โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การศึกษาความคุ้นทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
The Cost Analysis of Solar PV Rooftop

ชื่อนิสิต นางสาวสุกุลยา เพชรชื่น 5933554023

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา คณิตศาสตร์

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

นางสาว สุกุลยา เพชรชื่น

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Cost Analysis of Solar PV Rooftop

Miss Sukullaya Petchuen

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Mathematics

Department of Mathematics and Computer Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

โครงงาน	การศึกษาความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
โดย	นางสาว สุกุลยา เพชรชื่น เลขประจำตัว 5933554023
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก	รองศาสตราจารย์ ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ สุเมธกิจการ

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิตในรายวิชา 2301499โครงงานวิทยาศาสตร์ (Senior Project)

..... หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ เนียมมณี) และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก
(รองศาสตราจารย์ ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ สุเมธกิจการ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ อินทิยศ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เดช มนทกานติรัตน์)

สุกุลยา เพชรชื่น: การศึกษาความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (The Cost Analysis of Solar PV Rooftop)
อ.ที่ปรึกษาโครงงานหลัก : รองศาสตราจารย์ ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์
อ.ที่ปรึกษาโครงงานร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ สุเมธกิจการ, 74 หน้า.

โครงงานนี้ศึกษาและวิเคราะห์ความคุ้มทุนในการติดตั้งและใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดใหญ่ โดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้ารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ 2555 ถึง เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ 2562 ในการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน (เดือน)

ผู้วิจัยพบว่าผู้ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (ช่วง 17 kW ถึง 24 kW) โดยส่วนใหญ่จะคุ้มทุนภายใน 15 ปี หากนำค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้โดยเฉลี่ยต่อเดือนไปจ่ายค่าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่คิดอัตราดอกเบี้ย หากคิดอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี พบว่าครึ่งหนึ่งของผู้ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะคุ้มทุนภายใน 13 ปี 3 เดือน

ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต สุกุลยา เพชรชื่น
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงงานหลัก ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

5933554023 : MAJOR MATHEMATICS

KEYWORDS: SOLAR PV ROOFTOP, PAYBACK PERIOD

SUKULLAYA PETCHUEN: THE COST ANALYSIS PV ROOFTOP ADVISOR: ASSOC. PROF. TIPPAWAN SANTIWIPANONT , CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. SONGKIAT SUMETKIJAKAN, 74 PP.

In this project, we studied and analyzed the cost of installing and using solar power generation for houses, small, medium and large businesses, by using monthly electricity bills from January 2012 to August 2019 in the payback period per month.

We found that most people who installed solar cell power system for small businesses (17 kW to 24 kW) would have payback period within 15 years when average electricity saving cost per month was used for installing solar power generation system without charging interest rate. If the annual interest rate is 3%, then we found that half of the solar power generation system would have payback period within 13 years 3 months.

Department : Mathematics and Computer Science

Field of Study : Mathematics

Academic Year : 2562

Student's Signature Sukullaya

Advisor's Signature Tippawan S.

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และรองศาสตราจารย์ ดร. ทรงเกียรติ สุเมธกิจการ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม พร้อมทั้งได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ชี้ให้เห็นปัญหาและข้อผิดพลาดต่าง ๆ และสละเวลาคอยติดตามความก้าวหน้า ให้ความช่วยเหลือตลอดมาตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งโครงงานสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

ตลอดจนขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ อินทิยศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์เดช มนทกานติรัตน์ ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงาน และได้ให้คำปรึกษาและแก้ไขปรับปรุงโครงงานนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า ของการไฟฟ้านครหลวง เขตวัดเลียบที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล แนะนำและให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำ รวมทั้งอบรมข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่เข้ามาศึกษาที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณนภาพร แสงทองและครอบครัว รวมถึงรุ่นพี่ เพื่อน ๆ และรุ่นน้องทุกคน ที่คอยรับฟังและให้กำลังใจ มาตลอดการทำโครงงานครั้งนี้

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 พลังงานทดแทน 5
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ 5
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าและวิธีคำนวณค่าไฟฟ้า 13
2.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.5 เงินต้น หรือค่าเงินปัจจุบันจากการคิดดอกเบี้ยทบต้น 17
2.6 การหาค่าเงินปัจจุบันของค่ารายปีจากการคิดดอกเบี้ยทบต้น 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 19
3.1 วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 19
3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 19
บทที่ 4 ผลการวิจัย 23
4.1 คัดเลือกข้อมูลที่ได้จากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) 23
4.2 วิเคราะห์หาเดือนปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 26

4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน 28
4.4 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 29
4.5 คำนวณหาระยะคืนทุน 31
บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 41
5.1 ข้อสรุปของการศึกษา 41
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 42
5.3 ข้อเสนอแนะ 43
รายการอ้างอิง 44
ภาคผนวก ก แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399 Project Proposal ปีการศึกษา 2562 47
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าไฟฟ้าและใช้โปรแกรม Microsoft Excel 51
ประวัติผู้เขียน 64

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน สำหรับประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย....13
ตารางที่ 2.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน สำหรับประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย....14
ตารางที่ 2.3 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก....14
ตารางที่ 2.4 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าาสำหรับประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง....15
ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวันที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่....15
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY038 ที่มีการใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางเป็นประเภทกิจการขนาดใหญ่....24
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ u (j,k) และ u (j,k+1) ของรหัสผู้ไฟฟ้า DUMMY194....27
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069 จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 81,083.33 หน่วย....28
ตารางที่ 4.4 ราคาค่าไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069 (อัตราค่าไฟฟ้า กิจการขนาดใหญ่ เท่ากับ 3.1751) 29
ตารางที่ 4.5 ราคาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยจากทั้ง 4 บริษัท 29
ตารางที่ 4.6 แสดงครัวเรือนที่ไม่สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้....31
ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณระยะคืนทุนของแต่ละครัวเรือน....32
ตารางที่ 4.8 ประเภทครัวเรือนที่นำมาคำนวณระยะเวลาคืนทุน....34
ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่างๆ....34
ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่าง ๆ (กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1%, 2% และ 3% ต่อปี) 36
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย Q1 Q2 และ Q3 ของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย....37
ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่างๆ....40
ตารางที่ 5.1 แสดงเงินลงทุนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์....42

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ในปี 2562.....1
ภาพที่ 1.2 กราฟวงกลมแสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ปี 2562.....2
ภาพที่ 2.1 ระบบอ๊อฟกริด (Off Grid) หรือแบบอิสระ (Stand Alone).....5
ภาพที่ 2.2 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังอุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสสลับ.....6
ภาพที่ 2.3 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังอุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสตรง.....7
ภาพที่ 2.4 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังแบตเตอรี่แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน.....8
ภาพที่ 2.5 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังแบตเตอรี่แล้วต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า กระแสตรง.....8
ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงระบบออนกริด (On Grid).....9
ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงแบบผลิตเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฯ.....9
ภาพที่ 2.8 ภาพแสดงแบบผลิตเพื่อใช้เองและลดค่าไฟฟ้า..... 10
ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงระบบออนกริด (On Grid) แบบเน็ตมิเตอร์ริ่ง (Net Metering)..... 11
ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงระบบ ไฮบริดส์ (Hybrid) หรือแบบผสม..... 12
ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงส่วนประกอบของแผนภาพกล่อง (Box Plot)..... 21
ภาพที่ 4.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักที่อยู่อาศัย ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY096..... 25
ภาพที่ 4.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดเล็ก ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY027..... 25
ภาพที่ 4.3 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดกลาง ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY068..... 26
ภาพที่ 4.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069..... 26
ภาพที่ 4.5 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน กรณีที่ไม่มีอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย..... 38
ภาพที่ 4.6 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย..... 38
ภาพที่ 4.7 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1%..... 39
ภาพที่ 4.8 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 2%..... 39
ภาพที่ 4.9 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 3%..... 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุผลการวิจัย

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ประกอบกับการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น การใช้ไฟฟ้าก็ยิ่งมากเป็นทวีคูณ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าก็มากขึ้นตามไปด้วย การลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการส่งเสริมการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนแทนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าก็จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าและทรัพยากรได้

แผนภาพด้านล่างแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งตามประเภทการใช้ไฟฟ้า

ภาพที่ 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ใน ปี 2562
ที่มา: https://data.energy.go.th/factsheet

จากกราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2562 จะเห็นว่า บ้านพักที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และธุรกิจการค้ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่สูง จะมีแนวทางอย่างไรในการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละส่วน และสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เอง

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการควบคุมดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษจากก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการผลิตไฟฟ้ามีเชื้อเพลิงหลักที่นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าคือ ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ซึ่งทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในโลกเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดมลพิษทำให้ประชาชนได้รับผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีการสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 1.2 กราฟวงกลมแสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ปี 2562
ที่มา: https://www.egat.co.th

พลังงานแสงอาทิตย์ที่หมุนเวียนใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ เป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในปี พ.ศ 2552 ได้มีพระราชบัญญัติการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปีที่สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น จึงทำให้ในปัจจุบันประชาชนสนใจการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โครงงานนี้จะวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจที่จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินความคุ้มทุนในการติดตั้งและใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาความคุ้มทุนในการติดตั้งและใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ และองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร โดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้ารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ 2555 ถึง เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ 2562

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

ก. แผนการศึกษา

1. ศึกษาปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจะกำหนดหัวข้อที่ศึกษา

2. รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

3. วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน

4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

5. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงาน

ข. ระยะเวลาที่ศึกษา

วิธีการดำเนินงาน	สิงหาคม 2562 - พฤษภาคม 2563									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจะกำหนดหัวข้อที่ศึกษา										
2. รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์										
3.วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน										
4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์										
5. สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงาน										
6.นำเสนอโครงงาน										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ก. ประโยชน์ด้านความรู้และประสบการณ์ต่อนิสิต

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจและทราบถึงความสำคัญของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2. ได้ใช้ความรู้ทางด้านหลักตรรกวิทยา คณิตศาสตร์และสถิติ เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ข. ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานต่อผู้ที่สนใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้ที่สนใจลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานทดแทน

พลังงานทดแทน หมายถึงพลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้เป็น 2 ประเภท

1. พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติที่สามารถหมุนเวียนและนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกโดยไม่จำกัดประเภทของพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานลม, พลังงานความร้อนใต้พิภพ, พลังงานมวลชีวภาพและพลังงานน้ำ
2. พลังงานสิ้นเปลือง (Nonrenewable Energy) เป็นพลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไปได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น

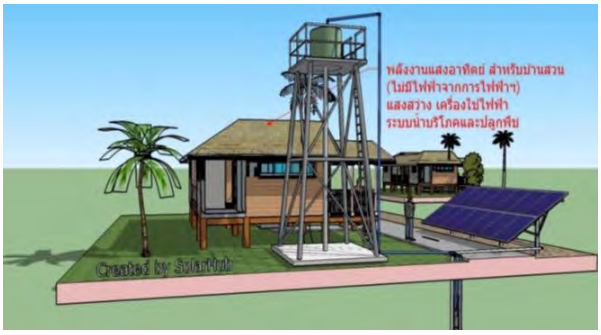
2.2 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

พลังงานจากดวงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุด เป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง สะอาดปราศจากมลพิษ มนุษย์นำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ผ่านสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า “เซลล์สุริยะ” (Solar Cell) ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อนสำหรับบ้านเรือนรวมไปถึงภาคอุตสาหกรรมต่างๆ

ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ

1. ระบบอ๊อฟกริด (Off Grid) หรือแบบอิสระ (Stand Alone)

   คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์แล้วไม่ได้เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบนี้เหมาะกับสถานที่ไม่มีไฟฟ้าหรือที่ไฟเข้าไม่ถึง



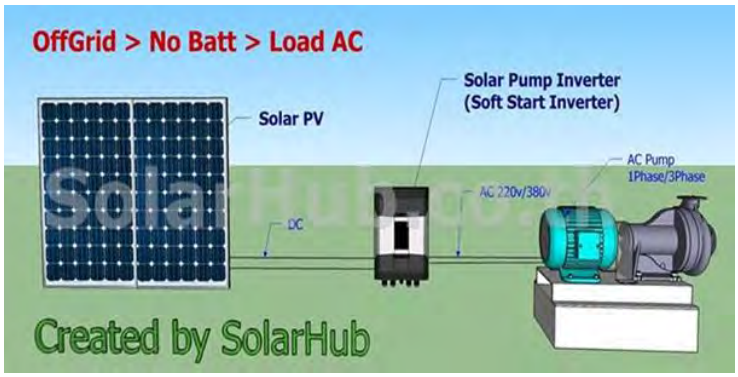
ภาพที่ 2.1 ระบบอ๊อฟกริด (Off Grid) หรือแบบอิสระ (Stand Alone)
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

1.1 แบบต่อใช้งานโดย**ไม่**ใช้แบตเตอรี่

เมื่อได้กระแสไฟฟ้าจากแผง Solar Cell หรือ Photovoltaic (PV) แล้วต่อไปยังอุปกรณ์เพื่อใช้งานดังนั้นก็จะใช้ได้เฉพาะเวลาที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้นและไม่มีการเก็บประจุไฟฟ้ามาใช้งาน ทั้งนี้การนำมาต่อใช้งานก็อาจแยกตามอุปกรณ์ที่ใช้งานได้เป็น 2 ชนิด

1.1.1 อุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานภายในบ้านเราเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ AC (Alternating Current) แต่ไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ Photovoltaic (PV) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง DC (Direct Current) ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานจึงต้องนำมาแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเสียก่อน โดยนำมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีการสูญเสียจากการแปลงฯ ทำให้ลดทอนประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าลงไป

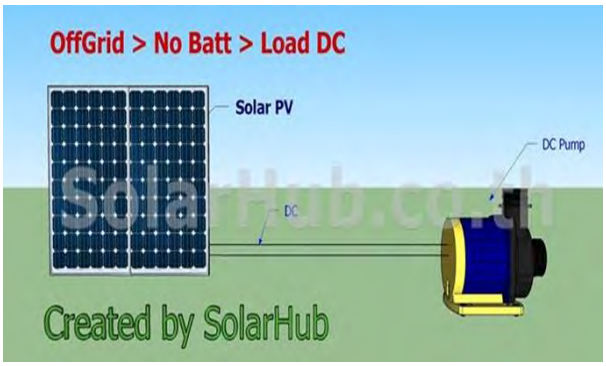


ภาพที่ 2.2 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังอุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสสลับ
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

1.1.2 อุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

นำกระแสไฟฟ้าตรงที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ Photovoltaic (PV) มาต่อใช้งานกับอุปกรณ์โดยไม่ต้องต่อผ่าน Inverter ซึ่งวิธีการนี้ข้อดีคือการนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำมากแต่ข้อเสียคืออุปกรณ์ที่ใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้งานอุปกรณ์ให้เหมะสม เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำและมอเตอร์บำบัดน้ำเสียที่ใช้ไฟกระแสตรงเป็นต้น ซึ่งระบบนี้จะได้ต้นทุนที่ต่ำและประหยัดที่สุด

