2,470,000.00
ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาด โซลาร์เซลล์ (บาท)				140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00
เงินสะสม (บาท)	19,725,001.95			19,865,001.95	20,005,001.95	20,145,001.95	20,285,001.95	20,425,001.95	20,565,001.95	20,705,001.95	20,845,001.95	20,985,001.95	21,125,001.95	23,735,001.95

ปีที่	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
การลงทุนเริ่มต้น (บาท)												
ค่าอินเวอร์เตอร์ (บาท)												
ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ (บาท)	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00
เงินสะสม (บาท)	23,875,001.95	24,015,001.95	24,155,001.95	24,295,001.95	24,435,001.95	24,575,001.95	24,715,001.95	24,855,001.95	24,995,001.95	25,135,001.95	25,275,001.95	25,415,001.95

4.1.5.3 สรุปต้นทุนและผลตอบแทนตลอดโครงการ

ได้จากการนำข้อมูลใน ตารางที่ 4.7 ผลตอบแทนตลอดโครงการและตารางที่ 4.8 ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ มาคำนวณค่า Discount rate และเงินสะสม คิดลดระแสเงินสดของโครงการ ค่าของเงินตามเวลาเป็นค่า (มาตรฐาน) ที่แสดงถึง แนวคิดว่าค่าของเงินจะถูกกระทบหรือเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นจากศักยภาพของเงิน ที่สามารถจะได้รับดอกเบี้ยตามแนวคิดเรื่องค่าของเงินตามเวลาเงินหนึ่งบาทในปัจจุบันจะมีค่า เท่ากับเงินจำนวนมากกว่าหนึ่งบาทที่อยู่ในอนาคตการคำนวณหาค่าเงินในช่วงเวลาต่างๆ โดยอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด (Discount Rate) อยู่ที่ 7.23% สามารถนำมาใช้หาค่าเงินในเวลาต่างๆ โดยรายละเอียดเป็นไปตาม ตารางที่ 4.9 สรุปต้นทุนและผลตอบแทนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ตลอดโครงการ

ตารางที่ 4.9 สรุปต้นทุนและผลตอบแทนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์ตลอดโครงการ

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
รวมค่าไฟที่ประหยัดต่อปี (บาท)		2,349,651.22	2,380,834.99	2,421,203.34	2,462,256.15	2,504,005.03	2,546,461.78	2,589,638.42	2,633,547.14	2,678,200.35	2,723,610.68	2,769,790.97	2,816,754.28	2,864,513.87
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ (บาท)	19,725,001.95			140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	2,610,000.00
กระแสเงินสด	- 19,725,001.95	2,349,651.22	2,380,834.99	2,281,203.34	2,322,256.15	2,364,005.03	2,406,461.78	2,449,638.42	2,493,547.14	2,538,200.35	2,583,610.68	2,629,790.97	2,676,754.28	254,513.87
เงินสะสม	- 19,725,001.95	- 17,375,350.73	- 14,994,515.74	- 12,713,312.40	- 10,391,056.26	- 8,027,051.23	- 5,620,589.45	- 3,170,951.03	- 677,403.89	1,860,796.46	4,444,407.15	7,074,198.12	9,750,952.40	10,005,466.26
คิดลดกระแสเงินสดรับสุทธิ		2,191,225.61	2,070,602.27	1,850,184.68	1,756,486.83	1,667,503.93	1,583,000.80	1,502,753.83	1,426,550.45	1,354,188.58	1,285,476.12	1,220,230.47	1,158,278.07	102,706.86
เงินสะสม คิดลดระแสเงินสด	- 19,725,001.95	- 17,533,776.34	- 15,463,174.08	- 13,612,989.40	- 11,856,502.57	- 10,188,998.64	- 8,605,997.85	- 7,103,244.02	- 5,676,693.57	- 4,322,504.99	- 3,037,028.88	- 1,816,798.41	- 658,520.34	- 555,813.48

