การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอาคาร

THE STUDY OF GENERATING ELECTRICITY FROM SOLAR ROOFTOP FOR BUILDING

สุรกิจ ทองสุก

SURAKIT THONGSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-020-124

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอาคาร

THE STUDY OF GENERATING ELECTRICITY FROM SOLAR ROOFTOP FOR BUILDING

สุรกิจ ทองสุก

SURAKIT THONGSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-020-124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF GENERATING ELECTRICITY FROM SOLAR ROOFTOP FOR BUILDING

SURAKIT THONGSUK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

DOCTOR OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-EN-M-020-124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอาคาร
Thesis Title The Study of Generating Electricity from Solar Rooftop for Building
นักศึกษา นายสุรกิจ ทองสุก
รหัสประจำตัว 55610703
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-020-124

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์	จิระเดชะ	
ผศ.ดร.นิรุธ	จิรสุวรรณกุล	
รศ.ดร.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	
ผศ.ดร.ชัยยันต์	เจตนาเสน	
รศ.ดร.อรรถพล	เจ่าพิทักษ์กุล	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เวลา 13.30-15.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-302

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับอาคาร
นักศึกษา	นายสุรกิจ ทองสุก
รหัสประจำตัว	55610703
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อรรถพล เจ่าพิทักษ์กุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปรับปรุงอาคารตามกฎหมายพลังงาน โดยใช้การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร ด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) และแบ่งการวิเคราะห์ในส่วนกรอบของอาคาร ระบบแสงสว่างของอาคาร ระบบปรับอากาศของอาคาร และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีของอาคาร ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งจริงบนหลังคาของอาคารตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ รวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาสองปัจจัยหลักคือ ต้นทุนในการติดตั้งและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ และปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถปรับปรุงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ส่วนผลการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของกรอบอาคาร ระบบแสงสว่างของอาคาร และระบบปรับอากาศของอาคารนั้น อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	The Study of Generating Electricity from Solar Rooftop for Building
Student	Mr.Surakit Thongsuk
Student ID.	55610703
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Attapol Ngaopitakkul

ABSTRACT

This thesis proposes the design of a photovoltaic system in order to improve building according to the code of energy. Energy efficiency evaluation in the building with the Building Energy Code (BEC) comprises the analysis of building frames, lighting systems, air-conditioning systems and annual energy consumption in building. In addition, the efficiency of a photovoltaic system installed on the building is investigated. Actual data obtained from measurement at installation site results are compared with simulation results using the PVSYST software in order to study factors that have an effect on power system efficiency. After that, economic analysis to evaluate the feasibility of investment in the proposed systems is studied. Installation costs and energy generation capacity are employed to calculate discount payback period and internal rate of return. Results indicate that the actual system can provide energy close to the simulation system. The amount of energy generated from the photovoltaic system can improve the total energy consumption of the building to achieve the code requirement. Additionally, the analysis results and efficiency evaluation of building frames, lighting systems, air-conditioning systems meet the code requirements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอบคุณเพื่อนๆน้องๆนักศึกษาในห้อง Lab ทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ที่มอบให้แก่ข้าพเจ้า

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สุรกิจ ทองสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวโน้มงานวิจัยที่ผ่านมา 2

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการศึกษา 5

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 5

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 6

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา 6

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) 9

2.2 ระบบกรอบอาคาร (Envelope system) 14

2.2.1 กรอบอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 15

2.2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) 16

2.2.3 การป้องกันความร้อนผ่านเข้าสู่กรอบอาคารสำหรับอาคารเก่า 18

2.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting system) 18

2.3.1 การคำนวณโดยวิธีวัตต์ต่อตารางเมตร 18

2.4 ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning system) 19

2.5 การใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) 20

2.6 หลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ 21

2.7 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 21

2.7.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนหลายผลึก 22

2.7.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน 22

2.8 อินเวอร์เตอร์ 23

2.8.1 อินเวอร์เตอร์แบบอิสระ (Stand-alone Inverter) 23

2.8.2 อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid tie Inverter) 23

2.9 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย 23

2.10 ทิศทางและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 24

2.11 ระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน (Peak Sun Hour) 25

2.12 ปัจจัยในการพิจารณาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 26

2.12.1 ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback Period) 26

2.12.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) 27

2.13. ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา 27

2.13.1 ขนาดพื้นที่หลังคาบ้านสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 28

2.13.2 ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์และระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน 28

2.13.3 อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 28

2.13.4 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม 28

2.13.5 อัตราเสื่อมสภาพของระบบและค่าความสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 30

3.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร 30

3.2 การใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) 32

3.2.1 การเข้าสู่โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) 32

3.3 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังอาคาร 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร 39

3.5 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร 41

3.6 การแสดงผลการคำนวณการใช้พลังงานของอาคาร 43

3.6.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกรอบอาคาร 43

3.6.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร 43

3.6.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร 44

3.6.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานรวมของอาคาร 45

3.7 การนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับอาคาร 46

3.7.1 ไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 47

3.8 ส่วนประกอบหลักของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 48

3.8.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Modules) 48

3.8.2 กล่องรวมสาย (PV Junction Box) 49

3.8.3 อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย (Grid-connected Inverter) 49

3.9 การคำนวณด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) 50

3.10 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 51

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล 52

4.1 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพกรอบของอาคาร 52

4.2 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร 53

4.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร 54

4.4 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคาร 55

4.5 ข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มแสง 56

4.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 58

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 73

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของกรอบของอาคาร 73

5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างของอาคาร 73

5.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศและพลังงานรวมของอาคาร 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 สรุปผลการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 74
เอกสารอ้างอิง 75
ภาคผนวก ก 78
ภาคผนวก ข 83
ประวัติผู้เขียน 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก 9

2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร 10

2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด 10

2.4 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก 11

2.5 ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ 11

2.6 กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำระบาย ความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น 12

2.7 กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าและออกจากเครื่องควบแน่น 12

2.8 ค่าประสิทธิภาพและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน 13

2.9 เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (air-source heat pump water heater) 13

4.1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมเปรียบเทียบกับที่ติดตั้งจริง 57

4.2 ข้อมูลต้นทุนที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kW 59

4.3 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา เมื่อคำนวณด้วย โปรแกรม 59

4.4 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 60

4.5 แสดงข้อมูลของระบบแสงสว่าง 61

4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ 15

2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง 16

2.3 ลักษณะและกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 21

2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิกอน (ก) โพลีซิลิกอน (ข) และอะมอร์ฟัสซิลิกอน(ค) 22

2.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ 24

2.6 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันตามทิศต่างๆ 25

3.1 แสดงตำแหน่งและทิศทางที่ตั้งของอาคาร 31

3.2 แปลนพื้นที่อาคารแบ่งเป็นส่วนปรับอากาศและส่วนไม่ปรับอากาศ 31

3.3 การเข้าสู่ระบบของโปรแกรม (Building Energy Code, BEC) 32

3.4 หน้าจอการลงทะเบียนอาคารใหม่ของโปรแกรม (Building Energy Code, BEC) 33

3.5 หน้าจอการป้อนข้อมูลขนาดพื้นที่และการแบ่งโซนอาคาร 34

3.6 หน้าต่างวัสดุส่วนประกอบของผนัง 35

3.7 การป้อนข้อมูลส่วนประกอบของผนัง 35

3.8 การป้อนข้อมูลของผนัง 36

3.9 การระบุผนังทั้งหมดของอาคาร 37

3.10 การระบุข้อมูลของผนังตามทิศของอาคาร 38

3.11 การระบุข้อมูลของผนังตามที่แบ่งโซนอาคาร 39

3.12 การระบุข้อมูลของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง 40

3.13 การระบุข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่างในโซน 40

3.14 การระบุข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 41

3.15 การระบุข้อมูลระบบปรับอากาศในโซน 42

3.16 หน้าต่างแสดงผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกรอบอาคาร 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.17 หน้าต่างแสดงผลสมรรถนะของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 44

3.18 หน้าต่างแสดงผลสมรรถนะพลังงานของระบบปรับอากาศ (แบบแยกส่วน) 45

3.19 หน้าต่างแสดงผลการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร 45

3.20 แสดงไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบของการไฟฟ้าขนาด 20 kWp 47

3.21 แสดงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 48

3.22 กล่องรวมสายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 49

3.23 ไดอะแกรมการเปิด-ปิดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์ขนาด 20 kWp 50

3.24 หน้าต่างแสดงการป้อนข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 51

4.1 ผลประเมินระบบกรอบของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code) 52

4.2 ผลประเมินระบบแสงสว่างของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code) 53

4.3 ผลประเมินระบบปรับอากาศของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code) 54

4.4 ผลประเมินการใช้พลังงานรวมของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code 55

4.5 ปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อเดือนบนพื้นที่ติดตั้ง 56

4.6 กำลังการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับระบบจริง 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานมีแนวโน้มที่สูงขึ้นมาก เพราะพลังงานถือว่ามีส่วนสำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรในแต่ละประเทศอีกทั้งยังเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญและทันสมัย สำหรับประเทศไทยนั้นพลังงานที่มีความต้องการไม่น้อยไปกว่าพลังงานประเภทอื่นก็คือ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบัน การได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้าก็ย่อมต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิต นั่นก็คือการใช้น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งก็มีผลเสียคือ ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศจากการเผาไหม้ นอกจากนี้ เชื้อเพลิงเหล่านี้ใช้แล้วก็หมดไป นอกจากการแสวงหาแนวทางในการผลิตไฟฟ้าโดยการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงจำพวกถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติแล้ว ก็มีการใช้พลังงานสะอาด เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทยนั้นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติและมีปริมาณที่สม่ำเสมอตลอดปีก็คือ พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ และการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ก็ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มีปริมาณมากขึ้น แต่หากมองในทางกลับกัน การมุ่งเน้นเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้นเพียงอย่างเดียวนั้น ไม่สามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าอย่างยั่งยืนได้ แต่ต้องคำนึงถึงการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลงหรือใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อให้ประเทศมีความมั่นคงทางด้านพลังงาน และในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่มีความตื่นตัวที่จะช่วยกันแก้ไขปัญหาด้านพลังงานและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหรือแม้กระทั่งการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัดหรือใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การรณรงค์กำหนดอุณหภูมิห้องทำงานไม่ควรเกิน25องศาเซลเซียส การปิดไฟช่วงพักกลางวัน และยังมีการออกแบบอาคารหรือปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานหรือเป็นอาคารที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบอาคารในปัจจุบันจะต้องคำนึงถึงเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งเมื่อก่อนอาคารที่มีการก่อสร้างก่อนปี พ.ศ.2552 นั้นยังไม่ต้องดำเนินการตามข้อกำหนดในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้ออกแบบนั้นไม่ได้คำนึงถึงหลักการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ.2552ทางด้านกระทรวงพลังงานได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552[1]เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้อาคารที่มีการก่อสร้างใหม่หลังจากที่กฎกระทรวงบังคับใช้นั้นต้องดำเนินการออกแบบอาคารให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย และยังรวมไปถึงอาคารที่มีการก่อสร้างก่อนปี พ.ศ.2552ถ้ามีการดัดแปลงหรือปรับปรุงอาคารก็ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย เพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานของประเทศ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งเสริมให้ตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด และเพื่อการพัฒนาด้านพลังงานที่ยั่งยืน

การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปรับปรุงอาคารตามกฎหมายพลังงาน นั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตอบสนองการใช้นโยบายการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายพลังงานหรือไม่ และเพื่อเป็นลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารดังกล่าวนี้ก็ดำเนินการศึกษาและนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งและช่วยประหยัดการใช้พลังงานที่ต้องพึ่งพาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งการศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการปรับปรุงอาคารนั้นยังสอดคล้องกับแผนอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน อีกทั้งยังเป็นต้นแบบและแนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงหรือดัดแปลงอาคารเก่าโดยนำเอาหลักการ ปัญหาและอุปสรรคมาใช้ในการปรับปรุงอาคาร เพื่อให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน

1.1 แนวโน้มงานวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้นในปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจเป็นอย่างมากและงานวิจัยนี้มีการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และยังรวมไปถึงการศึกษาระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากทั้งในและต่างประเทศ โดยมีการศึกษาของ วิรัตน์ ตั้งคุณาพันธ์ สมนึก ธีระกุลพิศุทธิ์ และประพัทธ์ สันติวรากร ได้ทำการศึกษาในด้าน วิธีการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของอาคารจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และหลังคาอาคาร (RTTV) ที่มีความใกล้เคียงกับภาระการทำความเย็นที่คำนวณด้วยวิธีมาตรฐาน เพื่อใช้ในการคำนวณหาผลการประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงค่า OTTVและ RTTV สาหรับอาคารควบคุม[2]สำหรับการศึกษาและวิจัยของวิชุตา อยู่ยงค์ และพัฒนะ รักความสุข ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินเทคโนโลยีสำหรับอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง ซึ่งทำการศึกษาการใช้พลังงานของอาคารโดยสร้างแบบจำลองของอาคารสานักงานใช้โปรแกรม EnergyPlus เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาแล้วนำเกณฑ์ค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (OTTV) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพิจารณาการใช้พลังงานของอาคารเบื้องต้น[3]และมีงานวิจัยของ มัลลิกา ปุ่เพ็ชร์ และ เจนจิรา ขุนทอง เป็นการศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยการใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) ซึ่งผลที่ได้คือ ต้องปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารโดยเลือกวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-value) ตามแนวทางของอาคารต้นแบบประหยัดพลังงานภาครัฐคือ การปรับปรุงผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนในพื้นที่ปรับอากาศ เป็นผนังอิฐมวลเบา [4] สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารก็มีการศึกษาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย อินทะตา สุรัตน์ อัตถจริยกุล และเรืองรุชดิ์ ธีระโรจน์ (2549) ได้ทำการศึกษาการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสาหรับบ้านประหยัดพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุก่อสร้างที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อน และเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน ในการใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับบ้านพักอาศัย โดยการเปรียบเทียบค่า OTTVของวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภท [5] นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับกฎหมายอนุรักษ์พลังงานในอาคารฉบับใหม่ ซึ่งเป็นของ ศุทธา ศรีเผด็จ นั้นจะเน้นความเข้าใจในภาพรวมของกฎหมายการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอดีตและมีการปรับปรุงพัฒนาจนถึงปัจจุบัน[6] ในด้านการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างภายในอาคารนั้นจะเป็นการศึกษา ของ เอกนรินทร์ อ่อนนุช นั้นจะเป็นเรื่อง แนวทางการสร้างแบบประเมินการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ[7] และงานวิจัยของ อังคณา สิริวรรณศิลป์ ที่เป็นเรื่อง แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงออกแบบร่างอาคาร[8]

เมื่อศึกษาเกี่ยวการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้านั้นจะพบว่า การทดลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งในที่พักอาศัย เริ่มต้นมาตั้งแต่ปี 1994 มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาและทำการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการสร้างอาคารจำลอง ในห้องที่สามารถจำลองลักษณะของแสงอาทิตย์ได้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์[9] จากนั้นเป็นต้นมางานวิจัยเพื่อติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ในหลายๆ ประเทศได้มีการประเมินกำลังการผลิตของระบบดังกล่าว ซึ่งจะมีลักษณะวิธีและขั้นตอนที่แตกต่างกัน[10]-[13] ส่วนการศึกษาทางด้านผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีการวิจัยกันมาอย่างต่อเนื่อง เช่น งานวิจัยของ Desmond W.H. Cai และคณะ ได้มีการศึกษาผลกระทบของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอัตราค่าไฟฟ้าในเขตแคลิฟอร์เนียใต้ โดยมีการประมาณการว่าการไฟฟ้าจะสูญเสียฐานลูกค้ารายได้สูงไปและทำให้การไฟฟ้าต้องเพิ่มค่าไฟฟ้าเพิ่มชดเชยเม็ดเงินที่สูญเสียไป[14] ในด้านผลกระทบเชิงคุณภาพไฟฟ้ามีหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาในส่วนนี้ เช่น งานวิจัยของประเทศไทยที่ได้มีการศึกษาปัญหาคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลการตรวจวัดพบว่าที่ความเข้มแสงต่ำจะเกิดปัญหาทางคุณภาพไฟฟ้า[15] ส่วนงานวิจัยของN. Jayasekaraที่มีการพิจารณาคุณภาพไฟฟ้าของระบบเมื่อมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากเชื่อมต่อในพื้นที่อยู่อาศัย[16] และงานวิจัยของ M.Chid และคณะ ซึ่งพบว่าอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นในระบบไฟฟ้า[17] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Suresh B.และคณะได้มีการพิจารณาผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอาคารที่พักอาศัย ในแง่ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) โดยพิจารณาในชุมชนอนุรักษ์พลังงานของเมืองLas Vegasซึ่งการศึกษาพบว่าในระบบที่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าสูงสุดในระดับสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นจะมีค่าลดลง นอกจากนั้นยังทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบปีนั้นมีค่าลดลง [18] สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบในด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ที่ได้มีการศึกษา เช่น การวิจัยในประเทศมาเลเซียได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาที่พักอาศัย เช่น อุณหภูมิ ลักษณะและความสูงในการติดตั้ง เป็นต้น [19] ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพภูมิอากาศของไทย โดยมีการศึกษาผลกระทบความเข้มแสงและสเปกตรัมของแสงต่อเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ [20] และยังมีงานวิจัยของ Airlangga Gunawan และคณะได้มีการผลของความเข้มแสง อุณหภูมิและลักษณะของหลังคาที่ใช้ในการติดตั้งซึ่งพบว่าลักษณะหลังคาที่ขาดการระบายความร้อนที่ดีจะให้ประสิทธิภาพของการผลิตที่ต่ำ[21] ในปี 2014 งานวิจัยของ D.Chemisana และคณะได้ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีการใช้งานร่วมกับหลังคาที่มีการปกคลุมด้วยพืช ในสภาพอากาศที่ร้อนของชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ผลการวิจัยพบว่า สภาพอากาศมีผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก [22]

สำหรับงานวิจัยที่มีการประเมินทางด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของต่างประเทศที่ได้มีการศึกษา เช่น งานวิจัยของ Bruno Lee และคณะ ที่มีการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารที่มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในส่วนของการลดความต้องการทางพลังงานไฟฟ้า [23] และงานวิจัยของ Aldo Orioli และคณะได้มีการศึกษาตัวแปรและปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนอาคารหลายชั้น [24] และมีงานวิจัยแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทยนั้นก็มีการศึกษาของ ชนิกานต์ ยิ้มประยูร เป็นการศึกษาเรื่อง แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย โดยที่ต้องการพัฒนาและส่งเสริมโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ผลจากการศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมพบว่า โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารที่เป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทยได้แก่โปรแกรม BEC Ecotect และ VisualDOE โดยใช้ในการประเมินอาคารประเภทสำนักงานเป็นส่วนใหญ่ เพื่อให้ทราบการใช้พลังงานรวมของอาคาร ใช้ในการประเมินแนวทางการออกแบบต่างๆ รวมทั้งประเมินอาคารตามกฎหมายควบคุมอาคาร ทั้งนี้โปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นนั้นควรมีความเชื่อมโยงกับโปรแกรมสองมิติหรือสามมิติที่มีอยู่แล้ว เพื่อไม่ให้ผู้ออกแบบต้องทำงานซ้ำซ้อน ใช้งานง่ายแต่มีความแม่นยำในการคำนวณ มีฐานข้อมูลของวัสดุงานระบบและภูมิอากาศของประเทศไทย อีกทั้งควรมีการดูแลบำรุงรักษาโปรแกรมที่จะพัฒนานี้อย่างต่อเนื่องในอนาคต จากผลการศึกษานี้ แนวทางการพัฒนาโปรแกรมที่มีอยู่แล้วได้รับเลือกว่าเหมาะสมกับความต้องการ เวลา และงบประมาณ [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานและเป็นไปตามที่กฎหมายพลังงาน
2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) ในการประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร
3) เพื่อศึกษาความคุ้มทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์
4) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงเปรียบเทียบกับผลของการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST)
5) เพื่อทำการปรับปรุงอาคารด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในอาคาร และสอดคล้องกับการเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นไปตามที่กฎหมายพลังงานกฎหมายกำหนด

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานของการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาจ่ายเข้ากับระบบไฟฟ้าของอาคาร เพื่อให้สอดคล้องกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร และให้อาคารหลังดังกล่าวเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานและเป็นไปตามที่กระทรวงพลังงานได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลของระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศภายในอาคาร จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในอาคารด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ว่าการใช้พลังงานของอาคารหลังดังกล่าวนี้อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ และทำการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน และทำการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของการติดตั้ง รวมไปถึงการวิเคราะห์ผลการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งจริงบนหลังคาอาคาร เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) และทราบถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในการวิจัยนี้เลือกการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp และต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าภายในอาคารหลังดังกล่าว เพื่อชดเชยการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และเป็นการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1) ศึกษาหลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารและกฎหมายพลังงาน
2) ศึกษาหลักการออกแบบและปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด
3) ประเมินผลความคุ้มค่าและความเหมาะสมในการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ในด้านเศรษฐศาสตร์และการอนุรักษ์พลังงาน
4) ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารเพื่อทำการปรับปรุงอาคารให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1) ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง
2) ดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร เช่น ระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศภายในอาคาร
3) ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ว่าการใช้พลังงานของอาคารหลังดังกล่าวนี้อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดหรือไม่
4) ทำการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kWpที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร และนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST)
5) ทำการปรับปรุงอาคารด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
6) วิเคราะห์และประเมินการใช้พลังงานของอาคารเพื่อปรับปรุงให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด
7) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบและปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด
2) สามารถช่วยลดระดับการใช้พลังงานของอาคารลงได้ โดยการเลือกใช้ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
3) เป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศ
4) ส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้และความเข้าใจทางด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น
5) ส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้ในด้านการประเมินระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในเชิงเศรษฐศาสตร์ และสามารถต่อยอดไปสู่การออกแบบหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยต่อไปได้
6) สามารถเรียนรู้ถึงหลักการประเมินผลการใช้พลังงานของอาคารและทำการปรับปรุงเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอนุรักษ์พลังงานกำลังเป็นสิ่งที่หลายหน่วยงานตระหนักและให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เพราะประเทศไทยนั้นมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ ซึ่งอาคารที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์ที่มีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ก็เป็นตัวแปรหนึ่งในการบริโภคพลังงานเหล่านั้นด้วย จนทำให้ผู้ประกอบการหรือเจ้าของอาคารจำเป็นจะต้องคำนึงถึงการออแบบอาคารหรือการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ประหยัดพลังงานให้มากที่สุด ในส่วนภาครัฐก็มีการสนับสนุนและส่งเสริมเรื่องการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง และรณรงค์ให้อาคารที่เป็นส่วนราชการเน้นการออกแบบและปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้เป็นต้นแบบในการนำไปปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน และยังมีการส่งเสริมให้มีนำพลังงานสะอาดมาใช้งานเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เช่น พลังงานลม หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้ว การอนุรักษ์พลังงานก็เป็นปัจจัยสำคัญไม่แพ้กันในเรื่องความยั่งยืนด้านพลังงาน การอนุรักษ์พลังงานหมายถึงการประหยัดหรือลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และยังรวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานอีกด้วย นั่นหมายถึงการใช้พลังงานน้อยลงแต่ได้ผลลัพธ์เท่าเดิม โดยครอบคลุมทั้งการใช้พลังงานด้านแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ด้วยเหตุนี้ภาครัฐจึงให้ความสำคัญและออกนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงออกมาตรการด้านพลังงานที่สำคัญ ช่วงปลายปี พ.ศ. 2553 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ภายใต้กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย พ.ศ. 2554 – 2573 ภายใต้แผนดังกล่าว ประเทศไทยมีเป้าหมายที่จะลดความการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ต่อ GDP ลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยเทียบกับปี พ.ศ.2553 ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 ได้มีการปรับปรุงแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยขยายเป้าหมายด้านการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานให้ลดความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 ภายในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานในภาคอาคารค่อนข้างสูงโดยคิดเป็นร้อยละ 17.6 ของความต้องการพลังงานรวมของประเทศ ดังนั้นการออกแบบและปรับปรุงอาคารจึงมีส่วนสำคัญที่จะช่วยทำให้แผนอนุรักษ์พลังงานบรรลุตามเป้าหมายได้ โดยเกณฑ์การมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) นั้นจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารได้ตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบอาคาร เนื่องจากเกณฑ์เกณฑ์การมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคารจะมีการปรับปรุงเพื่อยกระดับมาตรฐานขั้นต่ำให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและประสบการณ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต ดังนั้นการส่งเสริมการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง จะเป็นแนวทางเบื้องต้นให้กับเจ้าของอาคาร สถาปนิกและวิศวกร ในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานประสิทธิภาพสูง

2.1 เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC)

โดยกระทรวงพลังงาน ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารขึ้นมา ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคาร โดยจะตรวจสอบการใช้พลังงานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ว่าเป็นไปตามกฎหมายหรือไม่ แล้วจึงอนุญาตให้ก่อสร้างได้ ซึ่งได้รับการบรรจุในกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กระทรวงพลังงานประกอบ ด้วยการออกแบบระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร

2.1.1กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือ ขนาดของอาคาร และ มาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

ประเภทและขนาดของอาคารการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารดังต่อไปนี้ หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานซึ่งได้กำหนดไว้ 9ประเภทอาคารดังต่อไปนี้ สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร อาคารโรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร อาคารโรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม อาคารสถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ อาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า จะต้องออกแบบให้ระบบต่างๆ ของอาคารเป็นไปตามข้อกำหนดในกฎกระทรวง อันประกอบไปด้วยมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร 6 ส่วน ได้แก่

1) ระบบกรอบอาคาร (ผนัง, หลังคา) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคาร (OTTV, RTTV) ในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สานักงาน	50
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	40
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศ ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้านรวมกัน ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร

ประเภทอาคาร	ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (วัตต์ต่อตารางเมตร)
(ก) สถานศึกษา สานักงาน	15
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	12
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	10

อาคารที่มีการใช้งานพื้นที่หลายลักษณะ พื้นที่แต่ละส่วนต้องใช้ข้อกำหนดของระบบกรอบอาคารตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่แต่ละส่วนนั้น

2) ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร ต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด และอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารมีค่าไม่เกินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สถานศึกษา สานักงาน	14
(ข) โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	18
(ค) โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	12

3) ระบบปรับอากาศ (ขนาดเล็ก, ขนาดใหญ่, แบบดูดกลืน) ประเภทและขนาดต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นในรูปของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (วัตต์ต่อวัตต์)	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์)
ไม่เกิน12,000	3.22	11

หมายเหตุ: 1 ตันความเย็น (RFT) เท่ากับ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง (Btu/hr) หรือเท่ากับ 3516.7 วัตต์ความร้อน (W_{th})

สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นและส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำความเย็น (ตันความเย็น)	ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	น้อยกว่า 300	1.33
		มากกว่า 300	1.31
ระบายความร้อนด้วยน้ำ	แบบลูกสูบ	ทุกขนาด	1.24
	แบบโรตารี่ แบบสกรู หรือแบบสครอลล์	น้อยกว่า 150	0.89
		มากกว่า 150	0.78
	แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่า 500	0.76
		มากกว่า 500	0.62

ส่วนประกอบอื่นของระบบปรับอากาศที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยระบบระบายความร้อน ระบบจ่ายน้ำเย็น และระบบส่งลมเย็น ต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น รวมกันไม่เกิน 0.5 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืนต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำแล้วแต่กรณีดังต่อไปนี้ ทั้งนี้ การคิดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะให้คิดเฉพาะค่าความร้อนเท่านั้น โดยไม่รวมกำลังไฟฟ้าในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำระบาย ความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น

ชนิดของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน	ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ
	ด้านน้ำเย็น		ด้านน้ำระบายความร้อน		
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	อัตราการไหลของน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	
	(องศาเซลเซียส)			(ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์)	
ก. ชั้นเดียว	12.0	7.0	32.0	0.105	0.65
ข. สองชั้น	12.0	7.0	32.0	0.079	1.10

ตารางที่ 2.7 กำหนดภาวะพิกัดโดยระบุอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าและออกจากเครื่องควบแน่น

ชนิดของเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดกลืน	ภาวะพิกัด				ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ
	ด้านน้ำเย็น		ด้านน้ำระบายความร้อน		
	อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า	อุณหภูมิน้ำเย็นออก	อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องควบแน่น	อุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องควบแน่น	
	(องศาเซลเซียส)				
ก. ชั้นเดียว	12.0	7.0	32.0	37.5	0.65
ข. สองชั้น	12.0	7.0	32.0	37.5	1.10

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.5 ไม่ใช้บังคับกับระบบปรับอากาศที่ใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์

4) อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่ติดตั้งในอาคาร

สำหรับอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ค่าประสิทธิภาพและค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำหม้อไอน้ำและหม้อต้มน้ำร้อน

ประเภท	ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำ (ร้อยละ)
(ก) หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (oil fired steam boiler)	85
(ข) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (oil fired hot water boiler)	80
(ค) หม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (gas fired steam boiler)	80
(ง) หม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (gas fired hot water boiler)	80

ตารางที่ 2.9 เครื่องทำน้ำร้อนชนิดฮีตปั๊มแบบใช้อากาศเป็นแหล่งพลังงาน (air-source heat pump water heater)