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงบางอย่างก็ไม่สามารถต่อกับไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผง Solar Cell ได้โดยตรง ต้องต่อผ่าน Inverter ก่อนเนื่องจากต้องปรับแรงดันหรือค่าแฟคเตอร์อื่นๆให้เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆก่อน



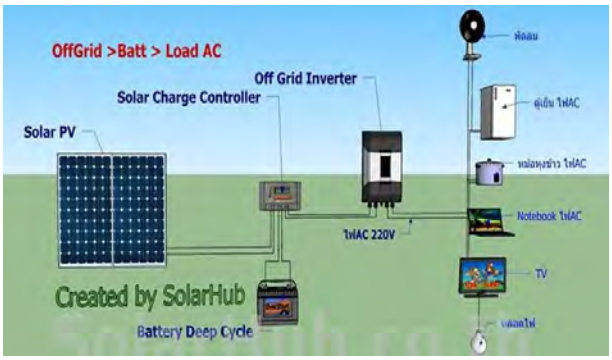
ภาพที่ 2.3 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังอุปกรณ์ที่นำมาต่อไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

1.2 แบบต่อใช้งานโดยใช้แบตเตอรี่

วิธีนี้คือการนำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell มาชาร์จเข้าแบตเตอรี่แล้วจึงนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานก็สามารถเลือกว่าจะนำจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ทั้งนี้ข้อดีของการที่มีแบตเตอรี่คือสามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้งานได้กรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือสามารถใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืนได้ โดยอาจแยกตามอุปกรณ์ที่ใช้งานได้เป็น 2 ชนิด

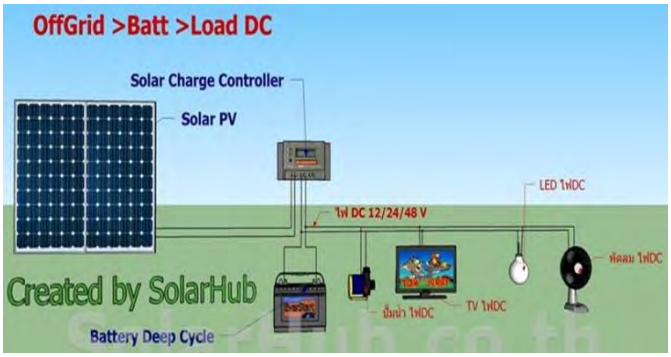
1.2.1 นำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ Photovoltaic (PV) มาชาร์จแบตเตอรี่แล้วนำไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

แผง Solar Cell ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าไปยังคอนโทรลเลอร์ เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ให้สม่ำเสมอก่อนจ่ายไฟฟ้าเข้าไปเก็บในแบตเตอรี่แล้วส่งต่อไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับและจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน



ภาพที่ 2.4 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังแบตเตอรี่แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

1.2.2 นำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell หรือPhotovoltaic (PV) มาชาร์จแบตเตอรี่ และสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยไม่ต้องผ่านการแปลงไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

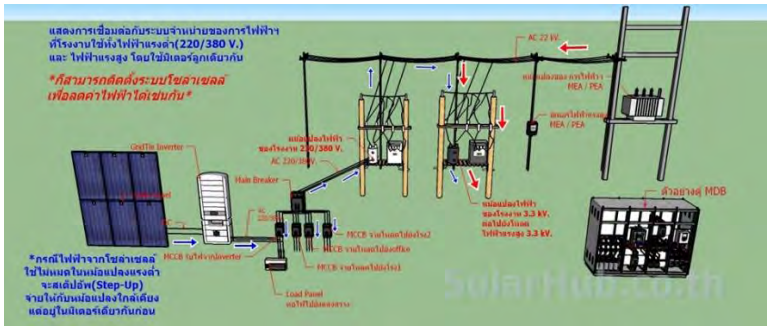


ภาพที่ 2.5 แสดงการต่อไฟฟ้าจากแผง Solar Cell ไปยังแบตเตอรี่แล้วต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

วิธีการใช้งานโดยใช้แบตเตอรี่มีข้อดี คือสามารถใช้ไฟฟ้าได้มากขึ้นเนื่องจากมีแบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานไฟฟ้า

2. ระบบออนกริด (On Grid) หรือแบบเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid Connected)

เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์แล้วเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยอุปกรณ์ Inverter แล้วไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยข้อดีคือสามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้กับการไฟฟ้าฯ (ทั้งนี้ต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการก่อน) หรือนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานเองเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า หากผลิตไม่พอใช้ อุปกรณ์ควบคุมก็จะนำไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้ามาใช้งาน



ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงระบบออนกริด (On Grid)
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

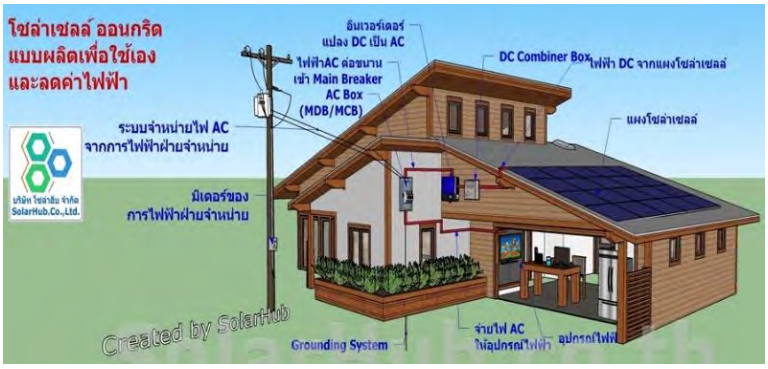
2.1 แบบผลิตเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฯ

ภาพที่ 2.7 แสดงแบบผลิตเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฯ
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

การติดตั้งแบบนี้ก็เพื่อผลิตไฟฟ้าจำหน่ายให้กับการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยต้องมีการติดตั้งมิเตอร์แยกจากมิเตอร์ที่เราใช้ไฟจากการไฟฟ้าฯ ทั้งนี้การรับซื้อไฟต้องขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐว่าจะเปิดให้ลงทะเบียนจำหน่ายไฟฟ้าเมื่อใดและมีค่าสมทบค่าไฟฟ้าอีกเท่าใด (เรียกว่าค่าแอดเดอร์) และปิดรับสมัครเมื่อเดือนมิถุนายน 2558

2.2 แบบผลิตเพื่อใช้เองและลดค่าไฟฟ้า

การติดตั้งแบบนี้เพื่อลดค่าไฟฟ้า โดยเมื่อมีการใช้ไฟมากกว่าที่ผลิตเองจากโซล่าเซลล์ ตัวอุปกรณ์ Grid Tie Inverter ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ ก็จะทำหน้าที่ดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาใช้งานโดยอัตโนมัติ ดังนั้นก็จะทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงได้และไม่มีข้อจำกัดเรื่องกำลังไฟไม่พอ เพราะดึงจากการไฟฟ้ามาใช้แต่การติดตั้งแบบนี้ต้องได้รับการอนุญาตจากการไฟฟ้าฯก่อน แต่ข้อเสียของระบบนี้คือช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืนก็จะไม่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาซึ่งช่วงนี้ก็จะต้องดึงพลังงานไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ



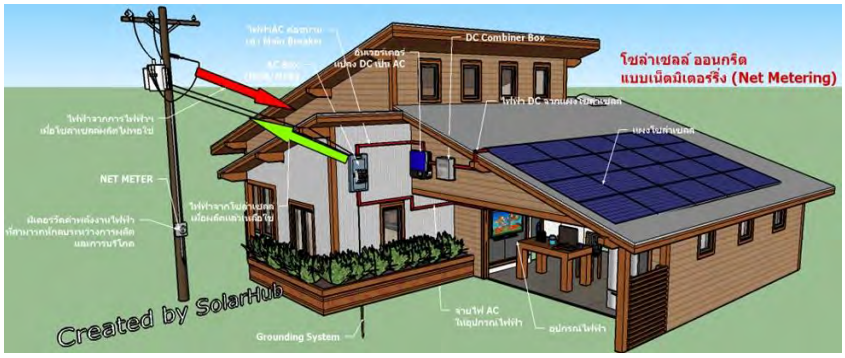
ภาพที่ 2.8 แสดงแบบผลิตเพื่อใช้เองและลดค่าไฟฟ้า
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

2.3 ระบบออนกริด (On Grid) แบบเน็ตมิเตอร์ริ่ง (Net Metering)

หากเราติดตั้งระบบออนกริดแล้วช่วงตอนกลางวันเราไม่ได้อยู่บ้าน เวลาสำหรับไม่มีการใช้ไฟฟ้าก็ทำให้เราติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เสียเปล่า ไม่ได้ประโยชน์เหมือนผลิตไฟฟ้าได้แล้วทิ้งไป

ระบบเน็ตมิเตอริ่ง ช่วงเวลากลางวันเราไม่อยู่บ้านเมื่อระบบโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้าได้ก็จะไหลเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า โดยตัวมิเตอร์ก็จะเก็บข้อมูลไว้ว่าเราผลิตได้กี่หน่วย แล้วพอตอนกลางคืนเรากลับบ้านมาใช้ไฟฟ้า มิเตอร์ก็จะหักลบกับที่เราผลิตได้เมื่อตอนกลางวัน และสุดท้ายก็สรุปในแต่ละเดือนเราจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเท่าไหร่ ระบบนี้ในประเทศ

ไทยยังไม่มีการนำมาใช้และเป็นระบบที่นิยมสำหรับในต่างประเทศก็เริ่มมีการนำระบบเน็ตมิเตอริ่งมาใช้งาน

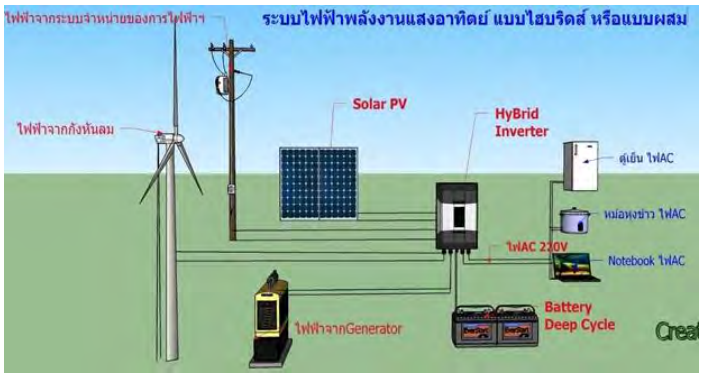


ภาพที่ 2.9 แสดงระบบออนกริด (On Grid) แบบเน็ตมิเตอร์ริ่ง (Net Metering)
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

3. ระบบไฮบริดส์ (Hybrid) หรือแบบผสม

ระบบทำงานได้ทั้ง Off Grid และ On Grid โดยจะเปลี่ยนสถานะเป็นแหล่งจ่ายไฟได้เองอัตโนมัติและสามารถใช้ไฟฟ้าได้หากมีการดับไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ซึ่งแบบไฮบริดส์นี้ก็จะมาแก้ไขจุดด้อย นั่นคือจะมีการเพิ่ม Hybrid Inverter และอุปกรณ์แบตเตอรี่เข้ามาด้วยเพื่อทำการเก็บประจุไว้ใช้งานในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือเซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) คือการผลิตไฟฟ้าจากแสงที่ตกกระทบวัตถุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้มีอายุการใช้งานประมาณ 20-25 ปี และจะผลิตไฟฟ้าในขณะที่มีแดดตอนกลางวันเก็บไว้ในแบตเตอร์รี่ซึ่งไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หากนำมาใช้งานในรูปของไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ จะต้องใช้ Inverter เพื่อทำการแปลงค่าและเมื่อไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) ถูกแปลงเป็นกระแสสลับ 220 โวลท์ แล้วสามารถนำมาใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น ทีวี ตู้เย็น พัดลม คอมพิวเตอร์ หลอดไฟ เครื่องชาร์ตโทรศัพท์ เป็นต้น ส่วนจะใช้ได้นานแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าที่โซลาร์เซลล์ผลิตได้และอัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องมือเครื่องใช้แต่ละชนิด



ภาพที่ 2.10 แสดงระบบ ไฮบริดส์ (Hybrid) หรือแบบผสม
ที่มา: https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง

1. แผงโซลาร์เซลล์ (Photovoltaic) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงแดดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยก่อนจะตัดสินใจเลือกขนาดของแผงต้องทราบก่อนว่าเราต้องการผลิตกระแสไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด และต้องใช้ขนาดกำลังวัตต์ใดจึงจะเหมาะสม ซึ่งมีจำหน่ายตั้งแต่ขนาด 10-285 วัตต์ แต่ควรเลือกแผงโซลาร์เซลล์ให้มีกำลังไฟมากกว่าการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงอายุการใช้งานของแผงโซลาร์เซลล์จะอยู่ที่ 25 ปี แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานถึง 10 ปี ประสิทธิภาพการผลิตไฟก็จะลดลงไป ดังนั้นก่อนจะเลือกแผงโซลาร์เซลล์ต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ตรงนี้ก่อน

   ปัจจุบันแผงโซลาร์เซลล์มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด

   1.1 โมโนโซลาร์เซลล์ (Mono Solar Cell) ทำมาจาก Silicon ที่มีความบริสุทธิ์สูง มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงกว่าแผงชนิดอื่นๆ แม้อยู่ในภาวะแสงแดดน้อย มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุดถึง 25 ปี

   1.2 โพลีโซลาร์เซลล์ (Poly Solar Cell) ทำมาจากผลึก Silicon เหมือนกัน แต่ขั้นตอนการผลิตแตกต่างกัน มีคุณสมบัติในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีน้อยกว่าแผงแบบโมโนโซลาร์เซลล์ มีอายุการใช้งานประมาณ 20-25 ปี

   1.3 อะมอร์ฟัสโซลาร์เซลล์ (Amorphous Solar Cell) เป็นการนำเอาสารที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้ามาฉาบเป็นแผ่นฟิลม์บางๆ ผลิตกระแสไฟฟ้าและอายุการใช้งานน้อยกว่าชนิดอื่นๆ และเป็นแผงที่มีราคาถูกที่สุด

2. เครื่องแปลงไฟ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนกระไฟฟ้า ควรเลือกกำลังวัตต์ให้มากกว่ากำลังวัตต์ของเครื่องใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหมดในบ้านประมาณ 30-40% ปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบคือ Off Grid Inverter และ On Grid Inverter

3. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) มีคุณสมบัติในการจ่ายพลังงานในปริมาณน้อยแต่ต่อเนื่อง โดยที่ไม่เกิดความเสียหายกับแบตเตอรี่
4. เครื่องควบคุมการชาร์จไฟ (Solar control charger) ทำหน้าที่คุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แบตเตอรี่ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งเครื่องควบคุมชาร์จที่ดีจะสามารถรีดพลังงานจากแสงแดดไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ได้มากที่สุด โดยราคามีตั้งแต่หลักร้อยจนถึงหลักหมื่น
5. อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร (Over Current Protection &Accessaries)

2.3. อัตราค่าไฟฟ้า และวิธีคำนวณค่าไฟฟ้า

2.3.1 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.1 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน สำหรับประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1-15)	2.3488
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25)	2.9882
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	3.2405
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	3.6237
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	3.7171
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	4.2218
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้น)	4.4217

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือนพฤศจิกายน 2561 เป็นต้นไป)

ตารางที่ 2.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน
สำหรับประเภทที่ 1 บ้านพักที่อยู่อาศัย

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
150หน่วยแรก (หน่วยที่ 1-150)	3.2484
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	4.2218
เกินกว่า 400 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือนพฤศจิกายน 2561 เป็นต้นไป)

2.3.2 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำกรเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.3 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
12 – 24 กิโลโวลต์	3.9086	312.24
ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์ 150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1- 150) 250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400) เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้น)	 3.2484 4.2218 4.4217	46.16

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือนพฤศจิกายน 2561 เป็นต้นไป)

2.3.3 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.4 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	3.1097
12-24 กิโลโวลต์	3.1471
ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	3.1751

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือนพฤศจิกายน 2561 เป็นต้นไป)

2.3.4 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวันที่ใช้พลังงานไฟฟ้า
สำหรับประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	3.1097
12-24 กิโลโวลต์	3.1471
ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	3.1751

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำเดือนพฤศจิกายน 2561 เป็นต้นไป)

2.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรกิจ ทองสุก (2561) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารโดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม PVSYST เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ รวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาสองปัจจัยหลัก คือ ต้นทุนในการติดตั้ง และปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทน ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียง

กับผลที่ได้จากการคำนวณและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับปรุงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร

ธนาพล ตันติสัตยกุลภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ได้ทำการประเมินนโยบายสนับสนุนทางการเงินสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์บนหลังคาของภาคครัวเรือนในประเทศไทย (Solar PV Rooftop) โดยพิจารณาระบบ Solar PV Rooftop ชนิดแผงโพลีคริสตัลไลน์ (polycrystalline crystalline) สำหรับภาคครัวเรือนขนาดไม่เกิน 10 kW เป็นกรณีศึกษา จากผลการศึกษาพบว่าภายใต้มาตรการสนับสนุนด้านการเงินจากภาครัฐในปัจจุบัน การติดตั้ง Solar PV Rooftop สำหรับที่อยู่อาศัยยังไม่ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่ต้นทุนระบบต่อกำลังการผลิตติดตั้งเฉลี่ย การติดตั้งจะมีความคุ้มค่าเมื่อผู้ติดตั้งมีต้นทุนระบบต่อกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 71 บาท/W ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่าปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าของโครงการ ได้แก่ plant factor อายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และอัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตามลำดับ โดยอุปกรณ์ในระบบที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย ดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ คือ อินเวอร์เตอร์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ในการศึกษานี้ ได้เสนอมาตรการเพิ่มเติมเพื่อให้ผลตอบแทนของการติดตั้ง Solar PV Rooftop โดยภาคครัวเรือนมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

ดศิรณ์ ชัยช่วงโชค, โสภติสุดา ทองโสภติและแนบบุญ หุนเจริญ (2556) ได้ทำการศึกษาการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านพักอาศัยในประเทศไทยในปัจจุบันนั้นยังขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ เนื่องจากยังไม่มีมาตรการที่ชัดเจนสำหรับการให้ประชาชนทั่วไปสนใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลงังานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ซึ่งมาตรการในอดีตที่ผ่านมานั้นก่อให้เกิดปัญหาและความไม่เป็นธรรมกับผู้ลงทุน และ ประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้า ในการศึกษานี้จึงได้กำหนดโครงสร้างราคารับซื้อไฟฟ้าแบบ Fixed Feed-in Tariff (FIT) และคำนวณ อัตรา FIT ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดโดยคำนึงถึงต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าซึ่งมีค่าต่างกันตามเทคโนโลยี โดยการศึกษานี้ได้ออกแบบรูปแบบมาตรการทางการเงินไว้ 3 รูปแบบ แต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้มีรายได้ในระดับที่ต่างกันและให้ผลตอบแทนที่ดี ทั้งยังส่งผลกระทบกับผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไปน้อยอีกด้วย

จุฬารัตน์ จำปีรัตน์ (2558) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) ณ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลจากการสอบถามบุคลากรของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สอบถามข้อมูลต้นทุนเทิร์นคีย์จากบริษัทเอกชน และข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รวบรวมจากบทความ เอกสารวิชาการ รายงานประจำปี วารสาร และ เว็บไซต์ของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนถูกนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาและเชิงปริมาณ ซึ่งพิจารณาจากการวิเคราะห์ต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC) โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR), อัตรา

ผลตอบแทนภายในที่มีการปรับแล้ว (Modified Internal Rate of Return: MIRR), อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: BCR), อัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนสุทธิต่อการลงทุน (Net Benefit Investment Ratio: N/K), ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) และการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) เพื่อประเมินขีดความสามารถสูงสุดในการรับผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของต้นทุนหรือการลดลงของผลตอบแทน เป็นการวัดระดับความเสี่ยงที่โครงการลงทุนสามารถรับได้ ผลสรุปได้ว่า โครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุนภายใต้ปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น มีความเสี่ยงในการลงทุนอยู่ในระดับต่ำจึงมีความเหมาะสมในการลงทุน

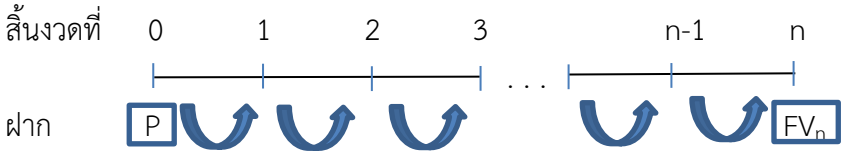
พิชยดา จิรวรรษวงศ์ (2556) ได้ทำการศึกษาขนาดครัวเรือนโดยมากคือ 4 คน จึงใช้บ้านขนาดมาตราฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไปเป็นกรณีศึกษา คือบ้านพักเดี่ยวโดยพื้นที่ 125 ตารางเมตร ทั้งนี้การศึกษาถูกแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการใช้ภายในบ้าน ซึ่งแต่ละกรณีก็จะมีแนวทางในการเลือกติดตั้งอุปกรณ์แบบต่างๆต่างกัน 4 ทางเลือก เช่น การเลือกแผงเซลล์ขนาดต่างกันคือ 130 W และ 240 W การเลือกเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาดพิกัด 24V/20A, 24V/40A, 24V/60A, 48V/40A การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ และการเลือกอินเวอเตอร์ ซึ่งแต่ละทางเลือกมีต้นทุนในการติดตั้งต่างกัน และรายได้ของโครงการคือ ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งผลสรุปได้ว่า โครงการไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกๆ 5 ปี โดยต้นทุนด้านแบตเตอรี่เป็นร้อยละ 44 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด แต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลง ดังแนวทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โครงการจะน่าลงทุนในแนวทางที่ 3 คือ มีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% พบว่าทุกทางเลือกของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคา และกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวก

2.5 เงินต้น หรือค่าเงินปัจจุบันจากการคิดดอกเบี้ยทบต้น

กำหนดให้ P คือ เงินต้นที่กู้ยืมหรือฝากในบัญชี

i คือ อัตราดอกเบี้ยของเงินต้น 1 บาทใน 1 งวดของการคิดดอกเบี้ย

n คือ จำนวนครั้งที่มีการคิดอัตราดอกเบี้ย



ฝากเงินต้น P บาท เมื่อเวลาผ่านไป n งวด จะมีเงินรวมเป็น $FV_n = P(1+i)^n$ บาท นั่นคือ เงิน FV_n บาทในระยะเวลา n งวดข้างหน้า มีค่าเท่ากับ P บาทในปัจจุบัน

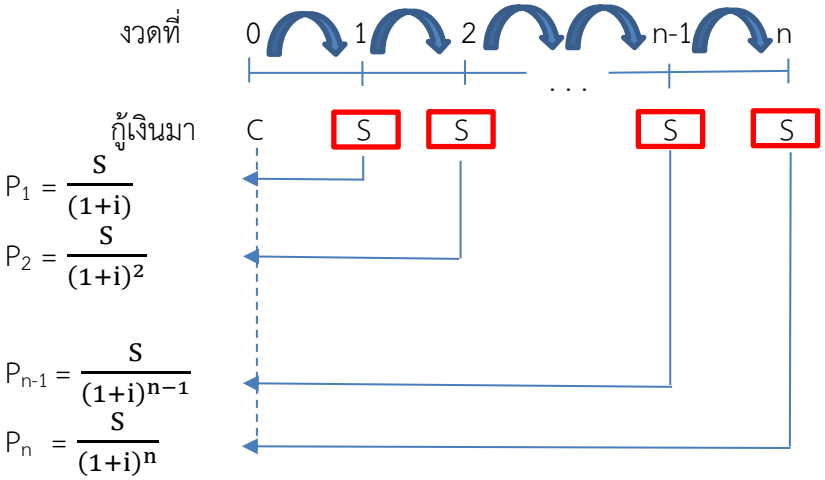
อีกนัยหนึ่งค่าเงินปัจจุบันของเงิน FV_n บาทในระยะเวลา n งวดข้างหน้า คือ P นั่นเอง

$$P = \frac{FV_n}{(1+i)^n} = FV_n(1+i)^{-n}$$

2.6 การหาค่าเงินปัจจุบันของค่ารายปีจากการคิดดอกเบี้ยแบบทบต้น

รูปแบบของการจ่ายหรือรับเงินสดเป็นงวด ๆ งวดละเท่า ๆ กัน เราเรียกว่าค่ารายปี ยกตัวอย่างเช่น

สินค้ามีราคาเงินสด C บาท ผู้ขายให้ผ่อน n งวด ผ่อนชำระงวดละ S บาท คิดดอกเบี้ย 1 บาท ใน 1 งวด เป็นจำนวนเงินต้นรวมดอกเบี้ย i บาท จะเริ่มผ่อนดอกเบี้ยเมื่อสิ้นเดือนที่ 1 เป็นเดือนแรก



โดยที่ P_i คือ เงินต้นหรือเงินปัจจุบันของเงิน S บาทในสิ้นงวดที่ n

$$C = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$= \frac{S}{1+i} + \frac{S}{(1+i)^2} + \frac{S}{(1+i)^3} + \cdots + \frac{S}{(1+i)^n}$$

$$= \frac{S}{1+i}\left[\frac{1-\left(\frac{1}{1+i}\right)^n}{1-\frac{1}{1+i}}\right]$$ (โดยอนุกรมเรขาคณิต)

$$= \frac{S}{1+i}\left[\frac{1-(1+i)^{-n}}{\frac{1+i-1}{1+i}}\right]$$

$$= S\left[\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}\right]$$

นั่นหมายความว่า เงิน S บาทที่ผ่อนชำระในแต่ละงวดเป็นจำนวน n งวด คิดกลับมาเป็นเงินปัจจุบัน ณ เวลาที่กู้ยืมมีค่าเท่ากับ C บาท ดังนั้นถ้าเราทราบเงินที่กู้ยืมมาเราสามารถคำนวณหาค่างวด

$$S = \frac{C}{\left[\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}\right]}$$

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะทำการศึกษา กลุ่มตัวอย่างของประเภทบ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดใหญ่ เพื่อจะประเมินความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

3.1 วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลของครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จากการไฟฟ้านครหลวง เขตวัดเลียบ (กฟน.) การศึกษาค้นคว้าอิสระ งานวิจัย และการศึกษาค้นคว้าข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ต

3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1.การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Method) เกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละครัวเรือน กำลังผลิตติดตั้ง ช่วงเวลาโดยประมาณทำสัญญาของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) หมายถึง กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการรวบรวมข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาประเมินผลขึ้นเป็นตัวเลข โดยใช้หลักตรรกวิทยา คณิตศาสตร์และสถิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ค่าใช้จ่ายทั้งหมด ได้รวบรวมข้อมูลจากบริษัทติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาเฉลี่ยทั้งหมด 4 บริษัทได้แก่ บริษัท Solar Hup บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด และบริษัท Solar D

2.2 ค่าใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน เกี่ยวข้องกับหน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงของที่ใช้ก่อนหน้า 1 ปี กับอัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

2.3 กรณีที่ไม่มีดอกเบี้ย เราจะใช้การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผู้ลงทุนจะได้รับจำนวนเงินกลับคืนเท่ากับกระแสเงินสดที่จ่ายในการลงทุนระยะเวลาคืนทุนจะมีความคุ้มทุนก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ปี

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน}}$$

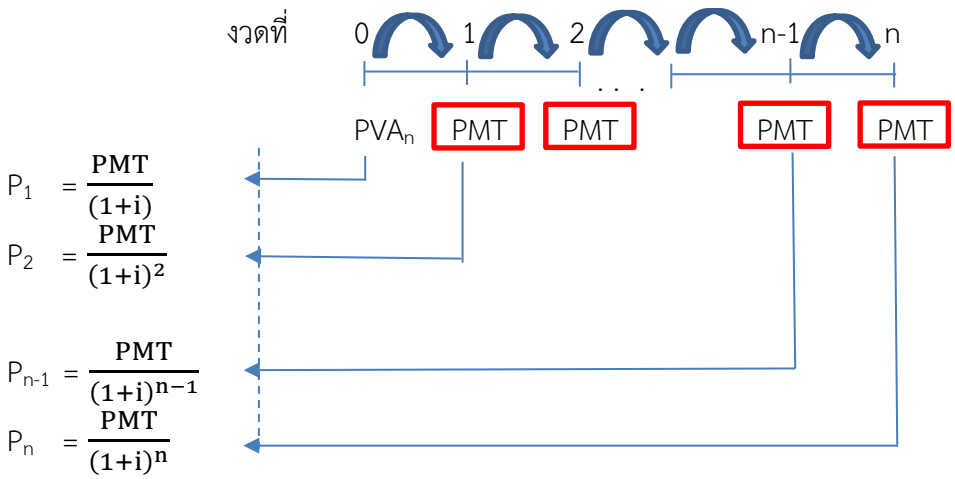
2.4 กรณีที่มีดอกเบี้ย เราจะใช้การคำนวณดอกเบี้ยทบต้น (Compound interest)