ปีที่	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
รวมค่าไฟที่ประหยัดต่อปี (บาท)	2,913,083.25	2,962,476.14	3,012,706.53	3,063,788.59	3,115,736.78	3,168,565.78	3,222,290.53	3,276,926.20	3,332,488.26	3,388,992.39	3,446,454.59	3,504,891.09
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ (บาท)	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00	140,000.00
กระแสเงินสด	2,773,083.25	2,822,476.14	2,872,706.53	2,923,788.59	2,975,736.78	3,028,565.78	3,082,290.53	3,136,926.20	3,192,488.26	3,248,992.39	3,306,454.59	3,364,891.09
เงินสะสม	12,778,549.51	15,601,025.65	18,473,732.18	21,397,520.77	24,373,257.56	27,401,823.34	30,484,113.87	33,621,040.07	36,813,528.33	40,062,520.72	43,368,975.31	46,733,866.40
คิดลดกระแสเงินสดรับสุทธิ	1,043,601.33	990,571.18	940,221.91	892,418.91	847,034.32	803,946.59	763,040.26	724,205.60	687,338.35	652,339.47	619,114.85	587,575.07
เงินสะสม คิดลดระแสเงินสด	487,787.85	1,478,359.03	2,418,580.94	3,310,999.85	4,158,034.17	4,961,980.76	5,725,021.02	6,449,226.61	7,136,564.96	7,788,904.44	8,408,019.28	8,995,594.35

กำหนดข้อมูลที่ใช้คำนวณวิจัยดังนี้

1. ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW

2. ระยะเวลาโครงการ เท่ากับ 25 ปี เริ่มในปี พ.ศ. 2565 – 2589 สอดคล้องกับระยะเวลาอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ ข้อมูลจากตารางที่ 3.8 แสดงอายุและประสิทธิภาพการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์

3. อัตราดอกเบี้ยกู้ยืม MLR ของธนาคารแห่งประเทศไทย ข้ออมูล ณ วันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2566

4. ช่วงเวลาการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ ในปีที่ 13 ข้อมูลจากตารางที่ 3.9 แสดงอายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์

5. กำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 330 วัตต์ พื้นที่แผง 2 ตารางเมตร และมีค่าเสื่อมปีอยู่ที่ ปีแรก 0.98% ปีต่อไป 0.62%

6. ราคาไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยใช้ข้อมูลจริงของค่าเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2565 เป็นราคาเริ่มต้นในปีแรก และราคาค่าไฟเพิ่มขึ้นปีถัดไปอยู่ที่ร้อยละ 2.33 ข้อมูลจากตารางที่ 3.7 อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี

เมื่อได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา ครบทั้งหมดแล้ว ลำดับถัดไปทางผู้วิจัยจะดำเนินการคำนวณสรุปเรื่องประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ และวิเคราะห์ต้นทุนส่วนที่ 1 หาว่าโครงการมีต้นทุนระบบกำลังผลิตติดตั้งอยู่ที่กี่บาทต่อวัตต์หรือบาทต่อกิโลวัตต์ และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ โดยใช้เครื่องมือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR ระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB ในบทถัดไป

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การวิจัยนี้ได้ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาส่วนที่ 1 ต้นทุนค่าติดตั้งโครงการ ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ รวมถึงเทคนิคและวิธีการในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา จากข้อมูลที่รวบรวมและจากการสอบถามบริษัทฯ ผู้รับเหมาและจำหน่ายอุปกรณ์ ส่วนที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากบิลค่าไฟโรงงานที่วิจัย ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าก่อนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคาในรอบปี พ.ศ. 2564 และข้อมูลหลังการติดตั้งโซลลาร์เซลล์บนหลังคาในรอบปี พ.ศ. 2565 ปริมาณการผลิตจำแนกตามผลิตภัณฑ์หมวด 1-3 (ตัน/ปี) ในปี พ.ศ. 2564 และ พ.ศ. 2565 เพื่อหาค่าเฉลี่ยนำมาคำนวณปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัด kWh/ปี ข้อมูลอัตราการคิดลดธนาคารพาณิชย์ไทย เพื่อนำมาพิจารณารายได้จากโครงการ นำมาวิเคราะในส่วนของต้นทุนการผลิตต่อหน่วย และ มาวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ โดยใช้เครื่องมือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR ระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB

5.1.1 ต้นทุนการติดตั้งโครงการ

ต้นทุนระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์บนหลังคา เป็นข้อมูลค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ซึ่งต้นทุนเริ่มต้นระบบจะลงทุนในปีต้นของโครงการ ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW

ต้นทุนค่าอินเวอร์เตอร์อายุการใช้งาน อยู่ที่ 13 ปี ดังนั้นในอายุของโครงการจะมีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ 1 ครั้ง คือในปีที่ 13

ต้นทุนค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ ปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ไม่มีค่าใช้จ่าย เป็นข้อตกลงระหว่างบริษัทที่วิจัยกับบริษัทที่รับติดตั้งโซลาร์เซลล์ ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ จะเริ่มต้นในปีที่ 3 ของโครงการและทำต่อเนื่องจนสิ้นสุดโครงการ โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.9 ต้นทุนการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานที่วิจัย

ตารางที่ 5.1 ต้นทุนการติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์บนหลังคาโรงงานที่วิจัย

ข้อมูล	ต้นทุน		หน่วยที่ใช้
	รายละเอียด	$\text{UnitCost} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \text{ICost}}{\text{InsCap}}$	
1. ค่าติดตั้งโครงการ	19,725,001.95 บาท	37.44	บาท/วัตต์
2. ค่าอินเวอร์เตอร์	2,470,000 บาท	4.69	บาท/วัตต์
3. ค่าบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์	3,220,000 บาท	6.11	บาท/วัตต์
รวม	**25,415,001.95 บาท**	**48.23**	**บาท/วัตต์**

ต้นทุนในการติดตั้งระบบพบว่า ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW จะมีต้นทุนระบบกำลังผลิตติดตั้ง อยู่ที่ 37.44 บาทต่อวัตต์ หรือเท่ากับ 37,435.95 บาทต่อกิโลวัตต์

อินเวอร์เตอร์จะมีอายุการใช้งานที่ 13 ปี ทำให้ต้องเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ตามอายุการใช้งานในปีที่ 13ของโครงการโดยการวิจัยนี้ผู้วิจัยให้มูลค่าซากของอินเวอร์เตอร์เท่ากับศูนย์จึงไม่นำมาคิด ซึ่งพบว่าต้นทุนอินเวอร์เตอร์ต่อกำลังผลิตติดตั้ง อยู่ที่ 4.69 บาทต่อวัตต์ หรือเท่ากับ 4,687.80 บาทต่อกิโลวัตต์

ต้นทุนบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ จะเริ่มในต้นปีที่ 3 ของโครงการและต่อเนื่องตลอดอายุโครงการที่ 25 ปี ซึ่งพบว่า มีต้นทุนบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ ต่อกำลังผลิตติดตั้ง อยู่ที่ 6.11 บาทต่อวัตต์ หรือเท่ากับ 6,111.22 บาทต่อกิโลวัตต์

ดังนั้น ผลรวมต้นทุนในการติดตั้งระบบพบว่า ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW จะมีต้นทุนระบบกำลังผลิตติดตั้ง อยู่ที่ 48.23 บาทต่อวัตต์ หรือ เท่ากับ 48,234.96 บาทต่อกิโลวัตต์

5.1.2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย

จากตารางต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW จะมีต้นทุนต่อหน่วย อยู่ที่ 2.28 บาทต่อหน่วย ซึ่งมีค่าไฟฟ้า

ต่อหน่วยที่ต่ำกว่า โดยเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าในปัจจุบันในช่วงPeak จะอยู่ที่ 4.1839 บาทต่อหน่วย โดยรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 4.10 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย

ตารางที่ 5.2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย

ผลผลิตไฟฟ้ารวมตลอดอายุโครงการ kWh/year		
$\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}$	$\sum_{t=0}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}$	**CFP**
(บาท)	**(kWh)**	**(บาท)/(kWh)**
25,415,001.95	11,143,973.56	2.28

โดยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ค่าไฟฟ้าในช่วย Peak ที่ 4.2097 บาทต่อหน่วย โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.1.3 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์(Economic Potential)