ลักษณะการออกแบบ	ภาวะพิกัด			ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ
	อุณหภูมิน้ำเข้า	อุณหภูมิน้ำออก	อุณหภูมิอากาศ	
	(องศาเซลเซียส)			
(ก) แบบที่ ๑	30.0	50.0	30.0	3.5
(ข) แบบที่ ๒	30.0	60.0	30.0	3.0

5) การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

เกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่ การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

6) การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ในอาคาร

เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคาร ให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในอาคาร ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบกรอบอาคาร (Envelope system)

กรอบอาคารประกอบด้วยผนังภายนอกอาคารและหลังคา ผนังประกอบด้วยส่วนของผนังทึบและผนังโปร่งแสงหรือกระจก ที่เป็นส่วนของหน้าต่างที่ปิดด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดภายนอกและภายในอาคาร เช่น ม่าน และรวมถึงพื้นอาคาร เมื่อพิจารณาจากประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวเย็นนั้น กรอบอาคารจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกเพราะต้องการให้ในอาคารอุ่น ซึ่งต้องอาศัยรังสีอาทิตย์ในการให้ความร้อนแก่อาคาร การดูดซับรังสีอาทิตย์ของผนังทึบที่เก็บความร้อนได้ดี แต่ในฤดูร้อนในประเทศแถบอบอุ่นหรือทุกฤดูของประเทศในแถบร้อนชื้น รังสีอาทิตย์จากท้องฟ้าให้แสงสว่างธรรมชาติได้แต่พลังงานที่มีอยู่ในรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มีมากเกินกว่าที่จะใช้ประโยชน์ได้โดยวิธีทั่วไปส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งของกรอบอาคารในประเทศหนาวที่ใช้กันความร้อนรั่วไหลออกคือ พื้นของชั้นที่ติดกับพื้นดิน ซึ่งในประเทศเหล่านี้พื้นดินและชั้นใต้ดินมีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานสำหรับอาคารในประเทศหนาวจึงมีข้อกำหนดให้ใช้ฉนวนระหว่างพื้นอาคารและพื้นดิน จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าในประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น รังสีอาทิตย์สามารถให้ประโยชน์ได้เต็มที่ แต่ในประเทศที่มีอากาศอบอุ่นและร้อนชื้นไม่ต้องการใช้ประโยชน์จากรังสีอาทิตย์เพราะส่งผลให้มีปริมาณความร้อนในอาคารมากเกินความต้องการ ผนังอาคารจึงต้องสามารถใช้งานได้ทั้งรังสีอาทิตย์ในฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งสมบัติเชิงอุณหภาพของผนังทึบที่ใช้กัน คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม หรือ U-value โดยทั่วไปผนังทึบมีคุณสมบัติต้านการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่ากระจก ดังนั้นสัดส่วนของพื้นที่กระจกจะเป็นตัวแปรที่กำหนดสมบัติของผนังโดยรวม ซึ่งกระจกสามารถถ่ายเทความร้อนได้ เช่นเดียวกันจึงมีค่า U-value แต่ค่า U-value ของ กระจกมักสูงกว่าของผนังทึบมาก นอกจากนั้นกระจกยังส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ซึ่งดัชนีที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณการส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ คือค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์ (Solar heat gain coefficient, SHGC)

สำหรับในประเทศแถบร้อนชื้น กรอบอาคารที่ใช้ควรสามารถจำกัดผลการถ่ายเทความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ได้ดี และควรใช้อุปกรณ์บังแดดซึ่งบังรังสี โดยจะใช้ประโยชน์จากแสงกระจายในท้องฟ้าในการส่องสว่างภายในอาคารแทน หลายประเทศในแถบร้อนชื้น เช่น สิงคโปร์ ฮ่องกง และประเทศไทย ได้พัฒนาดัชนีที่เป็นตัวบ่งชี้หรือมาตรฐานเพื่อใช้วัดสมรรถนะอุณหภาพ (Thermal performance) ของผนังอาคารที่เรียกว่า Overall thermal transfer value (OTTV) และ Effective thermal transfer value (ETTV) ซึ่งทั้งสองดัชนีมีความหมายคล้ายกัน และดัชนีที่ใช้บ่งชี้ประสิทธิผลการบังแดดคือ สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient, SC) ในประเทศร้อนชื้นรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบหลังคามีผลต่อการถ่ายเทความร้อนมาก ดังนั้นการใช้ฉนวนใต้หลังคาและเหนือฝ้าเพดานจึงมีการปฏิบัติกันมากในประเทศไทย และการรั่วไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในหรือจากภายในสู่ภายนอกก่อให้เกิดความสูญเสียพลังงานในการทาความเย็นและลดความชื้นในอากาศ ดังนั้นในเกณฑ์กำหนดประสิทธิภาพพลังงานของอาคารมักมีข้อกำหนดเกี่ยวกับการจำกัดการรั่วไหลของอากาศด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

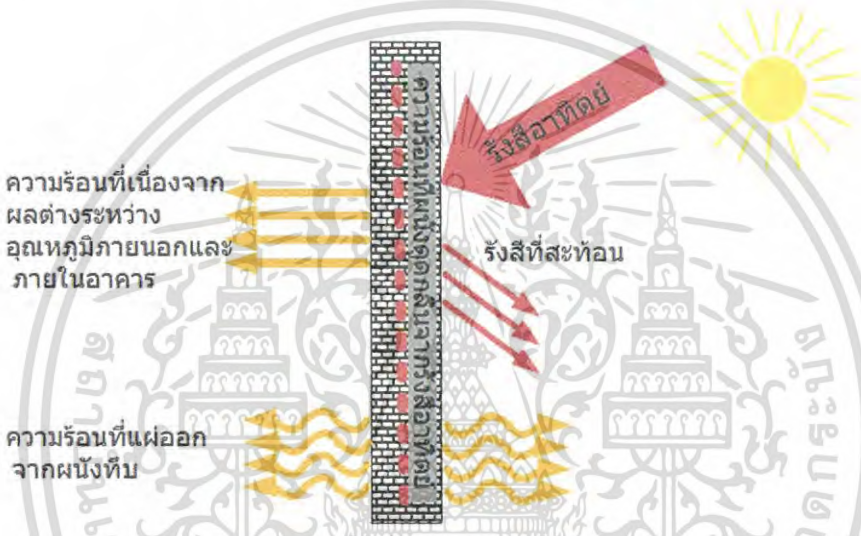
2.2.1 กรอบอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

1) ผนังทึบ สมรรถนะเชิงอุณหภาพของผนังทึบ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Coefficient of heat transfer หรือ U)

– ผนังอิฐฉาบปูนหรือซีเมนต์บล็อกฉาบปูน U ≈ 3-5 $W.m^{-2}.K^{-1}$

– ผนังอิฐมวลเบา U ≈ 1-4 $W.m^{-2}.K^{-1}$

สำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (U) ถ้ามีค่าต่ำ หมายความว่า การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารนั้นจะน้อย แต่หากค่าค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (U) มีค่าสูง หมายความว่า การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจะมาก



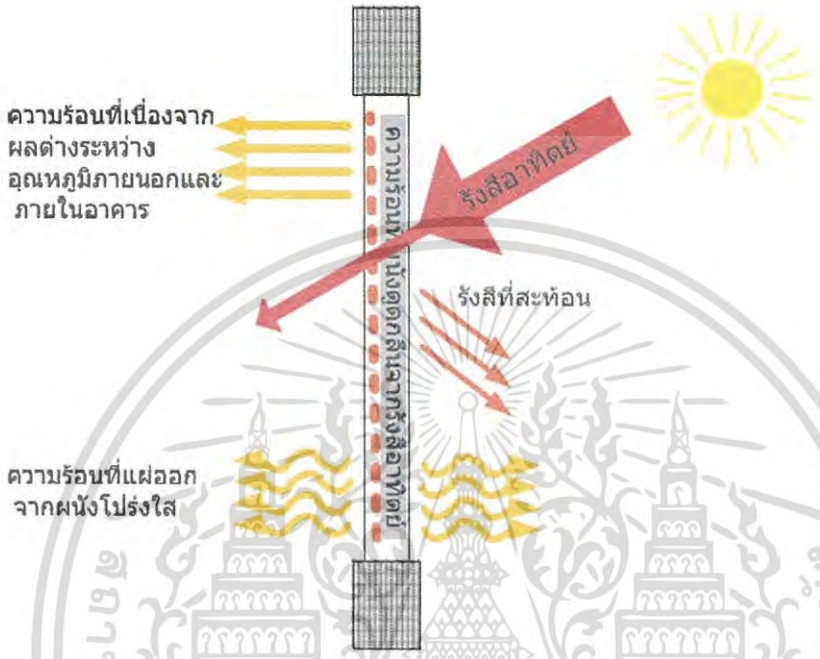
รูปที่ 2.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ

ที่มา : http://www2.dede.go.th

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ซึ่งได้แก่ สีภายนอกอาคาร สีทาภายนอกอาคารมีผลต่อการดูดกลืนรังสีอาทิตย์และการถ่ายความร้อนเข้าสู่อาคาร ผนังสีอ่อนจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์น้อยกว่าผนังสีเข้ม และสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่ใช้กันมีค่าในช่วง 0.3-0.8 $W.m^{-2}.K^{-1}$ ถ้าเป็นผนังที่มีฉนวนก็จะมีค่าสมบัติการนำความร้อนต่ำ และช่วยลดค่า U ของผนังและหลังคา โดยผนังที่มีฉนวน U = 0.3-1.0 $W.m^{-2}.K^{-1}$ ขึ้นกับชนิดและความหนาฉนวน ผิวสะท้อนรังสีความร้อนของฉนวนลดการถ่ายเทความร้อนให้ต่ำลงอีก การเลือกใช้ฉนวนกับหลังคาของอาคารปรับอากาศมีความคุ้มทุนสูง สำหรับผนังทึบนั้นจะมีการคายความร้อนสู่บรรยากาศในช่วงเวลากลางคืน และผนังที่มีมวลอุณหภาพสูงนั้นจะสามารถลดภาระการปรับอากาศสำหรับอาคารปรับอากาศเฉพาะช่วงเช้า เพราะในช่วงเวลาตอนเช้านั้นผนังทึบนี้จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนออกมาในช่วงเวลาดังกล่าว แต่หากเป็นช่วงเวลาในช่วงบ่ายนั้น ภาระการปรับอากาศสูงขึ้นสำหรับระบบปรับอากาศในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผนังโปร่งแสง การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (ผนังกระจก) หน้าต่างกระจกทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้สูง ความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งรวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านผนังโปร่งแสงเข้าสู่อาคารต่อหน่วยพื้นที่มีปริมาณ 5 เท่าของผนังทึบทั่วไป



รูปที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง
ที่มา : http://www2.dede.go.th

รังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้จะทำให้อุณหภูมิของกระจกสูงขึ้นและเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยส่วนหนึ่งเข้าสู่อาคารและอีกส่วนที่เหลือสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก พลังงานความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านรังสีอาทิตย์โดยตรงผ่านกระจก และความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้และถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ยังมีความร้อนอีกส่วนหนึ่งถ่ายเทผ่านกระจก ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน อันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลากลางคืน ความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านกระจกไปยังสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกับกรณีของผนังทึบ

2.2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

ปัจจุบันลักษณะของกรอบอาคารมีความหลากหลายมากและขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ สำหรับปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลายอย่าง ดังนั้น การที่จะตรวจวัดเพื่อให้ทราบปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเหมือนระบบอื่นๆ เช่น ระบบไอน้ำ เตาอุตสาหกรรม ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ยากดังนั้น จึงเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร รวมถึงวิเคราะห์สมรรถนะของกรอบอาคารทดแทน วิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่รู้จักกันดี คือ การคำนวณค่า OTTV และ RTTV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ของกรอบอาคาร ดัชนีแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคาร (ครอบคลุมทั้งผนังทึบและผนังโปร่งแสง) ที่เป็นผลต่อภาระการปรับอากาศของอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ

OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m^2)

Uw คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2.°C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (°C)

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง/กระจก ($W/m^2.°C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (°C)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq}) + (U_f)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ

RTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณามีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส) ($W/m^2.°C$)

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

Us คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสงมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ (ตารางเมตร-องศาเซลเซียส) ($W/m^2.°C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (°C)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148765

ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m^2)

2.2.3 การป้องกันความร้อนผ่านเข้าสู่กรอบอาคารสำหรับอาคารเก่า

สำหรับอาคารที่มีอยู่เดิม โอกาสในการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้อาคารสามารถประหยัดพลังงานในโครงสร้างของตัวอาคารมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามวิธีการทางเทคนิคดังต่อไปนี้ สามารถนำไปใช้กับอาคารเก่า เพื่อที่จะลดการใช้พลังงานและเพิ่มความสบายในการอาศัยได้ดังนี้

- ติดตั้งฉนวนที่หลังคา หรือบริเวณช่องว่างเหนือฝ้าเพดาน
- ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร ที่หน้าต่างที่แดดสามารถส่องได้
- ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายใน เช่น ม่านหรือมู่ลี่ที่หน้าต่างที่มีแดดส่องถึง
- ติดตั้งฟอล์ยสะท้อนแสงบริเวณหน้าต่างที่แดดส่องถึง
- เคลือบผิวของหลังคาให้มีการสะท้อนความร้อนได้
- ลดการแทรกซึมของอากาศจากภายนอกโดยการปิดอุดช่องว่างที่ประตู และหน้าต่างทั้งหมดและเพิ่มระบบป้องกันอากาศไหลเข้า-ออก (Air Lock) ที่ประตูทางเข้า
- ทาสีตัวอาคารใหม่โดยให้เป็นสีอ่อน
- ปลูกต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาแก่ผนัง (และหลังคาในกรณีของอาคารที่ไม่สูง)

2.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting system)

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์เป็นระบบที่ใช้พลังงานเป็นอันดับสองรองจากระบบปรับอากาศดังนั้นประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของหลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ เช่นหลอดไฟและบัลลาสต์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ดัชนีที่ใช้ชี้ประสิทธิภาพของการให้แสงของหลอดไฟฟ้ามีหน่วยเป็น ปริมาณฟลักซ์ของแสงต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Lumen/Watt หรือ lm/W) และการกำหนดประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะใช้วิธีกำหนดค่าขั้นสูงของกำลังไฟฟ้าของระบบแสงสว่างของแต่ละประเภทของพื้นที่หรือของทั้งอาคารโดยรวม (Lighting power density, LPD) แต่ในบางแห่งมีการกำหนดค่าขั้นต่ำของประสิทธิภาพของการให้แสงของหลอดไฟฟ้าที่ให้ใช้ได้

2.3.1 การคำนวณโดยวิธีวัตต์ต่อตารางเมตร

หลักสำคัญประการหนึ่งของการออกแบบระบบส่องสว่างก็คือ การประหยัดพลังงาน หมายถึงการมีแสงสว่างพอเพียงต่อการใช้งานแต่ใช้พลังงานน้อยที่สุด การออกแบบโดยวิธีวัตต์ต่อตารางเมตร (watt per square meter method) นี้ จะกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ไม่ให้เกินค่าที่เหมาะสม ซึ่งสรุปได้ว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าที่กำหนดตามตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นไปตามพระราชกฤษฎีกา กำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2535 ว่าด้วยเรื่องการใช้พลังงานในอาคาร สามารถอ้างอิงได้จากกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 วิธีวัตต์ต่อตารางเมตรประยุกต์มาจากวิธีลูเมน มีขั้นตอนที่สั้นลงและมีความสะดวก มากขึ้น หลักการของวิธีนี้มาจากปัญหาว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งโคมไฟกี่วัตต์ จึงจะทำให้มีแสงสว่างพอเพียงต่อการใช้งาน ซึ่งที่มาและหลักการของวิธีนี้กล่าวไว้โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\frac{W}{m^2} = \frac{\mathrm{E}}{(\mathrm{LPW})\mathrm{CU} \times \mathrm{MF}}$$

เมื่อ

E คือ การความส่องสว่าง

LPW หรือ lm/w คือ หน่วยของประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดที่จะติดตั้ง

CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (coefficient of utilization, CU)

MF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษา (maintenance factor, MF)

2.4 ระบบปรับอากาศ (Air-conditioning system)

ระบบปรับอากาศประกอบด้วยระบบทำความเย็นให้แก่อากาศ ระบบทำความร้อนอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบควบคุมความชื้นอากาศ ระบบจ่ายน้ำร้อนหรือน้ำเย็น และระบบจ่ายอากาศร้อนหรือเย็นระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุดของอาคาร ส่วนของระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือระบบทำความร้อนหรือระบบทำความเย็น ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศมีผลสำคัญต่อการใช้พลังงานของทั้งอาคาร ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจะดีได้ควรจะมีการออกแบบและเลือกอุปกรณ์ที่ดีทั้งหมด ระบบทำความร้อนในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นมักจะผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อต้มน้ำร้อน (Boiler) และจ่ายน้ำร้อนผ่านท่อเพื่อส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของอาคารเพื่อถ่ายความร้อนให้กับอากาศ ประเทศส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงในการผลิตน้ำร้อนโดยใช้หม้อน้ำร้อน ดังนั้นจึงมีการกำหนดประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อน และในกรณีที่ใช้งานระบบผลิตน้ำร้อนขนาดเล็กที่มีการใช้ตามบ้านพักอาศัยหรือโรงแรมที่ต้องการอุณหภูมิไม่สูงมากอาจใช้ระบบการผลิตน้ำร้อนหรือความร้อนแบบปั๊มความร้อน (Heat pump) แทนระบบดังกล่าว

ระบบทำความเย็นมี 2 ระบบหลักซึ่งมักเลือกใช้ตามขนาดของอาคาร อาคารขนาดใหญ่มักจะใช้ระบบผลิตน้ำเย็นและจ่ายน้ำเย็นแบบรวมศูนย์ขนาดใหญ่ มีการกำหนดค่าขั้นต่ำของสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) ของระบบผลิตน้ำเย็น แต่มักจะกำหนดประสิทธิภาพส่วนประกอบอื่นในระบบด้วย เช่นในอาคารขนาดย่อมหรือขนาดเล็กที่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ซึ่งเป็นระบบที่จ่ายน้ำยาทำความเย็น (Refrigerant) โดยตรงไปสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ ระบบเช่นนี้ เรียกโดยรวมว่าระบบขยายตัวโดยตรง (Direct expansion-DX system) ซึ่งมีการกำหนดค่าขั้นต่ำของสัมประสิทธิ์สมรรถนะเช่นกัน การระบายอากาศ (Ventilation) อากาศระบายจะถูกนำผ่านระบบทาความเย็นและปรับความชื้นซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้พลังงาน ดังนั้นจึงกำหนดปริมาณอากาศระบายที่ให้ใช้กับระบบควบคุมความชื้นอากาศ ซึ่งในกรณีประเทศหนาวเย็นอากาศภายในอาคารจะแห้งกว่าอากาศภายนอกอาคาร ดังนั้นมักจะให้ความชื้นแก่อากาศภายในอาคารด้วยการจ่ายไอน้ำแก่อากาศที่หมุนเวียน และในกรณีของประเทศร้อนชื้น อากาศในธรรมชาติมีความชื้นสูง ในอาคารที่ปรับอากาศความชื้นในอากาศหมุนเวียนที่ไหลผ่านคอยล์เย็นของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะกลั่นตัวเป็นน้ำและถูกระบายทิ้งไป ดังนั้นการปรับความเย็นอากาศก่อให้เกิดการลดความชื้นอากาศโดยอัตโนมัติ ในกรณีนี้มักจะไม่ให้ใช้การลดความชื้นในอากาศที่ชื้นมาก โดยการลดอุณหภูมิของคอยล์เย็นให้ต่ำกว่าปกติ เพื่อลดปริมาณไอน้ำในอากาศแล้วให้ความร้อนแก่อากาศเพื่อให้อุณหภูมิอากาศกลับเข้าระดับที่ต้องการระบบจ่ายน้ำร้อนหรือน้ำเย็นเนื่องจากน้ำร้อนหรือน้ำเย็นหรือน้ำยาทำความเย็นที่ส่งตามท่อมีอุณหภูมิแตกต่างจากอากาศโดยรอบค่อนข้างมาก การใช้ฉนวนในระดับที่เหมาะสมจะลดการสูญเสียความร้อนหรือความเย็นและเพิ่มประสิทธิภาพของทั้งระบบได้เป็นอย่างดี

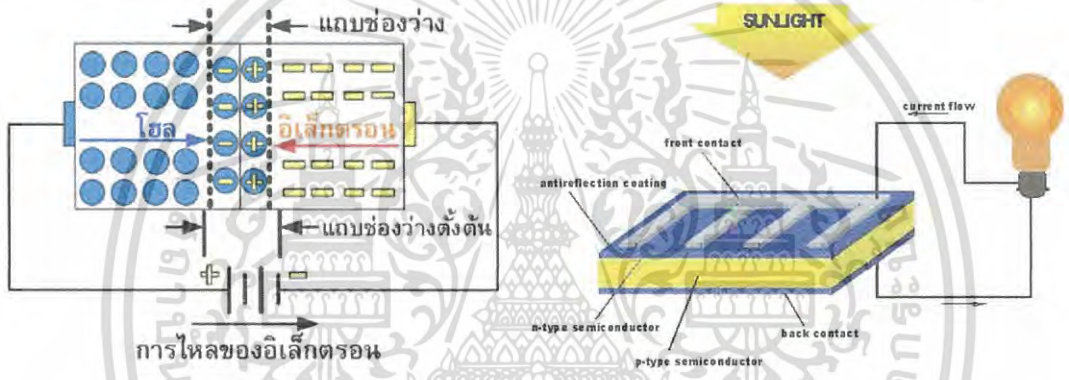
2.5 การใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy)

มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคารในยุคแรก มักจะมีข้อกำหนดทางด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามแบบ (Conventional energy) เท่านั้น แต่มาตรฐานที่ปรับปรุงหรือจัดทำขึ้นในภายหลังมีข้อกำหนดการนำผลการใช้พลังงานหมุนเวียนมาชดเชยร่วมกับพลังงานตามจริงที่ออกแบบแบบไม่มีการใช้พลังงานทดแทน พลังงานหมุนเวียนที่นำมาใช้อาจเป็นแสงธรรมชาติที่ใช้ส่องสว่างแทนแสงสว่างจากหลอดไฟ ไฟฟ้าที่ผลิตจากโซลาเซลล์ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์นั้นถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปิน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) แห่งเบลล์เทลเลโฟน (Bell Telephon) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น(P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาดำ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม Solar Cell หรือ PV มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photoหมายถึง แสง และ voltหมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มจากแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบ (เรียกว่า อิเล็กตรอน) และประจุบวก (เรียกว่า โฮล) ซึ่งอยู่ในภายในโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ โดยโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นนี้จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิด โฮล ไหลไปที่ขั้วบวก ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า (เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ เป็นต้น) ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดกระแสตรง ดังนั้น ถ้าต้องการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)



รูปที่ 2.3 ลักษณะและกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกผลิตให้เป็นแผ่นขนาดเล็ก แล้วจึงนำเซลล์มาต่อเชื่อมเป็นวงจรสำเร็จรูปที่เรียกว่า โมดูล (Module) หรือ พาแนล (Panel) ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดค่ากำลังไฟฟ้า โดยการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยวงจรดังกล่าวสามารถต่อเชื่อมออกไปใช้งานได้ทันที แต่เมื่อหากต้องการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า ก็สามารถทำได้โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรขนาดใหญ่ (Array) การต่อเชื่อมกันนี้อาจจะต่อเป็นวงจรแบบขนาน หรือแบบอนุกรมก็ได้

2.7 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกตามชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตได้ 2 ชนิด คือกลุ่มที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน (Silicon) และ กลุ่มที่ทำจากสารประกอบ ที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทหลังนี้ จะเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ส่วนมากใช้งานสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียม แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบมีราคาถูกลงและมีแนวโน้มการมาใช้มากขึ้นในอนาคต

2.7.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนซิลิกอน(Mono Crystalline Silicon Solar Cell) เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงสูงถึง 15-20% เพราะมีส่วนผสมของซิลิกอนอยู่มากถึง 99.99% โดยปัจจุบันโซล่าเซลล์ชนิดโมโนซิลิกอน ได้มีการปรับปรุงและพัฒนา โดยมีการสะท้อนของแสงอาทิตย์ภายในเซลล์ลดลง เพื่อให้แสงตกกระทบลงบนชั้น n ได้มากที่สุดครับ ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 25% นิยมใช้งานในพื้นที่เฉพาะได้แก่ ในชนบทที่ไม่มีไฟฟ้าใช้เป็นหลัก

2.7.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนหลายผลึก

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนหลายผลึก (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนน้อยกว่าแบบโมโนซิลิกอน เพราะแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีซิลิกอนจะมีการผสมแร่ธาตุอื่นๆเจือปนเข้าไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า แต่จะมีราคาที่ถูกกว่าแบบโมโนซิลิกอนอยู่ประมานร้อยละ 10 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนหลายผลึกจะอยู่ที่ประมาณ 13-16%

2.7.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน(Amorphous Silicon Solar Cell) เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากธาตุซิลิกอนชนิดไม่เป็นผลึก ซึ่งผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางของซิลิกอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบา และสามารถดัดแปลงรูปทรงได้ง่าย แต่มีประสิทธิภาพเพียง 5-10% จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนซิลิกอน (ก) โพลีซิลิกอน (ข) และอะมอร์ฟัสซิลิกอน (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ มาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V สำหรับใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไป อินเวอร์เตอร์จะออกแบบวงจรภายในโดยใช้วงจรเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ แปลงระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีสัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 Hz โดยใช้ระบบการสวิตชิ่งที่เรียกว่าพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse width modulation) ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายโหลด 15-20 % ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85 % ซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่นำมาใช้งานกับเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 แบบคือ อินเวอร์เตอร์แบบอิสระ (Stand-alone Inverter) และอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid tie Inverter)

2.8.1 อินเวอร์เตอร์แบบอิสระ (Stand-alone Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบอิสระ คืออินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ที่มีจ่ายพลังงานให้กับโหลดภายในอาคาร หรือบ้านเรือนเพียงหลังเดียวซึ่งมีปริมาณโหลดไม่มาก โดยปกติแล้วจะใช้งานในรูป อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ แบบฮาล์ฟบริดจ์ (Half-Bridge) และแบบฟลูบริดจ์ (Full-Bridge)

2.8.2 อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid tie Inverter)

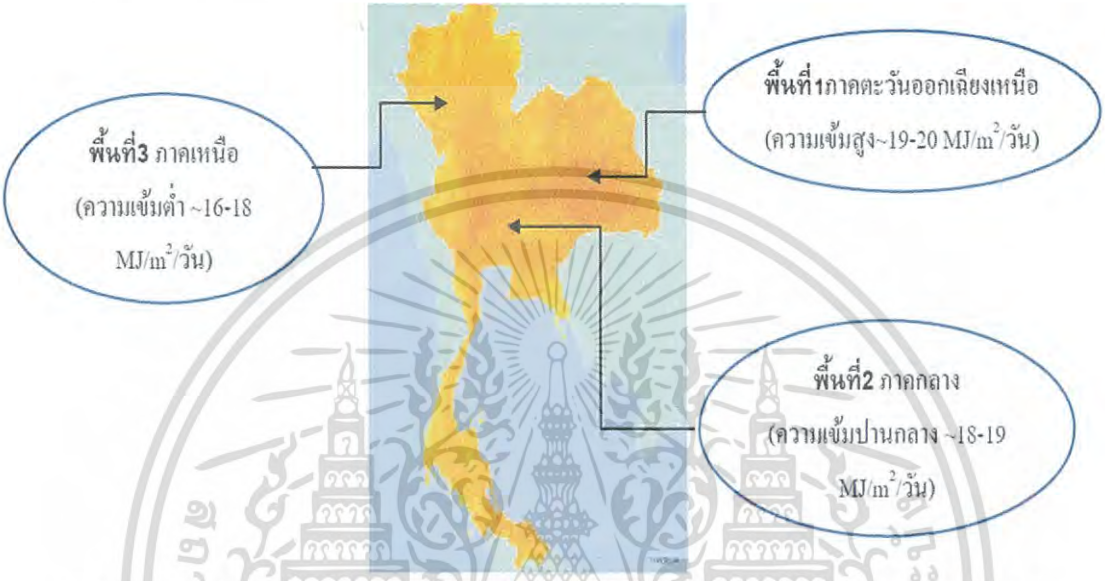
อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่าย (Grid tie Inverter) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่สามารถต่อเชื่อมจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับระบบจำหน่ายได้โดยตรงผ่านเต้ารับ ลักษณะการทำงานของอินเวอร์เตอร์ระบบนี้จะเหมือนกับอินเวอร์เตอร์โดยปกติทั่วไปแต่จะต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์อีกทางหนึ่งด้วย ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกใช้ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้าน ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้อินเวอร์เตอร์ก็จะดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเข้ามาจ่ายให้เพิ่มเติม แต่ถ้าแผงโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้ภายในบ้าน ไฟฟ้าก็จะถูกขายให้กับการไฟฟ้าต่อไป สามารถใช้ได้กับไฟฟ้าที่มีแรงดัน 220 โวลต์ โดยจะทำการจะตรวจสอบความถี่และเฟสของไฟฟ้าระบบจำหน่าย จากนั้นจะปรับรูปคลื่นของไฟฟ้าที่ได้ให้เป็น Pure sine wave และปรับรูปแบบความถี่และเฟสของคลื่นให้ตรงกับไฟฟ้าของระบบจำหน่ายเพื่อเชื่อมต่อระบบเข้าด้วยกัน แต่เมื่อไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายถูกตัดไป อินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงานด้วยทันที เพื่อป้องกันไม่ให้มีไฟฟ้าไหลในสายส่งขณะที่มีการซ่อมแซม