กำหนดให้ PMT คือ จำนวนเงินที่ต้องชำระคืนต่อเดือน

PVAn คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน ($\frac{1}{12}$ % $\frac{2}{12}$ % $\frac{3}{12}$ % ต่อเดือน ตามลำดับ)

n คือ ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)



จากหัวข้อ 2.6 ในบทที่ 2 เราสามารถคำนวณจำนวนเงินที่ต้องชำระคืนในแต่ละเดือนได้ตามสูตรนี้

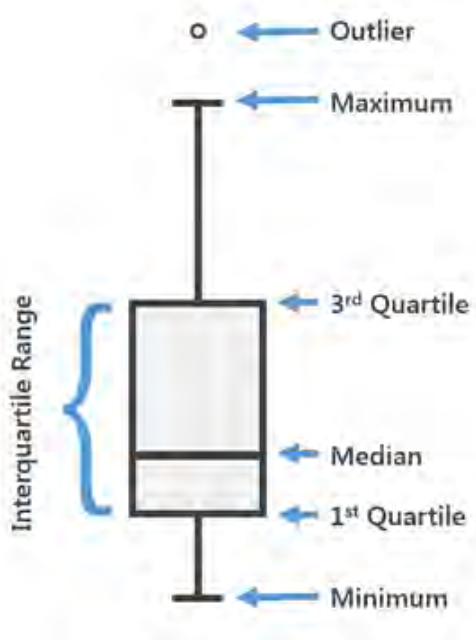
$$PMT = \frac{PVAn}{\left(\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}\right)}$$

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) คือการใช้สถิติเพื่ออธิบายข้อมูลที่มีอยู่ในการศึกษานี้จะใช้ตาราง (Table) แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่างๆซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่าง ๆ กรณีไม่คิดดอกเบี้ย และในกรณีคิดดอกเบี้ย ใช้กราฟเส้น (Line Graph) แสดงหน่วยการใช้ไฟฟ้าของแต่ละครัวเรือน และใช้แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงข้อมูลจำนวนเดือนที่คุ้มทุนเพื่อให้เห็นภาพรวมของข้อมูลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

การสร้างแผนภาพกล่อง (Box plot) ใช้แสดงสาระที่สำคัญของข้อมูลคือ ค่ากลาง ค่าการกระจาย สัดส่วนข้อมูลที่มากหรือน้อยกว่าค่ากลาง (Symmetry) รวมทั้งข้อมูลที่อยู่ห่างจากกลุ่มมาก ๆ

กราฟที่ให้รายละเอียดของค่าสถิติเพื่อตรวจสอบการแจกแจง

- ค่าต่ำสุดของข้อมูลที่ยังไม่ต่ำผิดปกติ
- ค่าควอไทล์ที่ 1 (Q1)
- ค่ามัธยฐาน หรือ ค่าควอไทล์ที่ 2 (Q2)
- ค่าควอไทล์ที่ 3 (Q3)
- ค่าสูงสุดของข้อมูลที่ยังไม่สูงผิดปกติ
- บ่งบอกความเบ้หรือสมมาตรของข้อมูล
- สามารถตรวจสอบค่าผิดปกติของชุดข้อมูลได้



ภาพที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของแผนภาพกล่อง (Box Plot)
ที่มา: https://www.tes.com/lessons/htNLYyVCpa8i1Q/box-and-whisker-plots

วิธีการอ่าน Box Plot

1. Min คือ ค่า Minimum หรือค่าต่ำสุดที่ได้จากการทำค่าต่ำสุดของข้อมูล (ที่ไม่ใช่outlier) มาเขียนแผนภาพ
2. Q1 คือ ค่า 1st Quartile หรือบางครั้งเรียกว่า Percentile ที่ 25 ให้นำข้อมูลมาเรียงกันจากน้อยไปมาก ค่านี้เป็นค่าที่แบ่งข้อมูล ¼ ส่วนแรกออกจาก ¾ ส่วนหลัง ในการศึกษานี้จะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Microsoft Excel
3. Median คือ ค่ามัธยฐาน บางทีอาจเรียกว่า Q2 (2ndquartile) หรือ Percentile ที่ 50 ค่านี้เป็นค่าที่แบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กันครึ่งหนึ่งของข้อมูลมีค่ามากกว่าค่า Median และอีกครึ่งหนึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า Median ในการศึกษานี้จะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม Microsoft Excel
4. Mean คือ ค่าเฉลี่ย (ปกติอาจไม่มีค่านี้ใน Box Plot)

5. Q3 คือ ค่า 3rd Quartile หรือบางครั้งเรียกว่า Percentile ที่ 75 ให้นำข้อมูลมาเรียงกัน จากน้อยไปมากข้อมูลที่มีค่าต่ำกว่าค่านี้จะมีจำนวน ¾ หรือ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 25 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่ามากกว่าค่านี้ ในการศึกษานี้จะใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ใน โปรแกรม Microsoft Excel
6. Q1-Q3 คือ ช่วงระหว่าง Q1-Q3 เรียกว่า Inter Quartile จะเห็นความกว้างของ Box (รูปสี่เหลี่ยม) เป็นช่วงที่ทำให้เราเห็นได้ว่าข้อมูลช่วงกลาง 50 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด จะอยู่ระหว่างช่วงนี้ ในกรณีที่เราเปรียบเทียบข้อมูลหลายชุด เราอาจใช้ช่วง Q1-Q3 นี้เป็นดัชนีชี้วัดความผันแปรของข้อมูลได้กล่าวคือ หาก Q1-Q3 มีช่วงที่กว้าง แสดงให้เห็นว่ามีความผันแปรที่สูง
7. Max คือ ค่า Maximum หรือค่าสูงสุดได้จากการนำค่าสูงสุดของข้อมูล (ที่ไม่ใช่ Outlier) มาเขียนแผนภาพ
8. Max-Min บางทีเราก็สามารถใช้ค่า Max-Min เป็นดัชนีชี้วัดความผันแปรของข้อมูลได้
9. Outlier คือ ค่าสุดโต่ง เป็นค่าที่สูงหรือต่ำผิดปกติ โปรแกรมทางสถิติส่วนใหญ่นิยมมาเขียนแผนภาพข้อมูลเป็น Outlier เมื่อข้อมูลนั้นมีค่าน้อยกว่า Q1-1.5*(Q3-Q1) หรือมีค่าสูงกว่า Q3+1.5*(Q3-Q1)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ จะวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับบ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และ กิจการขนาดใหญ่ โดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้ารายเดือนมาจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 และมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

4.1 คัดเลือกข้อมูลที่ได้จากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และสร้างกราฟเส้นระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเดือนปีที่ใช้

4.2 วิเคราะห์หาเดือนปีที่เริ่มใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากปริมาณการใช้หน่วยไฟฟ้าที่ลดลง

4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน

4.4 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

4.5 คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน

4.1 คัดเลือกข้อมูลที่ได้จากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และสร้างกราฟเส้นระหว่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเดือนปีที่ใช้ไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ประกอบไปด้วยข้อมูลการใช้ไฟฟ้า กำลังผลิตที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และช่วงเวลาโดยประมาณของการทำสัญญาของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของครัวเรือน โดยแบ่งเป็นประเภทกลุ่มบ้านพักที่อยู่อาศัย กลุ่มกิจการขนาดเล็ก กลุ่มกิจการขนาดกลาง และกลุ่มกิจการขนาดใหญ่ จากทั้งหมด 269 ครัวเรือน เหลือ 205 ครัวเรือน เพราะว่า 64 ครัวเรือน เป็นกิจการที่มีการขยายการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งทำให้ไม่สามารถหาเดือนที่มีการใช้ไฟฟ้าลดลงปีต่อปีได้เลย ตัวอย่าง เช่น รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY038 ที่มีการใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางเป็นประเภทกิจการขนาดใหญ่ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของรหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY038 ที่มีการใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางเป็นประเภทกิจการขนาดใหญ่

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	รอบใบแจ้งค่าไฟฟ้า (ปี)	รอบใบแจ้งค่าไฟฟ้า (เดือน)	หน่วยการใช้ไฟฟ้ารวม (kWh)	ค่าไฟฟ้ารวม F_t และ VAT (บาท)
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ม.ค.	16,000	54,830.48
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ก.พ.	16,000	55,152.73
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	มี.ค.	17,000	58,352.28
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	เม.ย	16,000	54,854.00
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	พ.ค.	19,000	71,169.13
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	มิ.ย.	16,000	65,548.24
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ก.ค.	17,000	64,228.46
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ส.ค.	18,000	70,495.68
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ก.ย.	16,000	65,996.36
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ต.ค.	14,000	59,368.33
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	พ.ย.	13,000	52,417.10
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2555	ธ.ค.	13,000	49,257.14
DUMMY038	กิจการขนาดกลาง	2556	ม.ค.	13,000	53,730.01
		“			
		“			
		“			
DUMMY038	กิจการขนาดใหญ่	2562	มิ.ย.	334,000	1,238,864.53
DUMMY038	กิจการขนาดใหญ่	2562	ก.ค.	338,000	1,255,105.25
DUMMY038	กิจการขนาดใหญ่	2562	ส.ค.	334,000	1,267,656.39

จากนั้นนำข้อมูลครัวเรือน 205 ครัวเรือนมาวาดกราฟเส้น โดยแกน X จะแทนเดือน ปีที่ใช้ไฟฟ้า และแกน Y จะแทนปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2555 ถึง เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2562 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงหลังการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการวาดกราฟไม่สามารถสรุปผลการใช้ไฟฟ้าหลังจากติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะกราฟที่แสดงหน่วยไฟฟ้าที่ใช้มีการเพิ่มและลงในแต่ละปีมีแนวโน้มเป็นแบบเดียวกันทำให้ไม่รู้ว่าช่วงเวลาใดที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะเมื่อมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แล้วปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่คิดค่าไฟฟ้าต้องลดลง เพราะฉะนั้นการวาดกราฟเส้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงหลังการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาเดือน ปีที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ก่อน ตัวอย่าง การวาดกราฟเส้น ภาพที่ 4.1 – 4.4 ซึ่งเรียงตามประเภทครัวเรือน

ภาพที่ 4.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักที่อยู่อาศัย ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY096

ภาพที่ 4.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดเล็ก ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY027

ภาพที่ 4.3 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดกลาง ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY068

ภาพที่ 4.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069

4.2 วิเคราะห์หาเดือน ปี ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากปริมาณการใช้หน่วยไฟฟ้าที่ลดลง

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการไฟฟ้าครหลวง (กฟน.) ไม่มีข้อมูลเดือน ปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ จึงต้องวิเคราะห์หาเดือน ปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากปริมาณการใช้หน่วยไฟฟ้าที่ลดลง

การวิเคราะห์หาเดือน ปีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้สมมติฐานดังต่อไปนี้

1. หาเปอร์เซ็นต์หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ลดลงปีต่อปี (Year on Year) หมายถึง การนำข้อมูลหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ไปเปรียบเทียบปีต่อปี และหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงเพื่อให้ได้เดือน ปีที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนผู้วิจัยขออธิบายโดยการใช้ตัวแปร

   ให้ j = เดือน

   k = ปี

   u = จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ของเดือน

   โดยเปรียบเทียบ u (j,k) และ u (j,k+1) และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงปีต่อปี ดังตัวอย่างตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ u (j,k) และ u (j,k+1) ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY194

เดือน	ปี		เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงปีต่อปี
	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	
ม.ค.	250	158	36.80%
ก.พ.	264	151	42.80%
มี.ค.	263	172	34.60%
เม.ย	251	153	39.04%
พ.ค.	305	159	47.87%
มิ.ย.	232	153	34.05%
ก.ค.	233	160	31.33%
ส.ค.	222	144	35.14%
ก.ย.	206	157	23.79%
ต.ค.	216	150	30.56%
พ.ย.	279	138	50.54%
ธ.ค.	179	148	17.32%

2. ผลลัพธ์ที่ได้จากเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าปีต่อปีและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ตามตัวอย่างตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ได้ว่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงติดต่อกัน 12 เดือน ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่าเป็นเดือน ปีที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่เดือนไม่จำเป็นต้องเริ่มที่เดือน ม.ค. ถึง ธ.ค. แต่จะเริ่มจากเดือนใดก็ได้ที่มีหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ลดลง 12 เดือนติดต่อกันภายในปีต่อปีที่เปรียบเทียบดังต่อไปนี้

ให้เดือน ปีที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็น เดือนและปีแรกที่มีผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ลดลง 12 เดือนติดต่อกัน (ถ้ามี)

จากการวิเคราะห์หาเดือน ปีที่ติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีครัวเรือนทั้งหมด 205 ครัวเรือน พบว่ามี 126 ครัวเรือนที่ไม่สามารถหาเดือน ปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพราะว่าหาเดือนที่สอดคล้องกับ 4.2 ไม่ได้ทำให้มีข้อมูลครัวเรือนที่สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ 79 ครัวเรือน

4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน

นำข้อมูลครัวเรือนที่ผ่านการวิเคราะห์จากข้อที่ 4.2 ซึ่งมีเพียง 79 ครัวเรือนมาคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน โดยใช้หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ของ 12 เดือนก่อนหน้าเดือนที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาเฉลี่ย และหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ตั้งแต่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาเฉลี่ย

โดยสูตรที่ใช้ คือ (หน่วยไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 12 เดือนก่อนหน้าเดือนที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ – หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ตั้งแต่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์) ตัวอย่างปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069 มีจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 81,083.33 หน่วย

จำนวนหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย ช่วง เม.ย.59 - มี.ค.60	277,250.00 หน่วย
จำนวนหน่วยไฟฟ้าเฉลี่ย ช่วง เม.ย.60 – มี.ค.61	196,166.67 หน่วย
จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้	81,083.33 หน่วย

จากนั้นนำจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือนมาคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแต่ละครัวเรือนของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ราคาค่าไฟฟ้า ของกิจการขนาดใหญ่ ของรหัสผู้ใช้ไฟฟ้า DUMMY069
(อัตราค่าไฟฟ้า กิจการขนาดใหญ่ เท่ากับ 3.1751)

ราคาค่าไฟฟ้า ช่วงเม.ย.59 - มี.ค.60	277,250.00 x 3.1751	880,296.48 บาท
ราคาค่าไฟฟ้า ช่วงเม.ย.60 – มี.ค.61	196,166.67 x 3.1751	622,848.89 บาท
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้เฉลี่ยต่อเดือน	(277,250.00 – 196,166.67) x 3.1751	257,447.59 บาท