5.1.3.1 การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV

สมการในการหาค่า

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

$$\text{NPV} = -19{,}725001.95 + \frac{2{,}349{,}651.22}{(1+0.0723)} + \frac{2{,}380{,}834.99}{(1+0.0723)^2} + \frac{2{,}281{,}203.34}{(1+0.0723)^3} \cdots \frac{3{,}364{,}891.09}{(1+0.0723)^{25}}$$

$$= 8{,}995{,}594.35$$

5.1.3.2 การหาอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR

สมการในการหาค่า

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

$$0 = -19{,}725001.95 + \frac{2{,}349{,}651.22}{(1+\text{IRR})} + \frac{2{,}380{,}834.99}{(1+\text{IRR})^2} + \frac{2{,}281{,}203.34}{(1+\text{IRR})^3} \cdots \frac{3{,}364{,}891.09}{(1+\text{IRR})^{25}}$$

$$= 11.68\%$$

5.1.3.3 ระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB

$$\text{DPB} = \text{จำนวนงวดก่อนปีคืนทุน} + \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันเงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันกระแสเงินสดรับสุทธิในปีคืนทุน}}$$

$$= 13 + \frac{555{,}813.48}{1{,}043{,}601.33}$$

$$= 12.47 \text{ ปี}$$

ตารางที่ 5.3 สรุปการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ

การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ	ผลลัพธ์
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV	8,995,594.35 บาท
อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR	11.68%
ระยะคืนทุน PB	12.47 ปี

ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้เงื่อนไข อายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 7.23% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 2.33% จากบทที่ 4 พบว่า ที่ขนาดกำลังไฟของการติดตั้ง Solar Rooftop 526.90 kW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับ 8,995,594.35 บาท มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV ที่เป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR เท่ากับ 11.68% อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR มากกว่าเกณฑ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB เท่ากับ 12.47 ปี ระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB มีอายุน้อยกว่าโครงการแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2 การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเศษฐศาสตร์ ต้นทุนการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ได้สอดคล้องกับงานวิจัยทานอื่นดังนี้

5.2.1 สิรินาถ ยิ้มย่อง และผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ (2565) การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้เงื่อนไข อายุโครงการ 25 ปี อัตราดอกเบี้ย 7% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปีละ 3% พบว่า ทางเลือกในการติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ 40 kW และ 50 kW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับ 1,597,483.79 บาท และ 3,043,969.05 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR เท่ากับ 26% และ 33% และระยะเวลาการคืนทุน PB เท่ากับ 2.87 ปี และ 2.67 ปี ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า

โครงการนี้มีความเหมาะสมในลงทุนทั้งสองกรณี แต่กรณีที่ดีที่สุดคือ กรณีติดตั้งอินเวอเตอร์ 50 kW เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับ 3,043,969.05 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR เท่ากับ 33% และระยะเวลาการคืนทุน PB เท่ากับ 2.67 ปี ซึ่งมากกว่ากรณีติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 40 kW

5.2.2 ราชันย์ ชูชาติ (2562) ผลการศึกษาสามารถแบงระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ออกเป็น 4 ขนาด คือ 0-10kW, 54-100kW, >100kW พบว่าโรงงานที่ใช้ศึกษาที่ง 9 โรงงานอยู่ในขนาดที่ 11-50 kW, 54-100kW และ >100kW โดยส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลผลิตของโครงการพบว่า ต้นทุนรวมระบบต่อขนาดกำลังผลิตที่ขนาด > 100kW เท่ากับ 40,978 บาทต่อกิโลวัตต์ ที่ 51-100 kW เท่ากับ 47,514 บาทต่อกิโลวัตต์ และที่ 11-50kW เท่ากับ 54,557 บาทต่อกิโลวัตต์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลต้นทุนรวมของระบบต่อขนาดกำลังผลิตจะมีความประหยัดต่อขนาดเมื่อกำลังผลิตติดตั้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในส่วนของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยพบว่า > 100kW เท่ากับ 2.32 บาทต่อหน่วย ที่ 51-100kW เท่ากับ 2.69 บาทต่อหน่วย และที่ 11-50 kW เท่ากับ 3.08 บาทต่อหน่วย โดยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยทั้ง 3 ขนาด มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ค่าไฟฟ้าในช่วย Peak ที่ 4.2097 บาทต่อหน่วย โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการพบว่าทั้ง 3 ขนาดกำลังผลิตติดตั้งที่ 11-50 kW, 54-100kW และ >100kW มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV ที่เป็นบวก, อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน BCR ที่มีค่ามากกว่า 1, อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ IRR มากกว่าเกณฑ์อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ , ระยะคืนทุนแบบง่าย PB มีอายุน้อยกว่าอายุโครงการ และระยะคืนทุนแบบคิดลดกระแสเงินสด DPB มีอายุน้อยกว่าโครงการแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2.3 พวงทอง วังราษฎร์ , วราภรณ์ สิงห์แก้วสืบ และสายนที ทรัพย์มี (2561) การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้ คือ ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ ด้านการวิเคราะห์ผลตอบแทนความคุ้มค่าของโครงการ อยู่ที่ 7 ปี 2 เดือน 21 วัน มูลค่าปัจจุบัน NPV ของโครงการอยู่ที่ 25,331,849.46 บาท อัตราผลตอบแทนโครงการลงทุน IRR อยู่ที่ร้อยละ 13.24 ชี้ให้เห็นว่า โครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการดำเนินการติดตามข้อมูลต่างๆ ของการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งชุดโซลาร์เซลล์บนหลังคา กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐานยานยนต์ ควรศึกษาเพิ่มเติมได้ดังนี้