2.9 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะแปรผันตรงกับความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งรังสีแสงอาทิตย์นั้นประกอบไปด้วยสเปกตรัมช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.3 ถึง 3 ไมโครเมตร โดยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดก็จะมีการตอบสนองต่อสเปกตรัมแตกต่างกัน ดังนั้นจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการออกแบบ และเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อทำให้สามารถกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด จากการเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – 2552 ของกรมพลังงานทดแทน บริเวณที่รับรังสีเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งปีนั้นอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้รับรังสีเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ในช่วง 4.97 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งประเทศ



รูปที่ 2.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ (แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ,2553)

สำหรับประเทศไทยนั้นจะได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งส่งผลต่อการกระจายความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ของบริเวณต่างๆในไทย โดยพบว่าประเทศไทยจะได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเมษายนโดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.05 ถึง 6.15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน และมีรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทยมีค่า 4.92 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

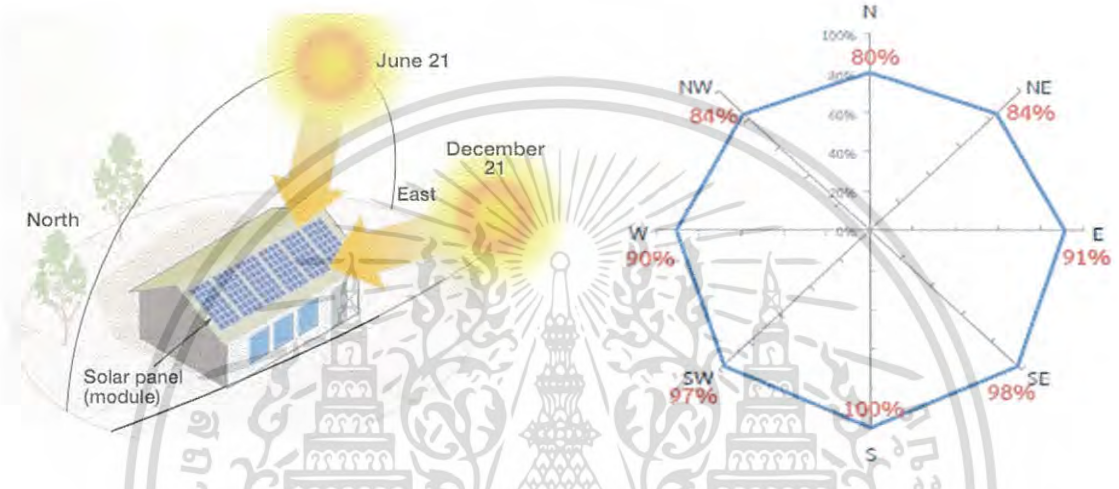
2.10 ทิศทางและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์นั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อได้รับรังสีแสงอาทิตย์อย่างเต็มที่นั่นคือแผงเซลล์ควรวางในทิศทางที่ตั้งฉากกับรังสีแสงอาทิตย์ ดังนั้นก่อนทำการติดตั้งแผงพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านต้องมีการพิจารณาถึงทิศทาง และมุมในการติดตั้ง

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะทำการติดตั้งให้แผงเซลล์หันหน้าไปทางเส้นศูนย์สูตร ซึ่งประเทศไทยนั้นอยู่ทางซีกโลกเหนือทำให้จึงควรติดตั้งให้แผงเซลล์หันหน้าไปทางทิศใต้ เป็นผลเนื่องมาจากลักษณะการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในหนึ่งวัน หรือเส้นสุริยะวิถีนั้นจะมีเป็นลักษณะใน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวเอียงไปทางทิศใต้ในเวลากลางวันและทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปี ดังแสดงตามรูปที่ 2.6 ทำให้ทิศใต้เป็นทิศที่ได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุด และประเทศไทยนั้นอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยทำให้ได้รับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มุมเอียงในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นส่งผลต่อการรับแสงของแผงเซลล์ ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว เราควรวางแผงเซลล์ให้เอียงตามองศาละติจูดของพื้นที่ที่ทำการติดตั้ง เพื่อทำให้แผงเซลล์สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุด



รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่หันตามทิศต่างๆ

2.11 ระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน (Peak Sun Hour)

กำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อวัน (Peak Sun Hour : PSH) คือระยะเวลาเฉลี่ยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดต่อวัน ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดคือ 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร สามารถคำนวณหาค่า PSH ได้โดยการนำผลรวมของปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้รับทุกชั่วโมงตลอดวันมาหารด้วย 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังสมการที่

$$\text{PSH} = \frac{\text{Total Wh/m}^2\text{/day}}{1000\ \text{w/m}^2}$$

ซึ่งจะสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ต่อวัน โดยการนำขนาดกำลังไฟฟ้ารวมของระบบคูณด้วยค่า PSH ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Unit} = P_{cell} \times PSH$$

โดยที่ Unit = กำลังไฟฟ้าที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อวัน (kWh)

Pcell = ขนาดกำลังไฟฟ้ารวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง (kW)

PSH = ระยะเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดต่อวัน (hr)

ค่า PSH ที่คำนวณได้นี้จะมีค่าที่แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาคนั้นๆ เนื่องจากปัจจัยทางด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งค่า PSH เป็นค่าสำคัญที่จำเป็นต้องมีการพิจารณาก่อนทำการติดตั้ง เพราะปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ส่งผลต่อระยะเวลาในการคืนทุนที่แตกต่างกัน

2.12 ปัจจัยในการพิจารณาความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ระบบที่มีความคุ้มค่าในการติดตั้ง คือระบบที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เหมาะสม และสามารถทำกำไรให้แก่ผู้ติดตั้งได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเราสามารถควบคุมให้มีระยะเวลาในการคืนทุนที่รวดเร็วขึ้นได้จากปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกที่สำคัญ คือ นโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งจะส่งผลให้เราได้กำไรจากการขายไฟฟ้ามากน้อยตามนโยบายที่ภาครัฐกำหนดไว้

2.12.1ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback Period)

สิ่งสำคัญในการลงทุนติดตั้งระบบที่เราจำต้องพิจารณาก็คือระยะเวลาในการคืนทุน ซึ่งหากระบบมีระยะเวลาคืนทุนที่รวดเร็ว จะทำให้ได้กำไรในปริมาณที่มากขึ้นตามอายุการใช้งานสูงสุดของระบบ ซึ่งเราสามารถคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านได้ดังสมการที่ (6) คือ นำต้นทุนในการติดตั้งทั้งหมดไปหารกำไรที่ได้จากการขายไฟฟ้าคืนสู่การไฟฟ้าต่อปี ซึ่งมาจากการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยทั้งปี (หน่วย/ปี) ที่ได้มาจากการคำนวณด้วยค่า PSH และนำไปคูณกับอัตราการรับซื้อไฟของภาครัฐจากระบบ (บาท/หน่วย)

$$\text{Payback} = \frac{\text{Total Invesment}}{\text{Unit per year} * \text{FiT}}$$

การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านนั้นมีต้นทุนในการติดตั้งค่อนข้างสูง และในการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับปริมาณแสงอาทิตย์ซึ่งมีความผันผวนสูงตลอดทั้งปี ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงปัจจัยในการพิจาณาความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน (Solar rooftop) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการติดตั้งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิดคือ ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline Silicon), ชนิดซิลิกอนหลายผลึก (Poly Crystalline Silicon) และชนิดซิลิกอนไร้รูปร่าง (Amorphous Silicon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) หมายถึงอัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

- กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
- กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ
- ระยะเวลาของโครงการ

โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$I_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

เมื่อ

n = อายุของโครงการ(ปี)

ES_t= ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

2.13. ต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

ต้นทุนในการติดตั้งระบบเป็นสิ่งจำเป็นอันดับแรกที่ต้องมีการคำนึงถึง เพราะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุน และเนื่องจากที่ว่าต้นทุนในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันนั้นลดลงอย่างมาก ทำให้เกิดความน่าสนใจในการติดตั้งมากขึ้น โดยในปัจจุบันราคาต้นทุนในการติดตั้งระบบทั้งหมดนั้นอยู่ในช่วง 70,000 – 80,000 บาท/กิโลวัตต์ ซึ่งหากต้องการระบบที่มีประสิทธิภาพดีมากเท่าไหร่ ต้นทุนในการติดตั้งจะมีราคาที่สูงตามไปด้วย เราสามารถจำแนกต้นทุนในการติดตั้งระบบทั้งหมดเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดอินเวอร์เตอร์ ชุดอุปกรณ์ประกอบระบบ (สายไฟ ชุดอุปกรณ์ป้องกัน และอุปกรณ์โครงสร้างติดตั้งแผงเซลล์) ค่าดำเนินงานติดตั้งระบบ และค่าห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีอัตราส่วนที่สูงที่สุดกว่า 38% ทำให้แนวโน้มราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อต้นทุนในการติดตั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1ขนาดพื้นที่หลังคาบ้านสำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการศึกษาในบทที่ผ่านมา กล่าวได้ว่าทิศทางที่เหมาะสมที่สุดต่อการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย ที่จะสามารถทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตไฟฟ้า คือ ทิศใต้ และรองลงมาคือ ทิศตะวันตก ทิศตะวันออก และทิศเหนือตามลำดับ ดังนั้นจึงควรมีพื้นที่หลังคาบ้านในทิศใต้เพียงพอสำหรับติดตั้งระบบขนาดเล็กสุดได้เพียงพอ พื้นที่หลังคาบ้านต้องไม่โดนการบังแสงแดดจากสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง เช่น ต้นไม้ อาคารบริเวณใกล้เคียง เป็นต้น เพื่อที่จะให้เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงอย่างเต็มที่

2.13.2 ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์และระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน

ปัจจัยหลักสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของเซลล์แสงแสงอาทิตย์นั้น คือ ปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์และระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อวัน(PSH) ซึ่งในแต่ละภูมิภาค และแต่ละฤดูกาลของประเทศไทยนั้นได้รับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์และระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกันไปเนื่องจากปัจจัยทางด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าระยะเวลาผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อวันที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในแต่ละเดือนและแต่ละภูมิภาค ซึ่งในบางพื้นที่มีความผันผวนของปริมาณแสงอาทิตย์สูง ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้านั้นไม่ดีเท่าที่ควร

2.13.3 อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ปัจจัยด้านอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิที่แผงเซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพคือ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งหากอุณหภูมิสูงขึ้นประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าจะมีค่าลดลงทุกองศาเซลเซียสที่สูงขึ้น จากข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงให้เห็นว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยวประสิทธิภาพจะลดลง 0.44% ทุกๆ 1 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนหลายผลึกประสิทธิภาพจะลดลง 0.47% ทุกๆ 1 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น

2.13.4 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสม

เซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถ ประสิทธิภาพและราคาที่แตกต่างกัน โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยวจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดพร้อมราคาที่สูงที่สุดด้วย ราคาของแผงเซลล์อาทิตย์ที่มากก็จะส่งผลให้มีต้นทุนที่สูงมากยิ่งขึ้น ส่วนประทธิภาพที่สูงก็จะส่งผลให้มีผลผลิตออกมามากยิ่งขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมทั้งด้านประสิทธิภาพและด้านราคาจึงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคุ้มค่าในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน แต่ในบทนี้จะไม่พิจารณาการติดตั้งด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนไร้รูปร่างเพราะว่าในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่เท่ากัน ชนิดซิลิกอนไร้รูปร่างจะติดตั้งได้กว่าซึ่งจากบทที่ผ่านมาบนหลังคาบ้านขนาดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดซิลิกอนไร้รูปร่างติดตั้งได้ 2.7 kW ส่วนอีก 2 ชนิดติดตั้งได้ 4.2 kW นอกจากนี้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนไร้รูปร่างยังเสื่อมสภาพเร็วกว่าชนิดอื่นๆคือเมื่อถึงปีที่ 25 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนไร้รูปร่างจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 80% นั่นเอง ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ไม่คุ้มค่ากับราคาของอุปกรณ์ประกอบระบบและไม่นิยมติดตั้งบนหลังคาบ้าน

2.13.5 อัตราเสื่อมสภาพของระบบและค่าความสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ

โดยทั่วไปแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 25 – 30 ปี ซึ่งมีมาตรฐานรองรับประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ในปีที่ 10 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 90% และในปีที่ 25 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 80% ดังนั้นในแต่ละปีประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 0.8% และในส่วนของชุดอินเวอร์เตอร์นั้นจะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 - 7 ปี ตามแต่ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์นั้นๆ ซึ่งน้อยกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นอาจต้องมีการเปลี่ยนชุดอินเวอร์เตอร์ทุกๆ 5 ปี ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม และนอกจากนี้อาจมีค่าบำรุงรักษาระบบอีกเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

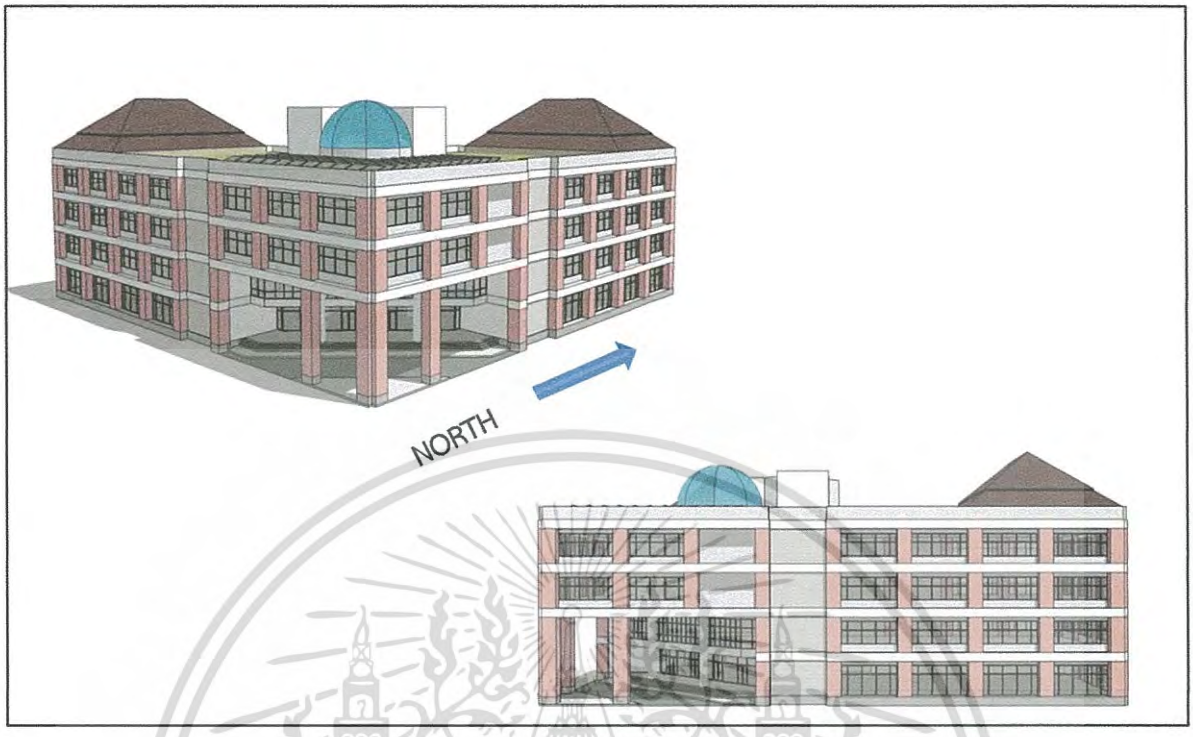
การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปรับปรุงอาคารตามกฎหมายพลังงาน นั้นเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ กฎกระทรวง และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอาคารทั้งหมด ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลทั่วไปของอาคาร โดยเลือกทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โดยแบ่งการวิเคราะห์ในส่วนกรอบของอาคาร ระบบแสงสว่างภายในอาคาร ระบบปรับอากาศภายในอาคาร และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีของอาคาร แล้วทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) และหาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ทำการศึกษาหลักการ และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อให้เป็นแนวทางในการเลือกใช้พลังงานทดแทนและเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

3.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร

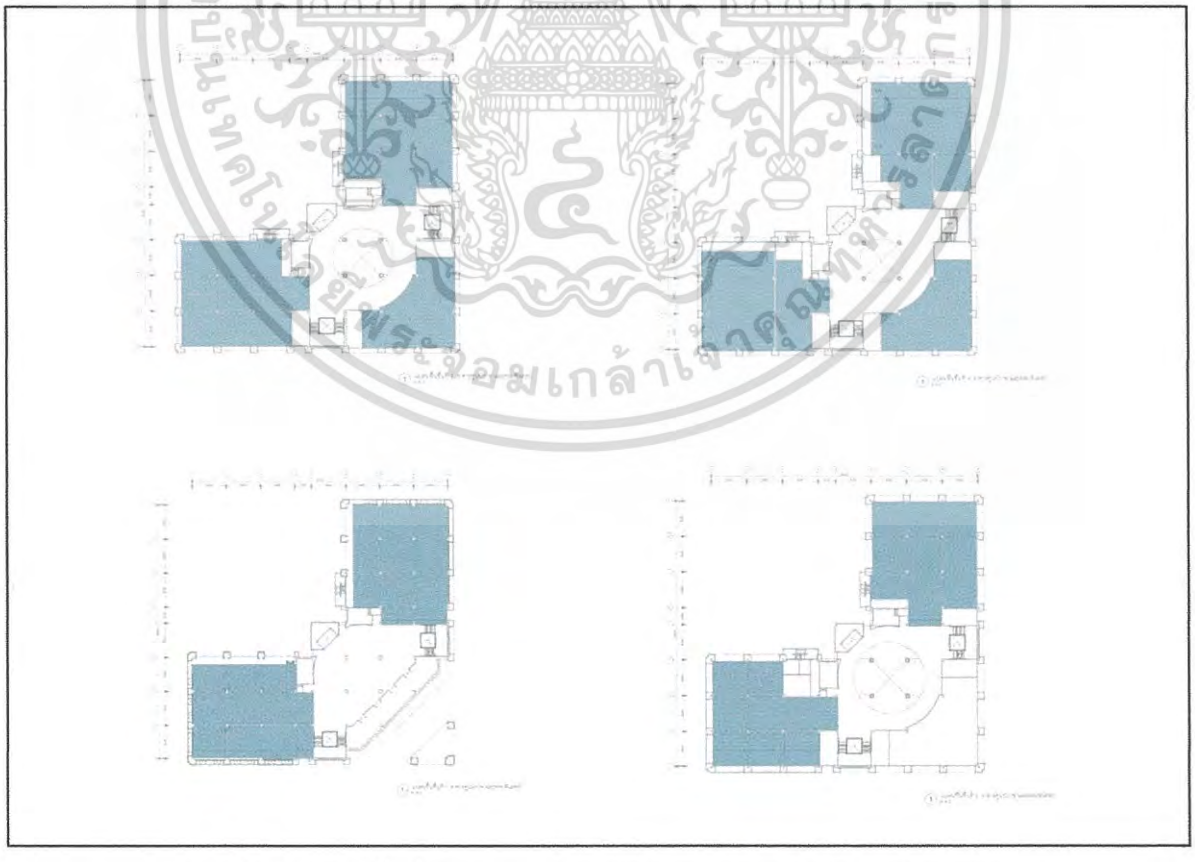
การศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายกำหนด ผู้วิจัยได้กำหนดอาคารที่ทำการวิเคราะห์และศึกษาเป็นอาคารที่จัดอยู่ในประเภทสถานศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในอาคาร 9 ประเภทตามกฎกระทรวง เรื่องกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 หมวดที่ 1 ประเภทและขนาดของอาคาร หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้น หลังคาเดียวกันมีขนาดพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงดังกล่าว สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารนั้น ทางผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องเป็นโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) เวอร์ชั่น 1.0.6 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ทำการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

พื้นที่ไม่ปรับอากาศ : 3181.86 ตารางเมตร
พื้นที่ปรับอากาศ : 5433.44 ตารางเมตร
พื้นที่ใช้สอยรวม : 8615.30 ตารางเมตร
จำนวนชั้น/ความสูง : 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งและทิศทางที่ตั้งของอาคาร



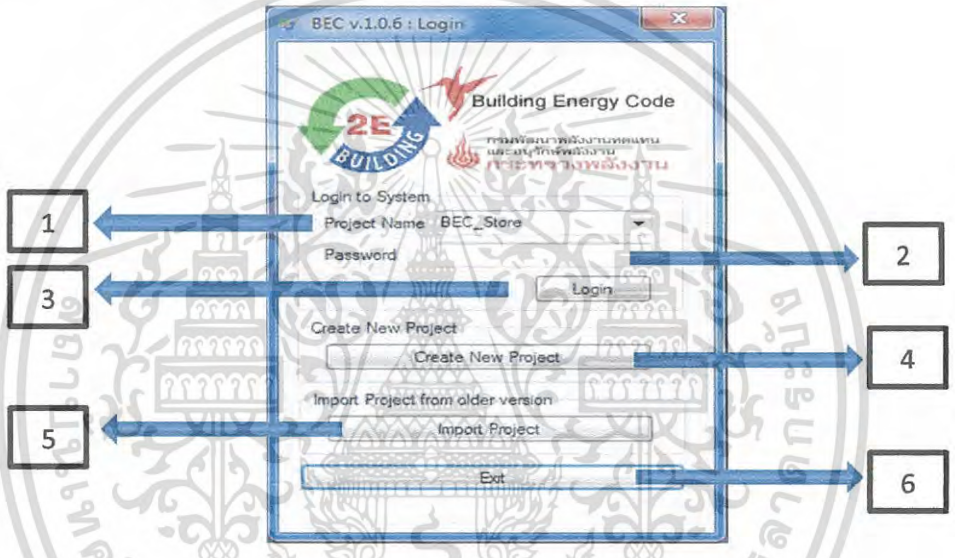
รูปที่ 3.2 แปลนพื้นที่อาคารแบ่งเป็นส่วนปรับอากาศและส่วนไม่ปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC)

ขั้นตอนแรกของการหาแนวทางในการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายกำหนดนั้น เมื่อทราบขนาดพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคารแล้ว เก็บข้อมูลระบบผนังของอาคารซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนของอาคารและยังส่งผลต่อเนื่องถึงระบบปรับอากาศในอาคาร เก็บข้อมูลจำนวนดวงโคมที่ใช้ในอาคาร และข้อมูลเครื่องปรับอากาศ แล้วนำมาทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารโดยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 การเข้าสู่โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) จะปรากฏการใช้งานเข้าสู่ระบบ (Login) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเข้าสู่ระบบของโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

สำหรับหน้าโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) ซึ่งแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 หมายถึง สร้างชื่อโครงการ/โครงการที่ต้องการ(Project Name)

หมายเลข 2 หมายถึง ผู้ใช้งานทำการใส่รหัสผ่าน (Password)

หมายเลข 3 หมายถึง ปุ่ม ล็อคอิน (Login) เพื่อทำการใช้งาน

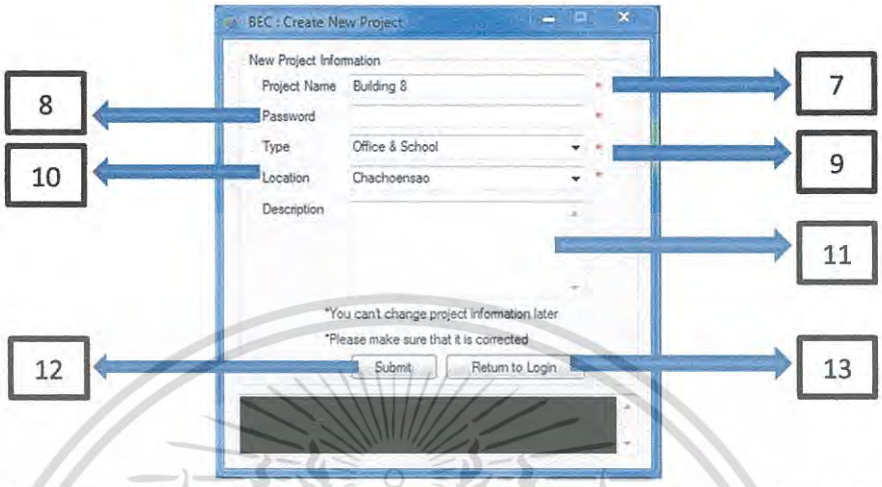
หมายเลข 4 หมายถึง ปุ่ม (Create New Project) เพื่อทำการใช้งาน หากผู้ใช้งานใช้โปรแกรมครั้งแรกจะต้องทำการลงทะเบียนอาคาร/โครงการใหม่

หมายเลข5หมายถึง ปุ่ม (Import Project) เรียกดูงานที่เคยสร้างไว้ หรือเพื่อจะทำการเปลี่ยนแปลง

หมายเลข 6 หมายถึง ปุ่ม (Exit) หากต้องการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่เข้าใช้โปรแกรมเป็นครั้งแรกจะต้องลงทะเบียนอาคารใหม่ ด้วยการเลือกกดปุ่ม Create New Project แล้วโปรแกรมจะแสดงหน้าจอเพื่อให้ป้อนข้อมูลรายละเอียดของอาคารที่ต้องการสร้างขึ้นมาใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หน้าจอการลงทะเบียนอาคารใหม่ของโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

เมื่อเข้ามาที่หน้าจอสำหรับสร้างงานใหม่ หรือการใส่ชื่ออาคารที่จะทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร โดยจะมีรายละเอียดที่จะต้องป้อนข้อมูลดังต่อไปนี้

หมายเลข 7 หมายถึง สร้างชื่ออาคาร, ชื่อโครงการ (Project Name)

หมายเลข 8 หมายถึง รหัสผ่าน (Password)

หมายเลข 9 หมายถึง ประเภทของอาคาร (Type) กฎกระทรวงกำหนดไว้ 3 ประเภท คือ Department Store, Hotel & Hospital, Office & School

หมายเลข 10 หมายถึง ระบุที่ตั้งของอาคาร (Location)

หมายเลข 11 หมายถึง รายละเอียดอื่นๆ ของโครงการ (Description)

หมายเลข 12 หมายถึง ยืนยันข้อมูล (Submit) หลังจากที่ทำการป้อนข้อมูลถูกต้องและครบถ้วนแล้วให้ทำการยืนยันข้อมูลโดยการ กดปุ่ม (Submit) แล้วข้อมูลที่ทำการลงทะเบียนจะถูกบันทึกอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม

หมายเลข 13 หมายถึง กลับไปหน้าจอของการเข้าสู่ระบบ (Return to Login)

การป้อนข้อมูลนั้นจะต้องป้อนให้ถูกต้องและครบถ้วน โดยเฉพาะตรงที่มีเครื่องหมายดอกจันสีแดง (*) เมื่อทำการลงทะเบียนอาคารแล้ว ถ้ากดปุ่ม Project Name สามารถที่จะเลือกเปิดและทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่ลงทะเบียนไว้เพื่อเข้าสู่ระบบ แล้วป้อนรหัสผ่าน (Password) ที่ได้กำหนดไว้ในการลงทะเบียนของอาคาร ต่อจากนั้นกดปุ่มล็อคอิน (Login) เพื่อเข้าสู่ระบบเพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของอาคารที่มีการเลือกไว้ และสามารถออกจากโปรแกรมหลังจากที่ใช้งานสิ้นสุดแล้วด้วยการกดปุ่ม (Exit) และสามารถเข้ามาทำการแก้ไขข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังอาคาร

หลังจากที่ทำการลงทะเบียนอาคารใหม่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการทำการแบ่งโซนของอาคาร การแบ่งพื้นที่ของอาคารออกเป็นโซนนั้น เพื่อเป็นการแบ่งพื้นที่ส่วนที่มีระบบปรับอากาศ และพื้นที่ของอาคารที่ไม่มีระบบปรับอากาศ โดยอาคารทั้งหมดมี 4 ชั้น แบ่งออกเป็น 14 โซน ได้แก่

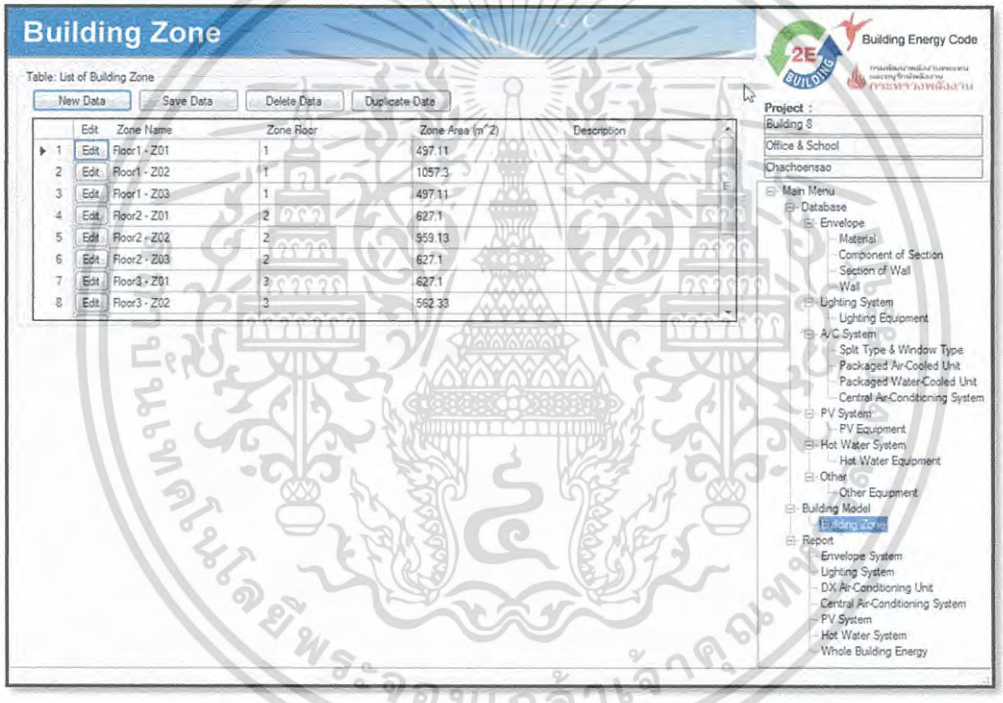
ชั้นที่ 1 มี 3 โซน พื้นที่ทั้งหมด 2,051.52 ตารางเมตร