4.4 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

คำนวณจากราคาแต่ละกิโลวัตต์ของบริษัทติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ มาเฉลี่ยทั้งหมด 4 บริษัทได้แก่ บริษัท Solar Hup บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด และ บริษัท Solar D ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ราคาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยจากทั้ง 4 บริษัท

kW	บริษัทติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์				ราคาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยทั้ง 4 บริษัท
	Solar Hup	กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี	พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด	Solar D	
3	**96,000**	185,000	182,000	215,833	169,708
4	**192,000**	201,000	208,000	259,000	215,000
5	**192,000**	295,000	254,800	359,722	275,381
6	**192,000**	342,742	345,800	369,000	312,386
8	**266,667**	480,000	416,000	512,889	418,889
9	**300,000**	480,000	468,000	584,833	458,208
10	**340,000**	570,000	579,000	470,400	489,850
12	**340,000**	730,000	584,800	722,889	594,422
13	**340,000**	734,519	652,400	763,500	622,604
14	**423,333**	755,000	652,400	838,000	667,138
17	**532,000**	865,000	834,400	946,056	794,364
20	**720,000**	950,000	940,800	1,086,515	924,329
22	**1,062,871**	1,065,600	1,122,800	1,203,484	1,002,988
23	**828,000**	1,119,307	1,122,800	1,261,970	1,083,019
24	**864,000**	1,175,743	1,122,800	1,338,800	1,125,135
25	**900,000**	1,235,000	1,122,800	1,338,000	1,148,950
30	**1,080,000**	1,520,000	1,411,200	1,518,000	1,382,300

kW	บริษัทติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์				ราคาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยทั้ง 4 บริษัท
	Solar Hup	กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี	พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด	Solar D	
40	**1,440,000**	1,900,000	1,881,600	2,097,000	1,829,650
75	**2,700,000**	3,715,000	3,474,800	4,010,833	3,475,158
95	**3,420,000**	4,665,000	4,597,600	5,133,000	4,453,900
100	**3,200,000**	4,750,000	4,704,000	5,313,000	4,491,750
120	**3,840,000**	5,700,000	5,644,800	6,361,500	5,386,575
130	**4,160,000**	6,270,000	6,250,400	6,831,300	5,877,850
136	**4,352,000**	6,565,000	6,479,200	7,205,303	6,150,375
143	**4,576,000**	6,650,000	6,949,600	7,410,000	6,396,400
146	**4,672,000**	6,935,000	6,949,600	7,590,000	6,536,650
160	**5,120,000**	7,600,000	7,708,400	8,349,000	7,194,350
171	**5,472,000**	8,170,000	8,360,800	8,928,000	7,732,700
180	**5,760,000**	8,550,000	8,649,200	9,529,091	8,122,072
198	**6,336,000**	9,500,000	9,408,000	10,446,000	8,922,500
200	**6,400,000**	9,500,000	9,590,000	10,036,606	8,881,652
208	**6,656,000**	10,070,000	10,060,400	11,000,303	9,446,675
281	**8,992,000**	13,300,000	13,535,200	15,000,000	12,706,800
300	**15,180,000**	14,250,000	14,112,000	9,600,000	13,285,500
323	**10,336,000**	15,200,000	15,523,200	17,060,606	14,529,951
330	**10,560,000**	15,770,000	15,523,200	17,277,000	14,782,550
350	**11,200,000**	16,720,000	16,828,000	18,216,000	15,741,000
361	**11,552,000**	17,100,000	17,298,400	18,975,000	16,231,350
471	**15,072,000**	22,420,000	22,579,200	24,867,000	21,234,550
507	**13,182,000**	24,145,050	24,354,400	26,565,000	22,061,612
650	**16,900,000**	30,400,000	30,576,000	34,155,000	28,007,750
675	**17,550,000**	32,215,000	32,351,200	33,975,000	29,022,800
700	**18,200,000**	33,250,000	33,762,400	37,011,000	30,555,850
1000	**26,000,000**	47,500,000	47,980,800	52,371,000	43,462,950

4.5 คำนวณหาระยะคืนทุน

นำข้อมูลครัวเรือนที่ผ่านการวิเคราะห์จากข้อที่ 4.2 ซึ่งมี 79 ครัวเรือน มาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน ปรากฏว่ามี 18 ครัวเรือนที่ไม่สามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ จากสมมติฐานที่ว่าแผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าได้วันละ 8 ชั่วโมง คิดเป็นเดือนได้ 240 ชั่วโมง แล้วนำจำนวนชั่วโมงที่ได้คูณกับกำลังการผลิตติดตั้งของครัวเรือนจะได้กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของเดือน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ลดลงต่อเดือน ซึ่งมากกว่ากำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน **ตารางที่ 4.6** แสดงครัวเรือนที่ไม่สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	กำลังผลิตติดตั้ง (kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน
DUMMY255	4	960	2,212.25
DUMMY026	6	1,440	2,535.00
DUMMY280	8	1,920	2,003.42
DUMMY002	6	1,440	208,953.58
DUMMY031	22	5,280	5,901.67
DUMMY298	25	6,000	7,849.33
DUMMY115	95	22,800	34,853.92
DUMMY139	100	24,000	25,000.00
DUMMY146	143	34,320	60,666.67
DUMMY105	198	47,520	91,583.33
DUMMY170	208	49,920	57,802.50
DUMMY069	281	67,440	81,083.33
DUMMY118	330	79,200	584,166.67
DUMMY003	300	72,000	78,876.58
DUMMY166	361	86,640	101,833.33
DUMMY120	471	113,040	1,162,675.00
DUMMY126	996	239,040	302,560.08
DUMMY060	1,000	240,000	365,333.33

จึงเหลือครัวเรือนที่นำมาคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ 61 ครัวเรือน

4.5.1 คำนวณระยะคืนทุน กรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย

คำนวณระยะเวลาคืนทุน

$$\text{โดยใช้สูตร ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน}}$$

ผลการคำนวณระยะคืนทุนของแต่ละครัวเรือนสรุปได้ดังตารางที่ 4.7 สรุปประเภทครัวเรือนที่นำมาคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ดังตารางที่ 4.8 และจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่างๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของแต่ละครัวเรือน

ลำดับที่	รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	กำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	ระยะเวลาคุ้มทุน (เดือน)
1	DUMMY231	164.92	658.97	3	169,708	257.54
2	DUMMY065	433.58	1,917.20	4	215,000	112.14
3	DUMMY071	507.67	2,244.76	4	215,000	95.78
4	DUMMY142	401.75	1,776.42	4	215,000	121.03
5	DUMMY186	674.33	2,981.73	4	215,000	72.11
6	DUMMY198	243.50	1,076.68	4	215,000	199.69
7	DUMMY256	255.08	13,531.51	4	215,000	15.89
8	DUMMY572	361.17	1,596.99	4	215,000	134.63
9	DUMMY103	526.42	2,327.67	5	275,381	118.31
10	DUMMY117	352.50	1,558.65	5	275,381	176.68
11	DUMMY136	454.83	2,008.62	5	275,381	137.10
12	DUMMY148	642.08	2,839.09	5	275,381	97.00
13	DUMMY187	272.75	1,206.02	5	275,381	228.34
14	DUMMY192	279.75	1,236.97	5	275,381	222.62
15	DUMMY228	627.92	2,776.47	5	275,381	99.18
16	DUMMY306	244.08	1,073.66	5	275,381	256.49
17	DUMMY225	418.33	1,849.73	6	312,386	168.88
18	DUMMY180	658.25	2,910.58	9	458,208	157.43
19	DUMMY075	982.00	4,342.11	9	458,208	105.53

ลำดับที่	รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	กำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	ระยะเวลาคุ้มทุน (เดือน)
20	DUMMY483	1,403.50	6,205.86	9	458,208	73.83
21	DUMMY591	503.50	2,226.33	9	458,208	205.81
22	DUMMY035	839.25	3,710.91	10	489,850	132.00
23	DUMMY062	921.17	4,073.14	10	489,850	120.26
24	DUMMY072	678.75	3,001.23	10	489,850	163.22
25	DUMMY096	975.08	4,311.56	10	489,850	113.61
26	DUMMY299	1,087.83	4,810.10	10	489,850	101.84
27	DUMMY022	461.08	2,038.76	10	215,000	105.46
28	DUMMY027	1,553.75	6,870.22	12	594,422	86.52
29	DUMMY319	494.25	2,185.43	13	622,605	284.89
30	DUMMY053	783.25	3,463.30	14	667,183	192.64
31	DUMMY294	1,191.17	5,266.98	17	794,364	150.82
32	DUMMY358	1,361.25	6,019.04	17	667,183	110.85
33	DUMMY066	1,348.83	7,732.80	20	924,329	119.53
34	DUMMY188	1,471.00	6,504.32	20	924,329	142.11
35	DUMMY289	531.25	2,349.03	20	924,329	393.49
36	DUMMY493	2,080.25	9,198.24	20	924,329	100.49
37	DUMMY559	2,312.75	10,226.29	22	1,002,989	98.08
38	DUMMY189	4,432.92	19,601.04	23	1,083,019	55.25
39	DUMMY195	4,260.00	13,525.93	24	1,125,136	83.18
40	DUMMY301	1,101.00	4,868.29	30	1,382,300	283.94
41	DUMMY092	2,028.42	8,969.05	75	3,475,158	387.46
42	DUMMY030	17,072.17	54,205.94	120	5,386,575	99.37
43	DUMMY042	16,783.25	53,288.50	130	5,877,850	110.30
44	DUMMY068	14,750.00	46,832.82	136	6,150,376	131.33
45	DUMMY061	6,416.67	20,373.54	146	6,536,650	320.84
46	DUMMY001	13,489.42	42,830.26	160	7,194,350	167.97
47	DUMMY008	23,083.33	73,292.10	171	7,732,700	105.51
48	DUMMY125	9,833.33	31,221.82	180	8,122,073	260.14
49	DUMMY259	12,666.67	40,217.93	200	8,881,652	220.84
50	DUMMY134	41,916.67	133,089.61	200	8,881,652	66.73
51	DUMMY090	43,250.00	137,323.08	323	14,529,952	105.81

ลำดับที่	รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	กำลังไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง	ระยะเวลาคุ้มทุน (เดือน)
52	DUMMY155	41,666.67	132,295.83	350	15,741,000	118.98
53	DUMMY300	20,916.67	66,412.61	507	22,061,612.50	332.19
54	DUMMY305	54,666.67	173,572.13	675	29,022,800	167.21
55	DUMMY130	63,666.67	202,148.03	700	30,555,850	151.16

ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจำนวน 55 ครัวเรือนที่สามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้ และมี 6 ครัวเรือนที่ไม่สามารถชำระหนี้ได้

ตารางที่ 4.8 ประเภทครัวเรือนที่นำมาคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ประเภทครัวเรือน	จำนวนครัวเรือน
บ้านพักที่อยู่อาศัย	25
กิจการขนาดเล็ก	15
กิจการขนาดกลาง	10
กิจการขนาดใหญ่	5
รวม	55

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่าง ๆ

kW	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า						
	1 ปี	5 ปี	10 ปี	15 ปี	20 ปี	25 ปี	มากกว่า 25 ปี
3						1	
4		1	4	1	1		
5			3	2	2	1	
6				1			
9			2	1	1		
10			4	2			
12			1				
13						1	
14					1		
17			1	1			
20			2	1			1

kW	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า						
	1 ปี	5 ปี	10 ปี	15 ปี	20 ปี	25 ปี	มากกว่า 25 ปี
22			1				
23		1					
24			1				
30						1	
75							1
120			1				
130			1				
136				1			
146							1
160				1			
171			1				
180						1	
200			1		1		
323			1				
350			1				
507							1
675				1			
700				1			

4.5.2 คำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีคิดอัตราดอกเบี้ยต่างๆ ได้แก่ 1% 2% และ 3%ต่อปี

คำนวณ ระยะเวลาคืนทุน กรณีคิดอัตราดอกเบี้ยต่าง ๆ ได้แก่ 1% 2% และ 3% ต่อปี ตามลำดับ โดยใช้สูตร การคิดดอกเบี้ยทบต้น $\mathbf{PMT} = \frac{\mathbf{PVAn}}{\left(\frac{1-(1+i)^{-n}}{i}\right)}$

โดยที่ PMT คือ ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน

PVAn คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน ($\frac{1}{12}$ % $\frac{2}{12}$ % $\frac{3}{12}$ % ต่อเดือน ตามลำดับ)

n คือ ระยะคืนทุน (เดือน)

ผลลัพธ์การคำนวณ สรุปเป็นตารางได้ดังตัวอย่าง 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่าง ๆ (กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1%, 2% และ 3% ต่อปี) ตามลำดับ

kW	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า						
	1 ปี	5 ปี	10 ปี	15 ปี	20 ปี	25 ปี	มากกว่า 25 ปี
3						1/0/0	0/1/1
4	1/1/1		4/3/2	1/2/3	1/1/0	0/0/1	
5			3/2/2	1/2/2	1/1/1	3/2/0	0/1/3
6				1/0/0	0/1/1		
9			2/2/2	1/1/0	1/0/1	0/1/1	
10			3/2/2	3/3/3	0/1/1		
12			1/1/1				
13							1/1/1
14					1/1/0	0/0/1	
17			1/1/0	1/1/2			
20			1/1/1	2/2/2			1/1/1
22			1/1/1				
23		1/1/1					
24			1/1/1				
30							1/1/1
75							1/1/1
120			1/1/1				
130			1/1/0	0/0/1			
136				1/1/1			
146							1/1/1
160				1/0/0	0/1/1		
171			1/1/1				
180						1/0/0	0/1/1
200			1/1/1		1/0/0	0/1/0	0/0/1
323			1/1/1				
350			1/0/0	0/1/1			

kW	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า						
	1 ปี	5 ปี	10 ปี	15 ปี	20 ปี	25 ปี	มากกว่า 25 ปี
507							1/1/1
675				1/0/0	0/1/1		
700				1/1/0	0/0/1		

หมายเหตุ

1. $n_1/n_2/n_3$ โดยที่ n_1 = จำนวนครัวเรือนที่มีระยะเวลาคืนทุน กรณีมีอัตราดอกเบี้ย 1% ต่อปี, n_2 = จำนวนครัวเรือนที่มีระยะเวลาคืนทุน กรณีมีอัตราดอกเบี้ย 2% ต่อปี, n_3 = จำนวนครัวเรือนที่มีระยะเวลาคืนทุน กรณีมีอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี

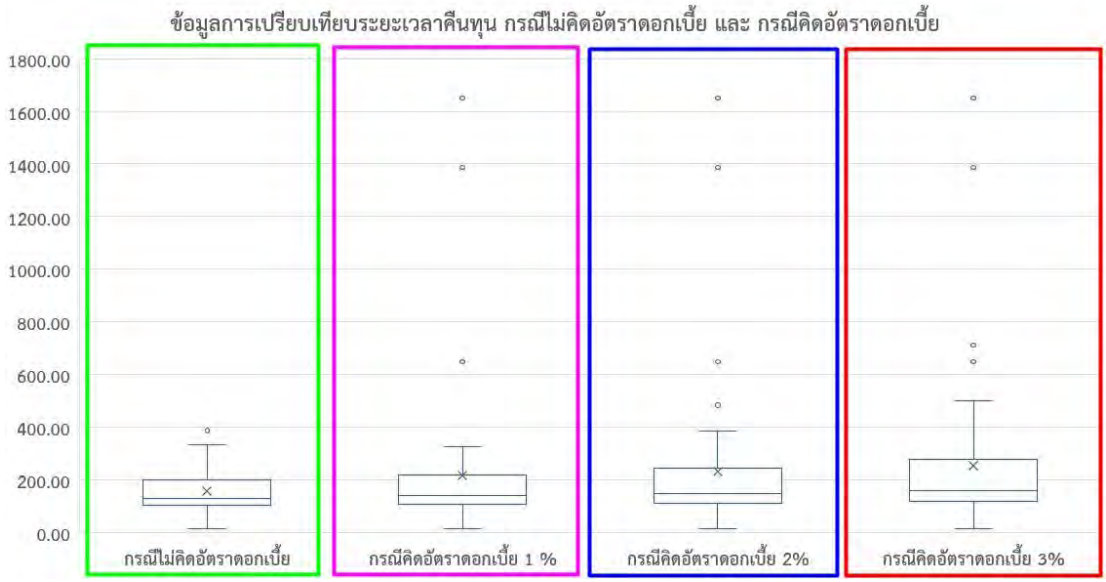
4.5.3 สรุปข้อมูลด้วยการแสดงกราฟแบบ Box plot

นำข้อมูลจำนวนเดือนที่คุ้มทุนตามตารางที่ 4.8 ของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1% 2% และ 3% ต่อปี ไปคำนวณ หา Q1 Q2 และ Q3 ต่อใน Box plot โดย แกน X แทนประเภทอัตราดอกเบี้ย (กรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และ กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1% 2% 3% ตามลำดับ) และแกน Y แทนจำนวนเดือนที่คุ้มทุนทั้งหมด 55 ครัวเรือน

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย Q1 Q2 และ Q3 ของจำนวนเดือนที่คุ้มทุนกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ยและกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย

สรุปข้อมูล ใน Box plot	กรณีไม่คิด อัตราดอกเบี้ย	กรณีคิดอัตรา ดอกเบี้ย 1% (ปี)	กรณีคิดอัตรา ดอกเบี้ย 2% (ปี)	กรณีคิดอัตรา ดอกเบี้ย 3% (ปี)
ค่าเฉลี่ย	157.09	215.39	230.59	254.20
Q1	101.84	106.46	111.70	117.68
Q2	131.33	139.14	148.34	159.39
Q3	199.69	218.50	243.01	276.98

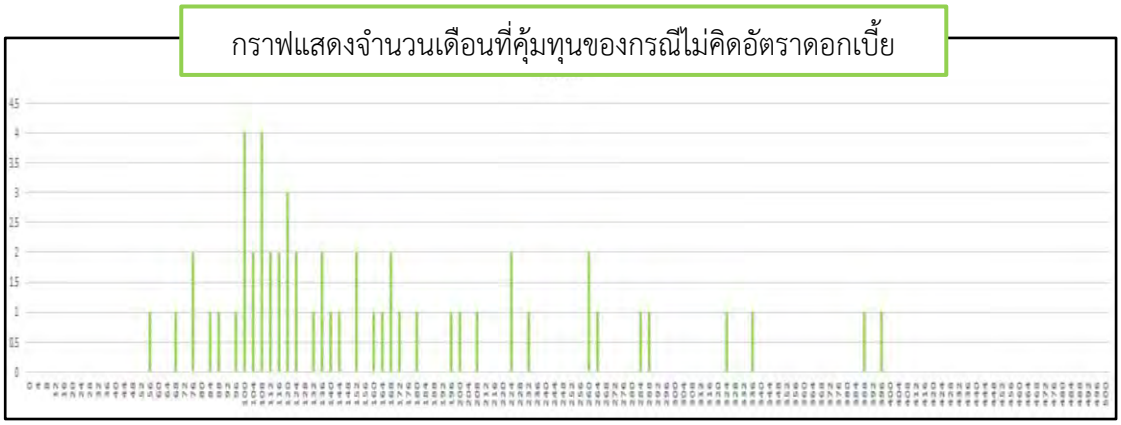
ข้อมูลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน กรณีที่ไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย ดังภาพที่ 4.5



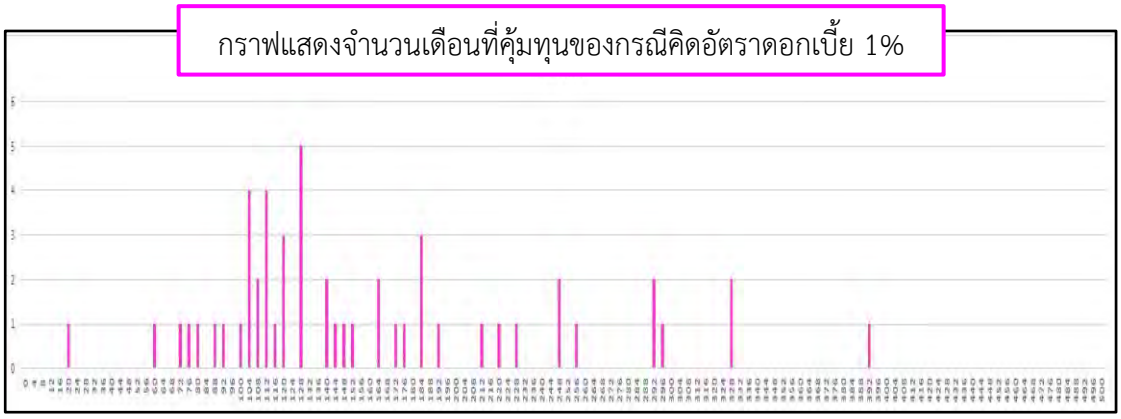
ภาพที่ 4.5 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน กรณีที่ไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย

จากการเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน กรณีที่ไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย จากกราฟแบบ Box plot แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาคืนทุนกรณีที่ไม่คิดอัตราดอกเบี้ยจะเป็นระยะคืนทุนที่ดีที่สุด ถึงแม้จะมีบางข้อมูลที่ผิดปกติ ซึ่งหมายถึงระยะคืนทุนที่เกิน 25 ปี

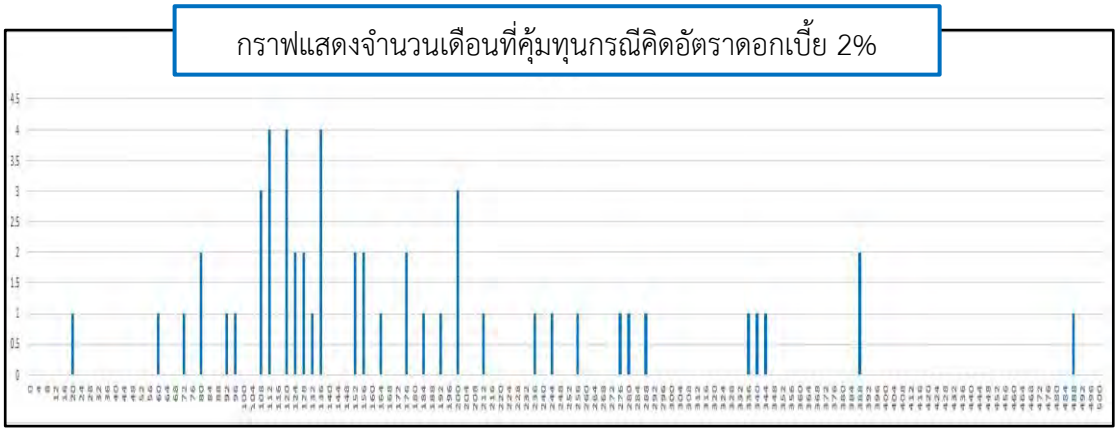
เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้นจึงแสดงกราฟจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย ตามละเอียดภาพที่ 4.6-4.9 จะพบว่ากราฟที่แสดงมีข้อมูลการกระจายแบบเบ้ขวา



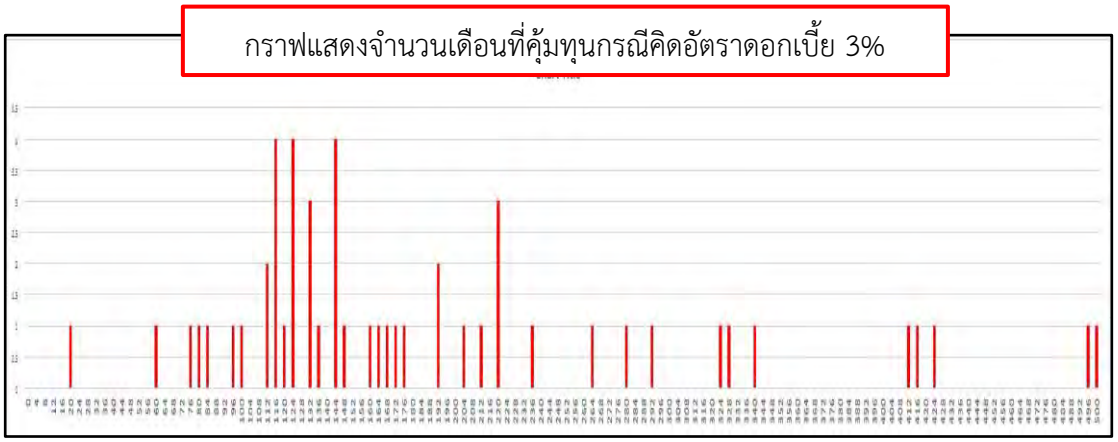
ภาพที่ 4.6 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย



ภาพที่ 4.7 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1%



ภาพที่ 4.8 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 2%



ภาพที่ 4.9 แสดงจำนวนเดือนที่คุ้มทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 3%

สำหรับตารางที่ 4.12 ผู้วิจัยได้นำเสนอจำนวนเดือนที่คุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่างๆ โดยอ้างอิงข้อมูล

บริษัท Solar Hup ที่มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ถูกที่สุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลให้กับผู้ที่สนใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.12 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่กำลังผลิตต่าง ๆ ซึ่งมีจุดคุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่าง ๆ

	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า						
kW	1 ปี	5 ปี	10 ปี	15 ปี	20 ปี	25 ปี	มากกว่า 25 ปี
3				1			
4	1	1	4	1			
5			5	3			
6			1				
9		1	2	1			
10			5	1			
12		1					
13				1			
14			1				
17			2				
20			3				1
22			1				
23		1					
24		1					
30					1		
75						1	
120			1				
130			1				
136			1				
146					1		
160			1				
171			1				
180				1			
200		1		1			
323			1				
350			1				
507					1		
675			1				
700			1				

บทที่ 5
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นข้อมูลต่อผู้สนใจ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปข้อมูลจากการดำเนินงานในบทที่ 4 ข้อสรุปของการศึกษาความคุ้นทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของครัวเรือน ได้แก่ บ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดใหญ่ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งข้อมูลที่ได้มาไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ทำให้ได้วิเคราะห์ถึง 5 ขั้นตอนเพื่อให้ข้อมูลสมเหตุสมผลและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด รวมถึงปัญหาและอุปสรรคข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่ได้จากการวิจัย

5.1 ข้อสรุปของการศึกษา

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น กำลังการผลิตติดตั้งที่เป็นกิโลวัตต์ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้แต่ละครัวเรือน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง เดือน ปีที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งแต่ละครัวเรือนมีการใช้ปัจจัยที่แตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ตารางที่ 4.9 พบว่าระยะเวลาคืนทุนของผู้ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วง 17 kW ถึง 24 kW เป็นกลุ่มที่มีโอกาสที่จะคุ้มทุนเร็วที่สุด
2. จากการวิเคราะห์ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาคืนทุนของกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1% 2% และ 3% ต่อปี พบว่าผู้ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ช่วง 20 kW ถึง 120 kW เป็นกลุ่มที่มีระยะเวลาคืนทุนของจำนวนครัวเรือนภายในช่วงเวลาเดียวกันทั้งอัตราดอกเบี้ย 1% 2% และ 3% ต่อปี
3. จากตารางที่ 4.11 ถึงแม้ว่าจะมีการคิดอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี อาจจะเห็นได้ว่าครึ่งหนึ่งของผู้ที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะคุ้มทุนภายใน 13 ปี 3 เดือน
4. จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าข้อมูลระยะเวลาคืนทุนของกรณีไม่คิดอัตราดอกเบี้ย และกรณีคิดอัตราดอกเบี้ย มีค่าผิดปกติ หากไม่พิจารณาค่าผิดปกติแล้วจะได้ข้อมูลมีการกระจายแบบเบ้ขวา
5. จากภาพที่ 4.5 พบว่าระยะเวลาคืนทุนของอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี มีช่วง Q1 ถึง Q3 ที่กว้าง แสดงให้เห็นว่ามีความผันแปรที่สูงที่สุด
6. ตารางที่ 4.9 คิดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากราคาเฉลี่ยทั้ง 4 บริษัท ซึ่งต่างจากตารางที่ 4.12 เป็นการสรุปจำนวนเดือนที่คุ้มทุนภายในช่วงเวลาต่างๆ โดยอ้างอิงข้อมูล บริษัท Solar Hup มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบผลิต

ไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ถูกที่สุด โดยจะสรุปผลสำหรับเงินลงทุนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีมูลค่าไม่เกิน 1,000,000 บาทตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงเงินลงทุนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีมูลค่าไม่เกิน 1,000,000 บาท

เงินลงทุนติดตั้ง (บาท)	**กำลังพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)**	**ระยะเวลาคืนทุน (ปี)**
100,000	3	12
200,000	4-6	5-15
300,000-500,000	9-17	4-13
700,000-900,000	20-24	4-9

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ก. ปัญหาในการทำโครงงานวิจัย

1. ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีข้อมูลไม่เพียงพอที่ทำให้ไม่รู้ว่าแต่ละครัวเรือนมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเดือนใด จำเป็นต้องตั้งข้อสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์หาเดือนปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ตาม YoY (Year on Year) ซึ่งเดือนที่ได้จากการวิเคราะห์อาจจะไม่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละครัวเรือนไม่คงที่ทำให้พิจารณาหาเดือน ปีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และคำนวณระยะเวลาคืนทุนได้ยาก

3. รูปแบบการใช้ไฟฟ้าของหลายครัวเรือนมีความแปรปรวนทั้งจากเดือนสู่เดือนและจากปีสู่ปีค่อนข้างมากทำให้วิเคราะห์หาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ลดลงได้ยาก

4. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เกิดจากการเฉลี่ยจากทั้ง 4 บริษัทที่ต่างกันค่อนข้างมากอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนไม่ถูกต้องกับความเป็นจริง

ข. ปัญหาในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1. ไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบมีมูลค่าสูง ยังมีอุปกรณ์หลายๆชนิดที่จำเป็นต้องเปลี่ยนรายปี เมื่อหมดอายุ หรือต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก. ข้อเสนอแนะของโครงงานวิจัยนี้

1. เนื่องจากข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์มาคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจำนวน 55 ครัวเรือนซึ่งมีข้อมูลปริมาณน้อย ถ้ามีการหาข้อมูลเพิ่มเติมจะทำให้ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2. ถ้าผู้ที่สนใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาอ่านโครงงานวิจัยฉบับนี้อาจจะได้ข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจแต่ผู้ที่สนใจควรหาข้อมูลเพิ่มเติมข้อมูลในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ข. ข้อเสนอแนะของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1. ก่อนที่จะตัดสินใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ควรทำความเข้าใจในเรื่องของ พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าใช้จ่าย และอัตราการใช้ไฟของผู้ที่จะติดตั้ง

2. รัฐบาลควรส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียนและทำให้ประชาชนหันมาสนใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

[1] จรัล ทรัพย์เสรี. รู้จักกับ Box Plot. วารสารวิชาการ Quality Magazine. หน้า 35-37. 10 กุมภาพันธ์ 2553.