5.2.1 ควรทำการศึกษา กรณีได้รับสิทธิ์ประโยชน์ทางภาษี BOI ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

5.2.2 ควรทำการศึกษา วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ กรณีดอกเบี้ยเงินกู้ที่ใช้คิดลดมีอัตราเพิ่มขึ้น ต้นทุนการติดตั้งระบบอุปกรณ์เพิ่มขึ้น หรืออัตราค่าไฟเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). (2560). *ข้อมูลความเข้มรังสี ดวงอาทิตย์ของ ประเทศไทย จำนวน 38 สถานี*. https://pei.dede.go.th/dataset/7c15871b-a09e-4046-8d82-026b65d44ed8/resource/41ab6cb8-beb9-4262-ad50-ff643b418997/download/data_solar_intensity_2560.xlsx

กองบรรณาธิการไทยรัฐออนไลน์. (2566). *เปิดดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารพาณิชย์ไทย พบ MRR ใกล้แตะ 10%*. Thairath Money. https://www.thairath.co.th/money/personal_finance/banking_bond/2678318

กองยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน. (2565). *กระทรวงพลังงานรายงานประจำปี 2564*. https://energy.go.th/th/annual-report

การไฟฟ้านครหลวง. (2565). *อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่*. https://www.mea.or.th/our-services/tariff-calculation/other/fsFTSa4DY

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). (2564). *รายงานประจำปี 2564 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*. https://www.egat.co.th/home/wp-content/uploads/2022/04/EGAT-Annual-2021_2022-04-08.pdf

ชุติมา อยู่ดี และ เสถียรภาพ นาหลวง. (2562). มาตรการทางกฎหมายเพื่อส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, *6*(1), 3. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2017/TU_2017_5801034629_7747_8309.pdf

พวงทอง วังราษฎร์, วราภรณ์ สิงห์แก้วสืบ และสายนที ทรัพย์มี. (2561). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน โครงการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, *7*(2), 11. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JLPRU/article/view/124426

ราชันย์ ชูชาติ. (2562). *การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตไม้ยางพาราแปรรูปในจังหวัดตรัง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์). ฐานข้อมูลวิจัย (kb.psu).

สิรินาถ ยิ้มย่อง และ ศุภรัชชัย วรรัตน์. (2564). การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งโซล่าเซลล์กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในเขตบางแค จังหวัดกรุงเทพฯ. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย*, *1*(1), 12. https://grad.dpu.ac.th/journal11-1-65.html

บรรณานุกรม (ต่อ)

สุริยนต์ ชมดี. (2558). *การประเมินการลงทุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านอยู่อาศัยในภาคเหนือของประเทศไทย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). ฐานข้อมูลวิจัย (CMU Intellectual Repository).

อังสนา พจน์ศิริ. (2559). *การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา). ฐานข้อมูลวิจัย (Burapha University Library).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุรัญยา เจนอักขรกุล
วัน เดือน ปี เกิด	15 มิถุนายน 2539
ภูมิลำเนา	172 ต.คลองพา อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ปีการศึกษา 2561
ประวัติการทำงาน	บริษัท บางกอกชีทเม็ททัล จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ (Safety Officer)