ชั้นที่ 2 มี 3 โซน พื้นที่ทั้งหมด 2,213.33 ตารางเมตร

ชั้นที่ 3 มี 4 โซน พื้นที่ทั้งหมด 2,154.84 ตารางเมตร

ชั้นที่ 4 มี 4 โซน พื้นที่ทั้งหมด 2,195.61 ตารางเมตร

พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคาร 8,615.30 ตารางเมตร



รูปที่ 3.5 หน้าจอการป้อนข้อมูลขนาดพื้นที่และการแบ่งโซนอาคาร

การแบ่งโซนของอาคารและป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยเลือกที่หมวดของ Building Model และ Building Zone บนหน้าเมนูหลัก จากนั้นกดปุ่ม New Data ที่ปรากฏอยู่เหนือตาราง List of Building Zone เพื่อทำการสร้างและกำหนดโซนใหม่ของอาคาร ทำการระบุรายละเอียดของแต่ละโซนรวมทั้งระบุขนาดของพื้นที่ของแต่ละโซน เช่น Floor1-Z01 Area 497.11 ตารางเมตร ส่วนช่อง Description หมายถึง รายละเอียดอื่นๆที่ต้องการจะระบุไว้ เมื่อทำการป้อนข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนแล้วให้กดปุ่ม Save Data เพื่อบันทึกข้อมูล หากต้องการลบข้อมูลก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Delete Data หรือแก้ไขข้อมูลก็กดปุ่ม Edit ได้ตามที่ต้องการ สำหรับการสร้าง

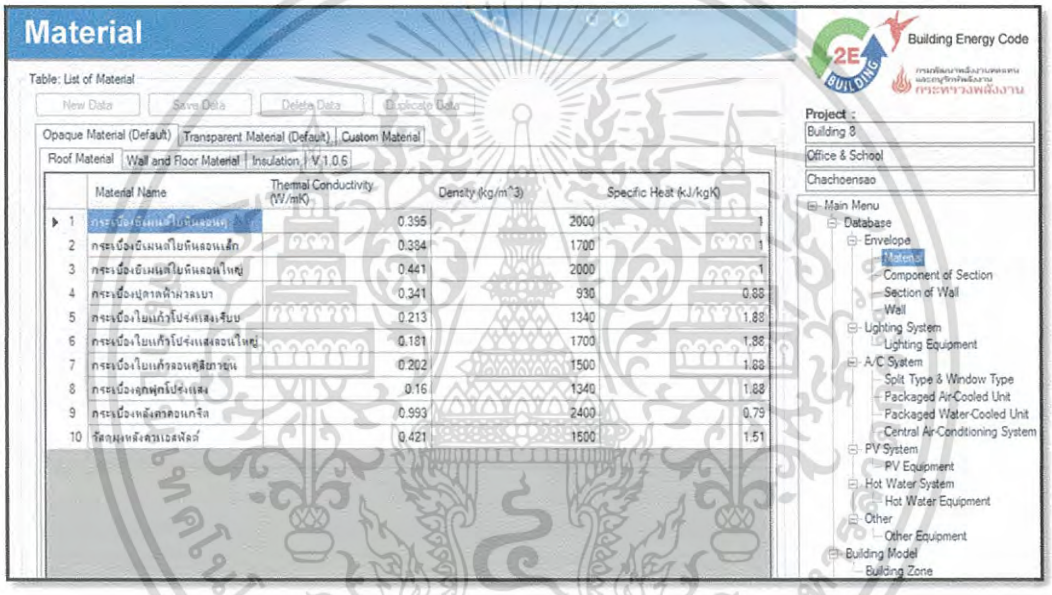
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของผนังนั้นต้องเริ่มจากการสร้างฐานข้อมูลวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนัง ด้วยการเข้าหมวดของวัสดุ (Material) และแถบที่รวมวัสดุของกรอบอาคาร ข้อมูลที่แสดงจะประกอบไปด้วยชื่อวัสดุ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และค่าความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ใช้ประกอบการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (U_w) ค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า (TD_{eq}) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวม OTTV ของผนัง

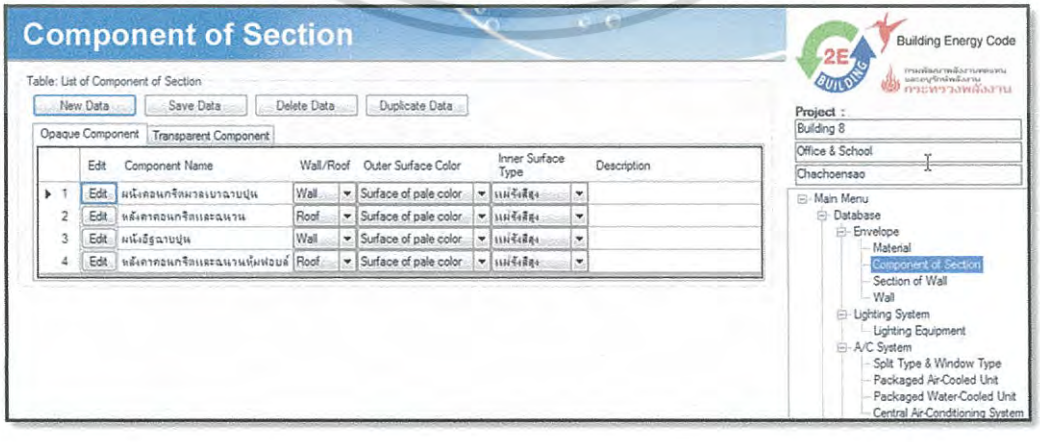
1) Opaque Material Default เป็นข้อมูลวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนังทึบ เช่น กระเบื้องคอนกรีต ฉนวน เป็นต้น

2) Transparent Default เป็นข้อมูลวัสดุกระจกประเภทต่างๆ

3) Custom Material เป็นการเพิ่มวัสดุอื่นๆ ที่ไม่มีในฐานข้อมูลที่ระบุไว้



รูปที่ 3.6 หน้าต่างวัสดุส่วนประกอบของผนัง



รูปที่ 3.7 การป้อนข้อมูลส่วนประกอบของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนด Material แล้วให้ทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เลือกหมวด Component of Section อยู่ตรงเมนูหลัก

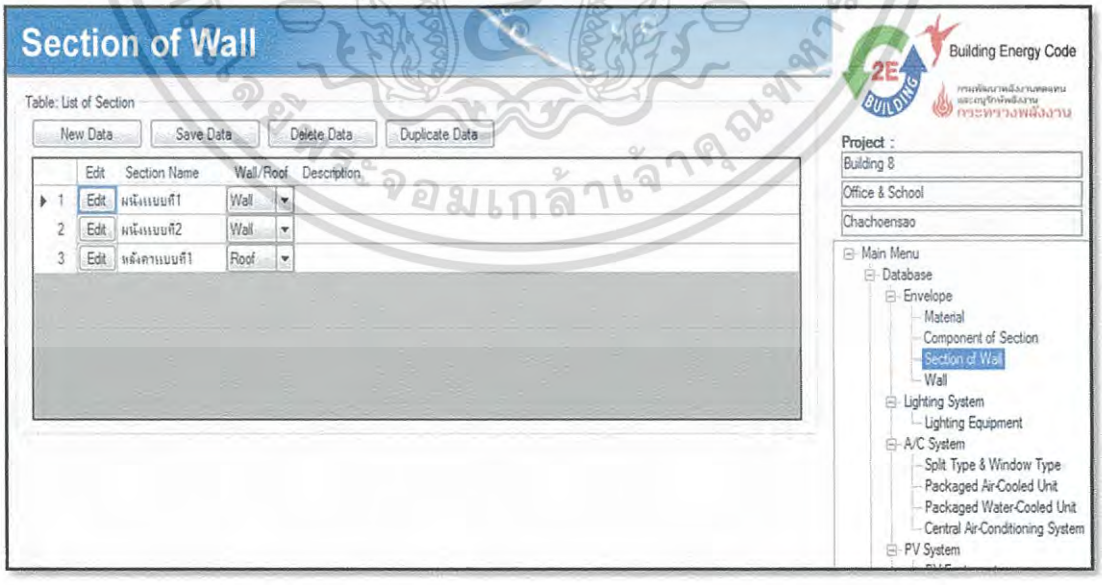
2) สร้างผนังทึบด้วยการเลือกที่ Opaque Component จากนั้นเลือกเมนู New Data และกำหนดชื่อของผนังทึบ เช่น ผนังแบบที่1 เป็นการกำหนดแทนผนังทึบที่1 วัสดุเป็นแบบที่1 เป็นต้น

3) ป้อนข้อมูลรายละเอียดส่วนประกอบผนัง เช่น ส่วนประกอบผนัง 01-1 เป็นผนัง/Wall มี Surface Color เป็น Surface of pale color และระบุ Description เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 10 เซนติเมตร

4) เลือกปุ่ม Edit หน้าชื่อของวัสดุผนังแบบที่1 จะปรากฏตารางของ Component Details เพื่อการป้อนข้อมูลชั้นของวัสดุ จากนั้นเลือกข้อมูลของวัสดุในอาคารให้ตรงกับตารางรายการวัสดุในโปรแกรม และระบุความหนาแน่นของวัสดุใน Thickness (m)

5) หลังจากป้อนข้อมูลรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

6) ถ้าต้องการสร้างส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง ให้เลือกที่ Transparent Component จากนั้นกดปุ่ม New Data จากนั้นเลือกข้อมูลที่ช่อง Component Name ให้เลือกกระจกที่ต้องการในตารางฐานข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นเลือก Wall/Roof จากนั้นจะมีรายละเอียดของวัสดุนั้นๆ ปรากฏขึ้น เมื่อทำการเลือกวัสดุผังอาคารเรียบร้อยแล้วให้ทำการกดปุ่ม Save Data เพื่อทำการบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้เลือกกดปุ่ม Delete Data



รูปที่ 3.8 การป้อนข้อมูลของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นขั้นตอนถัดไปเป็นการประกอบส่วนของผนังที่ป้อนข้อมูล Component of Section ไปแล้วจากนั้นดำเนินการต่อไปนี้

1) เข้าไปในหมวด Section of Wall บนเมนูหลัก

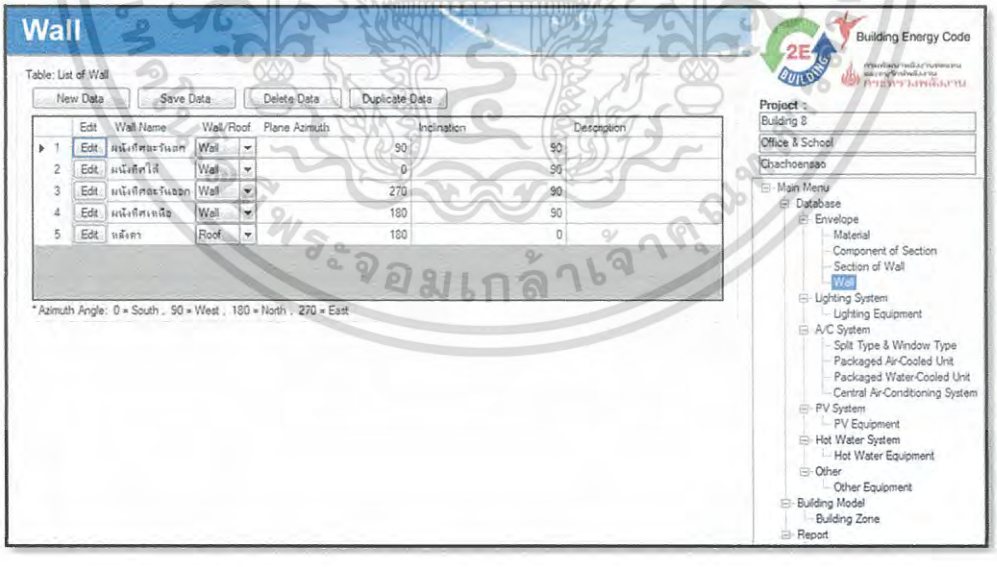
2) กดปุ่ม New Data และกรอกรายละเอียดของผนัง เช่น ชื่อของผนัง แทนผนังแบบที่1 เลือกประเภท Wall/Roof อาจจะระบุ Description เพื่อบอกรายละเอียดอื่นๆ

3) กดปุ่ม Edit หน้าชื่อ ผนังแบบที่1

4) เมื่อกดปุ่ม Edit จะปรากฏตารางของ Section Details เพื่อการกรอกข้อมูลของผนัง จากนั้นเลือก Component Name ที่ระบุไว้ข้างต้น และกรอกพื้นที่ของข้อมูลผนังแต่ละชิ้น ในผนังหนึ่งชิ้นอาจมีวัสดุที่เป็นผนังทึบและผนังโปร่งแสงรวมกันได้

5) เมื่อกรอกรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save data ในตาราง Section Details เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

6) จากนั้นกดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Section เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Dataเมื่อสร้างส่วนประกอบของผนังครบถ้วนแล้ว สามารถนำส่วนประกอบเหล่านั้นประกอบเป็นชิ้นของผนังอาคารในแต่ละทิศดังขั้นตอนในรูปที่ 3.9 ดังนี้



รูปที่ 3.9 การระบุผนังทั้งหมดของอาคาร

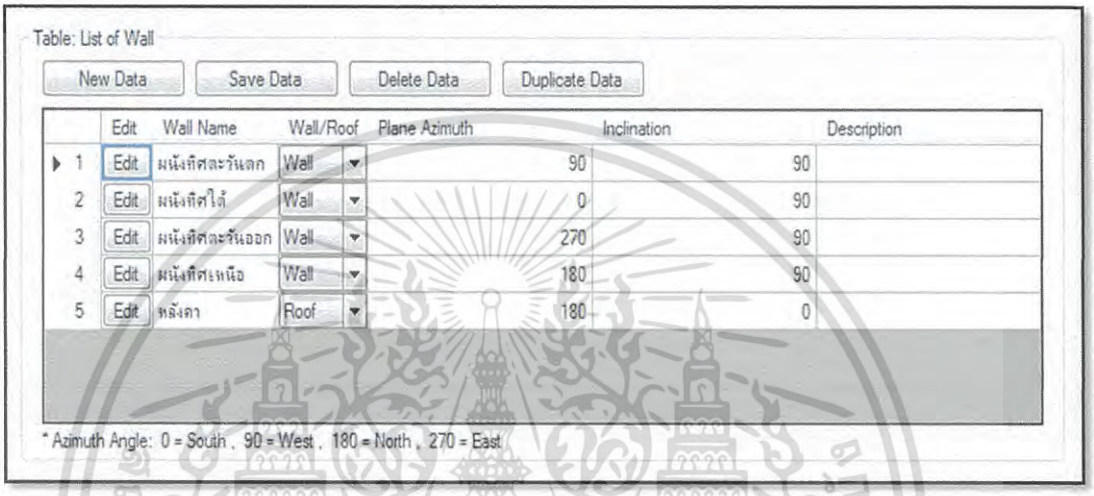
การป้อนข้อมูลของผนังมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เข้าไปในหมวด Wall บนเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กดปุ่ม New Data ในตารางของ List of Wall

3) กรอกรายละเอียดของผนังในทิศนั้นๆ ดังรูปที่ 3.8 เช่น ผนังทางทิศเหนือใช้ชื่อ ผนังทิศเหนือ ระบุประเภทของ Wall/Roof กำหนด Plane Azimuth ซึ่งเป็นมุมที่ผนังกระทำกับทิศเหนือ โดยวัดตามเข็มนาฬิกา (ผนังที่หันทางทิศเหนือจะมีค่าเท่ากับ 180 ผนังทางทิศใต้จะมีค่า 0) และกำหนด Inclination ซึ่งเป็นมุมที่ผนังกระทำกับแนวระนาบของพื้นโลก



รูปที่ 3.10 การระบุข้อมูลของผนังตามทิศของอาคาร

4) กดปุ่ม Edit หน้าชื่อ Wall Name จะปรากฏตารางของ Wall Details เพื่อการระบุข้อมูลผนัง

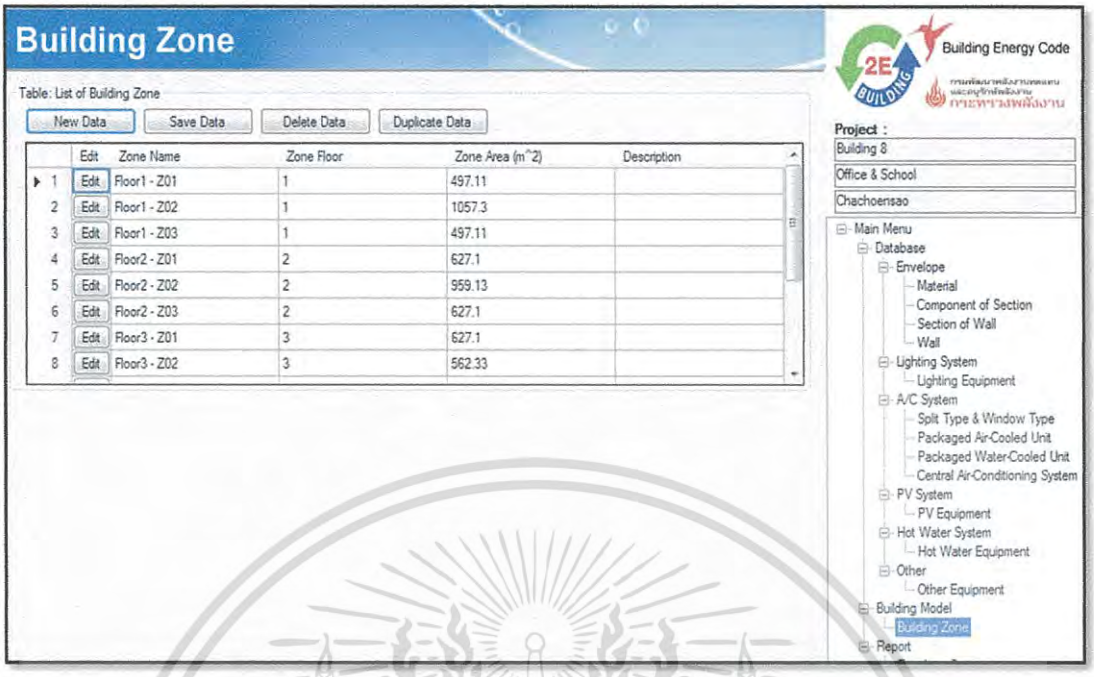
5) จากนั้นกดปุ่ม New Data เพื่อเลือกผนังตามทิศนั้นๆ และระบุ Shading Co-efficient ถ้าไม่มีแผงกันแดดให้รุบุเป็น 1 หากมีผนังกันแดดให้ระบุข้อมูลเพิ่มเติมใน Calculate SC

6) เมื่อกรอกรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ Wall Details เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

7) จากนั้นกดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Wall เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

ขั้นตอนการกรอกข้อมูลผนังในโซนหลังจากทำการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลของผนังเรียบร้อยแล้ว ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.11 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การระบุข้อมูลของผนังตามที่แบ่งโซนอาคาร

1) เข้าไปในหมวด Building Zone บนเมนูหลัก

2) กดปุ่ม Edit หน้าชื่อของ Zone Name ที่กรอกข้อมูลไว้ในขั้นตอนที่ 1 จากนั้นจะปรากฏตารางของ Components in Building Zone

3) เลือกแทปของ Exterior Wall เพื่อกรอกข้อมูลของผนังในแต่ละโซน จากนั้นกดปุ่ม New Data

4) เลือกข้อมูลของผนังเริ่มจาก Wall Name เช่น เลือกกลุ่มผนังทางทิศเหนือ ชื่อว่า ผนังทิศเหนือ จากนั้นเลือกผนัง/Section Name ผนังแบบที่ 1 และกรอกพื้นที่ของผนังมีหน่วยเป็นตารางเมตร หากมีผนังซ้ำแบบกันในแต่ละโซน สามารถบวกพื้นที่ของผนังเข้าไปได้ตามทิศนั้นๆ

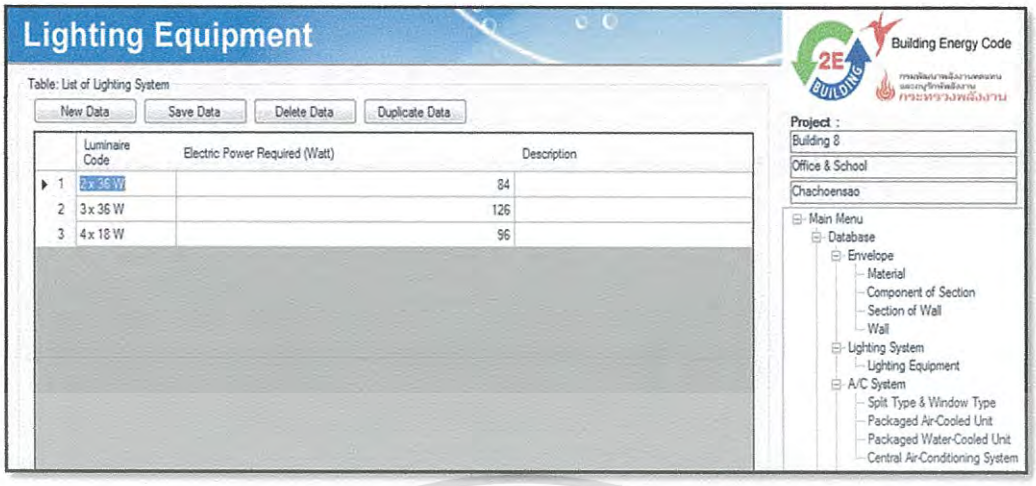
5) เมื่อกรอกระละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ Components in Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

6) จากนั้นกดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

3.4 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร

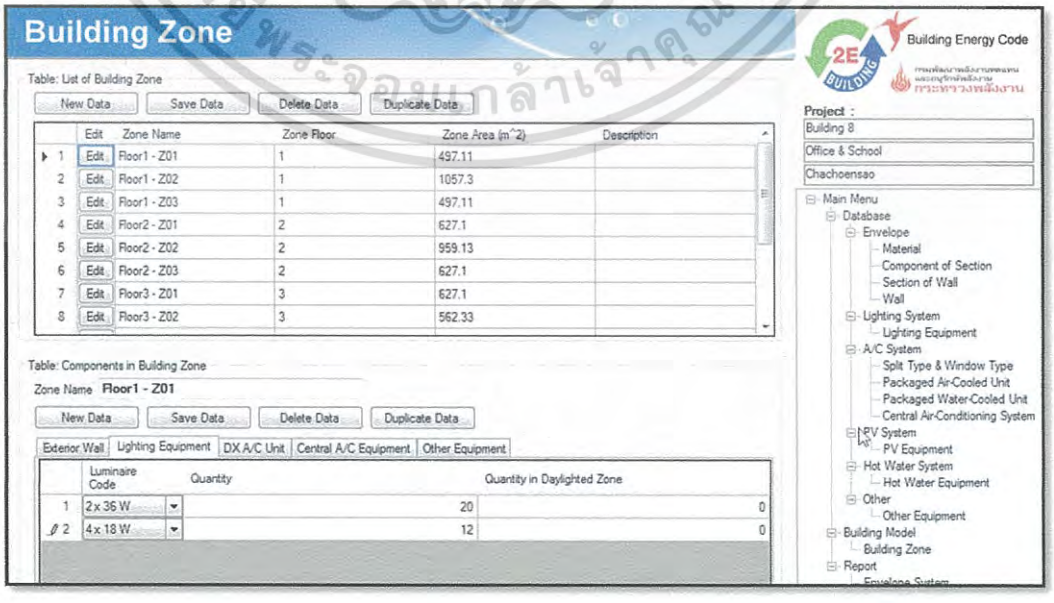
การประเมินสมรรถนะพลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะพิจารณาจากค่าดัชนี Light Power Density (LPD) ซึ่งบ่งบอกถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่อาคารของระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง ข้อมูลที่ต้องการในส่วนนี้คือ จำนวนดวงโคมในแต่ละโซน กำลังไฟที่ใช้ในดวงโคมแต่ละชนิด จากนั้นให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.12 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การระบุข้อมูลของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง

1) เข้าไปในหมวด Lighting Equipment บนเมนูหลัก
2) กดปุ่ม New Data ในตารางของ List of Lighting System ใส่ข้อมูลในแต่ละชนิดของดวงโคม
3) กรอกรายละเอียดข้อมูลของดวงโคม เช่น ชื่อของดวงโคม/Luminaire Code คือ 2X36 W แทนชื่อของโคมฝังฝ้าตะแกรงถี่ แผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียม 95% พร้อมหลอด FLUORESCENT 36 วัตต์ และบัลลาสต์มีค่า 6 วัตต์ รวม 42วัตต์/หลอด กรณี 1ดวงโคมมี 2 หลอด จะเท่ากับ 84 วัตต์ หาก 1 ดวงโคมมี 3 หลอด จะเท่ากับ 126 วัตต์
4) เมื่อกรอกระละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Lighting System เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data
5) จากนั้นเข้าไปในหมวด Building Zone อีกครั้งเพื่อกรอกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละโซนดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การระบุข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่างในโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) กดปุ่ม Edit หน้าชื่อของ Zone Name ที่กรอกข้อมูลไว้ในขั้นตอนที่ 1 จากนั้นจะปรากฏตารางของ Components in Building Zone

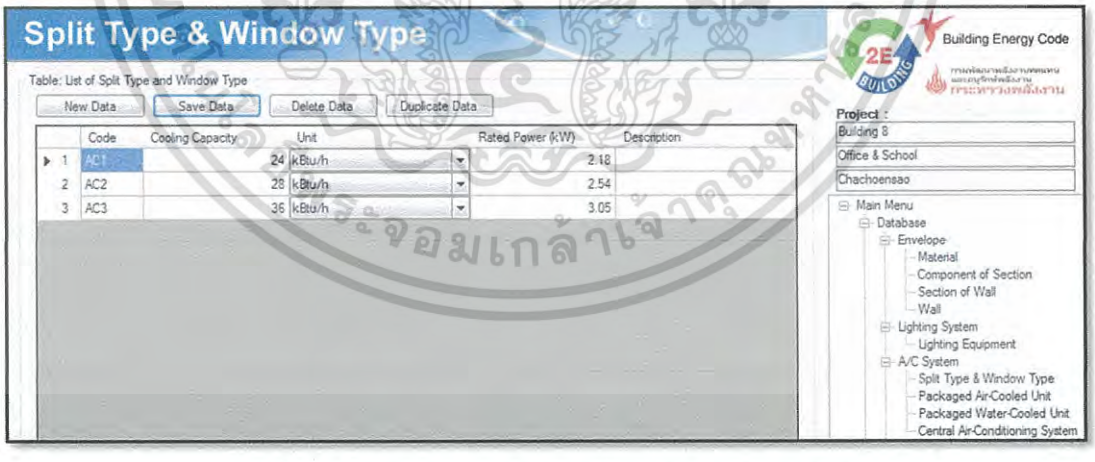
7) เลือกแทปของ Lighting Equipment จากนั้นกดปุ่ม New Data เพื่อระบุดวงโคม

8) กรอกรายละเอียดของดวงโคมแต่ละชนิด เช่น โซน 1A-01 มีการใช้ดวงโคม/Luminaire Code 2x36 W จำนวน/Quantity in Daylighted Zone เท่ากับ 0 เนื่องพื้นที่ดังกล่าวไม่มีการใช้แสงธรรมชาติ

9) เมื่อกรอกรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ Components in Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data จากนั้นกดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

3.5 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร

การประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ พิจารณาจากค่าสมรรถนะการทำความเย็น Coefficient of Performance หรือ COP ของทั้งระบบ สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลายตัว กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เหล่านี้จะนำมาคำนวณรวมกันเพื่อหาสมรรถนะของระบบปรับอากาศทั้งระบบ ในกรณีของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เช่น เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สมรรถนะพลังงานจะพิจารณาเป็นรายอุปกรณ์ ซึ่งมีการกรอกข้อมูลดังรูปที่ 3.14 ดังนี้



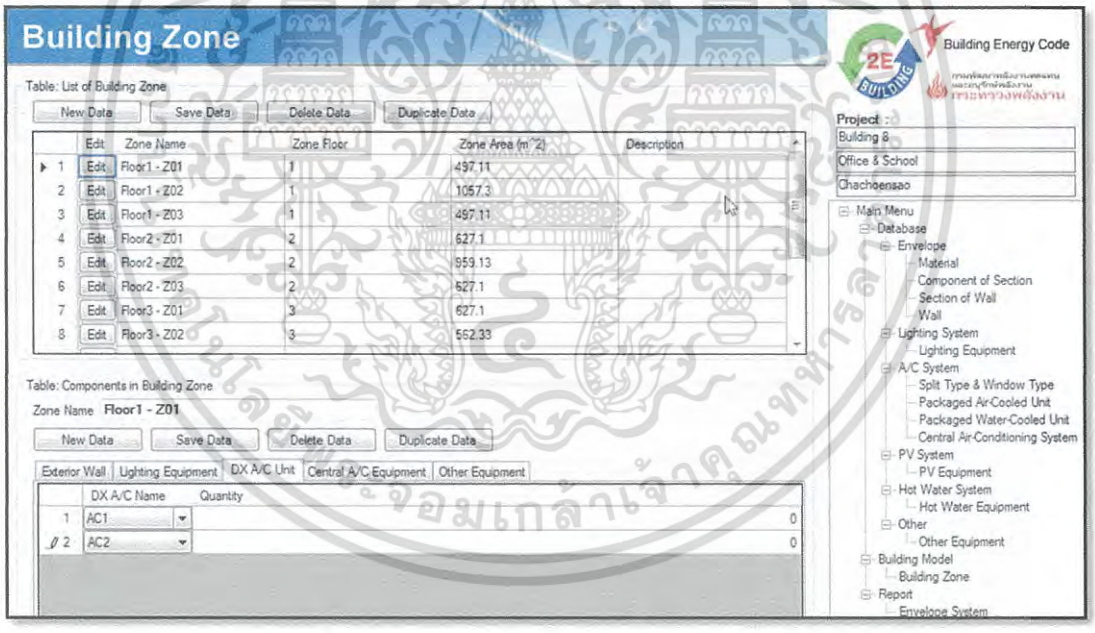
รูปที่ 3.14 การระบุข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1) ในกรณีของอาคารตัวอย่างเป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ให้เข้าไปในหมวด Split Type & Window Type บนเมนูหลัก

2) เลือกปุ่ม New Data ที่อยู่เหนือตาราง List of Split Type and Window Type

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กรอกข้อมูลของระบบปรับอากาศแต่ละชนิด เช่น ชื่อ Code ใช้สัญลักษณ์เป็น AC1 มีขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ Cooling Capacity เท่ากับ 18 kBtu/h และมีกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ Rated Power 1.637 kW (ได้จากการนำ Cooling Capacity หารด้วยค่า EER ของเครื่องปรับอากาศ) จากนั้นระบุรายละเอียดอื่นๆ/description
4) เมื่อกรอกรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Split Type and Window Type เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data
5) จากนั้นเข้าไปในหมวด Building Zone อีกครั้งเพื่อกรอกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละโซนดังรูปที่ 3.13
6) กดปุ่ม Edit หน้าชื่อของ Zone Name ที่กรอกข้อมูลไว้ในขั้นตอนที่ 1 จากนั้นจะปรากฏตารางของ Components in Building Zone
7) เลือกแทปของ DX A/C Unit จากนั้นกดปุ่ม New Data เพื่อระบุเครื่องปรับอากาศ
8) กรอกรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด เช่น โซน 1A-01 มีการใช้เครื่องปรับอากาศ DX A/C Name AC1 และมีจำนวนเครื่องปรับอากาศหรือ Quantity 5 ชุด



รูปที่ 3.15 การระบุข้อมูลระบบปรับอากาศในโซน

9) เมื่อกรอกรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ Components in Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data จากนั้นกดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of Building Zone เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การแสดงผลการคำนวณการใช้พลังงานของอาคาร

โดยทั่วไปอาคารประเภทสำนักงาน และสถานศึกษา มีการกรอกข้อมูลในส่วนของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ซึ่งการแสดงผลการคำนวณในแต่ละระบบสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกรอบอาคาร

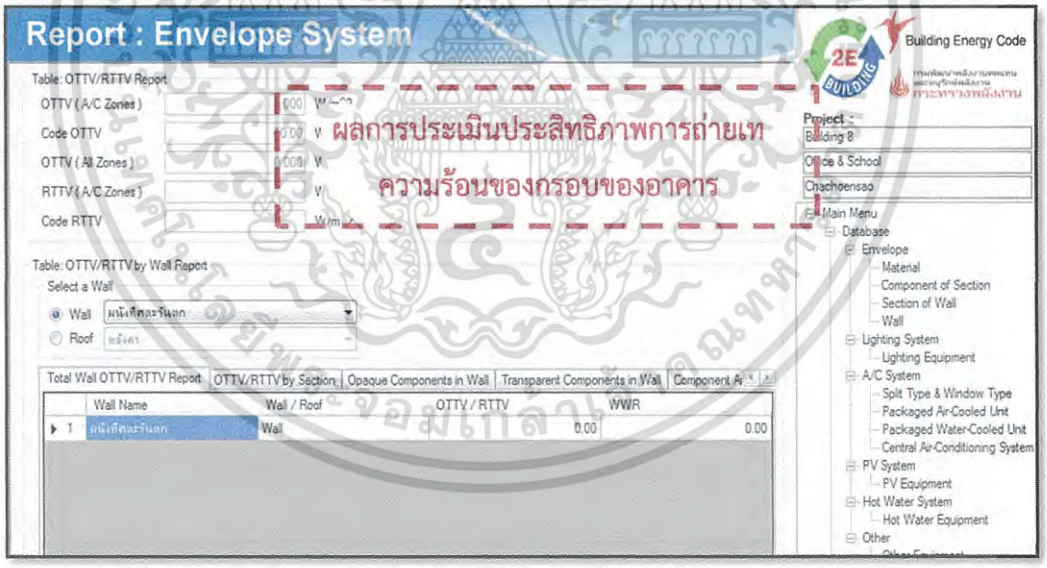
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกรอบอาคารดังรูปที่ 3.16 แสดงหน้าต่างผลการคำนวณ OTTV และ RTTV โดยค่าที่แสดงมีค่ารวมทั้งอาคาร ค่า OTTV และ RTTV ที่แยกแสดงในแต่ละโซน ช่วยให้ผู้ประเมินทราบว่ากรอบอาคารส่วนใดที่มีสมรรถนะต่ำ และควรปรับปรุง การดูผลการคำนวณสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) เลือกหมวด Report และ Envelope System บนเมนูหลัก

2) จะปรากฏหน้าต่างของผลการคำนวณ OTTV และ RTTV

3) เมื่อต้องการดูค่าของ OTTV และ RTTV ในผนังทิศต่างๆ ให้กดเลือกที่ปุ่ม Wall ในตาราง OTTV/RTTV by Wall Report จากนั้นเลือกทิศของผนังที่ต้องการแสดงผล

4) จากนั้นสามารถเลือดแทปเพื่อดูค่าการประเมินในหมวดของกรอบอาคารอื่นๆได้ เช่น OTTV/RTTV by Section เป็นต้น



รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกรอบอาคาร

3.6.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคารดังรูปที่ 3.17 ซึ่งมีการแสดงผลแยกเป็นแต่ละชั้น แต่ละโซน และผลรวมของทั้งอาคาร รวมถึงการแสดงผลระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นสูง การดูผลการคำนวณสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

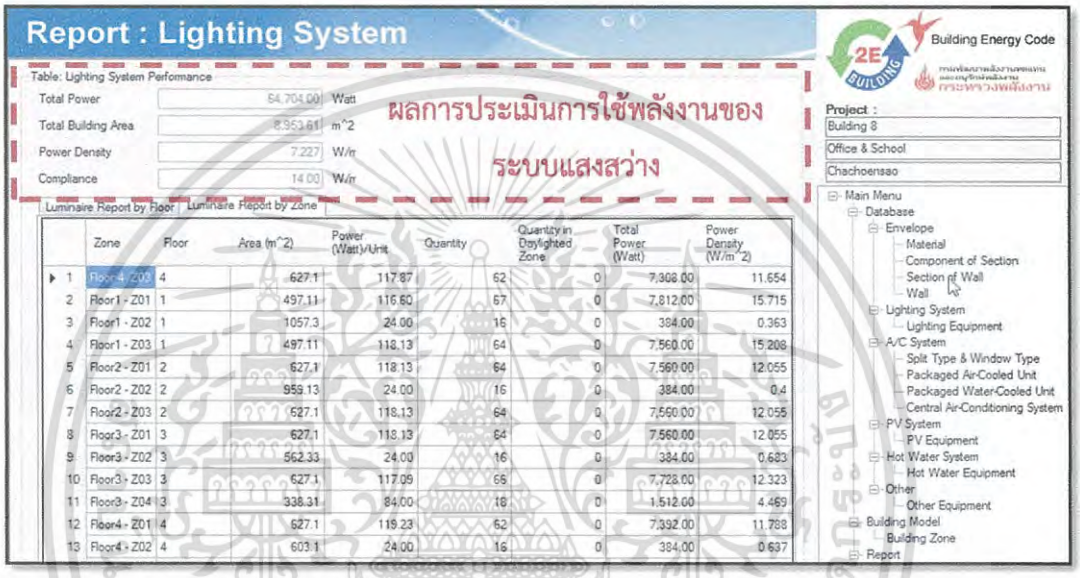
1) เลือกหมวด Report และ Lighting System บนเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จะปรากฏหน้าต่างของผลการคำนวณ Lighting System Performance ผลการคำนวณประสิทธิภาพพลังงานของระบบแสงสว่างทั้งอาคาร แสดงอยู่ในส่วนบนของตาราง

3) เมื่อต้องการดูผลการคำนวณสมรรถนะของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละชั้นของอาคาร ให้กดเลือกแทป Luminaire Report by Floor

4) เมื่อต้องการดูผลการคำนวณสมรรถนะของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละโซนของอาคาร ให้กดเลือกแทป Luminaire Report by Zone



	Zone	Floor	Area (m^2)	Power (Watt)/Unit	Quantity	Quantity in Daylighted Zone	Total Power (Watt)	Power Density (W/m^2)
1	Floor4 - Z03	4	627.1	117.87	62	0	7,308.00	11.654
2	Floor1 - Z01	1	497.11	116.60	67	0	7,812.00	15.715
3	Floor1 - Z02	1	1057.3	24.00	16	0	384.00	0.363
4	Floor1 - Z03	1	497.11	118.13	64	0	7,560.00	15.208
5	Floor2 - Z01	2	627.1	118.13	64	0	7,560.00	12.055
6	Floor2 - Z02	2	959.13	24.00	16	0	384.00	0.4
7	Floor2 - Z03	2	627.1	118.13	64	0	7,560.00	12.055
8	Floor3 - Z01	3	627.1	118.13	64	0	7,560.00	12.055
9	Floor3 - Z02	3	562.33	24.00	16	0	384.00	0.683
10	Floor3 - Z03	3	627.1	117.09	66	0	7,728.00	12.323
11	Floor3 - Z04	3	338.31	84.00	18	0	1,512.00	4.469
12	Floor4 - Z01	4	627.1	119.23	62	0	7,392.00	11.788
13	Floor4 - Z02	4	603.1	24.00	16	0	384.00	0.637

รูปที่ 3.17 หน้าต่างแสดงผลสมรรถนะของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

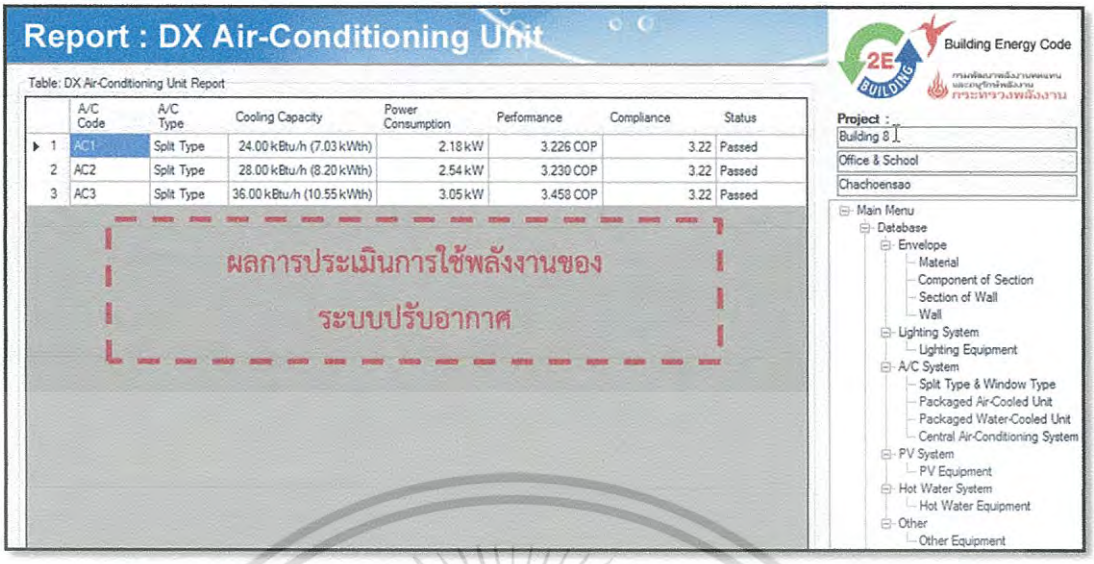
3.6.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคารดังรูปที่ 3.18 ซึ่งมีการแสดงผลคำนวณประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศเป็นรายอุปกรณ์ (กรณีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน) ดูผลการคำนวณสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) เลือกหมวด Report และ Dx Air-Conditioning Unit บนเมนูหลัก

2) จะปรากฏหน้าต่างของ Dx Air-Conditioning Unit Report แสดงผลของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศเป็นรายอุปกรณ์ทั้งอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 หน้าต่างแสดงผลสมรรถนะพลังงานของระบบปรับอากาศ (แบบแยกส่วน)

3.6.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานรวมของอาคาร

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานรวมของอาคาร ดังรูปที่ 3.19 มีการแสดงรายงานผลการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร และแสดงรายละเอียดในหัวข้อย่อยต่างๆได้ดังนี้

รูปที่ 3.19 หน้าต่างแสดงผลการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

-Building Energy Consumption (kWh/y) แสดงพลังงานที่ใช้ต่อปี

-Energy from Solar Cell System (kWh/y) แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ต่อปี (ในกรณีที่อาคารมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Net Energy Consumption (Evaluated Building) (kWh/y) แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สุทธิต่อปีของอาคารที่ออกแบบ (ค่าการใช้พลังงานทั้งปีหักออกด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้)

-Net Energy Consumption (Reference Building) (kWh/y) แสดงระดับสมรรถนะพลังงานอาคารอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นสูง

การดูผลการคำนวณสามารถปฏิบัติได้ดังนี้

1) เลือกหมวด Report และ Whole Building Energy บนเมนูหลัก

2) จะปรากฏหน้าต่าง Report: Whole Building Energy แสดงผลพลังงานรวมในส่วนบนของตารางตามหัวข้อย่อยข้างต้น

3) เลือกแทป Energy by Floor เพื่อแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในแต่ละชั้น ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1) OTTV (W/m2) ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังในส่วนพื้นที่ปรับอากาศ

3.2) RTTV (W/m2) ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในส่วนพื้นที่ปรับอากาศ

3.3) LPD (W/m2) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่าง

3.4) COP สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

3.5) OCCU (Head/m2) ค่าความหนาแน่นของผู้อยู่อาศัยต่อพื้นที่ (ประมาณการ)

3.6) VENT (l/s/m2) อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ (ประเมินได้จากข้อมูลของพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้ง)

3.7) EPD (W/m2) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆต่อพื้นที่

3.8) Energy (kWh/y) ค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละชั้นต่อปี

4) เลือกแทป Energy by Building Zone เพื่อแสดงผลการประเมินการใช้พลังงานในแต่ละโซน

3.7 การนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับอาคาร

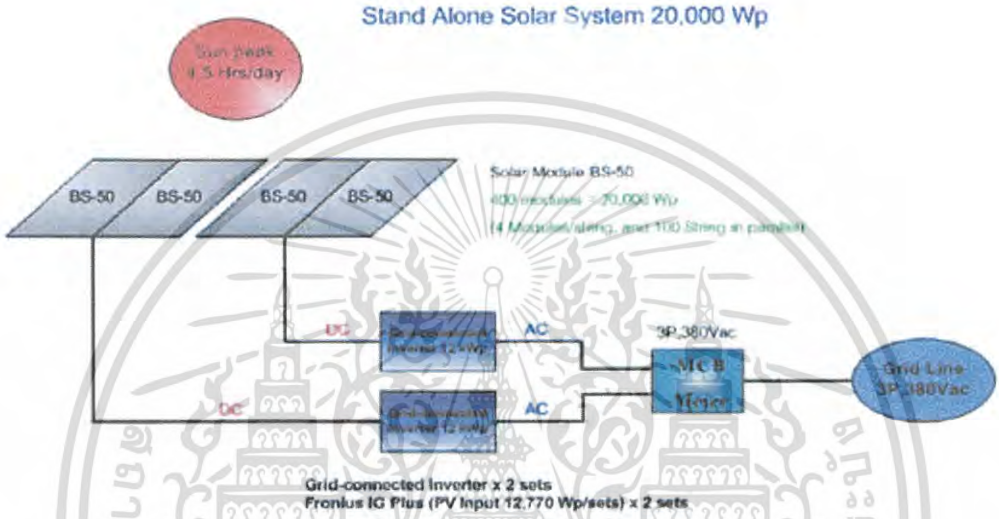
การปรับปรุงอาคารเพื่อให้เป็นไปตามที่กฎหมายพลังงานกำหนด ผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในการช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร และเป็นการนำพลังงานที่สะอาดมาใช้ เพื่อลดการใช้พลังงานที่ต้องพึ่งพาจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเริ่มศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ทำการวิเคราะห์หาค่าความคุ้มทุน และ เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงอาทิตย์ (PVSYST) และผลที่ได้จากการติดตั้งจริงบนหลังคาอาคาร สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.7.1 ไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

แบบจำลองและหลักการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟของการไฟฟ้า



รูปที่ 3.20 แสดงไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบไฟของการไฟฟ้าขนาด 20 kWp

จากรูปที่ 3.20 เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่อินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วจ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยอินเวอร์เตอร์จะจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้ในช่วงที่มีไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเท่านั้น คือ ถ้าเกิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายดับลง อินเวอร์เตอร์จะระงับการจ่ายไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้าได้ โดยเรียกการป้องกันแบบนี้ว่า การป้องกันการจ่ายไฟแบบแยกโดด ของระบบจำหน่ายนี้จะจ่ายไฟฟ้าเข้ากับภาระทางไฟฟ้าที่อยู่ในโครงการก่อน แต่เมื่อกำลังผลิตเกินกว่าความต้องการไฟฟ้า ไฟฟ้าส่วนที่เหลือก็จะไหลเข้าสู่ระบบจำหน่ายโดยอัตโนมัติ หรือถ้าความต้องการสูงกว่ากำลังผลิต ไฟฟ้าก็จะถูกดึงจากระบบจำหน่ายเข้ามาเสริมการใช้งานเช่นกัน

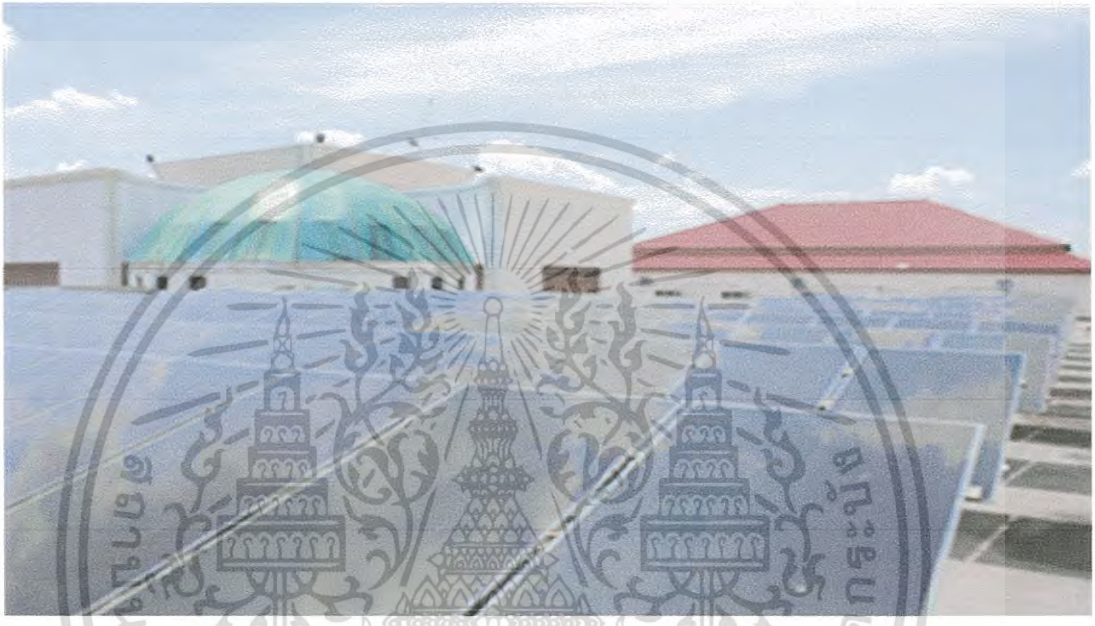
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ส่วนประกอบหลักของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักดังต่อไปนี้

3.8.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Modules)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแผงชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous silicon) ซึ่งให้กำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่าแผงละ 50 วัตต์ ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน (STC:Standard Test Conditions)



รูปที่ 3.21 แสดงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

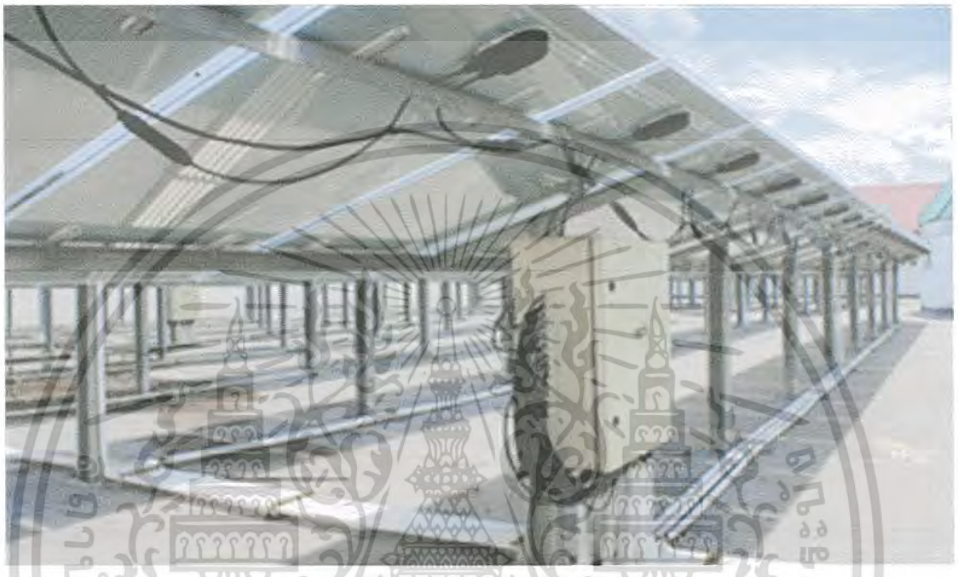
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 400 แผงแยกเป็นชุดแผง 2 ชุด ชุดละ 200 แผง โดยมีคุณลักษณะดังนี้

- กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 50 วัตต์
- แรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 70.9 โวลท์
- กระแสไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 0.71 แอมป์
- ค่าแรงดันเปิดวงจร 93.4 โวลท์
- ค่ากระแสลัดวงจร 0.82 แอมป์
- พื้นที่รวม น้อยกว่า 0.8 ตร.ม. ต่อแผง
- ลักษณะการต่อวงจร ต่ออนุกรม 8 แผง
- แรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อชุดอนุกรม 283.6 โวลท์
- ขนานกันเป็นจำนวน 50 ชุด/ชุดแผง (รวม 2 ชุด)
- กำลังไฟฟ้าสูงสุดของชุดแผงฯ รวมทั้งระบบ 20,000 วัตต์

3.8.2 กล่องรวมสาย (PV Junction Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในประกอบด้วย ฟิวส์ขนาด 2 A จำนวน 25 ชุด และ อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ จำนวน 1 ชุด โดยมีฟิวส์ขนาด 2 A ใช้สำหรับการตัดต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะใช้สำหรับป้องกันอุปกรณ์เสียหายอันเกิดจากฟ้าผ่า โดยการติดตั้งชุดกล่องรวมสายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์(PV Junction Box) จะติดตั้งจำนวน 3 ชุด ตามจำนวนชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

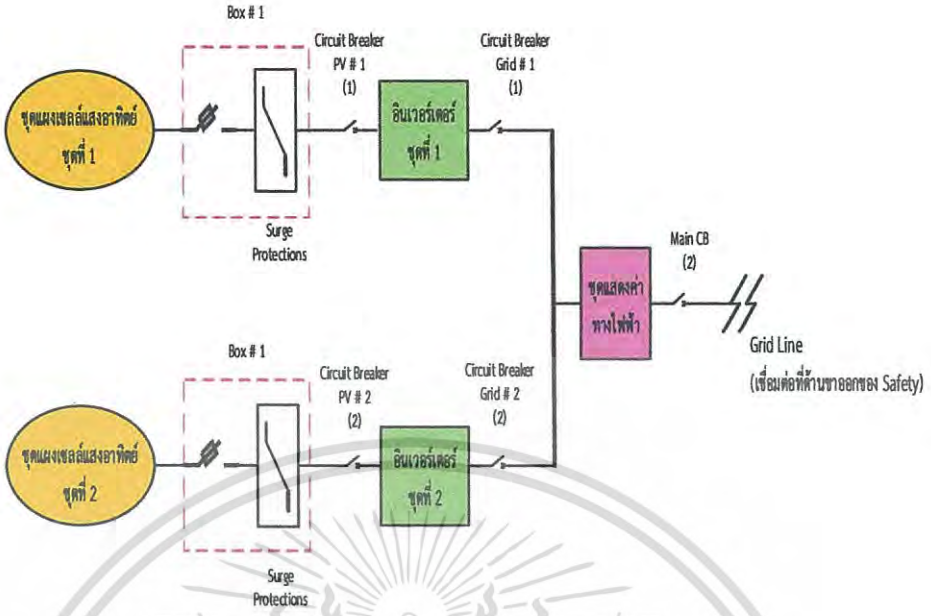


รูปที่ 3.22 กล่องรวมสายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.8.3 อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย (Grid-connected Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย จะทำหน้าที่ในการรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์มา แล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่เหมาะสมกับการจ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแบบสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่มีรูปคลื่นต่อเนื่อง (Pure Sine Wave Inverter) ที่ให้กำลังไฟฟ้าขาออกต่อเนื่อง (Continuous Output Power) ได้สูงสุดถึง 12,000 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าด้านขาออก (Output Voltage) จะอยู่ที่ 380 Vac 50Hz เหมาะสมต่อการป้อนไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยปกติแล้วระดับแรงดันขาออกจากอินเวอร์เตอร์จะสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายอยู่เล็กน้อย เพื่อให้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสามารถไหลเข้าระบบจำหน่ายได้สะดวก การใช้งานสะดวกและง่ายเนื่องจากเมื่อต่อระบบเรียบร้อยอินเวอร์เตอร์จะปรับการทำงานด้วยตัวเองอย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องทำการตั้งค่าใดๆและสามารถกดดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่ต้องการทราบได้จากหน้าจอแสดงผลที่ตัวเครื่องได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.23 ไดอะแกรมการเปิด-ปิดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์ขนาด 20 kWp

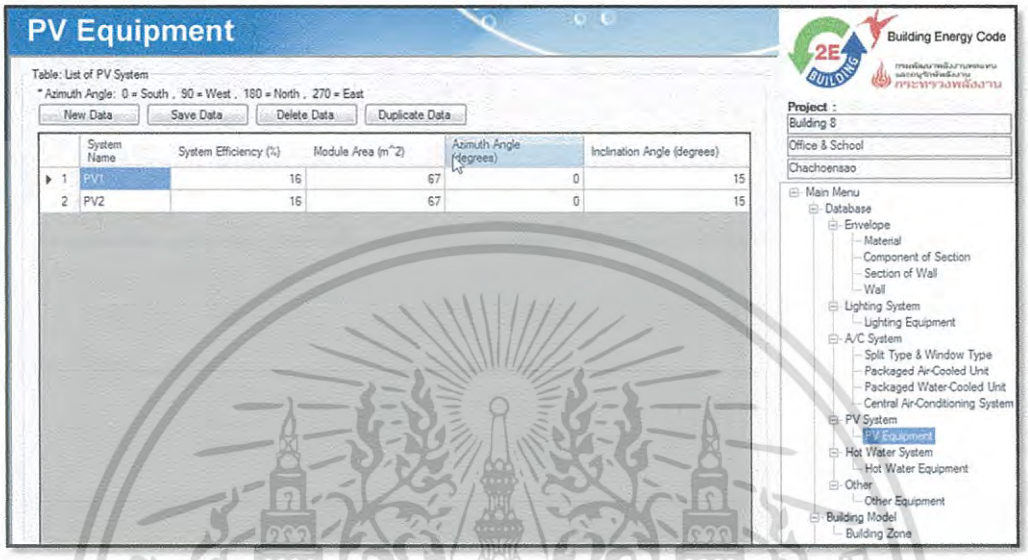
3.9 การคำนวณด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST)

การจำลองระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้เท่ากับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp ที่ติดตั้งจริงบนอาคาร หลังจากนั้นนำผลของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการติดตั้งจริงบนหลังคาอาคาร(Rooftop PV System) ข้อมูลสำคัญที่ได้นำมาเพื่อใช้วิเคราะห์ในการจำลองครั้งนี้ คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันของประเทศไทย (ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – 2553) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน (ข้อมูลสภาวะอากาศประเทศไทย พ.ศ. 2553) และนำมาประกอบการคำนวณและบันทึกผลโดยการใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PYSYST) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงระยะเวลาในการหาจุดคุ้มทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp ที่ติดตั้งจริงบนอาคารและทราบถึงระยะเวลาในการหาจุดคุ้มทุนของผลการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) และทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การป้อนข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้เลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถลดจำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดของอาคารได้ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.24 หน้าต่างแสดงการป้อนข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

1) เข้าไปในหมวด PV Equipment บนเมนูหลัก
2) กดปุ่ม New Data ในตารางของ List of PV System
3) กรอกรายละเอียดข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ชื่อ PV1 คือระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ระบบที่ 1 และตั้งค่า ประสิทธิภาพของระบบ, ทิศทางที่ทำการติดตั้ง มุมที่ทำการติดตั้ง
4) เมื่อกรอกระละเอียดเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Save Data ในตารางของ List of PV System เพื่อบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ต้องการลบข้อมูลให้กดปุ่ม Delete Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

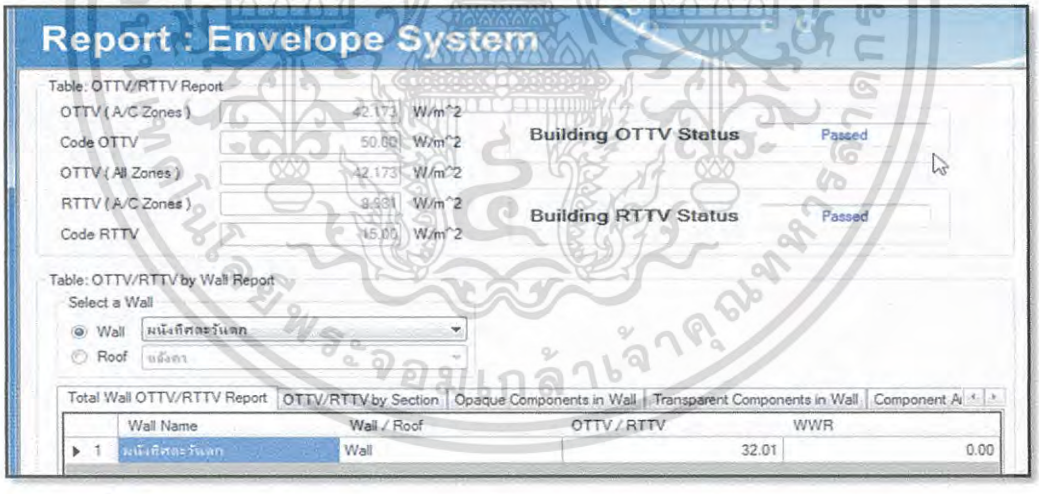
บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การวิเคราะห์ในส่วนของผนังอาคาร ระบบแสงสว่างภายในอาคาร ระบบปรับอากาศภายในอาคาร และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปีของอาคาร โดยผลที่ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC) นั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพกรอบของอาคาร

การประเมินประสิทธิภาพกรอบของอาคารจะประกอบไปด้วย ชื่อวัสดุ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และค่าความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ใช้ประกอบการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (U_w) ค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า (TD_{eq}) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวม OTTV ของผนัง ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ผลประเมินระบบกรอบของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

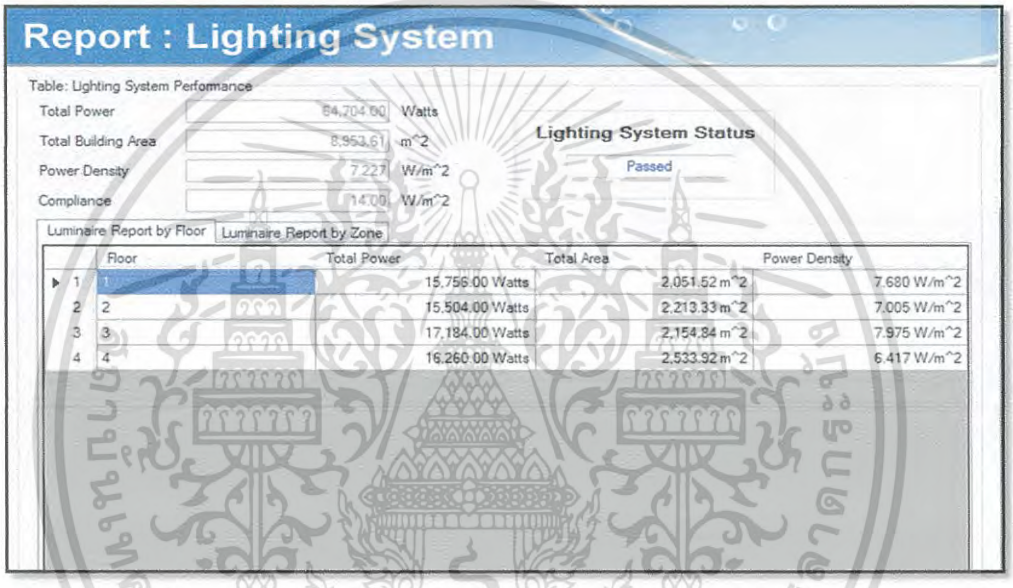
ผลการประเมินประสิทธิภาพของกรอบอาคารนั้น ผลที่ได้คือผ่านเกณฑ์การประเมินตามที่กฎหมายกำหนด สำหรับอาคารนี้เป็นประเภท สถานศึกษา สำนักงาน เกณฑ์ที่กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) ต้องมีค่าไม่เกิน 50 W/m^2 และค่าการถ่ายเทความร้อนจากหลังคา (RTTV) ต้องมีค่า ไม่เกิน 15 W/m^2 สำหรับอาคารหลังนี้มีผนังของอาคาร 2 แบบ คือ แบบแรกเป็นผนังอิฐฉาบปูนและมีหน้าต่างกระจก และแบบที่สองผนังอิฐฉาบปูนเพียงอย่างเดียว และส่วนสำคัญก็คือ บริเวณผนังอาคารมีการออกแบบให้มีส่วนที่สามารถบังแดดได้ (Shading Coefficient)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะช่วยให้ผนัง นั้นรับความร้อนที่น้อยลง ในส่วนการถ่ายเทความร้อนจากหลังคานั้น พื้นที่หลังคามีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน ที่ช่วยลดความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในอาคารให้มีค่าน้อยลง

4.2 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคาร

การประเมินประสิทธิภาพระบบแสงสว่างของอาคารจะมีการแสดงผลแยกเป็นแต่ละชั้นและแบ่งออกเป็นแต่ละโซน และผลรวมของทั้งอาคาร และทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นสูง ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 ผลประเมินระบบแสงสว่างของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

สำหรับการประเมินระบบแสงสว่างของอาคารนั้น ทำการประเมินทั้งหมด 14 โซน และทำการคิดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตารางเมตร ซึ่งผลที่ได้คือ ผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด สำหรับอาคารสำนักงานนั้นต้องมีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าต่อตารางเมตรไม่เกิน 14 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยอาคารหลังนี้ออกแบบมาให้ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาช่วยให้แสงสว่างภายในอาคาร และนอกจากการที่อาคารหลังนี้ได้รับแสงจากผนังแล้ว ตรงบริเวณส่วนกลางของอาคารก็มีแสงที่ผ่านเข้ามาในตัวอาคารได้ ซึ่งบริเวณดังกล่าวก็เป็นบริเวณที่ไม่มีระบบปรับอากาศ ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบปรับอากาศของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคาร

การประเมินประสิทธิภาพระบบปรับอากาศของอาคารจะพิจารณาจากค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) ของทั้งระบบ สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายตัวและกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์เหล่านี้จะนำมาคำนวณรวมกัน เพื่อหาสมรรถนะของระบบปรับอากาศทั้งระบบ สำหรับกรณีเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เช่น เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน สมรรถนะจะถูกพิจารณาเป็นรายอุปกรณ์ และทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งมีผลดังต่อไปนี้

Report : DX Air-Conditioning Unit

Table: DX Air-Conditioning Unit Report

	A/C Code	A/C Type	Cooling Capacity	Power Consumption	Performance	Compliance	Status
▶ 1	AC1	Split Type	24.00 kBtu/h (7.03 kWth)	2.18 kW	3.226 COP	3.22	Passed
2	AC2	Split Type	28.00 kBtu/h (8.20 kWth)	2.54 kW	3.230 COP	3.22	Passed
3	AC3	Split Type	36.00 kBtu/h (10.55 kWth)	3.05 kW	3.458 COP	3.22	Passed
4	AC4	Split Type	12.00 kBtu/h (3.52 kWth)	0.98 kW	3.583 COP	3.22	Passed

รูปที่ 4.3 ผลประเมินระบบปรับอากาศของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

การประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือ ขนาดของอาคาร และ มาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 กำหนดไว้ เครื่องปรับอากาศที่มีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 12,000 วัตต์ จะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ไม่น้อยกว่า 3.22 วัตต์ต่อวัตต์ และจะต้องมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไม่น้อยกว่า 11 บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศของอาคารหลังนี้ นั้นได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นโซน ซึ่งมีทั้งโซนที่มีระบบปรับอากาศทั้งหมด 10 โซน และผลที่ได้คือผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคาร

การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคาร ซึ่งผลมีดังต่อไปนี้ อาคารมีการใช้พลังงานรวมทั้งปีเท่ากับ 387,771.01 kWh/Year และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่อ้างอิงมีค่าการใช้พลังงานตลอดทั้งปีเท่ากับ 401,878.89 kWh/Year ดังนั้นการใช้พลังงานรวมของอาคารจึงมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อ้างอิงถึง 14,107.88 kWh/Year ซึ่งสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานรวมของอาคารในกฎกระทรวงกำหนด ประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552

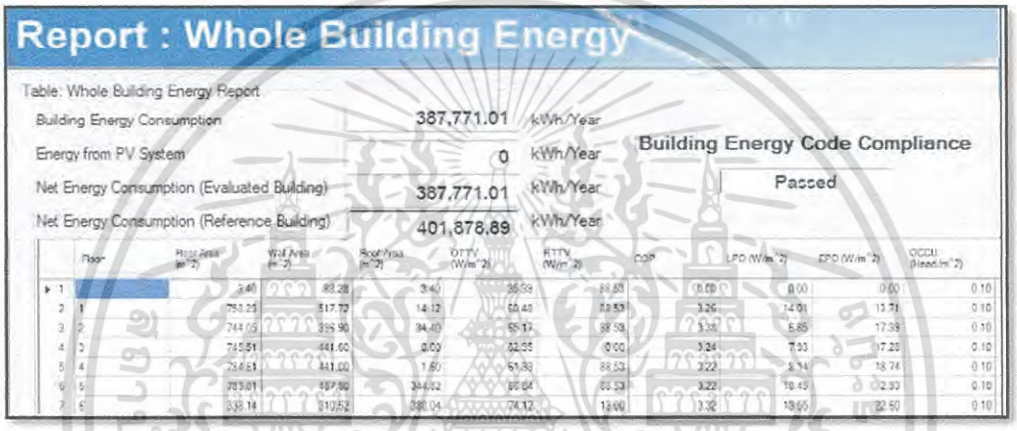

Report : Whole Building Energy

Table: Whole Building Energy Report

Building Energy Consumption	387,771.01	kWh/Year
Energy from PV System	0	kWh/Year
Net Energy Consumption (Evaluated Building)	387,771.01	kWh/Year
Net Energy Consumption (Reference Building)	401,878.89	kWh/Year

Building Energy Code Compliance

Passed

	Floor	Floor Area (m^2)	Wall Area (m^2)	Roof Area (m^2)	OTTV (W/m^2)	RTTV (W/m^2)	COP	LPD (W/m^2)	EPD (W/m^2)	OCCU (Head/m^2)
▶ 1		3.40	83.28	3.40	36.59	88.53		0.00	0.00	0.00	0.10
2	1	753.25	517.72	14.12	50.40	78.53		3.26	14.01	13.71	0.10
3	2	744.05	395.90	94.40	65.17	88.53		3.26	6.85	17.39	0.10
4	3	745.51	441.60	0.00	62.05	0.00		3.24	7.33	17.20	0.10
5	4	754.61	441.00	1.50	61.88	88.53		3.22	8.14	18.74	0.10
6	5	783.81	387.90	344.82	60.04	88.53		3.22	19.45	12.90	0.10
7	6	338.14	310.52	330.04	74.12	13.00		3.32	19.65	22.50	0.10

รูปที่ 4.4 ผลประเมินการใช้พลังงานรวมของอาคารด้วยโปรแกรม (Building Energy Code, BEC)

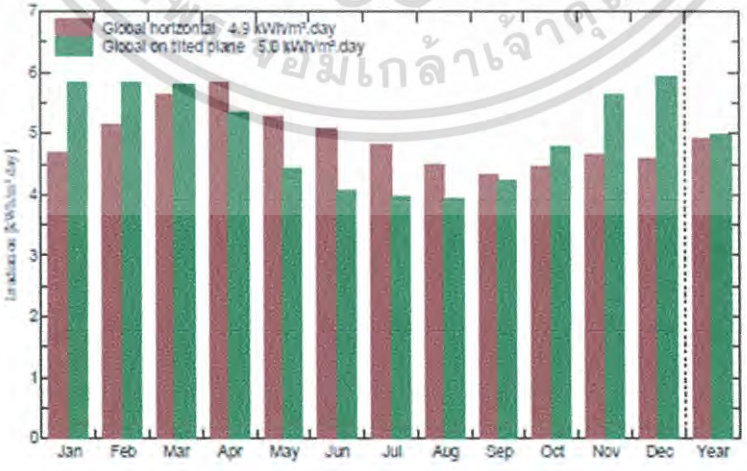
ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด และผลของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นสามารถชดเชยค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารได้ประมาณ 30,868.99 kWh และในการศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาอาคารนั้น จะดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) ในการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อประเมินกำลังการผลิตของระบบเมื่อมีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ เข้ามาใช้งาน โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp บนหลังคาอาคาร โดยมีการบันทึกค่าที่ได้จากอินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย และจัดเก็บทุกๆวัน รวมเป็นเดือนและตลอดทั้งปีเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ตลอดทั้งปีและจะนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) ในการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มแสง

ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้จะแปรผันตรงกับความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบ และเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อทำให้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด บริเวณที่รับรังสีเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งปี นั้นอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยได้รับรังสีเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ในช่วง 4.97 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งประเทศ สำหรับประเทศไทยนั้นจะได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งส่งผลต่อการกระจายความเข้มแสงรังสีอาทิตย์ของบริเวณต่างๆในประเทศไทย โดยพบว่าประเทศไทยจะได้รับรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม – เมษายน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.05 ถึง 6.15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน และมีรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศไทยมีค่า 4.92 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

ข้อมูลสำคัญที่ได้นำมาเพื่อใช้วิเคราะห์ในการจำลองครั้งนี้ คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันของประเทศไทย (ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – 2553) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน (ข้อมูลสภาวะอากาศประเทศไทย พ.ศ. 2553) โดยรูปที่ 4.1 แสดงปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยบนพื้นที่ติดตั้งจากโปรแกรมคำนวณ ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ภายในหนึ่งปีจากโปรแกรมสำหรับการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์ (PVSYST) นำมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงบนหลังคาโดยนำค่าที่บันทึกได้จากอินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย และจัดเก็บทุกๆวัน รวมเป็นเดือน และตลอดทั้งปีสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 ปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อเดือนบนพื้นที่ติดตั้ง

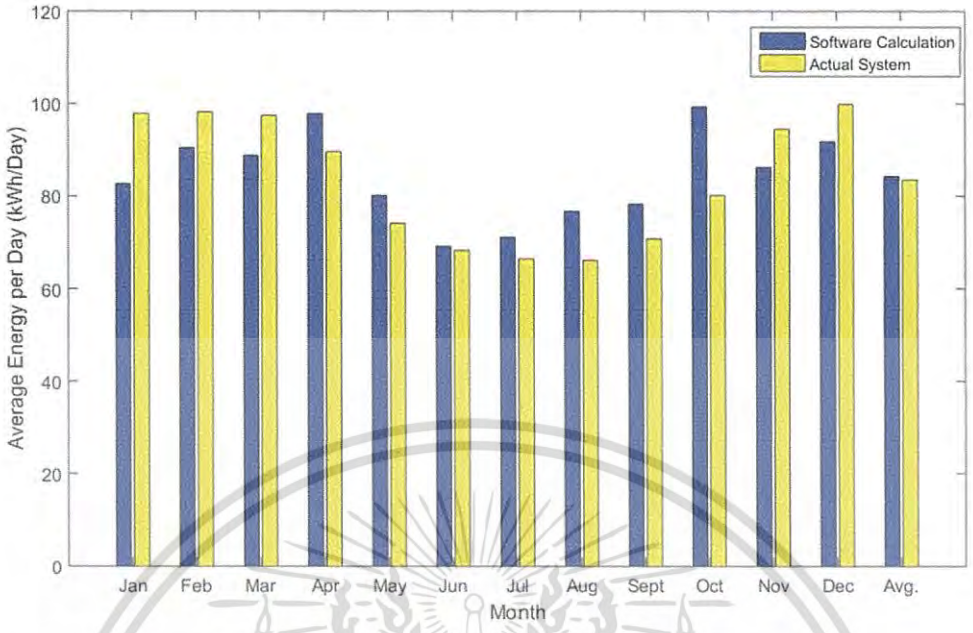
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมเปรียบเทียบกับที่ติดตั้งจริง

เดือน	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (kWh/Day)		พลังงานไฟฟ้า (kWh)	
	คำนวณโดยโปรแกรม	ระบบที่ติดตั้งจริง	คำนวณโดยโปรแกรม	ระบบที่ติดตั้งจริง
มกราคม	97.84	82.60	3,033	2,560.74
กุมภาพันธ์	98.20	90.50	2,750	2,624.55
มีนาคม	97.45	88.80	3,021	2,752.94
เมษายน	89.61	97.82	2,688	2,934.74
พฤษภาคม	74.09	80.09	2,297	2,482.79
มิถุนายน	68.21	69.11	2,046	2,073.40
กรกฎาคม	66.41	71.08	2,059	2,203.52
สิงหาคม	66.11	76.67	2,049	2,376.94
กันยายน	70.75	78.23	2,122	2,347.01
ตุลาคม	80.09	99.33	2,483	3,079.35
พฤศจิกายน	94.47	86.22	2,834	2,586.89
ธันวาคม	99.87	91.80	3,096	2,846.06
รวม			30,479	30,868.99

ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกริดจากโปรแกรมคำนวณและข้อมูลจากระบบที่มีการติดตั้งจริงบนอาคารที่ใช้ในการศึกษาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 จากในภาพจะเห็นได้ว่าข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และจากการติดตั้งมีความแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ เป็นต้น โดยกำลังการผลิตเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปีแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากระบบติดตั้งจริงมีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งก็ถือได้ว่าโปรแกรมคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง และสามารถนำมาประเมินประสิทธิภาพของระบบก่อนการตัดสินใจลงทุนสร้างโครงการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.6 กำลังการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้งจริง

4.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคาร โดยจะวิเคราะห์จากการนำต้นทุนที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp ซึ่งค่าติดตั้งโดยประมาณรวม 1,121,500 บาท โดยประกอบไปด้วย

ตารางที่4.2 ข้อมูลต้นทุนที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp

ลำดับที่	รายการ	ค่าวัสดุและแรงงาน (บาท)
1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์กำลังผลิต 20 กิโลวัตต์	400,000
2	โครงสร้างยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	100,000
3	อินเวอร์เตอร์	171,500
4	วางท่อร้อยสาย	150,000
5	ระบบควบคุมและการแสดงผล	150,000
6	ค่าติดตั้งรวมอุปกรณ์	150,000
	รวม	1,121,500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.3 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

ปี	ต้นทุน (บาท)	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์/ปี)	รายได้ (บาท)	เงินคงเหลือสุทธิ (บาท)
0	1,121,500	0	-1,121,500	-1,121,500
1	-	30,832	215,824	-905,676
2	-	30,060	210,420	-695,256
3	-	30,005	210,035	-485,221
4	-	29,988	209,916	-275,305
5	-	29,891	209,237	-66,068
6	-	29,806	208,642	142,574

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากการติดตั้ง

ปี	ต้นทุน (บาท)	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์/ปี)	รายได้ (บาท)	เงินคงเหลือสุทธิ (บาท)
0	1,121,500	0	-1,121,500	-1,121,500
1	-	30,050	210,350	-911,150
2	-	30,366	212,562	-698,588
3	-	29,705	207,935	-490,653
4	-	29,900	209,300	-281,353
5	-	27,855	194,985	-86,368
6	-	27,662	193,634	107,266

***หมายเหตุ** : การคำนวณจุดคุ้มทุนใช้อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

เมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 5 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 16.32% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งจริงที่มีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 3 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 17.73 % แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมเล็กน้อยเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ภายนอก ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำด้วยการใช้โปรแกรมคำนวณ เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ อย่างไรก็ตามค่าที่แตกต่างกันมีค่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการเลยก็ได้ และสำหรับในปัจจุบันและอนาคตการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีคุณภาพที่สูงขึ้นมาก โดยในแต่ละเซลล์นั้นจะมีขนาดที่เล็กลงแต่ให้กำลังผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ได้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่สูงมากขึ้นแต่ใช้พื้นที่น้อยลงและที่สำคัญมีต้นทุนในการติดตั้งลดลงทำให้เห็นผลทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือจุดคุ้มทุนที่เร็วมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลของระบบแสงสว่าง

ลำดับ	อาคาร	ชั้น	ชื่อห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟ					หลอดไฟ				ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					ชนิดโคม	ผิวสะท้อนแสง มี	ผิวสะท้อนแสง ไม่มี	จำนวนหลอดต่อโคม	จำนวนโคม	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดบัลลาสต์	กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ (W)	จำนวนหลอดไฟ (หลอด)		
1	อาคาร 8	1	-	-	แขวน	✓		3	61	T8	แกนเหล็ก	36	183	8	243
2	อาคาร 8	1	คอมพิวเตอร์	-	แขวน	✓		2	32	T8	แกนเหล็ก	36	64	8	243
3	อาคาร 8	2	8201	361	แขวน	✓		3	54	T8	แกนเหล็ก	36	162	8	243
4	อาคาร 8	2	8202	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
5	อาคาร 8	2	8203	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
6	อาคาร 8	2	8204	90	แขวน	✓		2	15	T8	แกนเหล็ก	36	30	8	243
7	อาคาร 8	2	8205	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
8	อาคาร 8	2	8206	361	แขวน	✓		3	54	T8	แกนเหล็ก	36	162	8	243
9	อาคาร 8	2	8207	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
10	อาคาร 8	3	8301	91	แขวน	✓		2	15	T8	แกนเหล็ก	36	30	8	243
11	อาคาร 8	3	8302	91	แขวน	✓		2	15	T8	แกนเหล็ก	36	30	8	243
12	อาคาร 8	3	8303	-	แขวน	✓		2	21	T8	แกนเหล็ก	36	42	8	243
13	อาคาร 8	3	8304	-	แขวน	✓		2	21	T8	แกนเหล็ก	36	42	8	243
14	อาคาร 8	3	8305	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
15	อาคาร 8	3	8306	60	แขวน	✓		2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลของระบบแสงสว่าง (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชั้น	ชื่อห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	โคมไฟ				หลอดไฟ				ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					ชนิดโคม	ผิวสะท้อนแสง	จำนวนหลอดต่อโคม	จำนวนโคม	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิดบัลลาสต์	กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ (W)	จำนวนหลอดไฟ (หลอด)		
16	อาคาร 8	3	8307	90	แขวน	✓	2	15	T8	แกนเหล็ก	36	30	8	243
17	อาคาร 8	3	8308	60	แขวน	✓	2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
18	อาคาร 8	3	8309	60	แขวน	✓	2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
19	อาคาร 8	3	ห้องสมุด	-	แขวน	✓	2	45	T8	แกนเหล็ก	36	90	8	243
20	อาคาร 8	3	-	143	แขวน	✓	2	12	T8	แกนเหล็ก	36	24	8	243
21	อาคาร 8	4	8401	361	แขวน	✓	3	54	T8	แกนเหล็ก	36	162	8	243
22	อาคาร 8	4	8402	66	แขวน	✓	2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
23	อาคาร 8	4	8404	66	แขวน	✓	2	9	T8	แกนเหล็ก	36	18	8	243
24	อาคาร 8	4	8406	361	แขวน	✓	3	54	T8	แกนเหล็ก	36	162	8	243
25	อาคาร 8	4	-	87	แขวน	✓	2	8	T8	แกนเหล็ก	36	16	8	243
26	อาคาร 8	4	-	87	แขวน	✓	2	8	T8	แกนเหล็ก	36	16	8	243
27	อาคาร 8	4	ห้องสมุด	-	แขวน	✓	2	45	T8	แกนเหล็ก	36	90	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า 1 เฟส	ระบบไฟฟ้า 3 เฟส	ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
1	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
2	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
3	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
4	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
5	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
6	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
7	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
8	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
9	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า 1 เฟส	ระบบไฟฟ้า 3 เฟส	ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
10	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
11	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Internet Café	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
12	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
13	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
14	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
15	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
16	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
17	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
18	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	การเงิน	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
19	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ไปรษณีย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
20	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
21	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
22	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
23	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243
24	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243
25	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243
26	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243
27	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
28	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องประชุม	ตั้ง	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 100,000 BTU		✓	100,000	8	243
29	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8403	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 19,000 BTU	✓		19,000	8	243
30	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องเครื่องเสียง	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 19,000 BTU	✓		19,000	8	243
31	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	โถงประชุม	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
32	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	โถงประชุม	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
33	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
34	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
35	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
36	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
37	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
38	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
39	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
40	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
41	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
42	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
43	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
44	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
45	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
46	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243
47	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243
48	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243
49	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
50	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ CARRIER ขนาด 9,000 BTU	✓		9,000	8	243
51	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
52	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
53	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ FOCUS ขนาด 45,000 BTU		✓	45,200	8	243
54	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
55	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
56	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
57	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
58	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8310	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
59	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
60	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
61	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
62	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
63	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
64	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
65	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
66	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องสมุด	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
67	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
68	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 25,000 BTU	✓		25,000	8	243
69	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	ห้องพักอาจารย์	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU	✓		36,000	8	243
70	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Server	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU	✓		36,000	8	243
71	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	Server	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU	✓		36,000	8	243
72	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8201	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
73	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8201	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243
74	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8202	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ FOCUS ขนาด 45,000 BTU		✓	45,200	8	243
75	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8202	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
76	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8202	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
77	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8203	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
78	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8203	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
79	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8203	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
80	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8204	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
81	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8204	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลของระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	อาคาร	ชื่อห้อง	ชนิด	ยี่ห้อ	ระบบไฟฟ้า		ขนาดทำความเย็น (Btu/h)	ชั่วโมงทำงาน (ชม./วัน)	วันทำงาน (วัน/ปี)
					1 เฟส	3 เฟส			
82	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8204	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
83	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8205	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ FOCUS ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
84	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8205	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ FOCUS ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
85	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8205	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ FOCUS ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
86	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8206	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
87	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8206	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
88	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8206	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243
89	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8207	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ KENT ขนาด 45,200 BTU		✓	45,200	8	243
90	อาคารศูนย์ภาษาและคอมฯ	8207	แขวน	เครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ SAIJO-DENKI ขนาด 36,000 BTU		✓	36,000	8	243

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานของการศึกษาถึงผลของการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารและนำพลังงานที่ได้มาใช้ในอาคารเพื่อเป็นการช่วยให้การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ซึ่งในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารนั้นประกอบไปด้วย การประเมินกรอบของอาคาร ระบบแสงสว่างของอาคาร ระบบปรับอากาศของอาคาร และพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร และมีผลที่ได้จากการวิเคราะห์และประเมินผลดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของกรอบของอาคาร

การประเมินผลของกรอบของอาคารนั้นเกณฑ์กำหนดให้อาคารประเภทสถานศึกษา สำนักงาน ต้องมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) ไม่เกิน 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งผลการประเมินที่ได้มีค่า 42.17 วัตต์ต่อตารางเมตร และผลที่ได้มีผลมาจากอาคารหลังนี้มีการออกแบบให้มีการใช้เงาของอาคารในการช่วยลดความร้อนที่เกิดจากภายนอกและมีการออกแบบให้มีส่วนของการช่วยในการบังแดดได้ (Shading Coefficient) ซึ่งจะช่วยให้ผนัง นั้นรับความร้อนที่น้อยลง สำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) เกณฑ์กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 15 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งผลการประเมินที่ได้มีค่า 8.98 วัตต์ต่อตารางเมตร นั้นเกิดจากการที่หลังคาของอาคารเป็นพื้นปูนและหลังคากระเบื้องบางส่วนนั้น ภายใต้หลังคามีช่องอากาศ และฉนวนกันความร้อนที่ช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาได้มาก

5.2 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างของอาคาร

การประเมินระบบแสงสว่างของอาคาร เกณฑ์กำหนดไว้ไม่เกิน 14 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลการประเมินระบบแสงสว่างของอาคารมีค่า 7.22 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยการจัดวางดวงโคมนั้นมีการแยกสวิตช์ในการควบคุมหลอด ซึ่งจะช่วยในการควบคุมหลอดในส่วนที่แสงสว่างจากภายนอกอาคารเข้ามา และจะไม่จำเป็นต้องใช้ดวงโคมในบริเวณนั้นในช่วงเวลากลางวัน สามารถใช้แสงจากธรรมชาติช่วยได้ ทำให้อาคารนี้ประหยัดการใช้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศและพลังงานรวมของอาคาร

การประเมินระบบปรับอากาศของอาคารนั้นเกณฑ์กำหนดไว้ให้ เครื่องปรับอากาศที่มีกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 12,000 วัตต์ จะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ไม่น้อยกว่า 3.22 วัตต์ต่อวัตต์ และจะต้องมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไม่น้อยกว่า 11 บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์ ซึ่งผลการประเมินนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) มากกว่า 3.22 วัตต์ต่อวัตต์ และถือว่าผ่านเกณฑ์ ผลจากการที่เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่นั้นเป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กและใช้งานมาเป็นเวลานาน ทำให้อาคารหลังดังกล่าวได้ร่วนโครงการประหยัดพลังงาน และได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงพลังงาน เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ที่มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่สูง และมีการล้างและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวมของอาคาร ซึ่งผลของการประเมินนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานรวมของอาคารในกฎกระทรวงกำหนด ประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552

5.4 สรุปผลการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้พลังงานรวมของอาคารนั้นมีการปรับปรุงด้วยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 20 kWp โดยเลือกทำการติดตั้งทางด้านทิศใต้ เนื่องจากตำแหน่งที่ติดตั้งของประเทศไทยนั้นต้องติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปในตำแหน่งทิศใต้จึงจะให้กำลังการผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด ซึ่งจากการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์และความคุ้มค่าในการลงทุนจะเห็นได้ว่า ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5 ปี 5 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 16.32% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งจริงที่มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5 ปี 3 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 17.73 % เมื่อทำการเปรียบเทียบถึงระยะเวลาในการคืนทุนในการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณจะมีระยะเวลาในการคืนทุนที่ใกล้เคียงกัน เพราะผลที่ได้จากการวัดค่าจริงปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการผลิต เช่น ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และอื่น ๆ ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาอาคารนั้น มีอัตราการคืนทุนที่เหมาะสมสำหรับการลงทุน การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีคุณภาพที่สูงขึ้นมากและมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าให้สูงขึ้น มีขนาดของเซลล์ที่เล็กลง ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งและที่สำคัญมีต้นทุนในการติดตั้งลดลงทำให้เห็นผลทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือจุดคุ้มทุนที่เร็วมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552"ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126, ตอนที่ 12 ก (20 กุมภาพันธ์ 2552) : 10-13.

[2] วิรัตน์ ตั้งคุณาพันธ์ สมนึก ธีระกุลพิศุทธิ์ และประพัทธ์ สันติวรากร "วิธีการคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภายนอกของอาคารจากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) และหลังคาอาคาร (RTTV)"

[3] วิชุตา อยู่ยงค์ และพัฒนะ รักความสุข "ประเมินเทคโนโลยีสำหรับอาคารสำนักงานที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง ซึ่งทำการศึกษาการใช้พลังงานของอาคารโดยสร้างแบบจำลองของอาคารสานักงานใช้โปรแกรม EnergyPlus"

[4] มัลลิกา ปู่เพ็ชร์ และ เจนจิรา ขุนทอง "แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้วยการใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code, BEC)" การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1 ปี 2559

[5] สมชาย อินทะตา สุรัตน์ อัตถจริยกุล และเรืองรุชดิ์ ธีระโรจน์ "การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสาหรับบ้านประหยัดพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุก่อสร้างที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อน และเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านประหยัดพลังงาน"

[6] ศุทธา ศรีเผด็จ "กฎหมายอนุรักษ์พลังงานในอาคารฉบับใหม่"วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.ฉบับที่ 12 ปี 2554

[7] เอกนรินทร์ อ่อนนุช "แนวทางการสร้างแบบประเมินการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ"

[8] อังคณา สิริวรรณศิลป์ "แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงออกแบบร่างอาคาร"

[9] Cross, B.M., "Development, testing and first installations of an integrated solar roof system," 1994 IEEE First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, vol.1, pp.1020-1023, vol.1, 5-9 Dec 1994

[10] M. Šúri, T.A. Huld, E.D. Dunlop, H.A. Ossenbrink "Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries", Solar Energy, vol. 81, pp. 1295–1305, 2007.

[11] R.Vardimon "Assessment of the potential for distributed photovoltaic electricity production in Israel" Renew Energy, vol. 36, pp. 591–594, 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[12] J. Ordóñez, E. Jadraque, J. Alegre, G. Martínez "Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain)", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 14, pp. 2122–2130, 2010

[13] Z. Li, F. Boyle, A. Reynolds "Domestic application of solar PV systems in Ireland: the reality of their economic viability", Energy, vol. 36, pp. 5865–5876, 2011.

[14] Desmond W.H. Cai, Sachin Adlakha, Steven H. Low, Paul De Martini, K. Mani Chandy, Impact of residential PV adoption on Retail Electricity Rates, Energy Policy, vol. 62, pp. 830-843, Nov 2013.

[15] Chenvidhya,D.; Thongpron, J.; Sangpanich, U.; Wongyao, N.; Kirtikara, K.; Jivacate, C., "A Thai National Demonstration Project on PV grid-interactive systems: power quality observation," Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2003, vol.3, pp.2152-2154 Vol.3, 18 May 2003

[16] Jayasekara, N.; Wolfs, P., "Analysis of power quality impact of high penetration PV in residential feeders," 20th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), pp.1,8, 5-8 Dec. 2010

[17] Chidi, M.; Ipinnimo, O.; Chowdhury, S.; Chowdhury, S.P., "Investigation of impact of integrating on-grid home based solar power systems on voltage rise in the utility network," IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp.1-7, 22-26 July 2012

[18] Suresh B. Sadineni, Fady Atallah, Robert F. Boehm, "Impact of roof integrated PV orientation on the residential electricity peak demand," Applied Energy, vol. 92, pp.204-210, Apr. 2012.

[19] Zakaria,N.Z.;Zainuddin, H.; Shaari, S.; Sulaiman, S.I.; Ismail, R., "Critical factors affecting retrofitted roof-mounted photovoltaic arrays: Malaysian case study," 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT), pp.384-388, 18-20 Nov. 2013.

[20] Chattariya Sirisamphanwong,Nipon Ketjoy,"Impact of spectral irradiance distribution on the outdoor performance of photovoltaic system under Thai climatic conditions", Renewable Energy, vol. 38, no. 1, pp.69-74, Feb 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[21] Gunawan, A.; Hiralal, P.; Amaratunga, G.A.J.; Tan, K.T.; Elmes, S., "The effect of building integration on the temperature and performance of photovoltaic modules," Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014 IEEE 40th , vol., no., pp.0776,0781, 8-13 June 2014

[22] D.Chemisana, Chr. Lamnatou, "Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance" Applied Energy, vol. 119, 15 Apr. 2014, pp. 246-256

[23] Bruno Lee, Marija Trcka, Jan L.M. Hensen, Rooftop photovoltaic (PV) systems for industrial halls: Achieving economic benefit via lowering energy demand, Frontiers of Architectural Research, vol. 1, no. 4, pp. 326-333, Dec 2012,

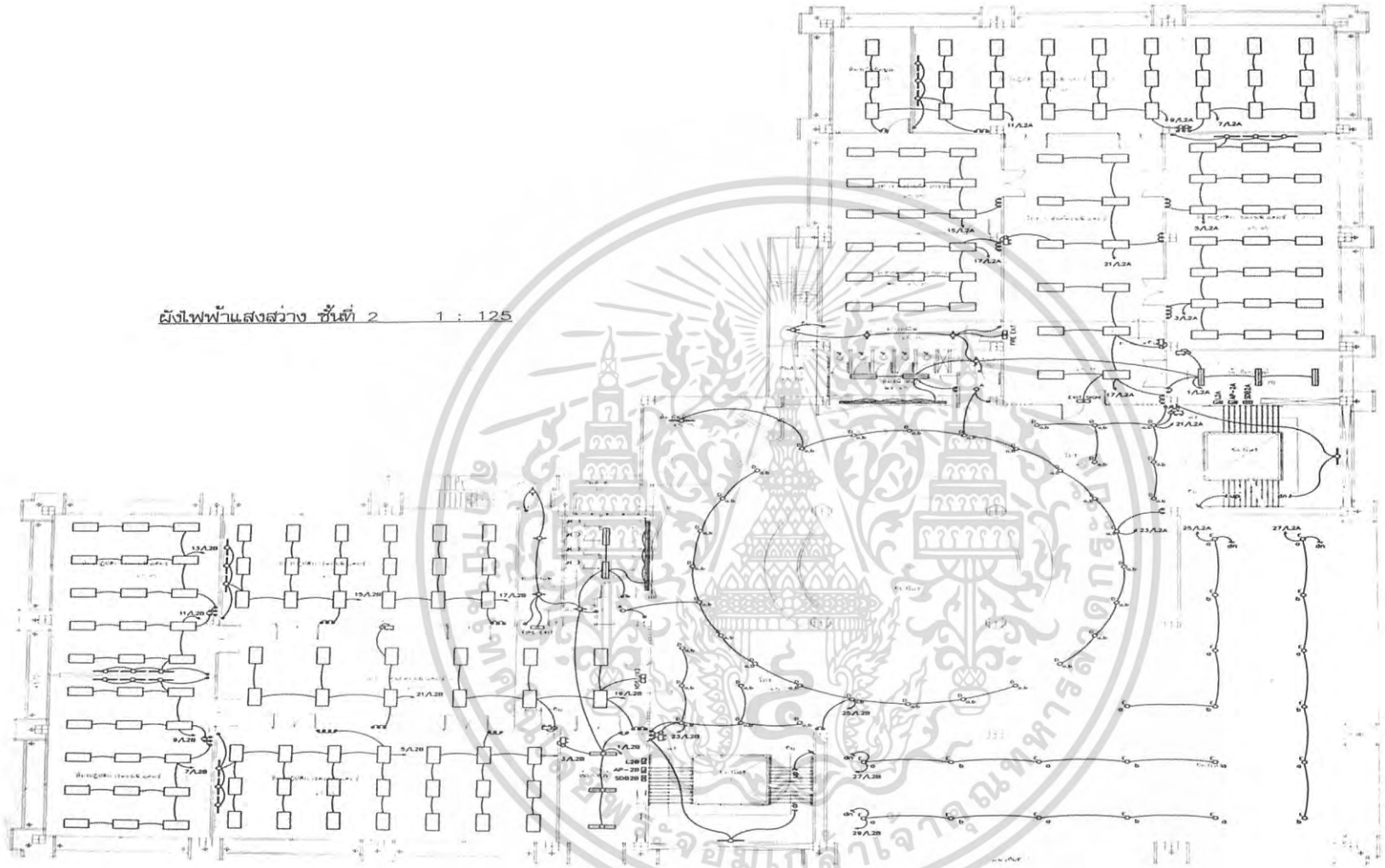
[24] Aldo Orioli,Alessandra Di Gangi,"Review of the energy and economic parameters involved in the effectiveness of grid-connected PV systems installed in multi-storey buildings", Applied Energy, vol. 113, Jan 2014, pp. 955-969

[25] ชนิกานต์ ยิ้มประยูร "แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารสำหรับประเทศไทย" ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

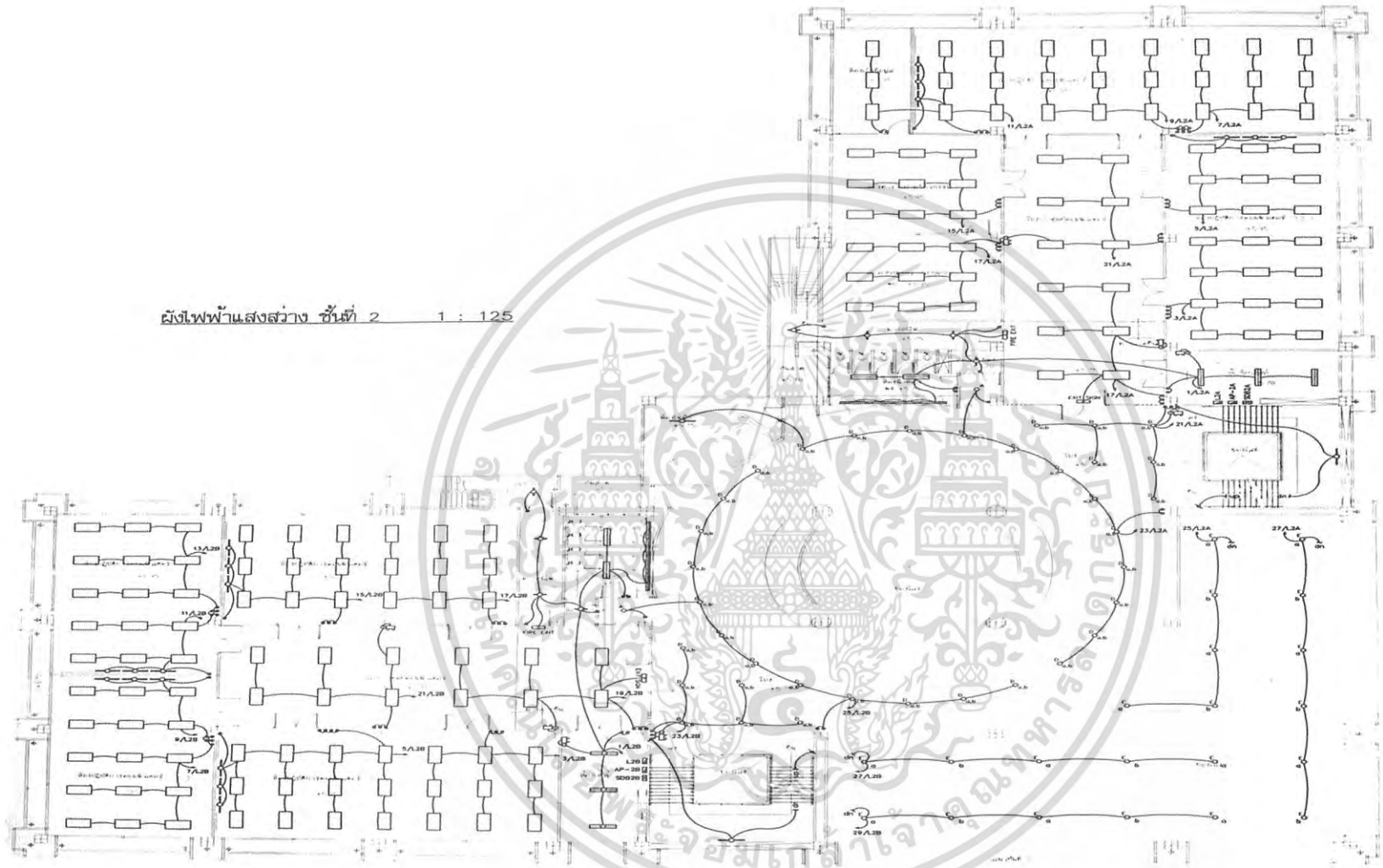
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

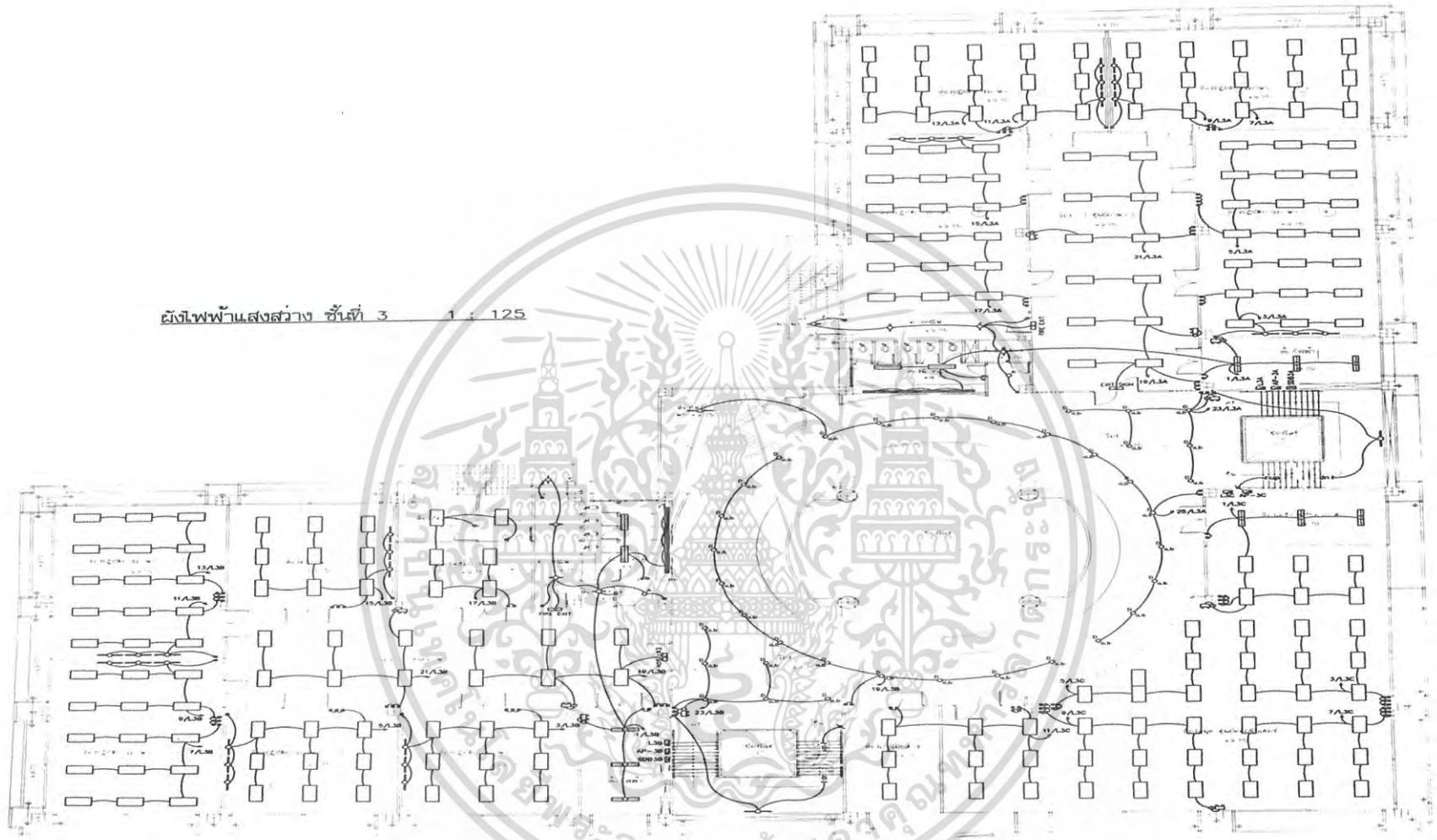
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



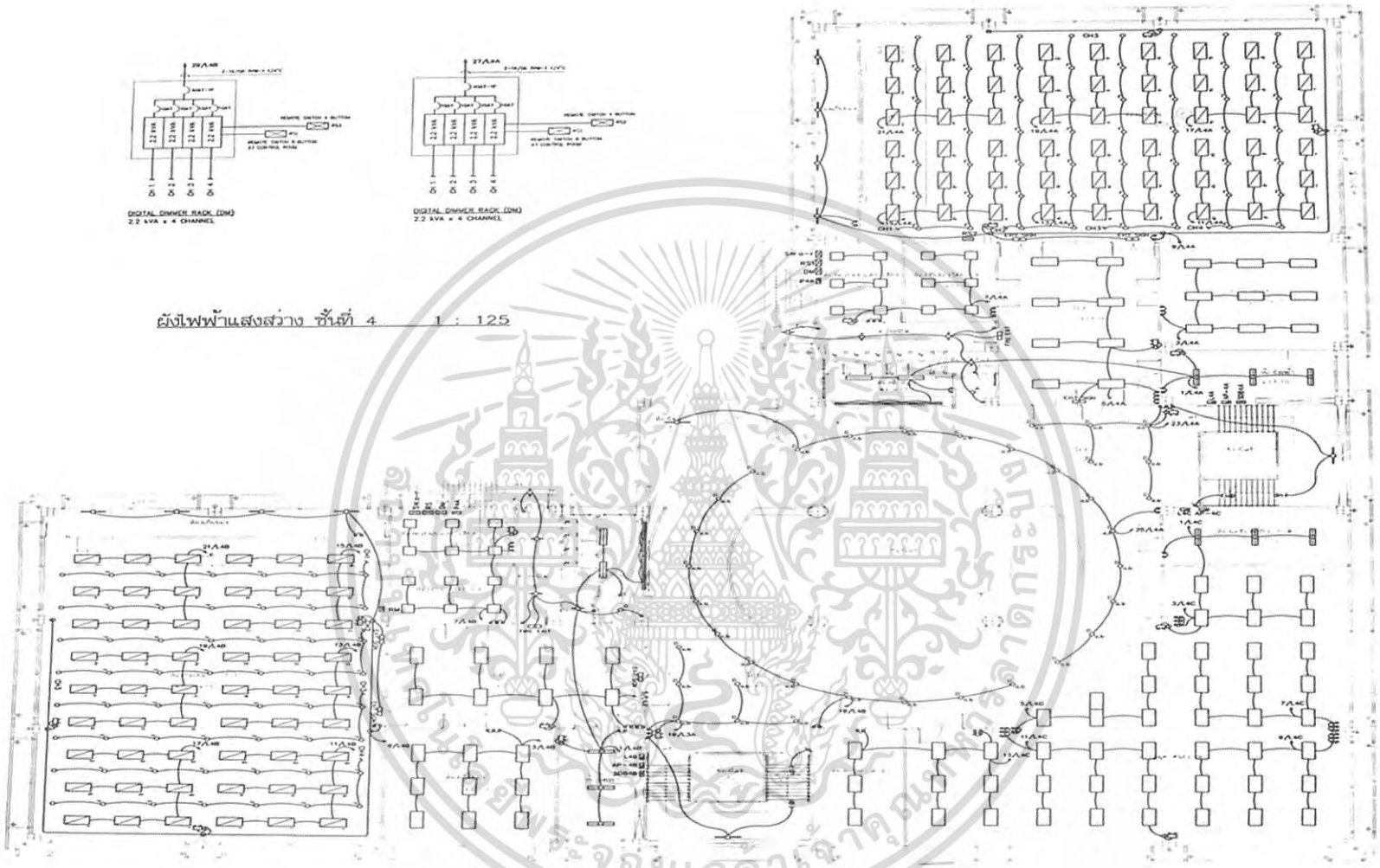
แบบการจัดวางระบบแสงสว่างชั้นที่1



แบบการจัดวางระบบแสงสว่างชั้นที่2



แบบการจัดวางระบบสงสว่างชั้นที่3



แบบการจัดวางระบบแสงสว่างชั้นที่4

ภาคผนวก ข.

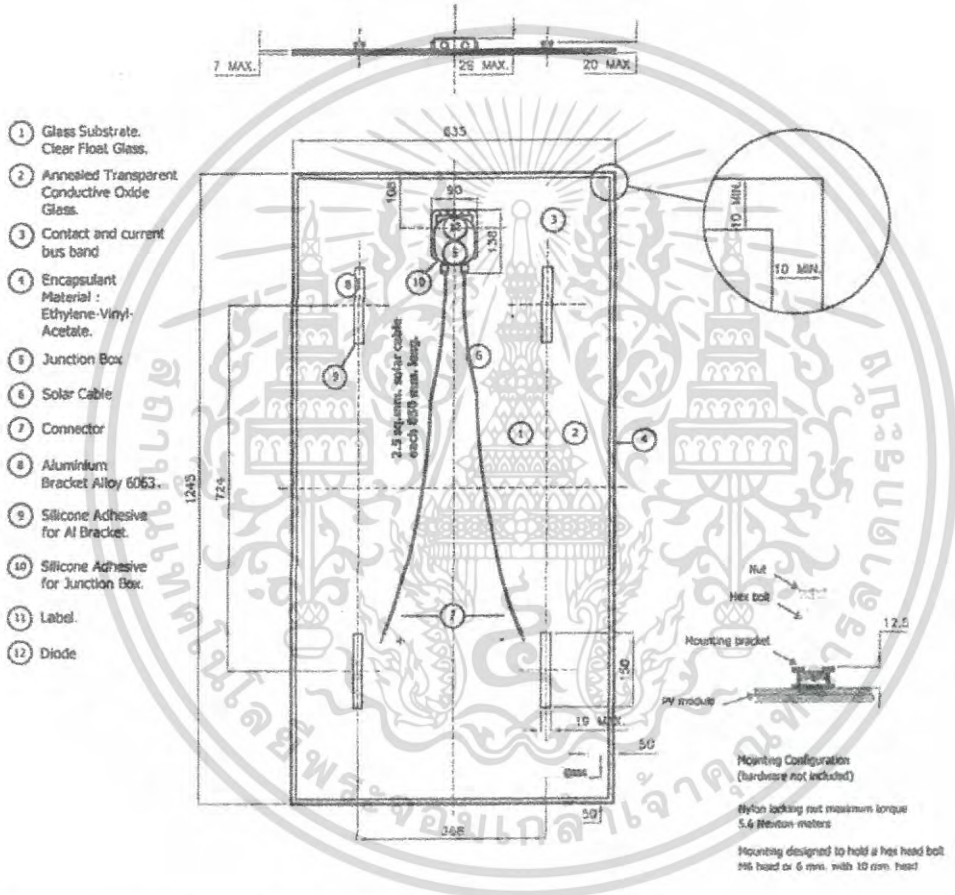
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแผงโซลาร์เซลล์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Modules) รุ่น BS-50

REVISION HISTORY		
DRAWING NO.	DESCRIPTION	DATE

Machanical Drawing.



1. Glass Substrate. Clear Float Glass.
2. Annealed Transparent Conductive Oxide Glass.
3. Contact and current bus band
4. Encapsulant Material : Ethylene-Vinyl-Acetate.
5. Junction Box
6. Solar Cable
7. Connector
8. Aluminium Bracket Alloy 6063.
9. Silicone Adhesive for Al Bracket.
10. Silicone Adhesive for Junction Box.
11. Label.
12. Diode

Maximum Power (W)	Operating Voltage (V)	Current at rated operating (A)	Open circuit voltage (V)	Short circuit current (A)	Maximum series fuse (A)	Max. system voltage (V)	Dimensions (mm. x mm.)	Maximum Weight (kg.)	Total area (m^2)
44.0	46.9	0.99	62.6	1.17	2	600	635x1245	13.5	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาประสิทธิภาพและความคุ้มทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา

Performance and Economic Analysis on Solar Rooftop System

สุรกิจ ทองสุก[1]*, อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล[1]*

Surakit Thongsuk [1]*, Atthapol Ngaopitakkul[1]*

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

***Corresponding author, Email: atthapol.ng@kmitl.ac.th**

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งจริงบนหลังคาของอาคารตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดกำลังการผลิตจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม **PVSYST** เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบ รวมถึงมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบดังกล่าว โดยบทความนี้ได้มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาสองปัจจัยหลัก คือ ต้นทุนในการติดตั้งและปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับการคำนวณระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาตัดสินใจลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่มีการติดตั้งจริงนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่ำกว่าที่คำนวณไว้ เนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ระยะเวลาคืนทุนนานกว่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ อย่างไรก็ตามความแตกต่างดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา, การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์, โปรแกรม **PVSYST**

Abstract

This paper presents performance analysis of solar rooftop system on building study case. Actual data obtained from measurement at installation site will be compared to calculation data from PVSYST software in order to evaluate performance of solar rooftop system under external factor. This paper also presents economic analysis to evaluate feasibility to investment based on discount payback period and internal rate of return by taken two major factors in consideration installation cost and power generating capacity. The result from study reveals that actual installation can generate less power than calculation data because of the uncontrollable external factor that affect system performance. This result in longer payback however, it still within acceptable level from economic standpoint.

Keyword : Rooftop PV System, Economic Analysis, PVSYST Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นก่อให้เกิดผลเสียคือ ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศจากการเผาไหม้ นอกจากนี้เชื้อเพลิงเหล่านี้ยังเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป จึงทำให้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ [1] เป็นต้น มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดต้นทุนการผลิตลง [2] ในหลายๆ ประเทศได้มีการสนับสนุนให้มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้ากันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา สำหรับในประเทศไทยได้มีการสนับสนุนให้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้า โดยในปัจจุบันมี การรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน (Rooftop PV System) ด้วยอัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ (Feed-in Tariff: FiT) [3] ซึ่งบทความนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลกำลังการผลิตที่มาจากการใช้โปรแกรมคำนวณ กับข้อมูลกำลังการผลิตจากการตรวจวัดของระบบจริงที่มีการติดตั้งบนหลังคาของอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา รวมถึงมีการนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาดังกล่าวด้วย

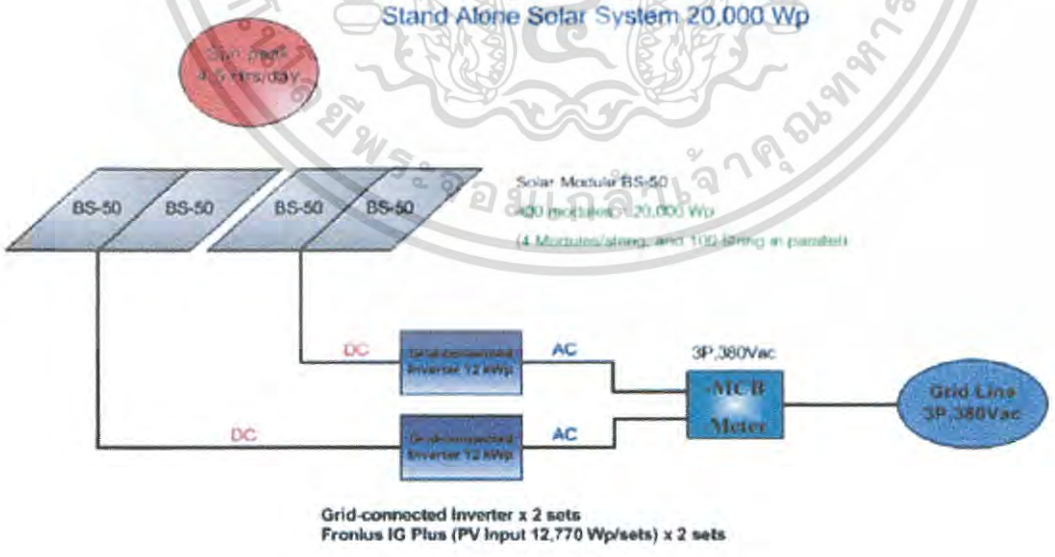
การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจเป็นอย่างมากและงานวิจัยนี้มีการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จากทั้งในและต่างประเทศ โดยมีการศึกษาในด้านการทดลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งในที่พักอาศัยเริ่มต้นมาตั้งแต่ปี 1994 มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาและทำการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการสร้างอาคารจำลอง ในห้องที่สามารถจำลองลักษณะของแสงอาทิตย์ได้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [4] จากนั้นเป็นต้นมางานวิจัยเพื่อติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ในส่วนการศึกษาทางด้านผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีการวิจัยกันมาอย่างต่อเนื่อง เช่น งานวิจัยของ Desmond W.H. Cai และคณะ ได้มีการศึกษาผลกระทบของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอัตราค่าไฟฟ้าในเขตแคลิฟอร์เนียใต้ โดยมีการประมาณการว่าการไฟฟ้าจะสูญเสียฐานลูกค้ารายได้สูงไปและทำให้การไฟฟ้าต้องเพิ่มค่าไฟฟ้าเพิ่มชดเชยเม็ดเงินที่สูญเสียไป [5] ในด้านผลกระทบเชิงคุณภาพไฟฟ้ามีหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาในส่วนนี้ เช่น งานวิจัยของประเทศไทยที่ได้มีการศึกษาปัญหาคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลการตรวจวัดพบว่าที่ความเข้มแสงต่ำจะเกิดปัญหาทางคุณภาพไฟฟ้า [6] ส่วนงานวิจัยของ N. Jayasekara ได้มีการพิจารณาคุณภาพไฟฟ้าของระบบเมื่อมีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากเชื่อมต่อในพื้นที่อยู่อาศัย [7] และงานวิจัยของ M. Chid และคณะ ซึ่งพบว่าอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นในระบบไฟฟ้า [8] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Suresh B. และคณะได้มีการพิจารณาผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอาคารที่พักอาศัย ในแง่ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) โดยพิจารณาในชุมชนอนุรักษ์พลังงานของเมือง Las Vegas ซึ่งการศึกษาพบว่าในระบบที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในระดับสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นจะมีค่าลดลง นอกจากนั้นยังทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบปีนั้นมีค่าลดลง [9] สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบในด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา ที่ได้มีการศึกษา เช่น การวิจัยในประเทศมาเลเซียได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งบนหลังคาที่พักอาศัย เช่น อุณหภูมิ ลักษณะและความสูงในการติดตั้ง เป็นต้น [10] สำหรับงานวิจัยที่มีการประเมินทางด้านความคุ้มค่าในการลงทุนของต่างประเทศที่ได้มีการศึกษา เช่น งานวิจัยของ Bruno Lee และคณะที่มีการประเมินผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของอาคารที่มีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในส่วนของการลดความต้องการทางพลังงานไฟฟ้า [11] และงานวิจัยของ Aldo Orioli และคณะได้มีการศึกษาตัวแปรและปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนอาคารหลายชั้น [12]

ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพภูมิอากาศของไทย โดยมีการศึกษาผลกระทบความเข้มแสงและสเปกตรัมของแสงต่อเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ [13] และยังมีงานวิจัยของ Airlangga Gunawan และคณะได้มีการผลของความเข้มแสง อุณหภูมิและลักษณะของหลังคาที่ใช้ในการติดตั้งซึ่งพบว่าลักษณะหลังคาที่ขาดการระบายความร้อนที่ดีจะให้ประสิทธิภาพของการผลิตที่ต่ำ [14] ในปี 2014 งานวิจัยของ D. Chemisana และคณะได้ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีการใช้งานร่วมกับหลังคาที่มีการปกคลุมด้วยพืช ในสภาพอากาศที่ร้อนของชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ผลการวิจัยพบว่า สภาพอากาศมีผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก [15]

โดยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาแบบเชื่อมต่อกริดที่ใช้ในการศึกษานี้จะมีขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดขนาด 20 kWp มีไดอะแกรมของระบบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ Grid-connected ขนาด 20 kWp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 1 เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่อินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วจ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยอินเวอร์เตอร์จะจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้ในช่วงที่มีไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเท่านั้น คือ ถ้าเกิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายดับลง อินเวอร์เตอร์จะระงับการจ่ายไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้าได้ โดยเรียกการป้องกันแบบนี้ว่า "การป้องกันการจ่ายไฟแบบระบบไฟฟ้าแยกโดด (Islanding Protection)" ระบบเชื่อมต่อกริดนี้จะจ่ายไฟฟ้าเข้ากับภาระทางไฟฟ้าที่อยู่ในโครงการก่อน แต่เมื่อกำลังผลิตเกินกว่าความต้องการไฟฟ้า ไฟฟ้าส่วนที่เหลือก็จะไหลเข้าสู่ระบบจำหน่ายโดยอัตโนมัติ หรือถ้าความต้องการสูงกว่ากำลังผลิต ไฟฟ้าก็จะถูกดึงจากระบบจำหน่ายเข้ามาเสริมการใช้งาน เช่นกัน

ส่วนประกอบหลักของระบบ จากภาพไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าระบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Modules)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแผงชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous silicon) ซึ่งให้กำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่าแผงละ 50 วัตต์ ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน (STC: Standard Test Conditions)

ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 400 แผงแยกเป็นชุดแผง 2 ชุด ชุดละ 200 แผง โดยมีคุณลักษณะดังนี้

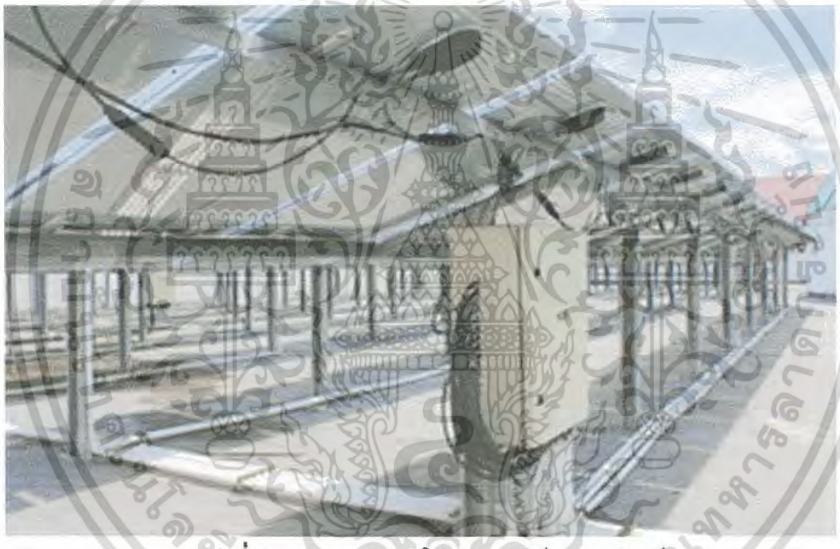
- กำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 50 W.
- แรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 70.9 V.
- กระแสไฟฟ้าสูงสุดต่อแผง 0.71 A.
- Open Circuit Voltage 93.4 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Short Circuit Current 0.82 A.
- Total Area น้อยกว่า 0.8 ตร.ม.ต่อแผง
- ลักษณะการต่อวงจร ต่ออนุกรม 8 แผง
-แรงดันไฟฟ้าสูงสุดต่อชุดอนุกรม 283.6 V.
-ขนานกันเป็นจำนวน 50 ชุด/ชุดแผง(รวม 2 ชุด)
-กำลังไฟฟ้าสูงสุดของชุดแผงโซล่าเซลล์ รวมทั้งระบบ 20,000 W.

2 กล่องรวมสาย (PV Junction Box)

ภายในประกอบด้วย ฟิวส์ 2 A จำนวน 25 ชุด และเครื่องป้องกันเสิร์จ(Surge Protection) จำนวน 1 ชุด โดย ฟิวส์ 2 A ใช้สำหรับการตัดต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องป้องกันเสิร์จ (Surge Protection) ใช้สำหรับป้องกันอุปกรณ์เสียหายอันเกิดจากฟ้าผ่า โดยการติดตั้งชุดกล่องเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Junction Box) จะติดตั้งจำนวน 3 ชุด ตามจำนวนชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 กล่องรวมสายใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

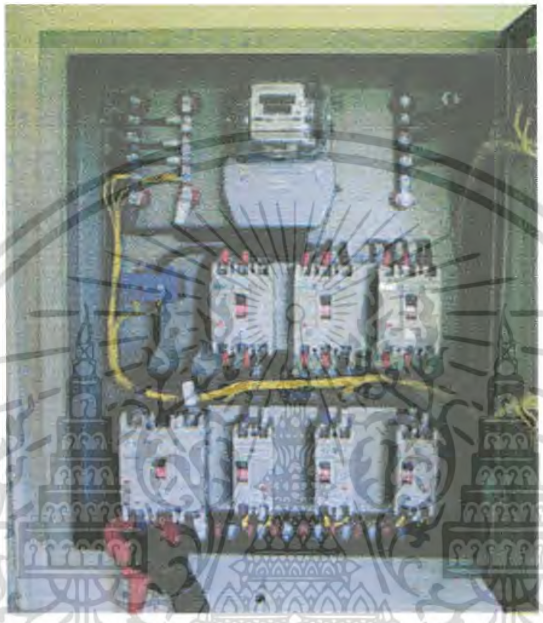
3 อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย (Grid-Connected Inverter)

อินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย จะทำหน้าที่ในการรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์มา แล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่เหมาะสมกับการจ่ายเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็น Grid-connected Inverter เป็น Pure Sine Wave Inverter ที่ให้กำลังไฟฟ้าขาออกต่อเนื่อง (Continuous Output Power) ได้สูงสุดถึง 12,000 W แรงดันไฟฟ้าด้านขาออก(Output Voltage) จะอยู่ที่ 380 Vac 50Hz เหมาะสมต่อการป้อนไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยปกติแล้วระดับแรงดันขาออกจากอินเวอร์เตอร์จะสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายอยู่เล็กน้อย เพื่อให้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสามารถไหลเข้าระบบจำหน่ายได้สะดวก การใช้งานสะดวกและง่ายเนื่องจากเมื่อต่อระบบเรียบร้อย อินเวอร์เตอร์จะปรับการทำงานด้วยตัวเองอย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องทำการตั้งค่าใดๆและสามารถดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบที่ต้องการทราบได้จากหน้าจอ LCD ที่ตัวเครื่องได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ตู้ควบคุม และแสดงค่าทางไฟฟ้า (Control Box)

ตู้ควบคุม และแสดงค่าทางไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ Grid-Connected ขนาด 20 kWp เป็นตู้เหล็กขนาด 600x800x200 mm บรรจุมิเตอร์สำหรับแสดงค่าทางไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะบอกว่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตั้งแต่เริ่มติดตั้งระบบจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมี AC Voltage meter และ AC Ammeter Meter ซึ่งทำหน้าที่แสดงค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่จ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่าย



ภาพที่ 4 ตู้ควบคุม และแสดงค่าทางไฟฟ้าสำหรับระบบ Grid-Connected ขนาด 20kWp

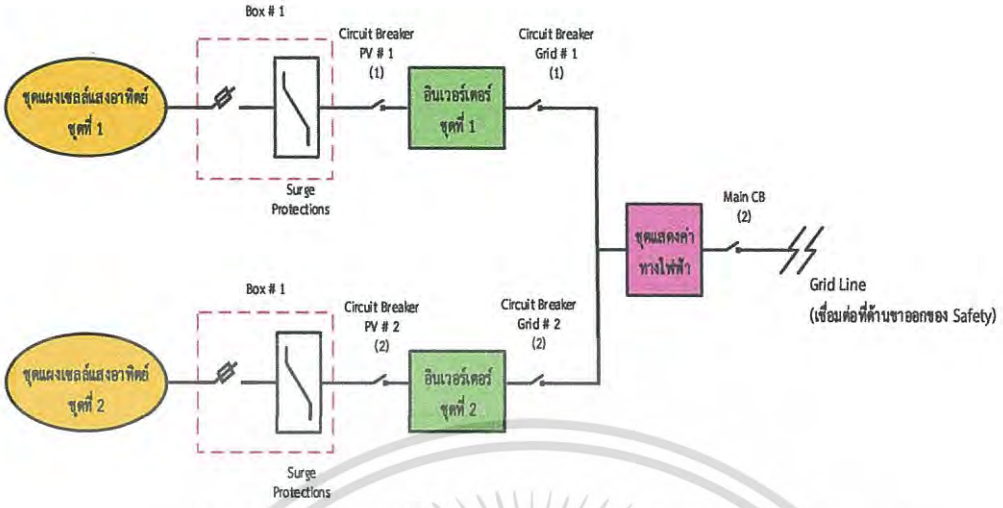
สำหรับอุปกรณ์ควบคุมการตัดต่อระบบไฟฟ้า (Circuit Breaker) ภายในตู้ควบคุมและแสดงค่าไฟฟ้าประกอบด้วย

4.1. Circuit Breaker MCCB 2 ขั้ว จำนวน 2 ตัว (PV1, PV2) ทำหน้าที่ในการตัดวงจรที่ค่ากระแสลัดวงจรตั้งแต่ 63 A ขึ้นไป โดยทำหน้าที่เป็นการตัดวงจรระหว่างชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับชุด Grid-connected Inverter แต่ละตัวเพื่อป้องกันความเสียหายสำหรับอุปกรณ์ทั้งสองส่วน เมื่อเกิดการลัดวงจรระหว่างชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอินเวอร์เตอร์แต่ละตัวขึ้น

4.2. Circuit Breaker MCCB 3 ขั้ว จำนวน 2 ตัว (Grid1, Grid2) ทำหน้าที่ในการตัดวงจรที่ค่ากระแสลัดวงจรตั้งแต่ 32 A ขึ้นไป โดยทำหน้าที่เป็นการตัดวงจรระหว่างวงจรไฟฟ้า Grid-Connected Inverter กับชุดควบคุมการตัดต่อวงจรไฟฟ้าหลักของระบบ (Main Circuit Breaker) เพื่อป้องกันความเสียหายสำหรับอินเวอร์เตอร์ เมื่อเกิดการลัดวงจรที่ด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ขึ้น

4.3. Main Circuit Breaker (MCCB) 3 ขั้ว จำนวน 1 ตัว (Main CB) ทำหน้าที่ในการตัดวงจรที่ค่ากระแสลัดวงจรตั้งแต่ 63A ขึ้นไป โดยทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อวงจรระหว่างชุดอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 ตัว กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า เพื่อป้องกันความเสียหายเมื่อเกิดการลัดวงจรในสายส่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ไดอะแกรมการเปิด-ปิด ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของอาคาร

2. เพื่อศึกษาความคุ้มทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์

3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงกับผลของการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2. ดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกริดขนาด 20 kWp

3. เก็บรวบรวมข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

4. ทำการจำลองผลการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณ

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับผลที่ได้จากการคำนวณ

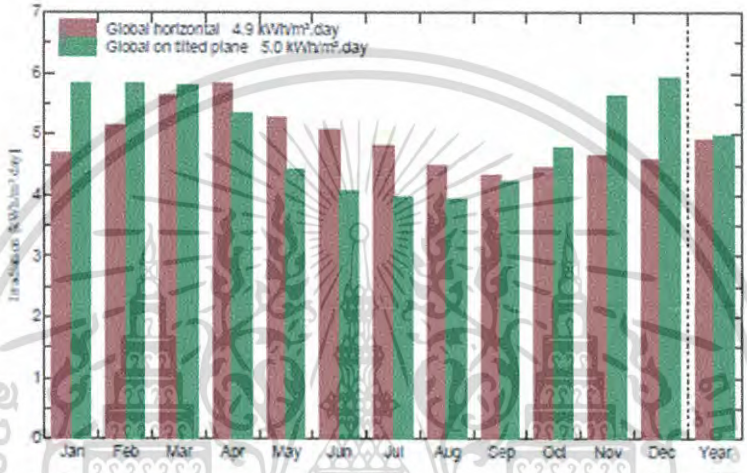
6. วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์กับผลที่ได้จากการคำนวณ

ผลการวิจัย

ข้อมูลสำคัญที่ได้นำมาเพื่อใช้วิเคราะห์ในการจำลองครั้งนี้ คือ พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันของประเทศไทย (ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 – 2553) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน (ข้อมูลสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศประเทศไทย พ.ศ. 2553) โดยในภาพที่ 6 แสดงปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยบนพื้นที่ติดตั้งจากโปรแกรมคำนวณ โดยข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ภายในหนึ่งปีจากโปรแกรม PYSYST สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 1 และข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงบนหลังคา ที่ได้การบันทึกค่าที่ได้จากอินเวอร์เตอร์แบบต่อเชื่อมระบบจำหน่าย และจัดเก็บทุกๆวัน รวมเป็นเดือน และตลอดทั้งปีเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ภายในหนึ่งปีจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงบนหลังคาอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2



ภาพที่ 6 ปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อเดือนบนพื้นที่ติดตั้ง

ตารางที่ 1 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม

เดือน	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (kWh/day)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
มกราคม	82.60	2,560.74
กุมภาพันธ์	90.50	2,624.55
มีนาคม	88.80	2,752.94
เมษายน	97.82	2,934.74
พฤษภาคม	80.09	2,482.79
มิถุนายน	69.11	2,073.40
กรกฎาคม	71.08	2,203.52
สิงหาคม	76.67	2,376.94
กันยายน	78.23	2,347.01
ตุลาคม	99.33	3,079.35
พฤศจิกายน	86.22	2,586.89
ธันวาคม	91.80	2,846.06
รวม		30,868.99

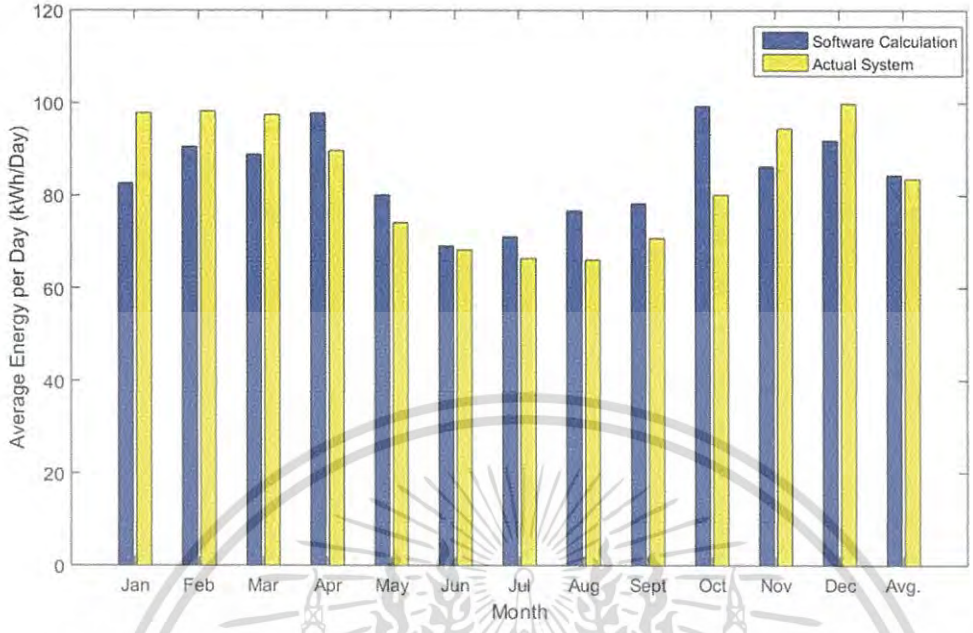
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริงบนหลังคา

เดือน	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน (kWh/day)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
มกราคม	97.84	3,033
กุมภาพันธ์	98.20	2,750
มีนาคม	97.45	3,021
เมษายน	89.61	2,688
พฤษภาคม	74.09	2,297
มิถุนายน	68.21	2,046
กรกฎาคม	66.41	2,059
สิงหาคม	66.11	2,049
กันยายน	70.75	2,122
ตุลาคม	80.09	2,483
พฤศจิกายน	94.47	2,834
ธันวาคม	99.87	3,096
รวม		30,479

ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกริด จากโปรแกรมคำนวณและข้อมูลจากระบบที่มีการติดตั้งจริงบนอาคารที่ใช้ในการศึกษาสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7 จากในภาพจะเห็นได้ว่าข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และจากการติดตั้งมีความแตกต่างกันเนื่องจากปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ เป็นต้น โดยกำลังการผลิตเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปีแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากระบบติดตั้งจริงมีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งก็ถือได้ว่าโปรแกรมคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง และสามารถนำมาประเมินประสิทธิภาพของระบบก่อนการตัดสินใจลงทุนสร้างโครงการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 กำลังการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับระบบจริง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เมื่อวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 5 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 16.32% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งจริงที่มีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 3 เดือน อัตราผลตอบแทนภายใน 17.73 % แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งจริง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่าข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมเล็กน้อยเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ภายนอก ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดและไม่สามารถคำนวณได้อย่างแม่นยำด้วยการใช้โปรแกรมคำนวณ เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ อย่างไรก็ตามค่าที่แตกต่างกันมีค่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจที่จะลงทุนในโครงการเลยก็ได้ และสำหรับในปัจจุบันและอนาคตการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีคุณภาพที่สูงขึ้นมาก โดยในแต่ละเซลล์นั้นจะมีขนาดที่เล็กลงแต่ให้กำลังผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ได้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่สูงมากขึ้นแต่ใช้พื้นที่น้อยลงและที่สำคัญมีต้นทุนในการติดตั้งลดลงทำให้เห็นผลทางด้านเศรษฐศาสตร์หรือจุดคุ้มทุนที่เร็วมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเมื่อคำนวณด้วยโปรแกรม

ปี	ต้นทุน (บาท)	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์/ปี)	รายได้ (บาท)	เงินคงเหลือสุทธิ (บาท)
0	1,121,500	0	-1,121,500	-1,121,500
1	-	30,050	210,350	-911,150
2	-	30,366	212,562	-698,588
3	-	29,705	207,935	-490,653
4	-	29,900	209,300	-281,353
5	-	27,855	194,985	-86,368
6	-	27,662	193,634	107,266

ตารางที่ 4 ระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งจริง

ปี	ต้นทุน (บาท)	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์/ปี)	รายได้ (บาท)	เงินคงเหลือสุทธิ (บาท)
0	1,121,500	0	-1,121,500	-1,121,500
1	-	30,832	215,824	-905,676
2	-	30,060	210,420	-695,256
3	-	30,005	210,035	-485,221
4	-	29,988	209,916	-275,305
5	-	29,891	209,237	-66,068
6	-	29,806	208,642	142,574

*หมายเหตุ : การคำนวณจุดคุ้มทุนใช้อัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์และความคุ้มค่าในการลงทุน ได้ทำการเปรียบเทียบถึงระยะเวลาในการคืนทุนในการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณจะมีระยะเวลาในการคืนทุนใกล้เคียงกัน เพราะผลที่ได้จากการวัดค่าจริงปริมาณการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการผลิต เช่น ความเข้มแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และอื่น ๆ ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคานั้น มีอัตราการคืนทุนที่เหมาะสมสำหรับการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] A. R. Jha. (2010). Solar Cell Technology and Applications, Boca Raton, Taylor & Francis Group.

[2] Joachim Luther, "Photovoltaics the Basis for Sustainable Energy Systems and Industrial Innovations," 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2005

[3] Cross, B.M., "Development, testing and first installations of an integrated solar roof system," 1994 IEEE First World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, vol.1, pp.1020-1023, vol.1, 5-9 Dec 1994

[4] Desmond W.H. Cai, Sachin Adlakha, Steven H. Low, Paul De Martini, K. Mani Chandy, Impact of residential PV adoption on Retail Electricity Rates, Energy Policy, vol. 62, pp. 830-843, Nov 2013.

[5] Chenvidhya, D.; Thongpron, J.; Sangpanich, U.; Wongyao, N.; Kirtikara, K.; Jivacate, C., "A Thai National Demonstration Project on PV grid-interactive systems: power quality observation," Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2003, vol.3, pp.2152-2154 Vol.3, 18 May 2003

[6] Jayasekara, N.; Wolfs, P., "Analysis of power quality impact of high penetration PV in residential feeders," 20th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), pp.1,8, 5-8 Dec. 2010

[7] Chidi, M.; Ipinnimo, O.; Chowdhury, S.; Chowdhury, S.P., "Investigation of impact of integrating on-grid home based solar power systems on voltage rise in the utility network," IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp.1-7, 22-26 July 2012

[8] Suresh B. Sadineni, Fady Atallah, Robert F. Boehm, "Impact of roof integrated PV orientation on the residential electricity peak demand," Applied Energy, vol. 92, pp.204-210, Apr. 2012.

[9] Zakaria, N.Z.; Zainuddin, H.; Shaari, S.; Sulaiman, S.I.; Ismail, R., "Critical factors affecting retrofitted roof-mounted photovoltaic arrays: Malaysian case study," 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT), pp.384-388, 18-20 Nov. 2013.

[10] Chattariya Sirisamphanwong, Nipon Ketjoy, "Impact of spectral irradiance distribution on the outdoor performance of photovoltaic system under Thai climatic conditions", Renewable Energy, vol. 38, no. 1, pp.69-74, Feb 2012.

[11] Bruno Lee, Marija Trcka, Jan L.M. Hensen, Rooftop photovoltaic (PV) systems for industrial halls: Achieving economic benefit via lowering energy demand, Frontiers of Architectural Research, vol. 1, no. 4, pp. 326-333, Dec 2012,

[12] Aldo Orioli, Alessandra Di Gangi, "Review of the energy and economic parameters involved in the effectiveness of grid-connected PV systems installed in multi-storey buildings", Applied Energy, vol. 113, Jan 2014, pp. 955-969

[13] Gunawan, A.; Hiralal, P.; Amaratunga, G.A.J.; Tan, K.T.; Elmes, S., "The effect of building integration on the temperature and performance of photovoltaic modules," 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), pp.0776-0781, 8-13 June 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] D. Chemisana, Chr. Lamnatou, "Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance" Applied Energy, vol. 119, 15 Apr. 2014, pp. 246-256

[15] คณะกรรมการกากับกิจการพลังงาน,"การรับซื้อไฟฟ้าจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา," 2556 [Online], Available: www.erc.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสุรกิจ ทองสุก
วัน เดือน ปีเกิด	5 สิงหาคม 2520
ที่อยู่	422 ถ.มรุพงษ์ ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติการทำงาน	ปี พ.ศ. 2549 – ปัจจุบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผลงานทางวิชาการ	S.Thongsuk, A.Ngaopitakkul "Impacts of Electrical line losses comprising Multi-Distributed Generation in Distribution System",The 5th Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 5th APPEEC2013, Beijing,Chaina.Energy and Power Engineering PART II Volume 5, Number 4B ,July2013 pp.1037-1042 S.Thongsuk, A.Ngaopitakkul, C.Jettanasan,"Selection of Proper Input Pattern for Back-Propagation Neural Network Algorithm to Identify the Phase with Fault Appearance in Transformer Windings",The Eighth International Conference on Innovative Computing, Information and Control(ICICIC2014) ,Japan. ICIC Expreess Letters(An International Journal of Research and Surveys) Volume 8,Number 3, March 2014. pp.771-778 C.Pothisarn S.Thongsuk, "Relation Among Velocity of Lightning Travelling Wave, Lightning Stroke Current, and Tower Footing Resistance to Study Back-flashover on the Insulators in Transmission Tower",International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)2013 , Italy.(IREMOS)2013 Vol.6,N.4 pp.1279-1288.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jittipong Klomjit, Atthapol Ngaopitakkul, Chaiyan Jettanasen,Chaichan Pothisarn and Surakit Thongsuk"Discriminating Between External Short Circuit and Internal Winding Fault in Power Transformer Using RBF Neural Network"Proceeding of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems(AsiaPES 2013),Phuket, Thailand,April 2013

บทความเรื่อง"คาปาซิเตอร์แบงก์ Capacitor Bank"วารสาร Thai Mechanical And Electrical Consulting Engineer Association "MECT"กรกฎาคม-กันยายน 2556 ปีที่16 ฉบับที่ 50

S.Thongsuk, A.Ngaopitakkul,"Study on fault signal characteristics of an induction motor during interturn fault", International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2014,Kitakyushu Japan.

J.Klomjit,S.Thongsuk,A.Ngaopitakkul,"Selection of Proper Non-linear Kernel Parameter in Support Vector Machine Algorithm for Classifying the Internal Fault Type in Winding Power Transformer",International Conference on Intelligent Systems and Image Processing (ICISIP2014),Fukuoka Japan.

S.Thongsuk, A.Ngaopitakkul," Performance and Economic analysis on Solar rooftop system"Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology) Vol.10 No. 19 January-June 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้