[2] ชุติมา อยู่ดี และเสถียรภาพ นาหลวง. (2562). มาตรการทางกฎหมายเพื่อส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. 6(ฉบับ1).

[3] ดอกเบี้ยทบต้น. (2560). วันที่ค้นข้อมูล 10 เมษายน 2563, เข้าถึงได้จาก https://greedisgoods.com

[4] ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์, รตินันท์ บุญเคลือบ. เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 2301119.

[5] ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 10 มีนาคม 2563, เข้าถึงได้จาก https://data.energy.go.th/factsheet

[6] พิชยดา จิรวรรษวงศ์. (2556). การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[7] พลังงานหมุนเวียน. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 15 เมษายน 2563, เข้าถึงได้จาก https://ngthai.com/science/26556/renewable-energy

[8] พวงทอง วังราษฎร์. (2561). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน โครงการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 7(ฉบับ2).

[9] ยุทธศาสตร์พลังงานทดแทน. วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.dede.go.th/more_news.php?cid=34&filename=index

[10] รูปแบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 14 เมษายน 2563, เข้าถึงได้จาก https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview

[11] วิภา เล็กกุลวัฒน์. (2559). การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่องการส่งเสริม การติดตั้งโซล่าร์รูฟอย่างเสรีกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง. เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[12] สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2562, เข้าถึงได้จาก http://www.reca.or.th/library-solar-energy.aspx

[13] สุรกิจ ทองสุก. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 10(ฉบับ19).

[14] อัตราค่าไฟฟ้า. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 15 เมษายน 2563, เข้าถึงได้จาก https://ngthai.com/science/26556/renewable-energy

[15] อังสนา พจน์ศิริ. (2559). การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบเสนอหัวข้อโครงงาน รายวิชา 2301399Project Proposal
ปีการศึกษา 2562

ชื่อโครงงาน (ภาษาไทย)	การศึกษาความคุ้มทุนของการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
ชื่อโครงงาน(ภาษาอังกฤษ)	The Cost Analysis of Solar PV Rooftop
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ทิพวัลย์ สันติวิภานนท์
	2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ สุเมธกิจการ
ผู้ดำเนินการ	นางสาวสุกุลยา เพชรชื่น เลขประจำตัวนิสิต 5933554023
	สาขาวิชา คณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษจากก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการผลิตไฟฟ้ามีเชื้อเพลิงหลักที่นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าคือ ก๊าซธรรมชาติ ลิกไนต์ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ซึ่งทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดมลพิษทำให้ประชาชนได้รับผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีการสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในปี พ.ศ 2552 ได้มีพระราชบัญญัติการพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปีที่สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น

ในปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจในเรื่องของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ยังน้อยอยู่ ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้มากขึ้น โครงงานนี้จะวิเคราะห์ความคุ้มทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนของผู้สนใจที่จะ ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความคุ้มทุนในการติดตั้งและใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษาความคุ้มทุนในการติดตั้งและใช้ระบบผลิตไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านพักที่อยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ และ องค์กรไม่แสวงหาผลกำไร โดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้ารายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม ปี พ.ศ 2555 ถึง เดือนสิงหาคม ปี พ.ศ 2562

วิธีการดำเนินงาน

ก. แผนการศึกษา

1. ศึกษาปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจะกำหนดหัวข้อที่ศึกษา
2. รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
3. วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน
4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
5. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงาน

ข. ระยะเวลาที่ศึกษา

วิธีการดำเนินงาน	สิงหาคม 2562 - พฤษภาคม 2563									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาปัญหาและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจะกำหนดหัวข้อที่ศึกษา										
2. รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์										
3.วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน										
4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์										
5. สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงาน										
6.นำเสนอโครงงาน										

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ก. ประโยชน์ด้านความรู้และประสบการณ์ต่อนิสิต

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจและทราบถึงความสำคัญของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
2. ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สูตรและฟังก์ชั่นทางสถิติของ Microsoft Excel

ข. ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานต่อผู้ที่สนใจติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้ที่สนใจลงทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

วางแผนว่าจะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ อะไรบ้าง มีค่าใช้จ่ายเท่าไหร่ในการทำโครงงานนี้ หากกำหนด spec ของอุปกรณ์ได้ก็ขอให้ระบุด้วย

งบประมาณ

1.	กระดาษ A4	400 บาท
2.	ค่าอุปกรณ์เครื่องเขียน	800 บาท
3.	เม้าส์ไร้สาย	800 บาท
4.	ค่า Harddisk	2500 บาท
5.	ค่าหมึกเครื่องปริ้น	500 บาท

เอกสารอ้างอิง

[1] ชุติมา อยู่ดี และเสถียรภาพ นาหลวง. (2562). มาตรการทางกฎหมายเพื่อส่งเสริมการผลิตและใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. 6(ฉบับ1).

[2] พลังงานแสงอาทิตย์. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 8 พฤศจิกายน 2562, เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org

[3] พิชยดา จิรวรรษวงศ์. (2556). การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[4] พวงทอง วังราษฎร์. (2561). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน โครงการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 7(ฉบับ2).

[5] วิภา เล็กกุลวัฒน์. (2559). การศึกษาความคุ้มค่าทางการเงินในการเข้าร่วมโครงการนำร่องการส่งเสริมการติดตั้งโซล่าร์รูฟอย่างเสรีกรณีศึกษาในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง. เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[6] สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย. (2562). วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2562, เข้าถึงได้จาก http://www.reca.or.th/library-solar-energy.aspx

[7] สุรกิจ ทองสุก. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 10(ฉบับ19).

[8] อังสนา พจน์ศิริ. (2559). การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาคผนวก ข
การคำนวณค่าไฟฟ้าและใช้โปรแกรม Microsoft Excel

อัตราค่าใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า

15 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 15)	หน่วยละ	2.3488	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	หน่วยละ	2.9882	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35)	หน่วยละ	3.2405	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100)	หน่วยละ	3.6237	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150)	หน่วยละ	3.7171	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	4.2218	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217	บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน) :	**8.19**		

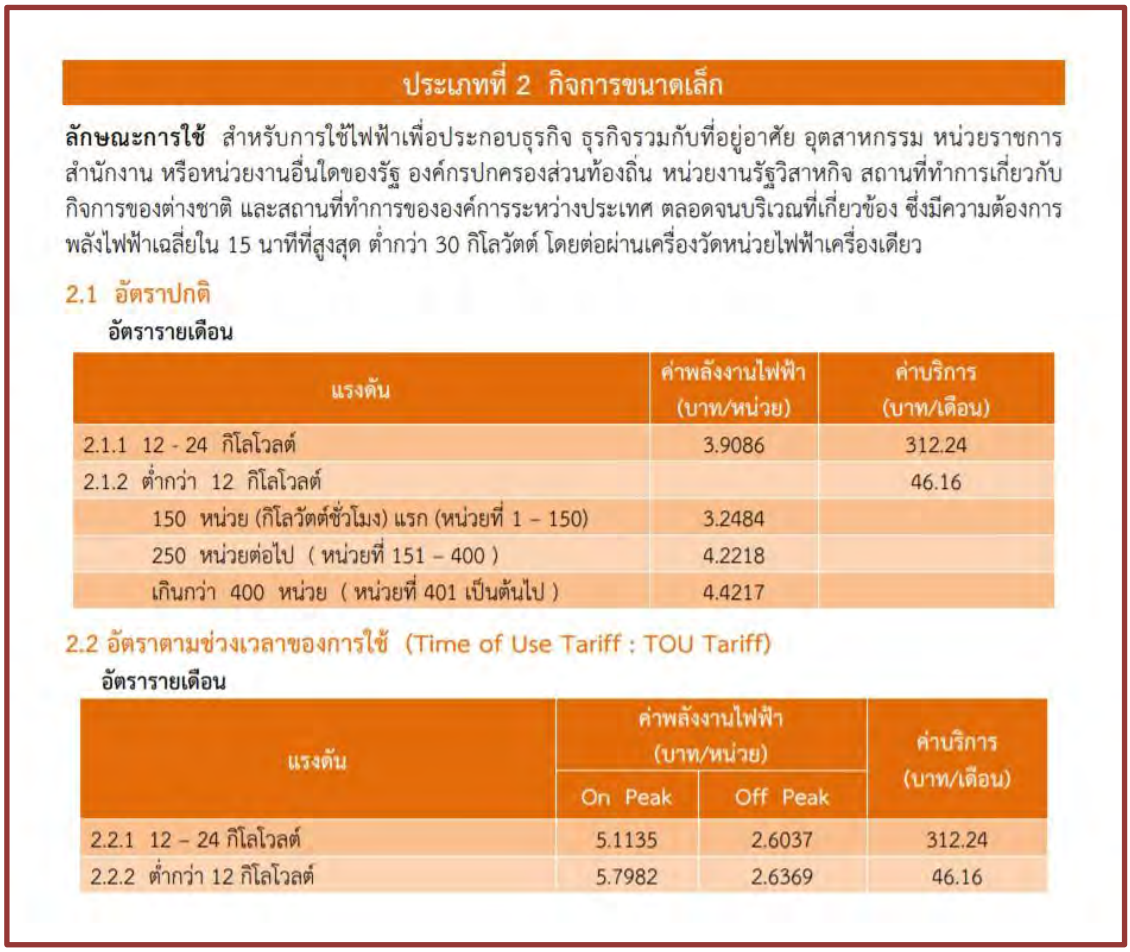
1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า

150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 150)	หน่วยละ	3.2484	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	4.2218	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217	บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน) :	**38.22**		

ที่มา: https://www.mea.or.th/profile/109/111 (15 มีนาคม 2563)



ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 12 - 24 กิโลโวลต์	3.9086	312.24
2.1.2 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์		46.16
150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 150)	3.2484	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	4.2218	
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
2.2.1 12 – 24 กิโลโวลต์	5.1135	2.6037	312.24
2.2.2 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	5.7982	2.6369	46.16

ที่มา: https://www.mea.or.th/profile/109/112 (15 มีนาคม 2563)

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1.1 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	3.1097	312.24
3.1.2 12-24 กิโลโวลต์	196.26	3.1471	312.24
3.1.3 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	221.50	3.1751	312.24

ที่มา: https://www.mea.or.th/profile/109/113 (15 มีนาคม 2563)

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	ทุกช่วงเวลา	
4.1.1 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	3.1097	312.24
4.1.2 12 - 24 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	3.1471	312.24
4.1.3 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	3.1751	312.24

ที่มา: https://www.mea.or.th/profile/109/114 (15 มีนาคม 2563)

การคำนวณค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ โดยโปรแกรม Microsoft Excel

ตัวอย่าง ประเภทบ้านที่พักอาศัย

6 kW						
	ช่วงม.ค.55-ธ.ค.55	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	7,900.50	หน่วย		
	ช่วงม.ค.56-ธ.ค.56	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	5,365.50	หน่วย		
	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้		2,535.00	หน่วย		
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = (150*3.2484)+(250*4.2218)+(7500.5*4.4217)				34,707.67	บาท
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = (150*3.2484)+(250*4.2218)+(4965.5*4.4217)				23,498.66	บาท
	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้				11,209.01	บาท
	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด					
	บริษัท solar hup			192,000	บาท	
	บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี			342,742	บาท	
	บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด			345,800	บาท	
	บริษัท solar d			369,000	บาท	
	เฉลี่ย			312,386	บาท	
	จุดคุ้มทุน = $\frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้(เดือน)}}$			27.87	เดือน	

ตัวอย่าง ประเภทกิจการขนาดเล็ก

20 kW							
	ช่วงพ.ค.58-เม.ย.59	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	5,214.33	หน่วย			
	ช่วงพ.ค.59-เม.ย.60	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	3,743.33	หน่วย			
	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้		1,471.00	หน่วย			
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = (150*3.2484)+(250*4.2218)+(4814.333*4.4217)					22,830.25	บาท
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = (150*3.2484)+(250*4.2218)+(3343.333*4.4217)					16,325.93	บาท
	ประหยัดได้					6,504.32	บาท
	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด						
	บริษัท solar hup			720000	บาท		
	บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี			950000	บาท		
	บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด			940800	บาท		
	บริษัท solar d			1086515	บาท		
	เฉลี่ย			924329	บาท		
	จุดคุ้มทุน = $\frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้(เดือน)}}$			142.11	เดือน		

ตัวอย่าง ประเภทกิจการขนาดกลาง

22 kW					
	ช่วงก.พ.57-ม.ค.58	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	33,833.50	หน่วย	
	ช่วงก.พ.58-ม.ค.59	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	27,931.83	หน่วย	
	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้		5,901.67	หน่วย	
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น =	33833.5*3.1751		107,424.75	บาท
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น =	27931.83*3.1751		88,686.35	บาท
	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้			18,738.39	บาท
	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด				
	บริษัท solar hup			680,000.00	บาท
	บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี			1,064,000.00	บาท
	บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด			1,122,800.00	บาท
	บริษัท solar d			1,203,485.00	บาท
	เฉลี่ย			1,017,571.25	บาท
	จุดคุ้มทุน = $\frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้(เดือน)}}$			54.30	เดือน

ตัวอย่าง ประเภทกิจการขนาดใหญ่

350 kW					
	ช่วงเม.ย.59-มี.ค.60	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	275,666.67	หน่วย	
	ช่วงเม.ย.60-มี.ค.61	จำนวนหน่วยเฉลี่ย	234,000.00	หน่วย	
	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้		41,666.67	หน่วย	
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = 275666.7*3.1751			875,269.23	บาท
	ราคาค่าไฟฟ้าคิดเป็น = 234000*3.1751			742,973.40	บาท
	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้			132,295.83	บาท
	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด				
	บริษัท solar hup			11,200,000	บาท
	บริษัท กิจจารักษ์ โซลาร์ เอนเนอร์จี			16,720,000	บาท
	บริษัท พลังงานทดแทนเพื่อคนไทย จำกัด			16,828,000	บาท
	บริษัท solar d			18,216,000	บาท
	เฉลี่ย			15,741,000	บาท
	จุดคุ้มทุน = $\frac{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้(เดือน)}}$			118.98	เดือน

ระยะเวลาคืนทุนกรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย 1% ต่อปี

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY231	164.92	658.97	169,708.25	290.02	3	720
DUMMY256	361.17	1,596.99	215,000.00	16.00	4	960
DUMMY186	255.08	13,531.51	215,000.00	74.39	4	960
DUMMY071	243.50	1,076.68	215,000.00	99.86	4	960
DUMMY065	674.33	2,981.73	215,000.00	117.78	4	960
DUMMY142	401.75	1,776.42	215,000.00	127.63	4	960
DUMMY572	507.67	2,244.76	215,000.00	142.86	4	960
DUMMY198	433.58	1,917.20	215,000.00	218.50	4	960
DUMMY148	244.08	1,073.66	275,380.50	101.18	5	1,200
DUMMY228	627.92	2,776.47	275,380.50	103.57	5	1,200
DUMMY103	279.75	1,236.97	275,380.50	124.61	5	1,200
DUMMY136	272.75	1,206.02	275,380.50	145.64	5	1,200
DUMMY117	642.08	2,839.09	275,380.50	191.20	5	1,200
DUMMY192	454.83	2,008.62	275,380.50	246.35	5	1,200
DUMMY187	352.50	1,558.65	275,380.50	253.39	5	1,200
DUMMY306	526.42	2,327.67	275,380.50	288.68	5	1,200
DUMMY225	418.33	1,849.73	312,385.50	182.09	6	1,440
DUMMY483	503.50	2,226.33	458,208.25	76.24	9	2,160
DUMMY075	1,403.50	6,205.86	458,208.25	110.50	9	2,160
DUMMY180	658.25	2,910.58	458,208.25	168.83	9	2,160
DUMMY591	982.00	4,342.11	458,208.00	225.88	9	2,160
DUMMY299	461.08	2,038.76	215,000.00	106.46	10	2,400
DUMMY022	1,087.83	4,810.10	489,850.00	110.43	10	2,400
DUMMY096	975.08	4,311.56	489,850.00	119.41	10	2,400
DUMMY062	678.75	3,001.23	489,850.00	126.78	10	2,400
DUMMY035	921.17	4,073.14	489,850.00	139.90	10	2,400
DUMMY072	839.25	3,710.91	489,850.00	175.51	10	2,400
DUMMY027	1,553.75	6,870.22	594,422.00	89.84	12	2,880
DUMMY319	494.25	2,185.43	622,605.00	325.37	13	3,120
DUMMY053	783.25	3,463.30	667,183.00	210.08	14	3,360
DUMMY358	1,361.25	6,019.04	667,183.25	116.35	17	4,080

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 1% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY294	1,191.17	5,266.98	794,364.00	161.24	17	4,080
DUMMY493	2,080.25	9,198.24	924,328.75	104.99	20	4,800
DUMMY066	1,471.00	6,504.32	924,328.75	125.97	20	4,800
DUMMY188	1,348.83	7,732.80	924,328.75	151.32	20	4,800
DUMMY289	531.25	2,349.03	924,329.00	1649.57	20	4,800
DUMMY559	2,312.75	10,226.29	1,002,988.96	102.36	22	5,280
DUMMY189	4,432.92	19,601.04	1,083,019.25	56.59	23	5,520
DUMMY195	4,260.00	13,525.93	1,125,135.75	86.24	24	5,760
DUMMY301	1,101.00	4,868.29	1,382,300.00	324.13	30	7,200
DUMMY092	2,028.42	8,969.05	3,475,158.25	1386.79	75	18,000
DUMMY030	17,072.17	54,205.94	5,386,575.00	103.77	120	28,800
DUMMY042	16,783.25	53,288.50	5,877,850.00	115.75	130	31,200
DUMMY068	14,750.00	46,832.82	6,150,375.75	139.14	136	32,640
DUMMY061	6,416.67	20,373.54	6,536,650.00	648.81	146	35,040
DUMMY001	13,489.42	42,830.26	7,194,350.00	181.03	160	38,400
DUMMY008	23,083.33	73,292.10	7,732,700.00	110.48	171	41,040
DUMMY125	9,833.33	31,221.82	8,122,073.00	293.34	180	43,200
DUMMY134	12,666.67	40,217.93	8,881,651.50	68.69	200	48,000
DUMMY259	41,916.67	133,089.61	8,881,651.50	244.16	200	48,000
DUMMY090	43,250.00	137,323.08	14,529,952.00	110.81	323	77,520
DUMMY155	41,666.67	132,295.83	15,741,000.00	125.36	350	84,000
DUMMY300	54,666.67	173,572.13	29,022,800.00	389.09	675	162,000
DUMMY305	63,666.67	202,148.03	30,555,850.00	180.14	700	168,000
DUMMY130	20,916.67	66,412.61	22,061,612.50	161.63	507	121,680

ระยะเวลาคืนทุนกรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย 2% ต่อปี

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย 2% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY231	164.92	658.97	169,708.25	336.74	3	720
DUMMY256	361.17	1,596.99	215,000.00	16.12	4	960
DUMMY186	255.08	13,531.51	215,000.00	76.88	4	960
DUMMY071	243.50	1,076.68	215,000.00	104.44	4	960
DUMMY065	674.33	2,981.73	215,000.00	124.25	4	960
DUMMY142	401.75	1,776.42	215,000.00	135.29	4	960
DUMMY572	507.67	2,244.76	215,000.00	152.58	4	960
DUMMY198	433.58	1,917.20	215,000.00	243.01	4	960
DUMMY148	244.08	1,073.66	275,380.50	105.89	5	1,200
DUMMY228	627.92	2,776.47	275,380.50	108.50	5	1,200
DUMMY103	279.75	1,236.97	275,380.50	131.88	5	1,200
DUMMY136	272.75	1,206.02	275,380.50	155.78	5	1,200
DUMMY117	642.08	2,839.09	275,380.50	209.45	5	1,200
DUMMY192	454.83	2,008.62	275,380.50	278.45	5	1,200
DUMMY187	352.50	1,558.65	275,380.50	287.61	5	1,200
DUMMY306	526.42	2,327.67	275,380.50	334.90	5	1,200
DUMMY225	418.33	1,849.73	312,385.50	198.49	6	1,440
DUMMY483	503.50	2,226.33	458,208.25	78.85	9	2,160
DUMMY075	1,403.50	6,205.86	458,208.25	116.16	9	2,160
DUMMY180	658.25	2,910.58	458,208.25	182.75	9	2,160
DUMMY591	982.00	4,342.11	458,208.00	252.27	9	2,160
DUMMY299	461.08	2,038.76	215,000.00	111.70	10	2,400
DUMMY022	1,087.83	4,810.10	489,850.00	116.07	10	2,400
DUMMY096	975.08	4,311.56	489,850.00	126.06	10	2,400
DUMMY062	678.75	3,001.23	489,850.00	134.33	10	2,400
DUMMY035	921.17	4,073.14	489,850.00	149.20	10	2,400
DUMMY072	839.25	3,710.91	489,850.00	190.65	10	2,400
DUMMY027	1,553.75	6,870.22	594,422.00	93.51	12	2,880
DUMMY319	494.25	2,185.43	622,605.00	386.72	13	3,120
DUMMY053	783.25	3,463.30	667,183.00	232.54	14	3,360

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย 2% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY358	1,361.25	6,019.04	667,183.25	122.65	17	4,080
DUMMY294	1,191.17	5,266.98	794,364.00	173.85	17	4,080
DUMMY493	2,080.25	9,198.24	924,328.75	110.07	20	4,800
DUMMY066	1,471.00	6,504.32	924,328.75	133.41	20	4,800
DUMMY188	1,348.83	7,732.80	924,328.75	162.32	20	4,800
DUMMY289	531.25	2,349.03	924,329.00	1649.57	20	4,800
DUMMY559	2,312.75	10,226.29	1,002,988.96	107.18	22	5,280
DUMMY189	4,432.92	19,601.04	1,083,019.25	58.01	23	5,520
DUMMY195	4,260.00	13,525.93	1,125,135.75	89.62	24	5,760
DUMMY301	1,101.00	4,868.29	1,382,300.00	384.92	30	7,200
DUMMY092	2,028.42	8,969.05	3,475,158.25	1386.79	75	18,000
DUMMY030	17,072.17	54,205.94	5,386,575.00	108.73	120	28,800
DUMMY042	16,783.25	53,288.50	5,877,850.00	121.99	130	31,200
DUMMY068	14,750.00	46,832.82	6,150,375.75	148.34	136	32,640
DUMMY061	6,416.67	20,373.54	6,536,650.00	648.81	146	35,040
DUMMY001	13,489.42	42,830.26	7,194,350.00	197.23	160	38,400
DUMMY008	23,083.33	73,292.10	7,732,700.00	116.13	171	41,040
DUMMY125	9,833.33	31,221.82	8,122,073.00	341.32	180	43,200
DUMMY134	12,666.67	40,217.93	8,881,651.50	70.80	200	48,000
DUMMY259	41,916.67	133,089.61	8,881,651.50	275.61	200	48,000
DUMMY090	43,250.00	137,323.08	14,529,952.00	116.50	323	77,520
DUMMY155	41,666.67	132,295.83	15,741,000.00	132.73	350	84,000
DUMMY300	54,666.67	173,572.13	29,022,800.00	484.39	675	162,000
DUMMY305	63,666.67	202,148.03	30,555,850.00	196.17	700	168,000
DUMMY130	20,916.67	66,412.61	22,061,612.50	174.30	507	121,680

ระยะเวลาคืนทุนกรณีที่คิดอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY231	164.92	658.97	169,708.25	413.47	3	720
DUMMY256	361.17	1,596.99	215,000.00	16.23	4	960
DUMMY186	255.08	13,531.51	215,000.00	79.61	4	960
DUMMY071	243.50	1,076.68	215,000.00	109.62	4	960
DUMMY065	674.33	2,981.73	215,000.00	131.76	4	960
DUMMY142	401.75	1,776.42	215,000.00	144.32	4	960
DUMMY572	507.67	2,244.76	215,000.00	164.34	4	960
DUMMY198	433.58	1,917.20	215,000.00	276.98	4	960
DUMMY148	244.08	1,073.66	275,380.50	111.23	5	1,200
DUMMY228	627.92	2,776.47	275,380.50	114.13	5	1,200
DUMMY103	279.75	1,236.97	275,380.50	140.43	5	1,200
DUMMY136	272.75	1,206.02	275,380.50	168.08	5	1,200
DUMMY117	642.08	2,839.09	275,380.50	233.43	5	1,200
DUMMY192	454.83	2,008.62	275,380.50	325.69	5	1,200
DUMMY187	352.50	1,558.65	275,380.50	338.80	5	1,200
DUMMY306	526.42	2,327.67	275,380.50	410.53	5	1,200
DUMMY225	418.33	1,849.73	312,385.50	219.69	6	1,440
DUMMY483	503.50	2,226.33	458,208.25	81.73	9	2,160
DUMMY075	1,403.50	6,205.86	458,208.25	122.66	9	2,160
DUMMY180	658.25	2,910.58	458,208.25	200.32	9	2,160
DUMMY591	982.00	4,342.11	458,208.00	289.42	9	2,160
DUMMY299	461.08	2,038.76	215,000.00	117.68	10	2,400
DUMMY022	1,087.83	4,810.10	489,850.00	122.57	10	2,400
DUMMY096	975.08	4,311.56	489,850.00	133.82	10	2,400
DUMMY062	678.75	3,001.23	489,850.00	143.23	10	2,400
DUMMY035	921.17	4,073.14	489,850.00	160.40	10	2,400
DUMMY072	839.25	3,710.91	489,850.00	209.99	10	2,400
DUMMY027	1,553.75	6,870.22	594,422.00	97.62	12	2,880
DUMMY319	494.25	2,185.43	622,605.00	498.85	13	3,120
DUMMY053	783.25	3,463.30	667,183.00	263.14	14	3,360
DUMMY358	1,361.25	6,019.04	667,183.25	129.96	17	4,080

รหัสแทนผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	กรณีคิดอัตราดอกเบี้ย 3% ต่อปี	กำลังผลิตติดตั้ง(kW)	กำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดต่อเดือน
DUMMY294	1,191.17	5,266.98	794,364.00	189.55	17	4,080
DUMMY493	2,080.25	9,198.24	924,328.75	115.87	20	4,800
DUMMY066	1,471.00	6,504.32	924,328.75	142.18	20	4,800
DUMMY188	1,348.83	7,732.80	924,328.75	175.79	20	4,800
DUMMY289	531.25	2,349.03	924,329.00	1649.57	20	4,800
DUMMY559	2,312.75	10,226.29	1,002,988.96	112.66	22	5,280
DUMMY189	4,432.92	19,601.04	1,083,019.25	59.54	23	5,520
DUMMY195	4,260.00	13,525.93	1,125,135.75	93.37	24	5,760
DUMMY301	1,101.00	4,868.29	1,382,300.00	495.56	30	7,200
DUMMY092	2,028.42	8,969.05	3,475,158.25	1386.79	75	18,000
DUMMY030	17,072.17	54,205.94	5,386,575.00	114.38	120	28,800
DUMMY042	16,783.25	53,288.50	5,877,850.00	129.21	130	31,200
DUMMY068	14,750.00	46,832.82	6,150,375.75	159.39	136	32,640
DUMMY061	6,416.67	20,373.54	6,536,650.00	648.81	146	35,040
DUMMY001	13,489.42	42,830.26	7,194,350.00	218.12	160	38,400
DUMMY008	23,083.33	73,292.10	7,732,700.00	122.63	171	41,040
DUMMY125	9,833.33	31,221.82	8,122,073.00	420.86	180	43,200
DUMMY134	12,666.67	40,217.93	8,881,651.50	73.10	200	48,000
DUMMY259	41,916.67	133,089.61	8,881,651.50	321.67	200	48,000
DUMMY090	43,250.00	137,323.08	14,529,952.00	123.05	323	77,520
DUMMY155	41,666.67	132,295.83	15,741,000.00	141.40	350	84,000
DUMMY300	54,666.67	173,572.13	29,022,800.00	711	675	162,000
DUMMY305	63,666.67	202,148.03	30,555,850.00	216.80	700	168,000
DUMMY130	20,916.67	66,412.61	22,061,612.50	190.09	507	121,680

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุกุลยา เพชรชื่น
รหัสประจำตัวนิสิต 5933554023
สาขา คณิตศาสตร์
ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย